



مجلة جامعة دمشق للآداب والعلوم الإنسانية

اسم المقال: مقارنة الخصائص الطيفية في المشاهد الحضرية (حالة دراسية مدينة دمشق)

اسم الكاتب: د. محمد علاء شعلان، د. أسماء الفوال

رابط ثابت: <https://political-encyclopedia.org/library/2844>

تاريخ الاسترداد: 2025/05/09 23:32 +03

الموسوعة السياسية هي مبادرة أكاديمية غير هادفة للربح، تساعد الباحثين والطلاب على الوصول واستخدام وبناء مجموعات أوسع من المحتوى العلمي العربي في مجال علم السياسة واستخدامها في الأرشيف الرقمي الموثوق به لإغناء المحتوى العربي على الإنترنت.

لمزيد من المعلومات حول الموسوعة السياسية – Encyclopedia Political، يرجى التواصل على info@political-encyclopedia.org

استخدامكم لأرشيف مكتبة الموسوعة السياسية – Encyclopedia Political يعني موافقتك على شروط وأحكام الاستخدام المتاحة على الموقع <https://political-encyclopedia.org/terms-of-use>

تم الحصول على هذا المقال من موقع مجلة جامعة دمشق للآداب والعلوم الإنسانية ورفده في مكتبة الموسوعة السياسية
مستوفياً شروط حقوق الملكية الفكرية ومتطلبات رخصة المنشاع الإبداعي التي يتضمن المقال تحتها.



مقارنة الخصائص الطيفية في المشاهد الحضرية

(حالة دراسية مدينة دمشق)

* د. محمد علاء شعلان

** د. أسماء الفوال

الملخص

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 الأرضي واستعمالاتها. إذ أصبحت هذه المعطيات وسيلة فعالة 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 الإفاده منها في خدمة هذه الدراسات.

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

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

* الهيئة العامة للاستشعار عن بعد

** جامعة دمشق، كلية الأداب 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:

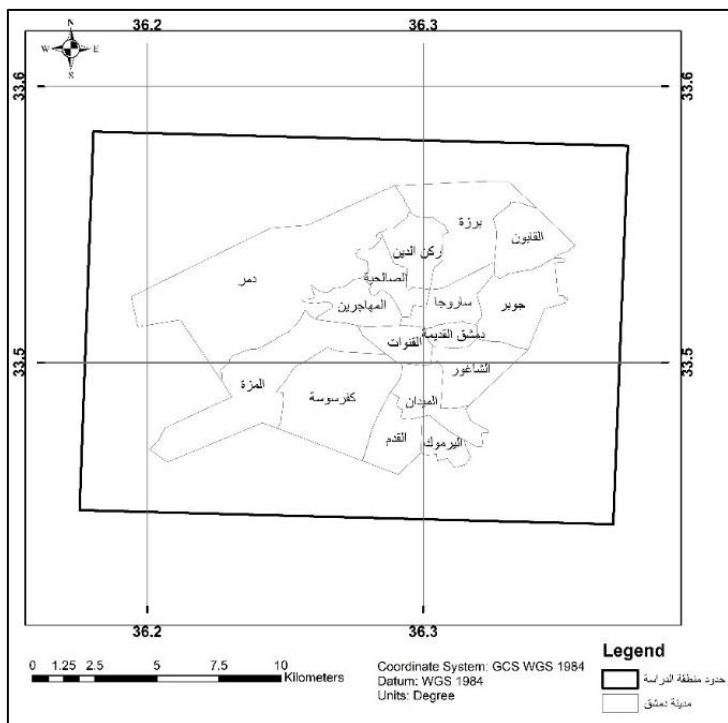
إن من أهم تطبيقات الاستشعار عن بعد هو إعداد خرائط استعمال وغطاء الأرض ذات الأهمية الكبيرة في الدراسات العمرانية والتخطيط الإقليمي والتنمية المستدامة. وقد شهدت المدة الأخيرة تطوراً وتزايداً كبيراً في عدد أقمار الاستشعار عن بعد بقدرات تمييز مكانية وطيفية متعددة، لذا لابدّ من مقارنة هذه الأقمار لمعرفة مدى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

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

في هذا البحث قُرئت الخصائص الطيفية لمكونات المشهد الحضري باستخدام المشاهد الفضائية ذات قدرة التمييز المكانية المتوسطة من أقمار Landsat7 و Sentinel-2A و Landsat8.

منطقة البحث:

يبين الشكل (1) موقع منطقة الدراسة التي تغطي كامل مدينة دمشق ومحيطها بين درجتي طول $36^{\circ}36.175489$ و $36^{\circ}37.4102$ ، وبين درجتي عرض $33^{\circ}44.1424$ و $33^{\circ}58.3597$ وفقاً لنظام الإحداثيات الجغرافية WGS84.



الشكل(1): حدود منطقة الدراسة (مدينة دمشق ومحيطها)

أهمية البحث:

تتبع أهمية البحث من خلال التعمق في دراسة البصمات الصيفية لمكونات المشهد الحضري ومقارنة الخصائص الانعكاسية لها من صور Landsat7 وLandsat8 و Sentinel-2A ضمن المناطق العمرانية، وذلك بهدف تحسين دقة تصنيف مشاهد الاستشعار عن بعد باستخدام الخصائص الطيفية لمكونات المشهد.

أهداف البحث:

1. تعميق استخدام الأساليب التقنية في تحديد المناطق العمرانية من الصور الفضائية
2. تعرف الخصائص الطيفية لمكونات المشهد الحضري عالي التعقيد في مدينة دمشق ومحيطها ضمن المجالات الطيفية المختلفة.
3. تحديد المجالات الطيفية الفضلية لتصنيف المناطق العمرانية من خلال إجراء مقارنة بين الخصائص الانعكاسية للمناطق العمرانية من صور Landsat7 وLandsat8 و Sentinel-2A.

مشكلة البحث:

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

مناهج البحث:

اعتمدَ المنهج التحليلي والمقارن والطرائق الاستشعرية من خلال دراسة الانعكاسية الطيفية في المجالات المتاحة في المشاهد الفضائية المستخدمة في هذا البحث كلّها لتحديد أهميتها في تصنیف مكونات غطاء الأرض ضمن المشاهد الحضرية.

الدراسات السابقة:

1- استخدام معطيات استشعرية في تصنیف 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 اعتمدّت على الخصائص الانعكاسية للمناطق العمرانية لتطوير قرائن تمكّن من تصنیف المناطق العمرانية ذكر منها:
* بحث (Zha, et al., 2003) الذي أقترح 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 أقترح فيه استخدام قرينة المناطق الجراء (Normalized Difference Bareness Index) بهدف الحصول على خرائط المناطق الجراء من مشاهد لاندسات (TM/ETM+).

* بحث (Xu, 2008) الذي أقترح فيه استخدام قرينة جديدة IBI (Index-based Built-up Index) بهدف تعزيز تحديد المناطق العمرانية في مشاهد لاندسات ETM+
* بحث (As-syakur, et al., 2012) الذي أقترح فيه قرينة جديدة EBBI (Enhanced Built-Up and Bareness Index) لإعداد خرائط المناطق العمرانية والأراضي الجراء من مشاهد لاندسات ETM+.

مواد البحث:

1- صورتان فضائيتان لدمشق من التابع الصنعي Landsat7 ETM+ الأولى ملقطة بتاريخ 22 حزيران لعام 2000 والثانية ملقطة بتاريخ 8 آذار لعام 2002. ومن الجدير بالذكر أن هذا التابع الصناعي لا يزال مستمراً في العمل حالياً ولكن المشاهد الملقطة بعد تاريخ 31 آيار 2003 كلها تحوي فراغات ضمن بيانات الصورة على شكل شبكات 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 لتعبيئة هذه الفراغات، مما قد يؤثر سلباً في الخصائص الطيفية في منطقة الدراسة. الجدول (1) يبيّن خصائص التابع الصناعي Landsat7 ETM+.

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

مجال التطبيقات	طول الموجة (μm)	قطر الميز المكانية (m)	اسم المجال	رقم المجال
رسم خرائط الأعماق، تمييز التربة من الغطاء النباتي، والنباتات ذات الأوراق المتتسقة من النباتات الصنوبرية	0.45-0.52	30	الأزرق Blue	1
يؤكد ذروة الغطاء النباتي، وهو أمر مفيد لتقدير النشاط النباتي	0.52-0.60	30	الأخضر Green	2
يتميز تدهور الغطاء النباتي	0.63-0.69	30	الأحمر Red	3
تؤكد محتوى الكتلية الحيوية وخط الشواطئ	0.77-0.90	30	NIR تحت الأحمر القريب	4
يتميز محتوى الرطوبة في التربة والغطاء النباتي؛ يختلف الغيوم الرقيقة	1.55-1.75	30	SWIR 1 تحت الأحمر بـ 5 قصيرة أول	5
رسم الخرائط الحرارية وتقدير رطوبة التربة	10.40-12.50	60*(30)	Thermal الحراري	6
الصخور المتحولة مائياً وحرارياً المرتبطة بالرواسب المعدنية	2.09-2.35	30	SWIR 2 تحت أحمر بـ 7 قصيرة ثانية	7
15 meter resolution, sharper image definition	0.52-0.90	15	Panchromatic بانغروماتي	8

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

²⁻ <https://eos.com/landsat-7/>

-2 صورة فضائية لدمشق من التابع الصناعي Landsat8 ملقطة بتاريخ 21 آذار
عام 2013. الجدول(2) يبيّن خصائص هذا التابع.
الجدول(2): خصائص التابع الصناعي لاندست 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 المتتساقطة من النباتات الصنوبرية
3	Green الأخضر	30	0.53 - 0.59	يؤكد ذروة الخطاء النباتي، وهو أمر مفيد لتقدير النشاط النباتي
4	Red الأحمر	30	0.63 - 0.67	يميز تدهور الخطاء النباتي
5	NIR تحت الأحمر القريب	30	0.85 - 0.88	تؤكد محتوى الكثلة الحيوية وخط الشواطئ
6	SWIR 1 تحت الأحمر بمجوّات قصيرة أول	30	1.57 - 1.65	يتميز محتوى الرطوبة في التربة والغطاء النباتي؛ يختلف الغيوم الرقيقة
7	SWIR 2 تحت أحمر بمجوّات قصيرة ثانٍ	30	2.11 - 2.29	تحسين محتوى الرطوبة في التربة والغطاء النباتي ويختلف السحب الرقيقة
8	Pan بالغراماتي	15	0.50 - 0.68	ميز مكاني 15 متراً تحديد تفاصيل المشهد
9	Cirrus	30	1.36 - 1.38	تحسين الكشف عن ثلث 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 ملقطة بتاريخ 27 آذار لعام 2018. الجدول 3 يبيّن خصائص هذا التابع الصناعي.

³ <https://eos.com/landsat-8/>

الجدول(3): خصائص التابع الصنعي 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 الأرضي في مدينة دمشق بشكل رقمي⁵. رغم عدم وجود أي وثيقة رسمية تبين تاريخ إنجاز مخطط استعمالات الأرضي المستخدم أو نظام استعمالات الأرضي المعتمد لإنشاء هذا المخطط لمعرفة مستوى التصنيف، إلا أنه من خلال التقسي والسؤال عن طبيعة هذا المخطط تبين أنه أُنجز باستخدام مشاهد Google Earth خلال المدة من 2010-2015 تقريباً أي إنه قد يتوافق زمنياً مع مشهد لاندستات 8 الملقط خلال عام 2013.

ونظراً إلى أنَّ مخطط استعمالات الأرضي المعتمد في هذا البحث قد أُنجز باستخدام مشاهد Google Earth فهذا يعني أنَّ مقاييسه بحدود 1:10000 تقريباً إذا اعتبرنا أنَّ قدرة التمييز المكانية الوسطية لغوغل إرث بحدود 5 أمتر. يبيّن الجدول 4 ملخص البيانات المتاحة كما وردت في جدول مواصفات شريحة استعمالات الأرضي المعتمدة في هذا البحث التي صُنِّفت ضمن أربعة أصناف رئيسية (أراضٍ عمرانية، وأراضٍ زراعية، وأراضٍ جرداً، واستعمالات أخرى) وذلك للتمكن من دراسة الخصائص الطيفية للثلاثة أصناف الأولى

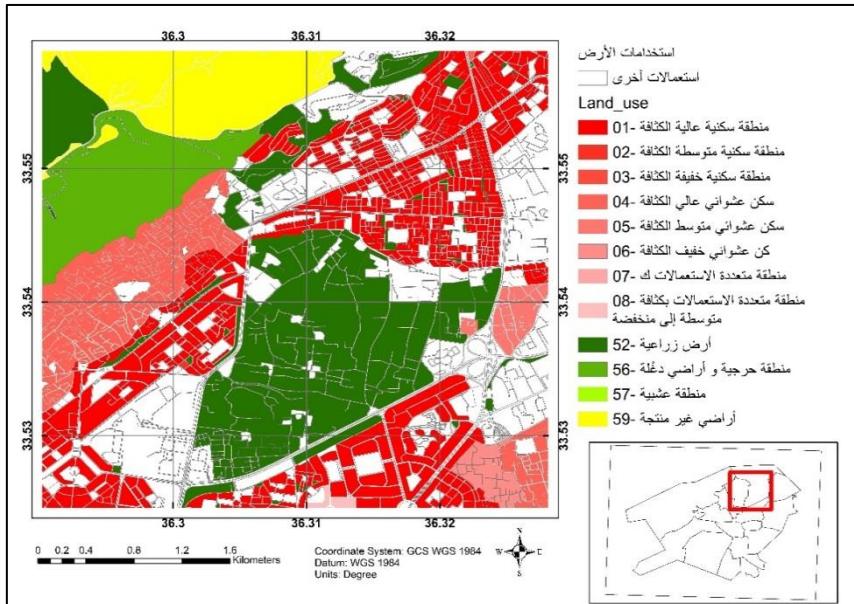
⁴ <https://eos.com/sentinel-2/>

⁵ الشركة العامة للدراسات والاستشارات الفنية، دمشق، سوريا.

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

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

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



الشكل(2): استعمالات الأرضي (المصدر الشركة العامة للدراسات والاستشارات الفنية) مبين عليه الأصناف المختارة في هذا البحث (عمان، مناطق زراعية، أراضي جراء)

أدوات البحث:

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

خطوات العمل:

- أولاً: تحميل المشاهد الفضائية:** حُملَت المشاهد الفضائية من موقع المسح الجيولوجي الأمريكي (USGS) من الموقع الإلكتروني (<https://earthexplorer.usgs.gov>) حيث حُملَ مشهداً فضائياً من قمر لاندسات 7 (العام 2000 و2002)، ومشهد من قمر لاندسات 8 (عام 2013)، ومشهد من قمر سينتنيل 2 عام (2018).
- ثانياً: التحويل إلى انعكاسية:** حُوّلت القيم الرقمية في المشاهد المحملة جميعها إلى انعكاسية وذلك للتتمكن من إجراء عملية المقارنة فيما بينها حيث اختيرت المشاهد الفضائية لتكون ملقطة بأعوام متعددة ولكن خلال الشهر نفسه تقريباً (شهر آذار) بينما اختير مشهد

إضافي من لاندسات 7 خلال شهر حزيران وذلك لتعرف التغير الممكن في شدة الانعكاسية نظرًا 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:

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

إذ:

L_{λ} : الإشعاع الطيفي

$L_{\max_{\lambda}}$, $L_{\min_{\lambda}}$: 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.

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

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

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 السمت 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

K_1, K_2 : ثوابت المعايرة 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

$$\rho_{\lambda}' = M\rho * Q_{cal} + A\rho \quad (4)$$

إذ:

ρ_{λ}' : قيم الانعكاسية

$M\rho$: عامل جداء يحدد من REFLECTANCE_MULT_BAND_X الوارد في البيانات الملحة للمشاهد إذ x هو رقم المجال الطيفي

$A\rho$: عامل إضافة يحدد من REFLECTANCE_ADD_BAND_X الوارد في البيانات الملحة للمشاهد إذ x هو رقم المجال الطيفي

(Q_{cal}): القيم الرقمية (DN)

- 2- تصحيح قيم الانعكاسية وفقاً لزاوية الشمس:

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

إذ:

ρ_{λ} : قيم الانعكاسية المصححة

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

- 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 للبند 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 إن مشاهد Sentinel-2 المتاحة على موقع USGS معالجة للمستوى 1c إذ تمثل القيم في هذا المنتج قيم الانعكاسية⁸ (TOA).

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 المبنية في الشكل(2) سابقاً، وذلك لتحديد المناطق العمرانية والمناطق الزراعية والمناطق الجرداة 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 الأرضي.

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

3- المناطق الجرداة: وهي المناطق المحددة بوصفها أراضي غير منتجة ضمن شريحة استعمالات الأرضي 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 السائد وفقاً لأحد الأصناف المذكورة؛ كما أن استعمالات الأرضي هي ظاهرة متغيرة مع الزمن ضمن نطاقات محلية فعلى سبيل المثال قد يحدث زحف عمراني ضمن بعض المناطق الزراعية وهذا سيؤدي بدوره إلى تغير البصمة الطيفية في المناطق التي تغير فيها استعمال الأرض. ولكن يمكن إهمال تأثير هذا التغير على متوسط قيمة الانعكاس الطيفي نظراً لكبر حجم العينة الممثلة لكل صنف من أصناف استعمالات الأرضي 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:

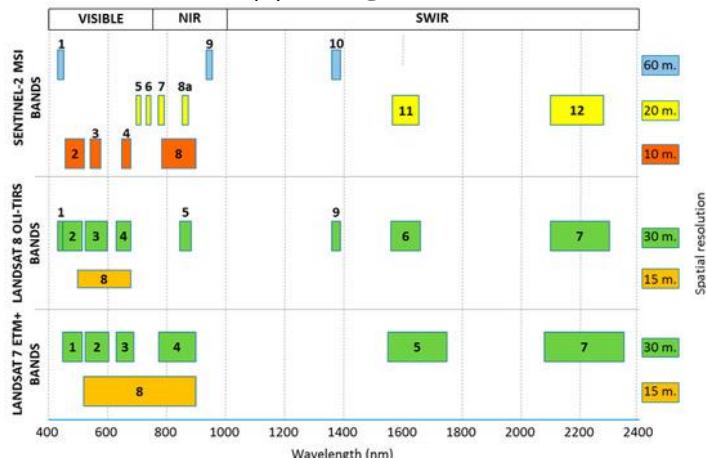
قبل البدء بمقارنة الانعكاسية في المشاهد المختارة من التوابع الصناعية⁷ Landsat8 و Sentinel-2A لابد من مقارنة المجالات الطيفية في كل من هذه التوابع لتعرف على ما يقابل كل مجال طيفي من أحدها مع بقية التوابع.

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

المتقابلان بعرض المجال الطيفي الواسع في Landsat8 والضيق في Landsat7. وأيضاً فإن المجال الطيفي البانوغرافي (الباند 8) في Landsat7 يعطي مجالاً طيفياً أوسع مما هو عليه في Landsat8 ولا يوجد مجال طيفي شبيه لها في Sentinel-2A.

مقارنة المشاهد الفضائية المختارة:

كما ذكر سابقاً أجريت عملية تحويل القيم الرقمية (DN) إلى انعكاسية في كل من المشاهد الأربع 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 مبدئياً إجراء مقارنة بصرية، وذلك من خلال إظهار المشاهد بترتيب لوني FCC (False Color Composite) بحيث يمثل ثلاثة مجالات طيفية متقدمة تقريباً ضمن كل مشهد. ونظراً إلى المجالات الطيفية هي أقل تشوشاً بالضباب إذ يمكنها اختراق الضباب والدخان فإن الصورة الأكثر وضوحاً للبيئة الحضرية ممكنة باستخدام تركيبة لونية في هذه المجالات الطيفية (Red, SWIR وRed). لأجل ذلك اختيار المجال تحت الأحمر ب摩جات قصيرة الثاني (SWIR2) ليتمثل بلون أحمر (R)، والمجال تحت الأحمر بموجات قصيرة الأول (SWIR1) ليتمثل بلون أخضر (G)، والمجال الأحمر (Red) ليتمثل بلون أزرق (B) وهي المجالات الطيفية الأكثر شيوعاً لدراسة المناطق الحضرية⁹، كما هو مبين في الجدول (5).



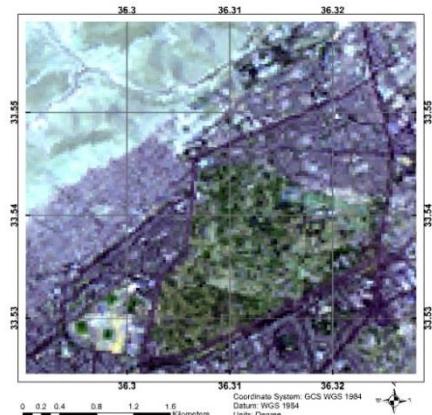
شكل(3): مقارنة قدرة التمييز المكانية والطيفية في كل من Sentinel-2A و Landsat8 و Landsat7 .
المصدر : (Josep et al., 2018)

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

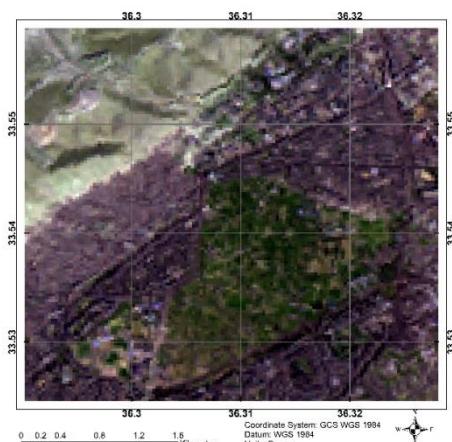
الجدول(5): التراكيب اللونية المختارة من المجالات الطيفية المقابلة للمشاهد المستخدمة

رقم المجال الطيفي لظهور المشهد الملون بألوان كافية (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

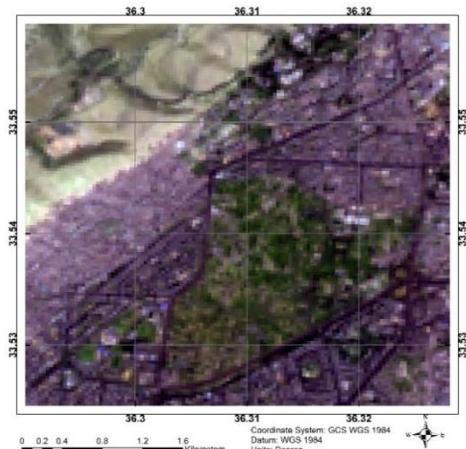
تبين الأشكال(4-5-6) على التوالي المشاهد المركبة الملونة لكل مشهد من المشاهد المختارة من التوابع الصناعية Landsat7 و Landsat8 و Sentinel-2A حسب تواريχها.



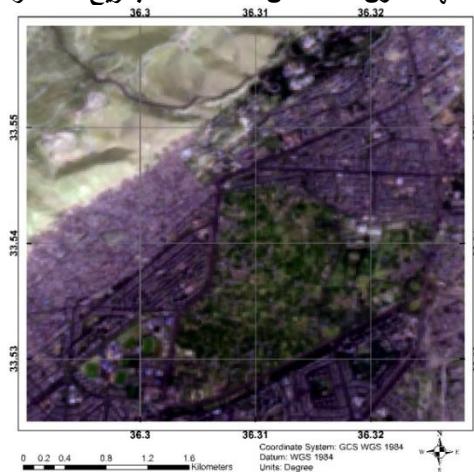
الشكل(4): المشهد الملون FCC من Landsat7 ETM+ بتاريخ 22 حزيران لعام 2000



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 المبيتنة في الأشكال (4-5-6-7) وفقا للتراكيبة اللونية المختارة فإن المناطق العمرانية تظهر بلون بنفسجي في حين تظهر المناطق الزراعية بلون أخضر غامق متدرج أما المناطق الجرداء فتظهر بلون فستقي أو أخضر فاتح من خلال المقارنة بين المشاهد الملونة في الأشكال (4-5-6-7) بخريطة استعمالات الأرضي شكل(2) يمكن التتحقق بشكل عام من تطابق نوع استعمالات الأرضي (عمراني، وزراعي، وأراضي 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 الأرضي 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 الأرضي المعتربرة.

التحليل الإحصائي للانعكاسية في المجالات الطيفية:

قبل إجراء المقارنة بين متوسط الانعكاسية في المجالات الطيفية لأصناف استعمالات الأرضي المعتربرة أجري تحليل إحصائي عام على المشهد الحضري كله. حيث حُسِّبَت القيم الدنيا والعظمى والمتوسط الحسابي والانحراف المعياري لكل مجال طيفي (Band) في المشهد الأربعه قيد الدراسة.

يبين الجدول (6) القيم الإحصائية المحسوبة للمجالات الطيفية كلها (Bands)، حيث رُتّبت المجالات الطيفية بشكل يظهر المجالات الطيفية المتوفقة في كل من Landsat 7 و Sentinel-2A و 8Landsat ETM+ و 2202 1614 و 665. كما ميّزت 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 المختاره. ففي مشهد (2000/06/22) نلاحظ أن الانحراف المعياري في الأطوال الموجية (665 و 1614 و 2202) هي على التوالي (0.073، 0.087، 0.092) وهذه القيم هي العليا من قيم الانحراف المعياري لبقية المجالات الطيفية لهذا المشهد، مما يتبع تباعاً أفضل في عملية التفسير البصري للمشاهد الحضري. أما في بقية المشاهد الملتقطة خلال شهر آذار فنلاحظ أن الانحراف المعياري في الطول الموجي تحت الأحمر (835) بلغ (0.076)، في مشهد (2002/3/8) لمشهدي (0.071) و (2013/3/21)، أي إنه ارتفع عما هو عليه في الطول الموجي الأحمر (665) وباللغة (0.070، 0.061) بسبب نمو النباتات خلال هذا الشهر، مما قد يعطي فرصة أفضل لإظهار التباين في مكونات المشهد الحضري لهذين المشهدين فيما لو استُخدم في التركيبة اللونية المختاره. أي إنه 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 أيضاً 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 8/3/2002، في حين بلغت القيمة العظمى والوسطية لهذا المجال (0.532، 0.332) في مشهد 2000/6/22 و(0.239، 0.620) في مشهد 2013/3/21 و(0.301، 0.719) في مشهد 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 جداً 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. أما انخفاض هذه القيمة إلى (0.239) في مشهد 2018/3/27 فقد ينبع إلى انخفاض النشاط الزراعي بشكل عام خلال سنوات الحرب على سوريا.

أما 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				21/03/2013				08/03/2002				22/06/2000				طول الموجة (nm) المترية (Approx)				
27/03/2018		Date		21/03/2013		Date		08/03/2002		22/06/2000		Date								
Std	Mean	Max	Min	Std	Mean	Max	Min	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	0.168	0.539	0.024	4	0.070	0.182	0.598	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 كلهاؤذلك لمعاينة سلوك المنحني الطيفي للمشاهد المختارة من Landsat7 وLandsat8 وSentinel-2A. يمكن ملاحظة أن متوسط الانعكاسية في المجالات الطيفية لمشهد Landsat7 الملقط بتاريخ 22 حزيران هي أعلى بشكل عام من باقي المشاهد. وهذا كما ذكر سابقاً يعود لزيادة شدة الاشعاع الشمسي في هذا الشهر مما 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 2002/3/21 و2013/3/21، 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 فُسرَ في فقرة سابقة عند تحليل معطيات الجدول(6). كما يلاحظ أن متوسط الانعكاسية في المجالات الطيفية الإضافية عند الأطوال الموجية (704، 740، 783) لقمر-Sentinel-2A تساير الاتجاه العام لخط الانعكاسية لقمر لاندسات 7 و8 بين الموجتين (665 و835). 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 المشتركة مع قمر لاندسات 8 إذ يقوم بخار الماء في الغلاف الجوي القريب من سطح الأرض بامتصاص أشعة الطيف في هذا المجال الطيفي مما يسمح بالكشف عن وجود الغيوم الرقيقة (cirrus clouds)¹⁰. ونظراً لأن المجال الطيفي 1374 نانومتراً الذي يمثله الباند 9 في Landsat 8 والباند 10 في Sentinel-2A له قيم ضئيلة جداً لذا أهمل هذا المجال في تتمة هذا البحث. وبما أن الانعكاسية الطيفية في مشهد 7 الملتقط في شهر حزيران تشابه الانعكاسية في المشهد الملتقط في شهر آذار، وتحتاج عنه فقط بسبب زيادة شدة الانعكاسية لذا اكتفى بعرض النتائج للمشاهد الملتقطة في شهر آذار فقط من الأقمار Landsat 7 وLandsat 8 وSentinel-2A فقط في تتمة 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 مهملاً. 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 درست الاستجابة الطيفية لأصناف استعمالات الأرضي.

الاستجابة الطيفية لأصناف استعمالات الأرضي:

في هذه الفقرة درست الخصائص الطيفية لكل من المناطق العمرانية والمناطق الزراعية والمناطق الجرداة 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.

يبين الجدول (7) القيم الصغرى والعظمى والمتوسط الحسابي والانحراف المعياري لقيم الانعكاسية ضمن المناطق العمرانية. ويبين الجدول (8) القيم الصغرى والعظمى والمتوسط الحسابي والانحراف المعياري لقيم الانعكاسية ضمن المناطق الزراعية. ويبين الجدول (9) القيم الصغرى والعظمى والمتوسط الحسابي والانحراف المعياري لقيم الانعكاسية ضمن المناطق الجرداة.

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

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

Sentinel-2A				لأندست ٨				لأندست ٧ (ETM+)				لأندست ٦ (08/03/2002)				طول الموجة (nm) المركبة (.Approx)
27/03/2018		Date		21/03/2013		Date		08/03/2002		Date		08/03/2002		Date		المرجعية
Std	Mean	Max	Min	band	Std	Mean	Max	Min	band	Std	Mean	Max	Min	band	(nm) (.Approx)	
0.013	0.098	0.182	0.046	1	0.021	0.089	0.343	0.024	1							444
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): يبيّن القيم الإحصائية في المشاهد الفضائية لمنطقة الدراسة (أراضي زراعية)

Sentinel-2A				لأندست ٨				لأندست ٧ (ETM+)				لأندست ٦ (08/03/2002)				طول الموجة (nm) المركبة (.Approx)
27/03/2018		Date		21/03/2013		Date		08/03/2002		Date		08/03/2002		Date		المرجعية
Std	Mean	Max	Min	band	Std	Mean	Max	Min	band	Std	Mean	Max	Min	band	(nm) (.Approx)	
0.018	0.082	0.182	0.041	1	0.027	0.064	0.332	0.020	1							444
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

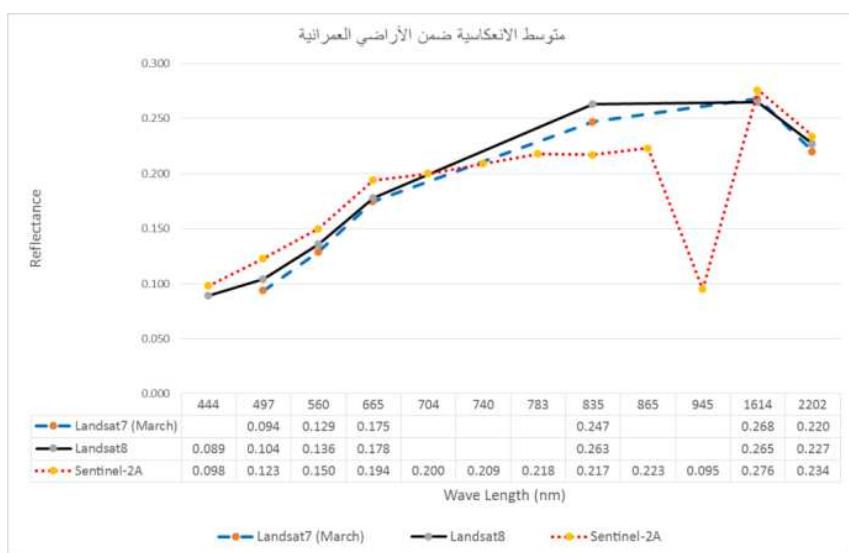
الجدول(9): يبيّن القيم الإحصائية في المشاهد الفضائية لمنطقة الدراسة (أراضي جراء)

Sentinel-2A				لأندست ٨				لأندست ٧ (ETM+)				لأندست ٦ (08/03/2002)				طول الموجة (nm) المركبة (.Approx)
27/03/2018		Date		21/03/2013		Date		08/03/2002		Date		08/03/2002		Date		المرجعية
Std	Mean	Max	Min	band	Std	Mean	Max	Min	band	Std	Mean	Max	Min	band	(nm) (.Approx)	
0.018	0.091	0.222	0.042	1	0.023	0.074	0.280	0.020	1							444
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

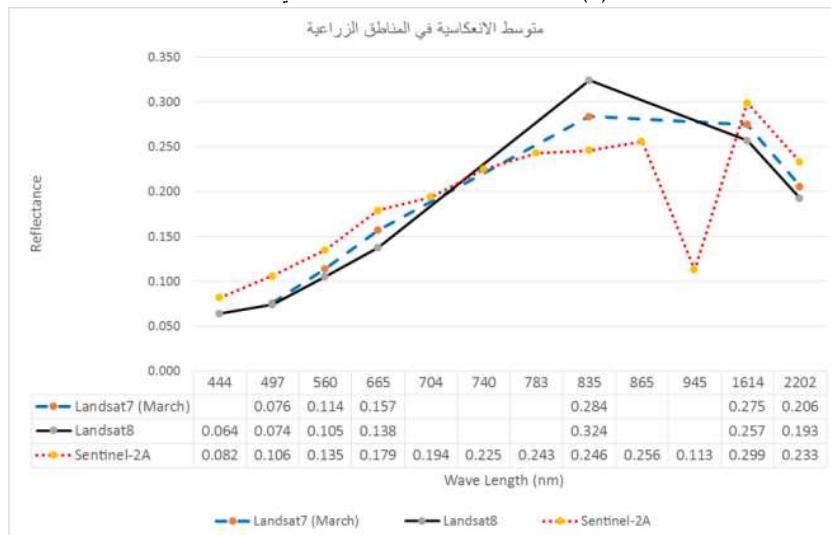
تبين الجداول (7-8-9) أن المتوسط في كل مجال طيفي لأصناف استعمالات الأرضي المدروسة كلها هو أقرب للقيمة الصغرى. كما يمكن ملاحظة أن المجالات الطيفية المختارة لإظهار التركيب اللوني لها انحراف معياري أكبر من غيرها ما عدا المجال الطيفي عند الطول الموجي (665) فله انحراف معياري أقل من الانحراف المعياري عند الطول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

وكما هو معلوم فإن صغر الانحراف المعياري يعني أن العينة الإحصائية أقل تشتتاً. من أجل دراسة السلوك الطيفي للمناطق المدروسة كلها أُظهر الشكل البياني لمتوسط الانعكاسية من المشاهد كلها ضمن كل منطقة. تبين الأشكال (9-10-11) متوسط الانعكاسية للمناطق العمرانية والمناطق الزراعية والمناطق الجرداة على التوالي إذ يظهر التشابه في البصمة الطيفية بين Landsat8 وLandsat7 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 مما هي عليه في أقمار لاندستات في الأطوال الموجية كلها 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 بأمواج قصيرة الأول SWIR1 (1614).

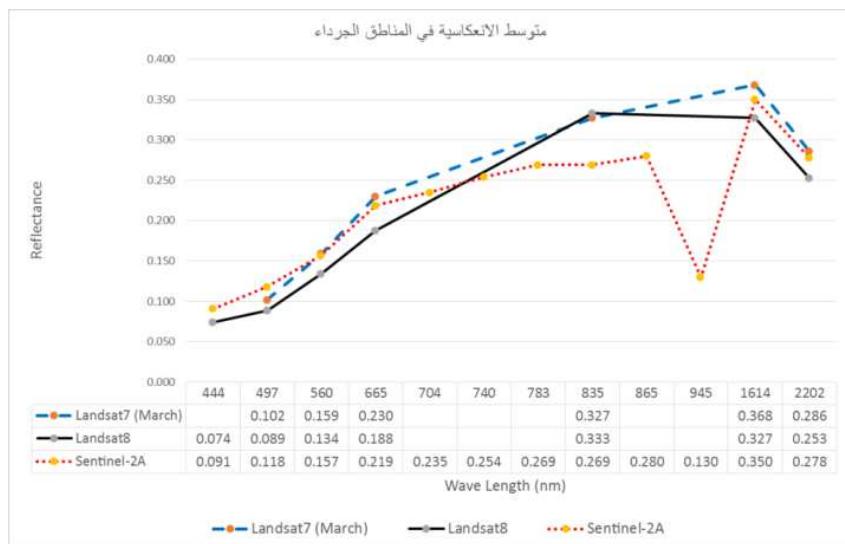
أمّا في المناطق الزراعية شكل (10) فيلاحظ وجود ذروة عند المجال تحت الأحمر (835) لمشهد لاندستات 7 و8 ويعود سبب ارتفاع شدة الانعكاسية عند المجال تحت الأحمر لمشهد لاندستات 8 إلى أن هذا المشهد ملتقط مع بداية فصل الربيع، في حين مشهد لاندستات 7 التقط في بداية شهر آذار. بينما بلغ المنحنى الطيفي ذروته في مشهد Sentinel-2A عند الطول الموجي (1614) وربما يعود السبب في تغير 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.



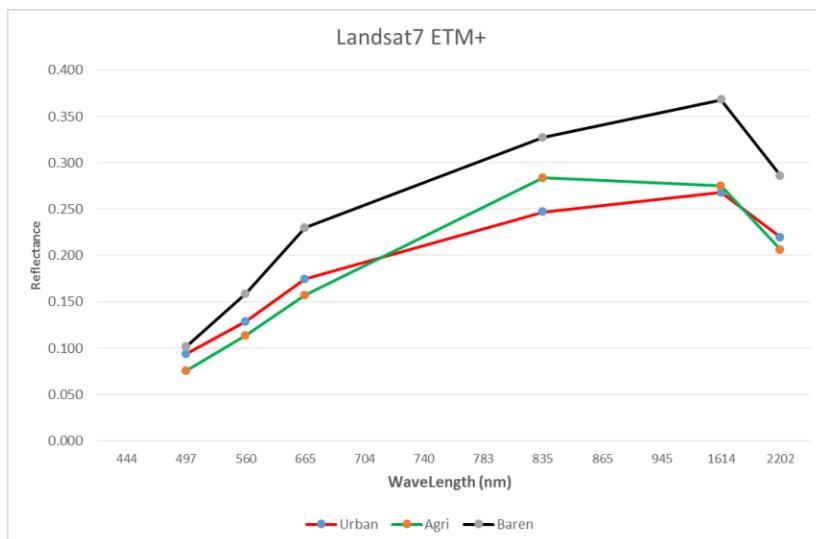
الشكل(11): متوسط الانعكاسية ضمن الأراضي الجرداء

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 أشجار ظهرت في بداية فصل الربيع. أما بالنسبة إلى كل من لاندسات 7 و-Sentinel-2A فبلغ المنحني الطيفي ذروته عند الطول الموجي (1614).

مقارنة الخصائص الطيفية لأصناف استعمالات الأرضي بين الأقمار المستخدمة:

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

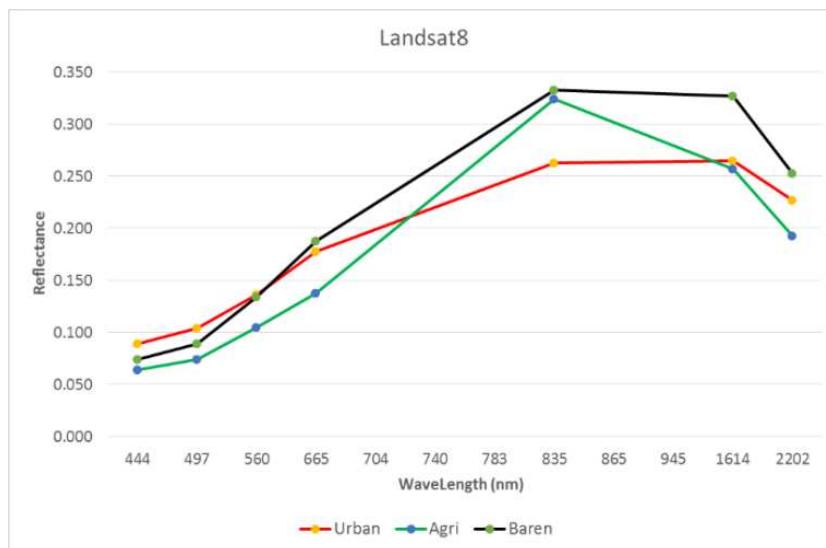
يبين الشكل(12) الخصائص الطيفية لكل من المناطق العمرانية والزراعية والجرداء في مشهد القمر الصناعي Landsat7 ETM+ إذ يمكن ملاحظة التمايز في متوسط القيمة الانعكاسية في المجالات طيفية حيث تبدي المناطق الجرداء متوسط انعكاسية أكبر في المجالات الطيفية جميعها وتبلغ ذروتها في المناطق العمرانية والزراعية والجرداء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



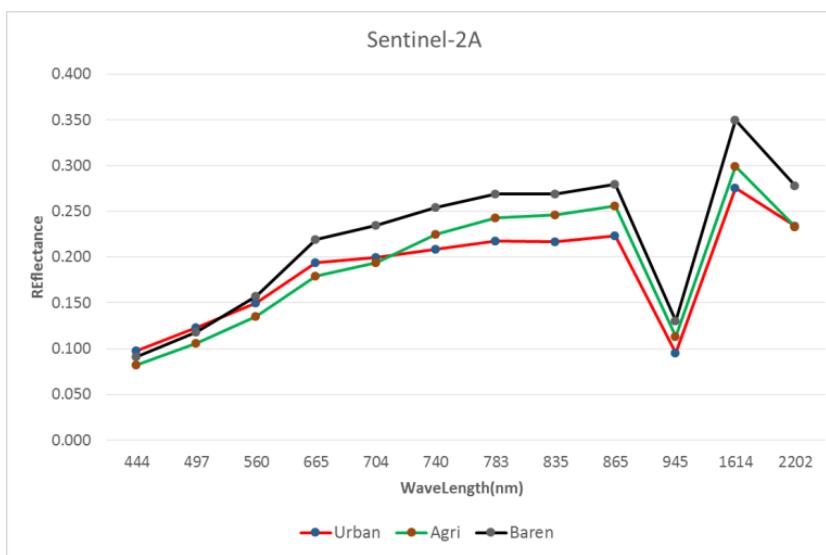
الشكل(12): متوسط الانعكاسية في كل من المناطق العمرانية والزراعية والجرداء لقمر Landsat7

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 تمتض مناطق الزراعة 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 والمعرفة بقرينة النبات. إذ كما ذكر سابقاً فإن مشهد لاندستات 8 التقط مع بدايات فصل الربيع، لذلك نلاحظ أنَّ المنحنيات تقرباً كلها تعكس بشدة الأشعة تحت الحمراء عند الطول الموجي (835) مع الاحتفاظ بشدة انعكاس عالية عند الطول الموجي (1614) للمناطق العمرانية والجرداء التي تتمايز أيضاً فيما بينها بفارق واضح 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 المبين 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 الضيقية التي يتميز بها قمر Sentinel-2A عن أقمار لاندستات.



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 درست 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: درست الخصائص الطيفية المشهد الحضري كله في منطقة الدراسة. ثانياً: قورنت الانعكاسية الطيفية بين المرئيات الثلاث لكل صنف من أصناف استعمالات الأرضي. وثالثاً: قورنت الانعكاسية الطيفية بين أصناف استعمالات الأرضي لكل مرئية من المرئيات الثلاث إذ وجَدَ أنَّ:

- 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 بأمواج قصيرة الأول SWIR1 وتانخفاض قليلاً ضمن المجال تحت الأحمر القريب، ويزداد الانخفاض أكثر ضمن المجال تحت الأحمر بأمواج قصيرة الثاني SWIR2.

3- هناك فرصة جيدة لإمكانية استخدام المجالات الطيفية الإضافية في القمر الصناعي Sentinel-2A إذ إنَّ السلوك الطيفي لعناصر غطاء الأرض التي درست في هذا البحث مشابه بشكل عام مع السلوك الطيفي في القمر الصناعي لاندسات 7 و 8. ولما كانت إحدى الميزات الإضافية في القمر A Sentinel-2A هي الزيادة في قدرة التمييز المكانى فهذا يسهم في إعداد خرائط استعمالات الأرضي بمقاييس 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 الأرضي 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 آخر له عدة أسباب، منها: ما يتعلق بمميزات الماسح المستخدم، ومنها مرتبطة بتاريخ النقاط المشهد. فكما لوحظ في هذا البحث

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

المقترحات والدراسات المستقبلية:

في هذا البحث دُرس السلوك الطيفي لمكونات غطاء الأرض الرئيسية لذا نقترح إجراء بحوث أخرى لتعرف السلوك الطيفي للمكونات الفرعية، وخصوصاً تصنيفات المناطق العمرانية العشوائية والمنظمة بكثافاتها المتنوعة. وكما هو ملاحظ من خلال هذا البحث أن المجال الطيفي SWIR1 له أهمية خاصة في تحديد المناطق العمرانية، ونظراً إلى أن القمر Sentinel-2A له قدرة ميز مكاني (20 متراً) في هذا المجال الطيفي وهي أعلى مما هي عليه في كل من Landsat7 وLandsat8 البالغة (30 متراً) 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 مثلاً) لتصنيف دراسات المناطق العمرانية وإعدادها.

الخاتمة:

في هذا البحث درست خصائص الانعكاس الطيفي في المشاهد الحضرية وقارنت في كل من Landsat7 وLandsat8 وSentinel-2A. إذ لوحظ أن السلوك الطيفي لكل من مكونات المشهد الحضري العامة (عمان، وزراعة، ومناطق جراء) متشابهة تقريباً. وتبيّن أيضًا أهمية المجال الطيفي تحت الأحمر ب一波ات قصيرة الأول (SWIR1) في تحديد المناطق العمرانية. كما يمكن اقتراح استخدام مشاهد القمر Sentinel-2A لإنتاج خرائط غطاء/استعمال الأرض إذ إن قدرة الميز المكاني في المجال SWIR1 لهذا القمر (20 متراً) هي أفضل مما هي عليه في مشاهد Landsat البالغة (30 متراً)، فضلاً 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 تصنیف مناطق عمرانية مختارة من مدينة دمشق، رسالة أعدت لنيل درجة الماجستير في الاستشعار عن بعد، قسم الجغرافية، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة دمشق، سوريا، 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 Barenness 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, Ziying 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
-------------------------------	-----------------------