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/index.php/library/2844
تاريخ الاسترداد: 2026/11/02 12:25 +03

الموسوعة السياسيّة 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 السياسيّة - Encyclopedia Political، يرجى التواصل على info@political-encyclopedia.org

استخدامكم لأرشيف مكتبة الموسوعة السياسيّة - 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 السياسيّة مستوفياً شروط حقوق الملكية الفكريّة ومتطلبات رخصة المشاع الإبداعي التي ينضوي 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 ولاسيَّما العمرانية، لما لها من دور في اختصار الوقت والجهد في إعداد الدراسات المتعلقة بدراسة غطاء الأراضي واستعمالاتها. إذ أصبحت هذه المعطيات وسيلة فعَّالة 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 الإفادة منها في خدمة هذه الدراسات.

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

الكلمات المفتاحية: الاستشعار عن بعد /RS/ Remote Sensing، 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:

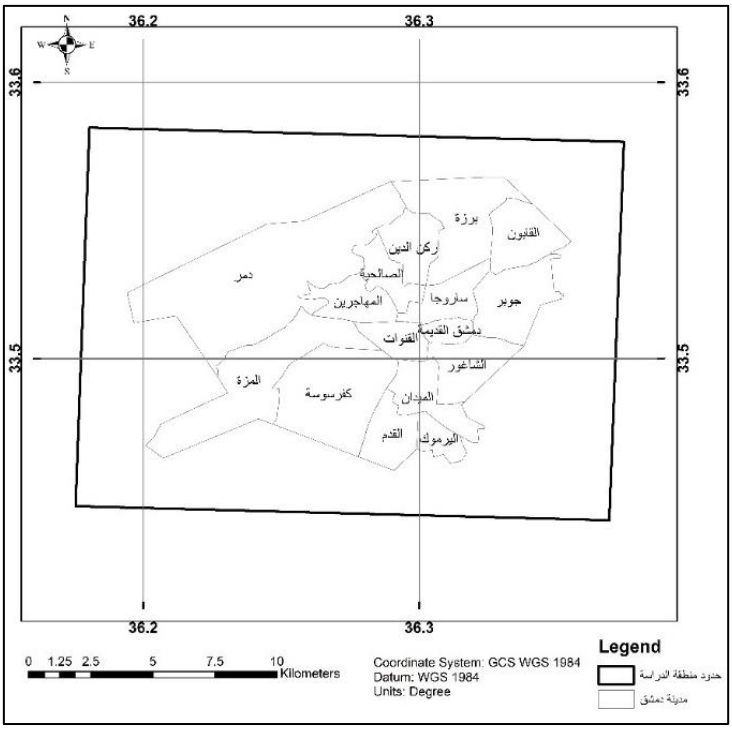
إن من أهم تطبيقات الاستشعار عن بعد هو إعداد خرائط استعمال وغطاء الأرض ذات الأهمية الكبيرة في الدراسات العمرانية والتخطيط الإقليمي والتنمية المستدامة. وقد شهدت المدة الأخيرة تطورًا وتزايدًا كبيرًا في عدد أقمار الاستشعار عن بعد بقدرات تمييز مكانية وطيفية متنوعة، لذا لابدَّ من مقارنة هذه الأقمار لمعرفة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

بشكل عام تراوح قدرة التمييز المكانية لمشاهد الاستشعار عن بعد بين المنخفضة (أكبر من 250 مترًا 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 عَدُّ 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 المكانية، فقدرة التمييز المكاني المنخفضة مرتبطة بمساحة واسعة للمشهد، فمثلًا المشهد الواحد بقدرة تمييز متوسطة يغطي مساحة أكبر (بحدود 185 كيلومترًا مربعًا لمشاهد لاندسات) مما تغطيه المشاهد ذات قدرة التمييز العالية (13 كيلومترًا مربعًا تقريبًا 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 قُورِنَت الخصائص الطيفية لمكُّونات المشهد الحضري باستخدام المشاهد الفضائية ذات قدرة التمييز المكاني المتوسطة من أقمار Landsat7 وLandsat8 وSentinel-2A.

منطقة البحث:

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



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

أهمية البحث:

تنبع أهمية البحث من خلال التعمق في دراسة البصمات الصيفية لمكُّونات المشهد الحضري ومقارنة الخصائص الانعكاسية لها من صور Landsat7 و Landsat8 و Sentinel-2A ضمن المناطق العمرانية، وذلك بهدف تحسين دقة تصنيف مشاهد الاستشعار عن بعد باستخدام الخصائص الطيفية لمكوِّنات المشهد.

أهداف البحث:

1. تعميق استخدام الأساليب التقنية في تحديد المناطق العمرانية من الصور الفضائية
2. تعرّف الخصائص الطيفية لمكونات المشهد الحضري عالي التعقيد في مدينة دمشق ومحيطها ضمن المجالات الطيفية المختلفة.
3. تحديد المجالات الطيفية الفُضلى لتصنيف المناطق العمرانية من خلال إجراء مقارنة بين الخصائص الانعكاسية للمناطق العمرانية من صور Landsat7 و Landsat8 و Sentinel-2A.

مشكلة البحث:

مع تزايد مصادر بيانات الاستشعار عن بعد وتنوعها 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 كلّها 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 مكوِّنات غطاء الأرض، وهل هناك مجالات طيفية معينة قد تعطي نتائج أكثر إيجابية من غيرها.

مناهج البحث:

اعتُمِدَ المنهج التحليلي والمقارن والطرائق الاستشعارية من خلال دراسة الانعكاسية الطيفية في المجالات المتاحة في المشاهد الفضائية المستخدمة في هذا البحث كلّها 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 اعتمادًا على صور Quick Bird و Spot و Landsat7 ETM^+.

2– دراسات اعتمدت على الخصائص الانعكاسية للمناطق العمرانية لتطوير قرائن تمكّن 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 Built-up Index) 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 الصنعي Landsat7 ETM+ الأولى ملتقطة بتاريخ 22 حزيران لعام 2000 والثانية ملتقطة بتاريخ 8 آذار لعام 2002. ومن الجدير بالذكر أن هذا التابع الصنعي لا يزال مستمرًا في العمل حاليًا ولكن المشاهد الملتقطة بعد تاريخ 31 آيار 2003 كلّها تحوي فراغات ضمن بيانات الصورة على شكل شرائط بسبب إخفاق الدائم في مصحح خط المسح (SLC)[1]. ومع أن البيانات من هذا التابع الصنعي بعد إخفاق المصحح لا تزال مفيدة للاستخدام في تطبيقات الاستشعار عن بعد إلَّا أنَّها استُبعِدَت من هذا البحث لتجنب عملية المعالجة لتعبئة هذه الفراغات، ممَّا قد يؤثر سلبًا في الخصائص الطيفية في منطقة الدراسة. الجدول(1) يبيّن خصائص التابع الصنعي Landsat7 ETM+.

الجدول(1): خصائص مرئيات التابع الصنعي لاندسات 7 (ETM+)[2]

رقم المجال	اسم المجال	قدرة الميز المكانية (m)	طول الموجة (µm)	مجال التطبيقات
1	الأزرقBlue	30	0.45-0.52	رسم خرائط الأعماق، تمييز التربة من الغطاء النباتي، والنباتات ذات الأوراق المتساقطة من النباتات الصنوبرية
2	الأخضر Green	30	0.52-0.60	يؤكد ذروة الغطاء النباتي، وهو أمر مفيد لتقييم النشاط النباتي
3	الأحمرRed	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 المتحولة 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 الصنعي Landsat8 ملتقطة بتاريخ 21 آذار لعام 2013. الجدول(2) يبيّن خصائص هذا التابع.

الجدول(2): خصائص التابع الصنعي لاندسات 8[3]

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 الصنوبرية
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 تحديد 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 الصنعي Sentinel-2A ملتقطة بتاريخ 27 آذار لعام 2018. الجدول 3 يبيّن خصائص هذا التابع الصنعي.

[3]- https://eos.com/landsat-8/

الجدول(3): خصائص التابع الصنعي Sentinel-2A[4]

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 رقمي[5]. 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 أُنجِزَ باستخدام مشاهد Google Earth خلال المدة من 2010–2015 تقريبًا أي إنَّه قد يتوافق زمنيًا مع مشهد لاندسات 8 الملتقط خلال عام 2013.

ونظرًا إلى أنَّ مخطط استعمالات الأراضي المعتمد في هذا البحث قد أُنجِز باستخدام مشاهد Google Earth فهذا يعني أن مقياسه بحدود 1:10000 تقريبًا إذا اعتبرنا أن قدرة التمييز المكانية الوسطية لغوغل إرث بحدود 5 أمتار. يبيّن 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

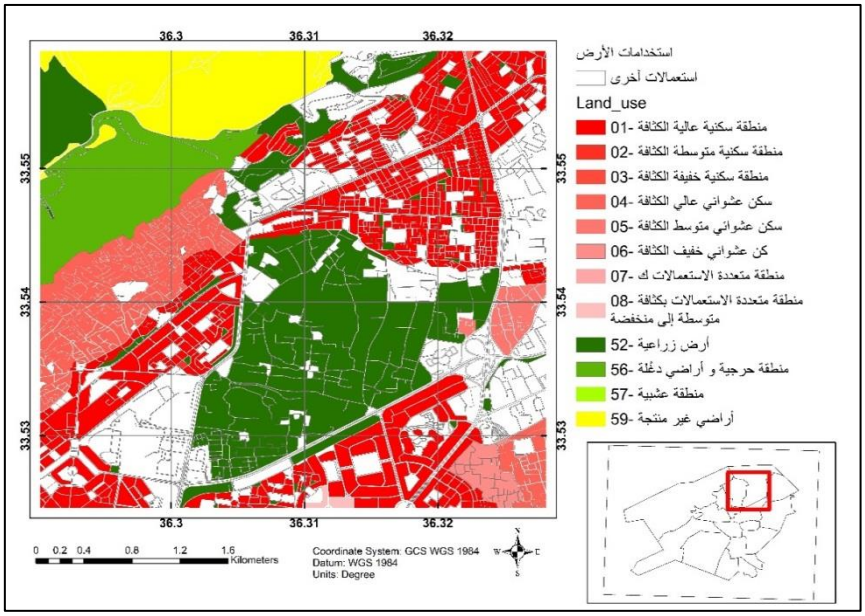
[4]- https://eos.com/sentinel-2/

[5]- الشركة العامة للدراسات والاستشارات الفنية، دمشق، سورية.

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

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

يبين الشكل(2) مخطط استعمالات الأراضي المعتمد في هذه البحث الذي يبيّن جزءًا صغيرًا من منطقة الدراسة.



الشكل(2): استعمالات الأراضي (المصدر الشركة العامة للدراسات والاستشارات الفنية) مبيّن 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 ERDAS Imagine 2014

خطوات العمل:

أولًا: تحميل المشاهد الفضائية: حُمِّلَت المشاهد الفضائية من موقع المسح الجيولوجي الأمريكي (USGS) من الموقع الالكتروني (https://earthexplorer.usgs.gov) حيث حُمِّلَ مشهدان فضائيان من قمر لاندسات 7 (لعام 2000 و2002)، ومشهد من قمر لاندسات 8 (لعام 2013)، ومشهد من قمر سينتينل 2 لعام (2018).

ثانيًا: التحويل إلى انعكاسية: حُوِّلَت 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 تقريبًا (شهر آذار) بينما اختير مشهد

إضافي من لاندسات7 خلال شهر حزيران وذلك لتعرّف 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+ وفقا للقوانين الآتية[6]:

1- تحويل DN إلى الإشعاع الطيفي Radiance:

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

إذ:

L_λ: الإشعاع الطيفي

$Lmax_\lambda$, $Lmin_\lambda$: القيمة الدنيا/العليا للإشعاع ضمن كل مجال، وتؤخذ من الملف المرفق بالصورة التي تمّ الحصول عليها.

Qcalmax, Qcalmin: أدنى/أعلى قيمة يمكن أن يأخذها عنصر الصورة.

QCAL: القيمة الرقمية لعنصر الصورة DN.

2- تحويل قيم الإشعاع الطيفي Lλ 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

K1, K2: 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 يأتي[7]:

1- تحويل القيم الرقمية إلى انعكاسية

$$\rho\lambda' = M\rho * Qcal + A\rho \qquad (4)$$

إذ:

$\rho\lambda'$: قيم الانعكاسية

Mρ: عامل جداء يحدد من REFLECTANCE_MULT_BAND_x الوارد في البيانات الملحقة للمشهد إذ x هو رقم المجال الطيفي

Aρ: عامل إضافة يحدد من REFLECTANCE_ADD_BAND_x الوارد في البيانات الملحقة للمشهد إذ x هو رقم المجال الطيفي

Qcal: القيم الرقمية (DN)

2- تصحيح قيم الانعكاسية وفقا لزاوية الشمس:

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

إذ:

ρλ: قيم الانعكاسية المصححة

θSE: زاوية ارتفاع الشمس (SUN_ELEVATION) المعطى ضمن البيانات المرفقة مع المشهد

3-التحويل لدرجات الحرارة

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

إذ:

T: درجة الحرارة بالكلفن

Lλ: الإشعاع الطيفي للباند الحراري

K1, K2: 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.

ثالثًا: حساب متوسط الانعكاسية: استُخدِمَت شريحة مخطط استعمالات الأراضي المبينة في الشكل(2) سابقًا، 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 وفقًا 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 جدًا 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 وفقًا 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 تغير البصمة الطيفية في المناطق التي تغير فيها استعمال الأرض. ولكن يمكن إهمال تأثير هذا التغير على متوسط قيمة الانعكاس الطيفي نظرًا لكبر حجم العينة الممثلة لكل صنف من أصناف استعمالات الأراضي المدروسة التي تغطي مساحات واسعة ضمن مدينة دمشق ومحيطها وهذا ما سَيُؤكَّدُ عليه لاحقًا في هذا البحث.

رابعًا: تحليل النتائج:

مقارنة المجالات الطيفية في المشاهد الفضائية المختارة:

قبل البدء بمقارنة الانعكاسية في المشاهد المختارة من التوابع الصنعية Landsat7 وLandsat8 وSentinel-2A لابدَّ من مقارنة المجالات الطيفية في كل من هذه التوابع لتعرف على ما يقابل كل مجال طيفي من أحدها مع بقية التوابع.

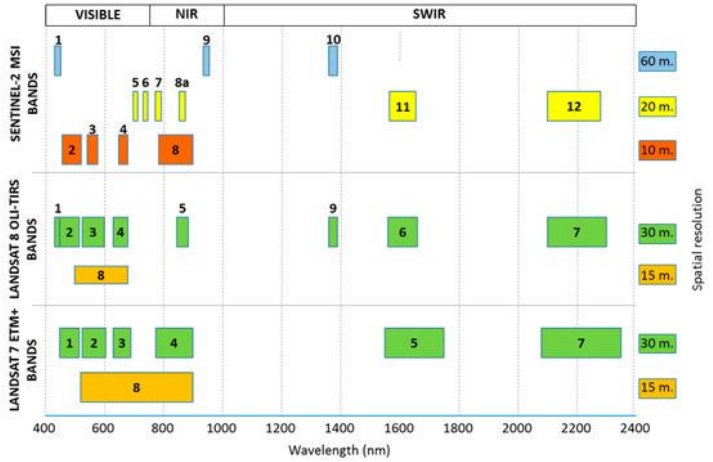
يبين الشكل(3) المقارنة بين المجالات الطيفية فضلًا عن مقارنة قدرة الميز المكاني في كل من هذه التوابع الصنعية إذ يمكن ملاحظة الاختلافات بين هذه التوابع حتى في المجالات الطيفية المتقابلة، فعلى سبيل المثال المجال الطيفي تحت الأحمر في Landsat7 (الباند 4) يقابله في Landsat8 (الباند 5) ولكن يختلف هذان المجالان

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

مقارنة المشاهد الفضائية المختارة:

كما ذكر سابقًا أجريت 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 (SWIR و Red). 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 الحضرية[9]، كما هو مبيّن في الجدول(5).



الشكل(3): مقارنة قدرة التمييز المكانية والطيفية في كل من Landsat7، Landsat8 و Sentinel-2A.

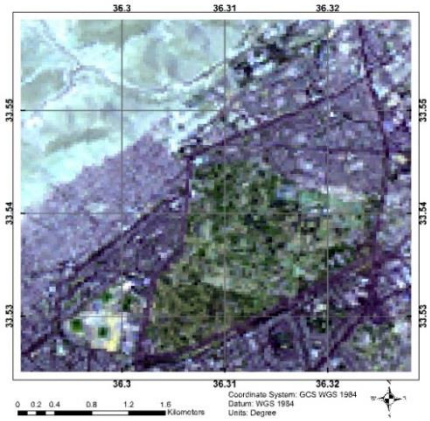
المصدر: (Josep et al., 2018)

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

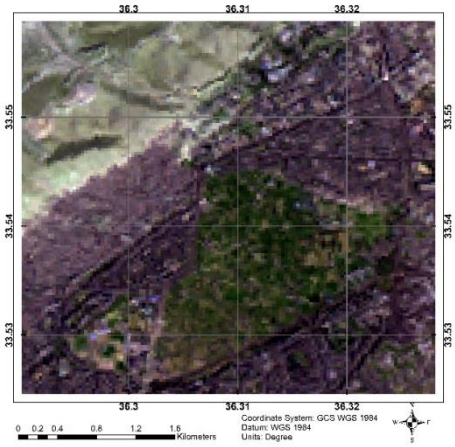
الجدول(5): التراكيب اللونية المختارة من المجالات الطيفية المتقابلة للمشاهد المستخدمة

	رقم المجال الطيفي لإظهار المشهد الملون بألوان كاذبة (FCC)		
التابع الصنعي/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

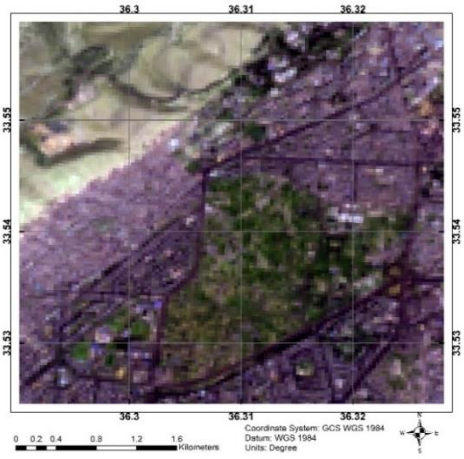
تبيّن الأشكال(4–5–6–7) على التوالي المشاهد المركبة الملونة لكل مشهد من المشاهد المختارة من التوابع الصنعية Landsat7 و Landsat8 و Sentinel-2A حسب تواريخها.



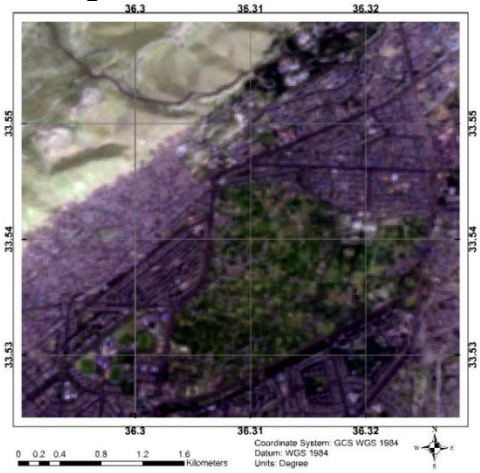
الشكل(4): المشهد الملون FCC من Landsat7 ETM+ بتاريخ 22 حزيران لعام 2000



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 المبيّنة 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 أمَّا المناطق الجرداء فتظهر بلون فستقي 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 نسبيًا 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 أجري تحليل إحصائي عام على المشهد الحضري كلّه. حيث حُسِبَت القيم الدنيا والعظمى والمتوسط الحسابي والانحراف المعياري لكل مجال طيفي (Band) في المشاهد الأربعة قيد الدراسة.

يبيّن الجدول(6) القيم الإحصائية المحسوبة للمجالات الطيفية كلّها (Bands)، حيث رُتِّبَت المجالات الطيفية بشكل يظهر المجالات الطيفية المتوافقة في كل من Landsat7 +ETM و Landsat8 و Sentinel-2A. كما مَيَّزَت المجالات الطيفية المستخدمة في التركيب اللوني الكاذب للمشاهد.

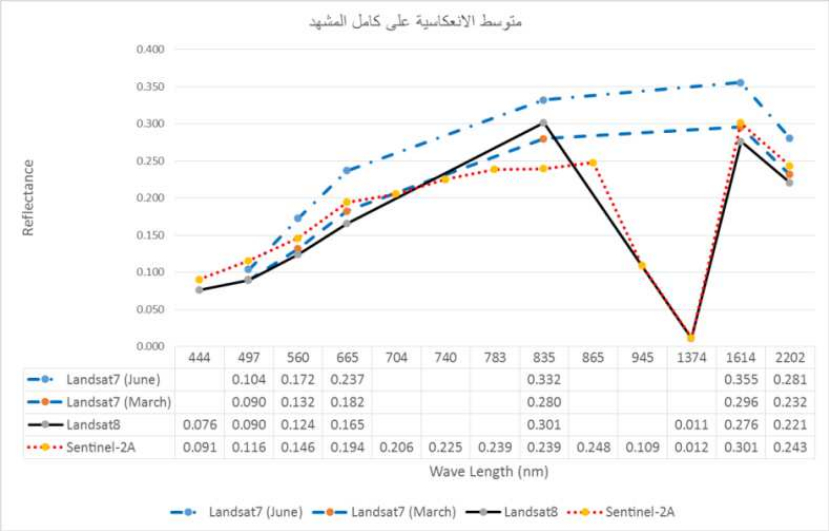
من الجدول(6) يمكن ملاحظة أن الانحراف المعياري للمجالات الطيفية المستخدمة في التركيب اللوني أعلى بشكل عام من الانحراف المعياري لبقية المجالات الطيفية في المشهد. وهذا ما يعزز أهمية هذه المجالات الطيفية في إظهار مكونات المشهد الحضري بالتركيبة اللونية المختارة. ففي مشهد (2000/06/22) نلاحظ أن الانحراف المعياري في الأطوال الموجية (665 و1614 و2202) هي على التوالي (0.073، 0.092، 0.087) وهذه القيم هي العليا من قيم الانحراف المعياري لبقية المجالات الطيفية لهذا المشهد، ممَّا يتيح تباينًا 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) والبالغة (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 استُخدِمَ في التركيبة اللونية المختارة. أي إنَّه في حال محاولة تمييز مكونات المشهد الحضري بصريًا لأي مشهد بشكل مستقل يمكن اختيار المجالات الطيفية ذات الانحراف المعياري الأعلى، ولكن حين مقارنة المشاهد بصريًا 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 (0.532، 0.332) و(0.719، 0.301) و(0.620، 0.239) 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. أمَّا انخفاض هذه القيمة إلى (0.239) في مشهد 2018/3/27 فقد ينسب إلى انخفاض النشاط الزراعي بشكل عام خلال سنوات الحرب على سورية.

أمَّا 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 معلقات 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) سابقًا.

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

Sentinel-2A					لاندسات ٨					لاندسات ٧ (+ETM)									طول الموجة المركزية (nm) (Approx.)
27/03/2018				Date	21/03/2013				Date	08/03/2002				Date	22/06/2000				Date	
Std	Mean	Max	Min	band	Std	Mean	Max	Min	band	Std.	Mean	Max	Min	band	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	1	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	2	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	3	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	4	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	5	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	7	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	8	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	61	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	62	3.058	38.514	48.930	25.639	62	1201



	444	497	560	665	704	740	783	835	865	945	1374	1614	2202
Landsat7 (June)		0.104	0.172	0.237				0.332				0.355	0.281
Landsat7 (March)		0.090	0.132	0.182				0.280				0.296	0.232
Landsat8	0.076	0.090	0.124	0.165				0.301			0.011	0.276	0.221
Sentinel-2A	0.091	0.116	0.146	0.194	0.206	0.225	0.239	0.239	0.248	0.109	0.012	0.301	0.243

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

يبيّن الشكل(8) مخططًا متوسط الانعكاسية على منطقة الدراسة كلّهاوذلك 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 سابقًا يعود لزيادة شدة الاشعاع الشمسي في هذا الشهر ممَّا هي عليه في شهر آذار، وهذا مثبت أيضًا في قيم المجالات الطيفية الحرارية إذ بلغ متوسط درجة حرارة السطح في مشهد 2000/6/22 قيمة (38^o) في حين بلغ متوسط درجة حرارة السطح تقريبًا (22^o) في مشهدي 2002/3/8 و 2013/3/21، كما هو مبيّن في الجدول(6) سابقًا. 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 تقريبًا في المجالات الطيفية المتشابهة رغم وجود بعض التباينات في القيم، وهذا التباين فُسِّرَ 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 7و8 بين الموجتين (665 و835). أمَّا بالنسبة إلى متوسط قيم الانعكاسية لقمر Sentinel-2A في المجالات

الطيفية الإضافية ذات الأطوال الموجية (945، 1374)، فيلاحظ أنَّها تنخفض انخفاضًا كبيرًا وخصوصًا عند الطول الموجي 1374 المشترك مع قمر لاندسات8 إذ يقوم بخار الماء في الغلاف الجوي القريب من سطح الأرض بامتصاص أشعة الطيف في هذا المجال الطيفي ممَّا يسمح بالكشف عن وجود الغيوم الرقيقة (cirrus clouds)[10]. ونظرًا لأن المجال الطيفي 1374 نانومترًا الذي يمثله الباند 9 في Landsat8 والباند 10 في Sentinel-2A له قيم ضئيلة جدًا لذا أهمِلَ هذا المجال في تتمة 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 اكتُفِيَ بعرض النتائج للمشاهد الملتقطة في شهر آذار فقط من الأقمار Landsat7 و Landsat8 و Sentinel-2A فقط في تتمة البحث.

من حيث المبدأ، ومن الشكل 8 يمكن أيضًا 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 إنَّ متوسط الانعكاسية والانحراف المعياري في هذه المجالات ليس مهملًا. ولكن لا يمكن هل هذه المجالات الإضافية ستضيف معلومات غير متوافرة في المجالات المشتركة مع مشاهد لاندسات 7 و8؟ لمحاولة معرفة هلكان هناك أي معلومات إضافية في هذه المجالات دُرِسَت الاستجابة الطيفية لأصناف استعمالات الأراضي.

الاستجابة الطيفية لأصناف استعمالات الأراضي:

في هذه الفقرة دُرِسَت 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): يبيّن القيم الإحصائية في المشاهد الفضائية لمنطقة الدراسة (أراضي عمرانية).

Sentinel-2A					لاندسات ٨					لاندسات ٧ (ETM+)					طول الموجة المركزية (nm)
27/03/2018				Date	21/03/2013				Date	08/03/2002				Date	
Std	Mean	Max	Min	band	Std	Mean	Max	Min	band	Std.	Mean	Max	Min	band	(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 الإحضائية في المشاهد الفضائية لمنطقة الدراسة (أراضي زراعية)

Sentinel-2A					لاندسات ٨					لاندسات ٧ (ETM+)					طول الموجة المركزية (nm)
27/03/2018				Date	21/03/2013				Date	08/03/2002				Date	
Std	Mean	Max	Min	band	Std	Mean	Max	Min	band	Std.	Mean	Max	Min	band	(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): يبين القيم الإحصائية ي المشاهد الفضائية لمنطقة الدراسة (أراضي جرداء)

Sentinel-2A					لاندسات ٨					لاندسات ٧ (ETM+)					طول الموجة المركزية (nm)
27/03/2018				Date	21/03/2013				Date	08/03/2002				Date	
Std	Mean	Max	Min	band	Std	Mean	Max	Min	band	Std.	Mean	Max	Min	band	(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

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 أُظهِرَ 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 وLandsat8 في حين توجد فروق واضحة مع Sentinel-2A. إذ يمكن ملاحظة أن متوسط انعكاسية الأراضي العمرانية في مشهد Sentinel-2A بتاريخ 2018/3/27 أعلى ممَّا هي عليه في أقمار لاندسات في الأطوال الموجية كلّها عدا الطول الموجي المشترك (835). أمَّا 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).

أمَّا في المناطق الزراعية شكل(10) فيلاحظ وجود ذروة عند المجال تحت الأحمر (835) لمشهدي لاندسات 7 و8 ويعود سبب ارتفاع شدة الانعكاسية عند المجال تحت الأحمر لمشهد لاندسات 8 إلى أن هذا المشهد ملتقط مع بداية فصل الربيع، في حين مشهد لاندسات 7 التقط في بداية شهر آذار. بينما بلغ المنحني 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.



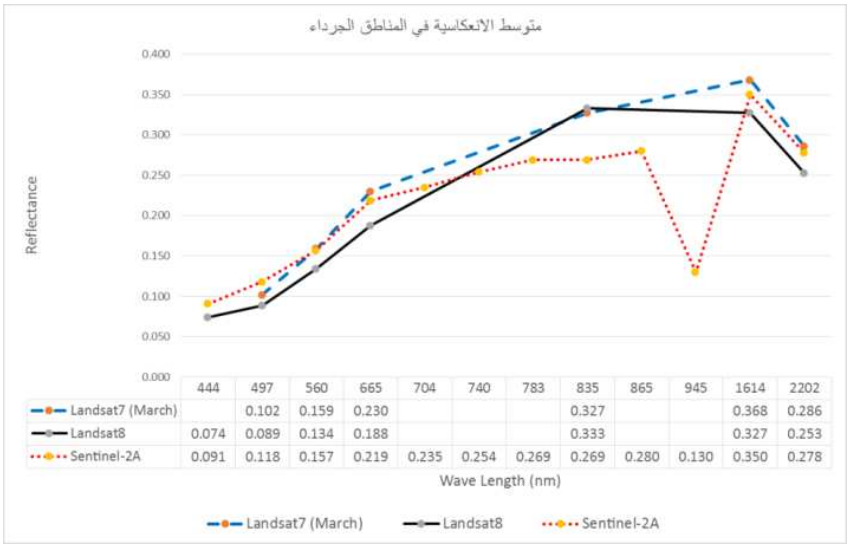
	444	497	560	665	704	740	783	835	865	945	1614	2202
Landsat7 (March)		0.094	0.129	0.175				0.247			0.268	0.220
Landsat8	0.089	0.104	0.136	0.178				0.263			0.265	0.227
Sentinel-2A	0.098	0.123	0.150	0.194	0.200	0.209	0.218	0.217	0.223	0.095	0.276	0.234

الشكل(9): متوسط الانعكاسية ضمن الأراضي العمرانية.



	444	497	560	665	704	740	783	835	865	945	1614	2202
Landsat7 (March)		0.076	0.114	0.157				0.284			0.275	0.206
Landsat8	0.064	0.074	0.105	0.138				0.324			0.257	0.193
Sentinel-2A	0.082	0.106	0.135	0.179	0.194	0.225	0.243	0.246	0.256	0.113	0.299	0.233

الشكل(10): متوسط الانعكاسية ضمن الأراضي الزراعية.



	444	497	560	665	704	740	783	835	865	945	1614	2202
Landsat7 (March)		0.102	0.159	0.230				0.327			0.368	0.286
Landsat8	0.074	0.089	0.134	0.188				0.333			0.327	0.253
Sentinel-2A	0.091	0.118	0.157	0.219	0.235	0.254	0.269	0.269	0.280	0.130	0.350	0.278

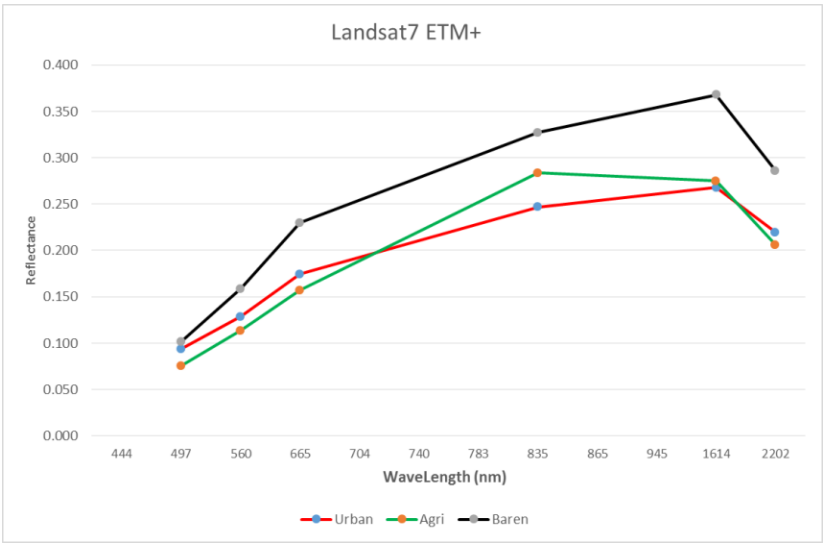
الشكل(11): متوسط الانعكاسية ضمن الأراضي الجرداء

في المناطق الجرداء شكل(11) يلاحظ أيضًا أن ذروة الانعكاس في مشهد لاندسات 8 هو أيضا عند المجال تحت الأحمر (835)، وهذا يفسر أيضا بوجود نباتات أو أعشاب ظهرت في بداية فصل الربيع. أمَّا 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.

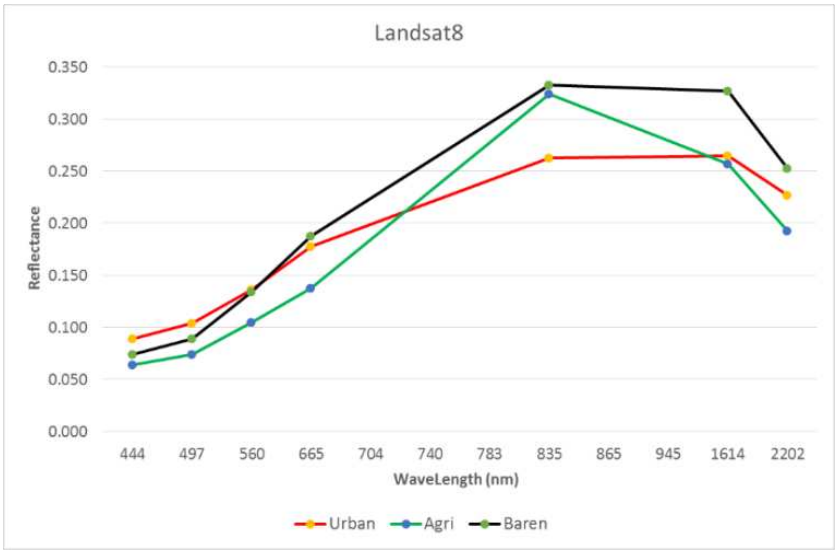
يبين الشكل(12) الخصائص الطيفية لكل من المناطق العمرانية والزراعية والجرداء في مشهد القمر الصناعي Landsat7 ETM+ إذ يمكن ملاحظة التمايز في متوسط القيم الانعكاسية في المجالات طيفية حيث تبدي المناطق الجرداء متوسط انعكاسية أكبر في المجالات الطيفية جميعها وتبلغ ذروتها في المناطق العمرانية والجرداء عند الطول الموجي (1614). في حين تبلغ المناطق الزراعية ذروتها عند الموجة (835). 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

يبيّن 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 بقرينة النبات. إذْ كما ذكر سابقًا فإن مشهد لاندسات 8 التقط مع بدايات فصل الربيع، لذلك نلاحظ أنَّ المنحنيات تقريبًا كلّها تعكس بشدة الأشعة تحت الحمراء عند الطول الموجي (835) مع الاحتفاظ بشدة انعكاس عالية عند الطول الموجي (1614) للمناطق العمرانية والجرداء التي تتمايز أيضًا فيما بينها بفروق واضحة عند المجالات تحت الحمراء IR (الطول الموجي 835)، وتحت الحمراء بأمواج قصيرة الأولى SWIR1 (الطول الموجي 1614).

يبيّن الشكل(14) الخصائص الطيفية لكل من المناطق العمرانية والزراعية والجرداء في مشهد القمر الصناعي Sentinel-2A الذي يظهر السلوك الطيفي المبيّن سابقًا 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 دُرِسَت الخصائص الطيفية لمكونات المشهد الحضري الرئيسية ضمن مدينة دمشق ومحيطها (أراضٍ عمرانية، وأراضٍ زراعية، وأراضٍ جرداء) من ثلاثة أقمار لاندسات7 ولاندسات8 و Sentinel-2A. إذ أولًا: دُرِسَت الخصائص الطيفية المشهد الحضري كلّه في منطقة الدراسة. ثانيًا: قورنت الانعكاسية الطيفية بين المرئيات الثلاث لكل صنف من أصناف استعمالات الأراضي. وثالثًا: قورنت الانعكاسية الطيفية بين أصناف استعمالات الأراضي لكل مرئية من المرئيات الثلاث إذ وجد 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 كلّها شكلت الانعكاسية ذروتها ضمن المناطق المعمورة في المجال تحت الأحمر بأمواج قصيرة الأول SWIR1 وتنخفض قليلًا 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 دُرِسَت في هذا البحث متشابه بشكل عام مع السلوك الطيفي في القمر الصناعي لاندسات 7 و8. ولمّا 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، فضلًا 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 لاندسات7 أو 8.

4– رغم الفارق الزمني الكبير بين المشاهد المستخدمة في هذا البحث (عشرين سنة تقريبا) 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 الاشعاع الشمسي خلال أيام السنة له تأثير كبير في شدة الانعكاسية للمشهد؛ 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 بكثافاتها 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 و Landsat8 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 مثلا) لتصنيف دراسات المناطق العمرانية وإعدادها.

الخاتمة:

في هذا البحث دُرِسَت خصائص الانعكاس الطيفي في المشاهد الحضرية وقورِنَت في كل من Landsat7 و Landsat8 و Sentinel-2A. إذ لوحظ أن السلوك الطيفي لكل من مكونات المشهد الحضري العامة (عمران، وزراعة، ومناطق جرداء) متشابهة تقريبًا. وتبيَّن 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 إنَّ قدرة الميز المكاني في المجال SWIR1 لهذا القمر (20مترًا) هي أفضل مما هي عليه في مشاهد Landsat 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, 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

ورود البحث: 2018/7/23	الموافقة على النشر: 2018/9/3