



استخدام الصور الرادارية (Sentinel-1) في دراسة الغطاء النباتي
(دراسة تطبيقية على منطقتي النبي متى وسهل عكار في محافظة طرطوس)

د. يارا الويش*

أ.د. صفية عيد**

د.م. ناصر إبراهيم***



Using radar images (Sentinel-1) in the study of vegetation
(A case study on the regions of Prophet Matta and Sahl Akkar at
Tartous Governorate)

Dr. Yara Al Wish*

Dr. Safia Eid**

Dr. Nasser Ibrahim***



المستخلص

تُعطي المرئيات البصرية رؤية متكاملة حول نمو المحاصيل والغطاء النباتي بشكل عام، لكن قد يعيق هذه العملية بعض الظروف والأحوال الجوية (الغيوم، السحب...). وكونه تُعد الخصائص الطبوغرافية ركيزة أساسية في دراسة الغطاء النباتي وتنوعه، بالتالي هدف هذا البحث إلى تقييم مدى دقة المرئيات الرادارية من نوع (Sentinel-1) بشكل خاص في تقييم مساحة الغطاء النباتي وتنوعه مع دراسة وتحليل هذه الخصائص المتمثلة بـ (ارتفاع التضاريس، ودرجة الانحدار، واتجاه الانحدار) وغيرها من العوامل الطبيعية التي تؤثر في الغطاء النباتي في مناطق الدراسة.

تم تصنيف الغطاء النباتي اعتماداً على المرئيات الرادارية (Sentinel-1) للأشهر (شباط، نيسان، آب، تشرين الأول) للعام 2017م، وتمت مقارنتها مع نتائج التصنيف اعتماداً على المرئيات البصرية (Sentinel-2) التي تحتوي على خصائص طيفية لنفس الأشهر، إذ تم تطبيق التصنيف المراقب باستخدام التتبع الزمني لأشهر الدراسة. لكن عند التصنيف باستخدام البصمة الطيفية لكل صنف من أصناف الغطاء النباتي أعطى نتائج أدق من التصنيف المراقب.

بعد اختبار دقة التصنيف الراداري فقد أثبت أنه جيد فقط في تصنيف المحاصيل الحقلية، لكنه غير مناسب في تصنيف بقية أصناف الغطاء النباتي بعد المقارنة مع نتائج التدقيق الحقلية، لأن مرئيات (Sentinel-1) الرادارية هي مرئيات ضمن النطاق الطيفي (C) الذي تبين أنه غير مناسب لتصنيف الغطاء النباتي خاصة في مناطق الغابات (الأشجار الحرجية). وضعت خرائط وجداول وأشكال بيانية توضح مساحة الأصناف النباتية حسب نطاقات الارتفاع، والاتحاد، والاتجاه. وتم حساب معامل ارتباط بيرسون لمساحات الغطاء النباتي مع الخصائص الطبوغرافية.

الكلمات المفتاحية (Key Words):

Sentinel - 1 - التصنيف الراداري - الاستقطاب - تبعثر التيجان

Abstract

The visual images give an integrated view of the growth of crops and vegetation cover in general, but this process may be hindered by some circumstances and weather conditions (clouds, cirrus...). And since the topographic characteristics are considered as a basic pillar in the study of vegetation cover and its diversity, therefore, the aim of this research is to evaluate the accuracy of radar images (Sentinel-1) in particular in assessing the area of vegetation cover and its diversity, studying and analyzing these characteristics (the height of the terrain, slope and aspect) and other natural factors that affect the vegetation cover in the studied areas.

The vegetation cover was classified based on the radar images (Sentinel-1) for the months (February, April, August, October) of the year 2017, and it was compared with the classification results based on the visual images (Sentinel-2) that contain spectral characteristics for the same months. Supervised classification was applied using the temporal tracking of the studied months. However, when classifying using the spectral fingerprint for each type of vegetation, it gave more accurate results than the supervised classification.

After testing the accuracy of the radar classification, it proved that it is good only in classifying field crops, but it is not suitable in classifying the rest of the vegetation cover varieties after comparison with the results of the field audit, because the (Sentinel-1) radar images are in the (C) band, which was found to be Not suitable for the classification of vegetation, especially at forests.

Maps, tables, and graphs have been developed showing the area of plant varieties according to ranges of elevation, slope, and aspect. Pearson's correlation coefficient of vegetation cover areas with topographical characteristics was calculated.

Keywords:

Sentinel -1 , radar classification , polarization , scattering of crowns

المقدمة:

تطورت دراسة الغطاء النباتي الطبيعي والمزروع نتيجة ظهور التقانات الحديثة وما تقدمه من معطيات متمثلة بالمرئيات الفضائية والمعطيات ثلاثية الأبعاد. وترافق ذلك مع ظهور عصر المعلومات وبرامج معالجة المرئيات الفضائية التي ساعدت في تقييم الغطاء النباتي وتغيراته التي تعد جزءاً مهماً في دراسة النظام البيئي. يتلقى سطح الغطاء النباتي في الجبال طاقة إشعاع شمسي مختلفة بشكل واضح، فالسفوح التي تتعرض لأشعة الشمس بشكل أكبر ترتفع فيها درجة حرارة الهواء والتربة وتقل فيها الرطوبة، وهذا يؤدي إلى ضعف انتشار الغطاء النباتي في أغلب الأحيان، ونتيجة لذلك يظهر اختلاف في الخصائص الطيفية التي تؤثر على الانعكاس الكمي للمعاملات النباتية ومعاملات السطح. وتختلف نتائج تقييم مساحة وتنوع الغطاء النباتي ما بين المرئيات الرادارية والبصرية، حيث قد تتأثر عملية تفسير المرئيات البصرية بالظروف الجوية على عكس المرئيات الرادارية، كذلك إن المرئيات البصرية تتكون من عدة مجالات طيفية، إلا أن المرئيات الرادارية من نوع (S-1) هي ضمن النطاق (C) الراديوي فقط، كما يعد الاستقطاب أحد أهم خصائص المرئية الرادارية.

أهمية البحث:

تأتي أهمية البحث من أهمية اختبار دقة المرئيات (Sentinel-1) الرادارية في تقدير مساحة الغطاء النباتي وتنوعه في مناطق مختارة من محافظة طرطوس مقارنةً مع المرئيات البصرية، بالإضافة إلى تحليل الخصائص الطبوغرافية وتأثيرها على تنوع وتوزيع الغطاء النباتي.

مشكلة البحث:

تكمن مشكلة البحث فيما يلي:

١- لا تعطي المرئيات البصرية أحياناً رؤية متكاملة عن نمو الغطاء النباتي بسبب بعض الظروف والأحوال الجوية (كالغيوم والسحب...) التي تعيق عملية تفسير المرئية.

٢- تحتاج عملية تحليل الخصائص الطبوغرافية بالطرق التقليدية إلى الكثير من الوقت والجهد.

٣- تحتوي عمليات تحليل السطح الطبوغرافي بالطرق التقليدية على الكثير من الأخطاء، إضافة إلى قلة الدقة في النتائج مما ينعكس على دقة تفسير الخصائص التضاريسية.

أهداف البحث:

هدف البحث إلى تحقيق ما يلي:

١- تقييم مدى دقة المرئيات الرادارية من نوع (Sentinel-1) في تقييم مساحة الغطاء النباتي وتنوعه في مناطق الدراسة.

٣- تقدير مساحة بعض أنواع الغطاء النباتي وتنوعه في مناطق مختارة من محافظة طرطوس.

٤- وضع خرائط للغطاء النباتي، وبناء قاعدة بيانات رقمية تربط بين أنواع الغطاء النباتي والخصائص الطبوغرافية.

المناهج والطرائق المستخدمة في البحث:

اعتمد البحث على مجموعة من المناهج والطرق وهي:

١- الطرق الاستشعارية (طرق التقانات الحديثة) (Sensing Ways):

تم الاعتماد في هذا البحث على برمجيات تحليل الصور كبرنامج (Snap) لمعالجة مرئيات (Sentinel) وبرنامج (Erdas Imagine)، وذلك من خلال استخدام طرق التصحيح الهندسي والراديومترية لمعطيات التتابع الصناعية المستخدمة الرادارية والمرئية.

٢- منهج البحث الكارتوغرافي (Cartographic Method):

تم من خلاله إعداد منظومة خرائط ناتجة عن عمليات الربط والتقاطع بين نتائج تطبيق منهجيات التصحيح الطبوغرافي المختلفة على المرئيات الفضائية المعالجة ووضع خرائط تقدير نوع ومساحة بعض أنواع الغطاء النباتي.

استخدام الصور الرادارية (Sentinel-1) في دراسة الغطاء النباتي (دراسة تطبيقية على منطقتي النبي متى وسهل عكار في محافظة طرطوس)

٣- منهج البحث التجريبي (Experimental Method):

تم وضع فرضيات عديدة بناءً على الملاحظات العلمية الدقيقة، والمقارنة بين الفرضيات والنتائج التي تم التوصل إليها بعد تطبيق تصنيف الغطاء النباتي تصنيفاً (مراقب، طيفي وراداري).

٤- منهج البحث الإحصائي (Statistical Method):

استُخدم المنهج الإحصائي في الدراسة من خلال وضع الجداول التي تبين مساحة وتنوع الغطاء النباتي وفق الخصائص الطبوغرافية، ووضع جداول تبين معامل الارتباط بين مساحة وأنواع هذه الأصناف حسب الخصائص الطبوغرافية.

الدراسات السابقة:

تم الاعتماد على دراسات عالمية ومنها:

١- دراسة لـ Statistical office in Olsztyn بعنوان:

Use of satellite imagery Sentinel-1 and Sentinel-2 for crops classification. 2017

تناولت الدراسة مقارنة بين تصنيف المحاصيل الزراعية في أولشتين، بولندا باستخدام المرئيات الفضائية من نوع S-1 و S-2.

٢- دراسة لـ A. Buyantuyev، J. WU، و C. Gries بعنوان:

"Estimating vegetation cover in urban environment based on Landsat ETM imagery: A case study in Phenix U.S.A.2007.

تضمنت الدراسة حساب المؤشرات النباتية (NDVI و SAVI) وتطبيقها على مرئيات Landsat ETM ملتقطة في ثلاث تواريخ مختلفة. وطُبقت على ثلاثة أنواع من أغطية الأرض (استعمالات أراضي- أرض زراعية- صحراء). وتم تحليل النسيج الطيفي (SMA).

مواد البحث وأدواته: شملت على ما يلي:

أولاً: مواد البحث:

١- بيانات الاستشعار عن بعد وتتضمن مرئيات مختلفة في دقتها وملتقطة بمستشعرات محمولة على متن توابع صناعية مختلفة وهي:

أ- مرئيات للتابع (Sentinel-1): للأشهر (شباط، نيسان، آب، تشرين الأول) للعام ٢٠١٧.

ب- مرئيات للتابع (Sentinel-2): للأشهر (شباط، نيسان، آب، تشرين الأول) للعام ٢٠١٧.

ج- نموذج ارتفاع رقمي (Digital Elevation Model): بدقة تمييز (٢٠.٥ متر).
٢- بيانات إحصائية (كميات الهطل، درجة الإشعاع الشمسي... وغيرها) للعام ٢٠١٦ م.

ثانياً: أدوات البحث:

١- برنامج (Sentinels Application Platform (SNAP): وهو برنامج خاص بمعالجة المرئيات الفضائية (Sentinel).

٢- برنامج معالجة المرئيات الفضائية (Erdas Imagine 2014).

٣- برنامج نظم المعلومات الجغرافية (Arc GIS 10.2).

٤- برنامج (Google Earth pro).

منطقة البحث:

تقع محافظة طرطوس غرب الجمهورية العربية السورية، وتشرف على الجزء الشرقي للبحر المتوسط. ونظراً لكبر حجم مساحة المحافظة على المرئيات الرادارية والتي تستغرق وقتاً طويلاً وقدرات معالجة حاسوبية كبيرة. لذلك تم اختيار منطقتين للدراسة والتصنيف تمثل تضاريسهما كافة الخصائص والأصناف النباتية المنتشرة في المنطقة وهما غابة النبي متى وما يحيط بها التي تمتاز بأنها منطقة جبلية وحراجية مع امتداد لأشجار مثمرة جبلية في منطقة تتميز بسلاسل جبلية مفصولة بواديان عميقة، تقع في

استخدام الصور الرادارية (Sentinel-1) في دراسة الغطاء النباتي (دراسة تطبيقية على منطقتي النبي متى وسهل عكار في محافظة طرطوس)

الجزء الجنوبي من سلسلة الجبال الساحلية السورية الغربية. ومنطقة سهل عكار التي تمتاز بأنها منطقة سهلية زراعية وذلك من أجل دراسة المقارنة لنتائج الطرق التصنيفية المنفذة على السمات المختلفة للغطاء النباتي باختلاف الوحدات التضاريسية بطرق التصحيحات والمنهجيات المتبعة المراد اختيار دقتها في عملية تصنيف المرئيات الفضائية وصولاً لأفضل دقة في تحديد نوع ومساحة الغطاء النباتي لمناطق متباينة التضاريس والظروف الطبوغرافية، وتوضح الخريطة (١) حدود منطقتي الدراسة التي تم اختيارهما من محافظة طرطوس.

خريطة (١): حدود مناطق الدراسة (النبي متى وجوارها، وسهل عكار) في محافظة طرطوس



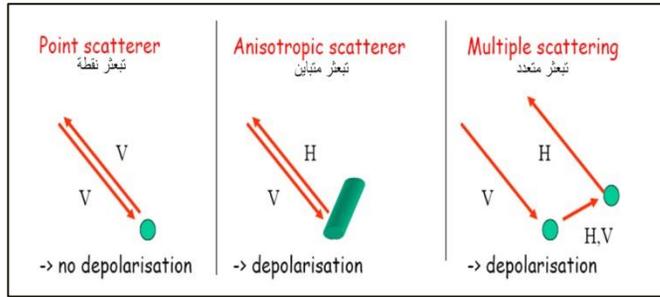
أولاً: مفهوم الانعكاس الطيفي الراداري للغطاء النباتي في الاستشعار عن بعد:

ساهمت المعلومات التي يتم الحصول عليها من تقانات الاستشعار عن بعد في حل مشاكل سطح الأرض بشكل فعال، ومنها التنبؤ بالمحاصيل وكثافة الغطاء النباتي وغيرها. كانت تتم معظم هذه التطبيقات باستخدام المرئيات البصرية (Optical Images) كمصدر لها ولكنها أحياناً محدودة الفائدة لأن استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد التي تعتمد على المرئيات البصرية يعتمد على الانعكاس من الإشعاع الشمسي، لكن عندما لا تصل الطاقة الشمسية للظاهرة المطلوب دراستها لا يمكن قياسها. فتكون حدود الاستفادة من المرئيات البصرية فقط في النهار وفي الأيام الخالية من الغيوم. لذا ظهرت تقنية الرادار الذي يعمل بشكل مستقل عن الإشعاع الشمسي. لأن الرادار هو باعث فعال (active emitter) حيث تخترق إشعاعاته الخصائص الجوية وتسمح باستشعار سطح الظاهرة حتى في الأيام الملبدة بالغيوم. ويوفر هذا النوع من الاستشعار إمكانية مراقبة التطور الموسمي لمحاصيل مختارة. وبفضل هذه المعلومات يمكن تحسين الزراعة ومراقبة التغيرات المناخية وفقاً لدورات الغطاء النباتي

١-١- الرادار وخصائصه:

يستخدم الرادار موجات كهرومغناطيسية للتعرف على بعد وارتفاع واتجاه وسرعة الأجسام الثابتة والمتحركة كالمطائرات، والسفن، والطقس، والتضاريس. يبعث جهاز الإرسال موجات راديو التي تنعكس بواسطة الهدف فيتعرف عليها جهاز الاستقبال. وتكون الموجات المرتدة إلى المستقبل ضعيفة، فيعمل جهاز الاستقبال على تضخيم تلك الموجات مما يسهل على جهاز الرادار أن يميز الموجات المرسله عن طريقه من الموجات الأخرى كالموجات الصوتية، وموجات الضوء^١.

يُعد الاستقطاب (Polarization) أحد الخصائص المهمة في الرادار. إذ يتكون الإشعاع الكهرومغناطيسي من ناقلين: كهربائي ومغناطيسي. يتعامدان مع بعضهما البعض ومع اتجاه الانتشار. يتم تعريف الإشعاع المستقطب على أنه اتجاه هذه الأشعة. ويتم تمييز استقطاب خطي (Linear)، ودائري (circular)، واستقطاب اهليلجي (elliptical)^٢. يوضح الشكل (١) أشكال الاستقطاب.



الشكل (١): أنماط الاستقطاب

المصدر: <https://www.esa.int>

يشير الاستقطاب العائد (VV) (VH) لانعكاس أحادي من المكونات الاتية (أوراق، غصون، جذوع أشجار...) وتكون الإشارات العائدة بشكل عام أقوى وتبدو أكثر إضاءة على المرئية، وتُدعى تبعثر التيجان (Canopy Scattering)^٣.

٢-١- تفسير مرئية الرادار:

لفهم المرئية الرادارية لابد من فهم التبعثر (Scattering). ويُعد تفسير التربة والغطاء النباتي أكثرها تعقيداً لأن السمة الرئيسية للتفسير هي خشونة أو نعومة السطح. إذ تتميز مناطق التربة الخشنة بانعكاس ارتداد خلفي أعلى من التربة الناعمة. ولا تعتمد انعكاسية التربة على خشونة أو نعومة السطح فقط بل هناك عامل مهم آخر هو وجود الماء والرطوبة. فالتربة ذات الرطوبة العالية تحتوي على قيمة ارتداد خلفي أعلى. ومن المهم معرفة أن خشونة ونعومة السطح تتعلق بطول موجة النبضات.

ثانياً: تدقيق البيانات وإدخالها إلى الحاسب:

تضمنت عملية المعالجة الأولية للبيانات ما يلي:

٢-١- التصحيح الهندسي والراديومترى للمرئيات الفضائية:

تمت عملية معالجة المرئيات الفضائية (S-1) و (S-2) وفق الآتي:

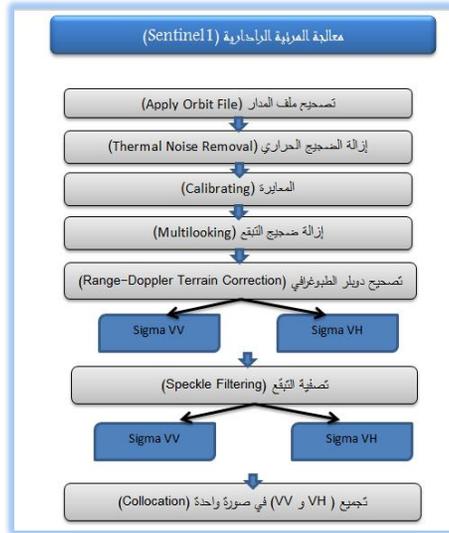
٢-١-١- التصحيح الهندسي والراديومترى للمرئيات الرادارية (sentinel-1):

إن هدف التصحيح الهندسي هو إنجاز التسجيل الطيفي والزمني لكل المرئيات الملتقطة لأي هدف. حيث يجب تعريف النموذج الهندسي الطبيعي طبقاً للمرجع. ويحتوي هذا النموذج على معلومات عن الوقت، والموقع، ومعاملات التحويل بين إطارات مرجعية مختلفة، ثم تأخذ سلسلة المعالجة قاعدة بيانات المرئية المرجعة عالمياً لتصحيح النموذج الهندسي الفيزيائي (physical geometric mode) لكل مرئية تم التقاطها.

ولتصحيح مرئية التابع (Sentinel 1) الرادارية تم القيام بوضع المنهجية الموضحة في الشكل (٢)

استخدام الصور الرادارية (Sentinel-1) في دراسة الغطاء النباتي (دراسة تطبيقية على منطقتي النبي متى وسهل عكار في محافظة طرطوس)

الشكل (٢): خطوات معالجة المرئية الرادارية (Sentinel1)



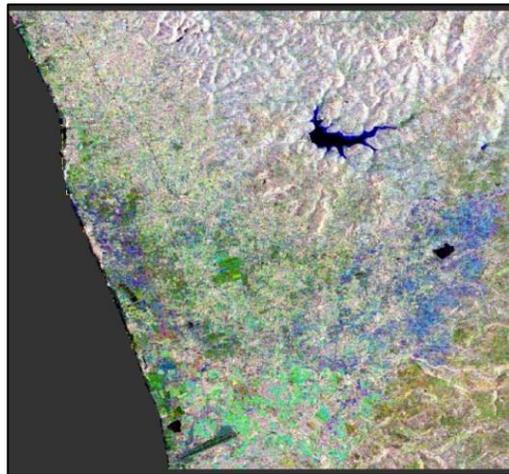
المصدر: من عمل الباحثة

ويوضح الشكل (٣) المرئية الرادارية (S-1) لسهل عكار بعد عملية المعالجة والتجميع

لأشهر الدراسة للعام ٢٠١٧م

الشكل (٣): المرئية الرادارية (S-1) لسهل عكار بعد عملية المعالجة والتجميع

لأشهر الدراسة للعام ٢٠١٧م



المصدر: من عمل الباحثة

٢-١-٢ - التصحيح الهندسي والراديومترى للمرئيات البصرية (2-sentinel):
إن معاملات التصحيح الهندسي والراديومترى للمرئيات من النوع (S-2) تكون ملحقة في الملف الخاص بالمرئية. وتتم عمليات التصحيح بشكل آلي باستخدام برنامج (snap).

٢-٢ - تصنيف الغطاء النباتي:

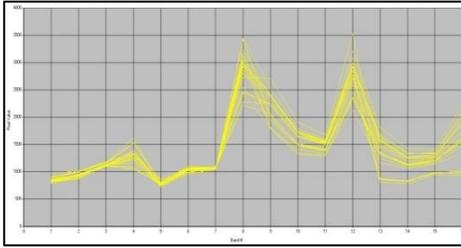
تم تصنيف الغطاء النباتي في منطقة الدراسة تصنيفاً مراقباً، وتم إضافة طريقة أخرى للتصنيف تُعرف باسم (التصنيف الطيفي). أما بالنسبة للمرئيات الرادارية فقد تم تصنيفها تصنيفاً رادارياً.

٢-٢-١ - التصنيف المراقب (Supervised Classification):

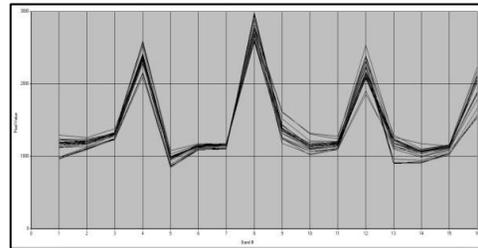
يتم من خلال هذه الطريقة من التصنيف توجيه البرنامج لتصنيف المرئيات عن طريق أخذ مجموعة من العينات يتم الحصول عليها إما من الجولات الحقلية أو باستخدام الخرائط الموضوعية، حيث يتم اختيار عينات متجانسة على المرئية لأنواع من الظواهر. ويُطلق على هذه العينات اسم (مناطق التدريب). ويكون اختيار هذه المنطقة قائماً على معرفة المفسر بالمنطقة الجغرافية لهذه المرئية. بعدها يقوم البرنامج المتخصص بتحديد البصمة الرقمية لكل منطقة تدريب. ثم تحديد أي فئة أقرب لكل خلية أو بيكسل (pixel) على المرئية.^٤

تم تجميع المرئيات الأربعة لأشهر الدراسة (شباط، ونيسان، وآب، وتشرين الأول) في مرئية واحدة لتطبيق التصنيف المراقب للغطاء النباتي وفق تتبع زمني لأشهر الدراسة. وتوضح الخرائط (٢ و ٣) التصنيف المراقب للغطاء النباتي في مناطق الدراسة وفق المستوى الثاني باستخدام (٢٠٠ نقطة) تم جمعها خلال الجولات الحقلية. حيث تم التصنيف بأسلوب الاحتمالية العظمى (Maximum Likelihood).^٥ كما تم حساب مساحة كل صنف من هذه الأصناف.

الشكل (٤): البصمة الطيفية لكل من الزيتون والقمح في سهل عكار



(ب): المنحنى الطيفي للقمح



(أ): المنحنى الطيفي للزيتون

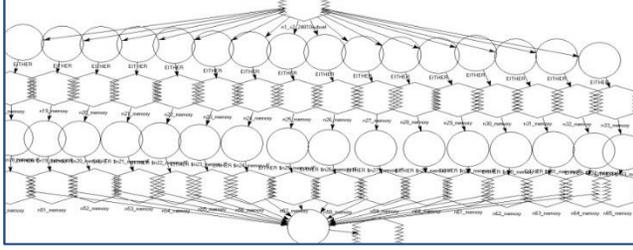
المصدر: من عمل الباحثة، اعتماداً على المرئية (S-2) بدقة (١٠ م)
تم استخراج البصمة الطيفية لكافة الأهداف وتحويلها إلى ملفات (Excel) ومن ثم حساب الأدلة الطيفية الممكنة حسب القنوات الطيفية. ويبين الشكل (٥) البصمة الطيفية للحمضيات بعد تصديرها إلى جدول (Excel).

الشكل (٥): البصمة الطيفية للحمضيات بعد تصديرها لجدول (Excel)

stdv	mean	citrus_16	citrus_15	citrus_14	citrus_13	citrus_12	citrus_11	citrus_10	citrus_9	citrus_8	citrus_7	citrus_6	citrus_5	citrus_4	citrus_3	citrus_1	Profile (None)	Spectral wavelength
219.4851633	820.3333333	681	777	785	753	732	785	913	815	805	807	783	769	854	1080	966	1	
249.7278691	1003.9333333	903	1032	942	961	960	977	1081	1013	986	980	949	1017	1047	1129	1082	2	
277.5902225	1136.7333333	1100	1133	1119	1107	1083	1134	1174	1124	1136	1127	1108	1125	1153	1252	1176	3	
567.1406512	2254.4666667	2060	2536	2082	2039	2442	2205	2242	2358	2218	2201	2201	2594	2276	2134	2229	4	
229.0820541	860.9333333	752	782	847	822	817	786	824	807	811	880	914	807	881	1129	1055	5	
278.3085766	1146.1333333	1105	1146	1120	1122	1144	1119	1203	1115	1159	1167	1120	1120	1192	1208	1152	6	
271.2864331	1115.2666667	1064	1070	1111	1097	1107	1083	1109	1096	1094	1134	1140	1103	1142	1217	1162	7	
772.3507925	2958.6666667	3026	3490	2576	2814	3061	3119	3136	3112	3210	2983	2534	3310	3020	2494	2493	8	
283.5588876	726.5333333	496	535	666	703	596	587	733	725	547	761	628	633	768	1419	1099	9	
239.8239754	905.5333333	681	859	888	861	902	792	979	913	860	964	851	887	949	1151	1046	10	
242.8792669	955.4666667	845	884	925	929	905	895	987	955	917	992	902	923	1011	1189	1073	11	
717.9716081	2475.1333333	1549	3344	2329	2490	2640	2279	2433	2515	2805	2713	2558	2846	2473	1755	2398	12	
243.357322	578.8	432	437	534	545	473	477	596	536	427	534	499	572	546	1300	744	13	
208.5254817	783.8666667	651	753	769	748	750	681	853	756	757	795	720	786	818	1087	834	14	
224.3204292	897.4666667	629	640	695	697	665	656	922	665	641	904	656	912	905	1125	950	15	
664.721179	2247.2666667	1649	3243	2209	2274	2541	1978	2160	2281	2714	2474	2139	2310	2311	1663	1763	16	

المصدر: من عمل الباحثة، اعتماداً على المرئية (S-2) بدقة تمييز (١٠ م)
تم بعد ذلك بناء نموذج رياضي لعملية التصنيف وفق شجرة القرار للعتبات الحدية. والذي تم تطبيقه لكل هدف على حده. والموضح في الشكل (٦).

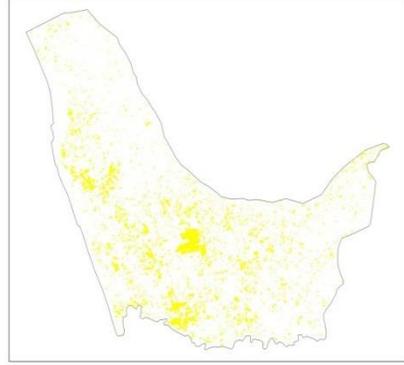
الشكل (٦): الموديل الرياضي الذي تم تطبيقه للتصنيف بناءً على البصمة الطيفية



المصدر: من عمل الباحثة باستخدام برنامج (Erdas imagine)

الشكل (٧): القمح في سهل عكار، والصنوبر في النبي متى وجوارها حسب

التصنيف الطيفي للمرئية (S-2)

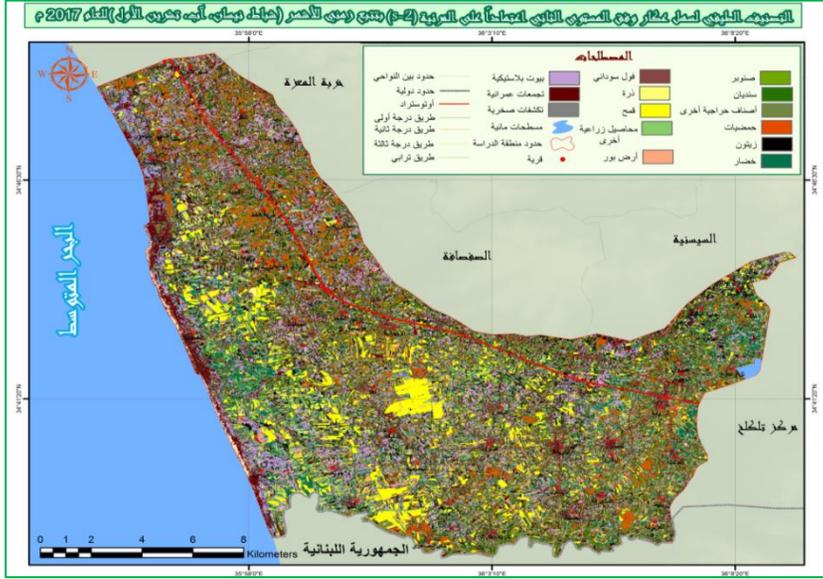


المصدر: من عمل الباحثة، اعتماداً على المرئية (S-2) بدقة تمييز (١٠ م)

يوضح الشكل (٧) نتائج فصل القمح في سهل عكار، والصنوبر في منطقة النبي متى وجوارها. وتبين أن هذا التصنيف قد أعطى نتائج أدق من التصنيف المراقب.

بعد فصل كل صنف من أصناف الغطاء النباتي بحسب الموديل الرياضي الذي تم تطبيقه، تم تجميع السمات في مرئية واحدة لإظهار عملية التصنيف الطيفي. وتوضح الخريطة (٤) و(٥) التصنيف الطيفي للغطاء النباتي في منطقة النبي متى وجوارها، وفي سهل عكار وفق المستوى الثاني بتتبع زمني للأشهر الأربعة.

خريطة (٥): التصنيف الطيفي للغطاء النباتي في سهل عكار بتتبع زمني للأشهر (٢، ٤، ٨، ١٠) للعام ٢٠١٧ م وفق المستوى الثاني اعتماداً على المرئية (S-2)



المصدر: من عمل الباحثة، استناداً إلى المرئيات (S-2) لأشهر الدراسة بدقة (١٠ م) للعام ٢٠١٧ م

٢-٣-٢- التصنيف الراداري (Radar Classification):

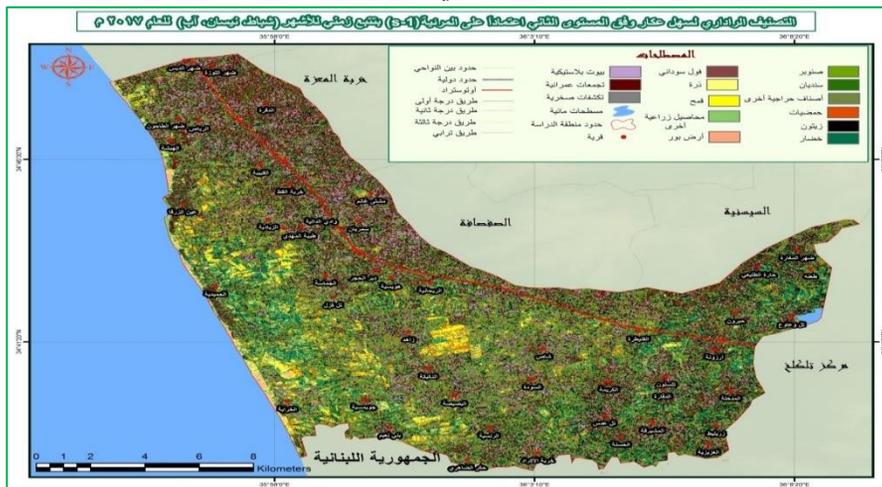
تم تصنيف المرئية الرادارية التي تمت معالجتها باستخدام برنامج (snap)، وذلك بفصل الاستقطاب (VH) لأنه الأنسب لدراسة الغطاء النباتي، ثم تمت إضافة مناطق التدريب (Training area) للنقاط التي تم جمعها خلال الجولات الحقلية ووضعها في ملف (vector) المرفق مع المرئية. لتتم بعدها عملية التصنيف الراداري المراقب باستخدام برنامج (QGIS). وتوضح الخرائط (٦) و (٧) التصنيف الراداري للنبي متى وجوارها، وسهل عكار وفق المستوى الثاني.

استخدام الصور الرادارية (Sentinel-1) في دراسة الغطاء النباتي (دراسة تطبيقية على منطقتي النبي متى وسهل عكار في محافظة طرطوس)

خريطة (٦): التصنيف الراداري للغطاء النباتي في النبي متى وجوارها بتتبع زمني للأشهر (٢-٤-٨-١٠) للعام ٢٠١٧م وفق المستوى الثاني اعتماداً على المرئية (sentenil-1)



خريطة (٧): التصنيف الراداري للغطاء النباتي في سهل عكار بتتبع زمني للأشهر (٢-٤-٨-١٠) للعام ٢٠١٧م وفق المستوى الثاني اعتماداً على المرئية (sentenil-1)



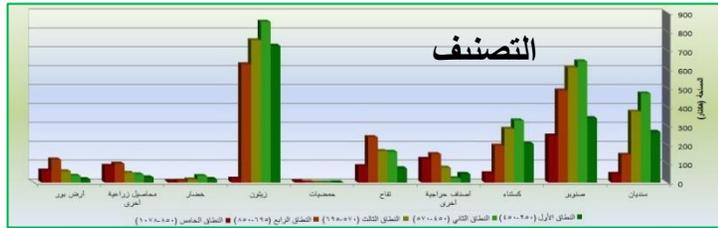
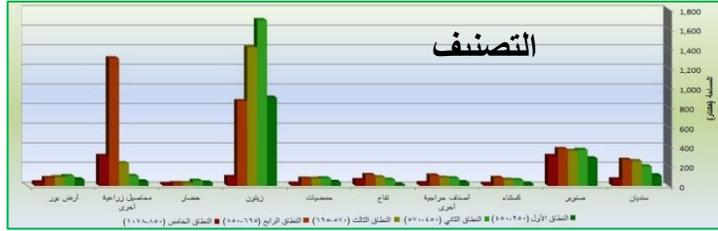
٢-٣- اشتقاق البيانات المؤثرة في طبوغرافية المنطقة من المعطيات ثلاثية الأبعاد: تُشكل الخصائص الطبوغرافية ركيزة أساسية لتحديد توزيع الغطاء النباتي وإمكانية الاستخدام الزراعي في أي منطقة، ولمعرفة هذا التأثير لابد من دراسة الخصائص الطبوغرافية المتمثلة بالتضاريس، والانحدار، واتجاه التضاريس. وتمت دراسة البيانات المؤثرة في طبوغرافية (سهل عكار، ومنطقة النبي متى وجوارها) كما يلي:

٢-٣-١- تأثير ارتفاع التضاريس على توزيع الغطاء النباتي:

يؤثر تباين الارتفاع عن سطح البحر في عناصر المناخ، فمع زيادة الارتفاع عن سطح البحر تتغير الأنواع النباتية. وتختلف نوعية الإنتاج الزراعي نتيجة الاختلاف في الارتفاع عن مستوى سطح البحر. تم دراسة تأثير ارتفاع التضاريس لمنطقتي الدراسة، ويوضح الشكل البياني (١) مساحة الغطاء النباتي وفق المستوى الثاني حسب نطاقات الارتفاع في منطقة النبي متى وجوارها بالهكتار وفق التصنيف (المراقب والطيفي والراداري) بتتبع زمني للأشهر (شباط، نيسان، آب، تشرين الأول) للعام ٢٠١٧م، حيث قسمت نطاقات الارتفاع إلى ٥ فئات كما يلي (الفئة الأولى (٢٥٠-٤٥٠)، الفئة الثانية (٤٥٠-٥٧٠م)، الفئة الثالثة (٥٧٠-٦٩٥م)، الفئة الرابعة (٦٩٥-٨٥٠م)، الفئة الخامسة (٨٥٠-١٠٧٨م)).

استخدام الصور الرادارية (Sentinel-1) في دراسة الغطاء النباتي (دراسة تطبيقية على منطقتي النبي متى وسهل عكار في محافظة طرطوس)

الشكل البياني (١): مساحة الغطاء النباتي وفق المستوى الثاني حسب نطاقات الارتفاع في منطقة النبي متى وجوارها بالهكتار وفق التصنيف (المراقب والطيفي والراداري) بتتبع زمني للأشهر (شباط، نيسان، آب، تشرين الأول) للعام ٢٠١٧م



المصدر: من عمل الباحثة

٢-٣-٢- تأثير انحدار السفح على توزيع الغطاء النباتي:

يؤثر انحدار السفوح في زاوية سقوط الأشعة الشمسية، وبالتالي في درجة حرارة المنطقة. الذي بدوره يؤثر في النباتات. تم إنتاج خريطة تبين الانحدارات في منطقة النبي متى وجوارها وسهل عكار بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM). ويوضح الشكل البياني (٢) مساحة الغطاء النباتي وفق المستوى الثاني حسب نطاقات الانحدار في منطقة سهل عكار بالهكتار وفق التصنيف (المراقب والطيفي والراداري) بتتبع زمني للأشهر (شباط، نيسان، آب، تشرين الأول) للعام ٢٠١٧م. حيث قُسمت نطاقات الانحدار إلى ثلاث نطاقات كما يلي: (النطاق الأولى (٢-٠)، النطاق الثاني (٢-٤)، النطاق الثالث (٤-١٥)).

الشكل البياني (٢): مساحة الغطاء النباتي وفق المستوى الثاني حسب نطاقات الانحدار في سهل عكار بالهكتار وفق التصنيف (المراقب والطيفي والراداري) بتتبع زمني للأشهر (شباط، نيسان، آب، تشرين الأول) للعام ٢٠١٧م

الجدول (1): نتائج مساحة أصناف الغطاء النباتي للمرتبات (S-2) في منطقة النبي متى وجوارها حسب التصنيف (المراقب والطيفي والراداري) مع نتائج التدقيق الحقلية بالهكتار

التدقيق الحقلية	التصنيف			الغطاء النباتي
	الراداري	الطيفي	المراقب	
١١٠	١٣١٠	٤٨١	٨٩١	سنديان
٥١١	٢٣٣٠	٤٥٤	١٦٨٦	صنوبر
٤٠٠	١٠٦٤	٣٤٧	٢٤٦	كستناء
٣٢١	٤٢٣	٣٤٢	٣٣٢	أصناف حراجية أخرى
٧٠	٤٣٣	١٣٥	٢١٥	تفاح
١٠٠	١٢	١٩٥	٢٨٣	حمضيات
٥٣٢٠	٢٩٧٩	٥٢٧٤	٤٩٥٣	زيتون
٦٠	٨٦	١٤٥	١٥٩	خضار
٢٥٢١	٣١١	٢٢٧٠	١٩٨٥	محاصيل زراعية
٢٤٠	٢٣٠	٢٦٥	٣٦٦	أرض بور

لمصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على تصنيف الغطاء النباتي للمرتبات (S-2) للعام ٢٠١٧ م لمنطقة النبي متى وجوارها

استخدام الصور الرادارية (Sentinel-1) في دراسة الغطاء النباتي (دراسة تطبيقية على منطقتي النبي متى وسهل عكار في محافظة طرطوس)

الشكل البياني (٤): مقارنة نتائج تصنيف الغطاء النباتي للمريئات (S-2) في منطقة النبي متى وجوارها مع نتائج التدقيق الحقلي بالهكتار



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على تصنيف الغطاء النباتي للمريئات (S-2) للعام ٢٠١٧ م لمنطقة سهل عكار

يتضح من الجدول السابق أن نتائج التصنيف الطيفي كانت الأقرب لنتائج التدقيق الحقلي، تلاها نتائج التصنيف المرآبي، بينما كانت نتائج التصنيف الراداري باستخدام المرئية (S-1) بعيدة جداً عن نتائج التدقيق الحقلي باستثناء تصنيف الخضار. يوضح الجدول (٢) والشكل البياني (٥) مقارنة نتائج تصنيف الغطاء النباتي للمريئات (S-2) في منطقة سهل عكار مع نتائج التدقيق الحقلي.

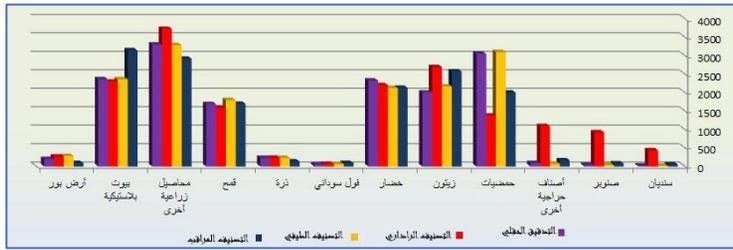
الجدول (٢): مقارنة نتائج تصنيف الغطاء النباتي للمرنثيات (S-2) في سهل عكار حسب التصنيف (المراقب والطيفي والراداري) مع نتائج التدقيق الحقلية بالهكتار

التدقيق الحقلية	التصنيف			الغطاء النباتي
	الراداري	الطيفي	المراقب	
٢٥	٤٣٣	٢٠	٥٦	سنديان
٤٣	٩٢٣	٤٠	٧٨	صنوبر
٩٠	١٠٩٢	٧٣	١٦٧	أصناف حراجية أخرى
٣٠٥٣	١٣٧٧	٣٠٩٧	٢٠٠٠	حمضيات
٢٠٠٣	٢٦٩٠	٢١٦٦	٢٥٧٣	زيتون
٢٣٢٥	٢٢٠١	٢١٢٣	٢١٣٠	خضار
٥٤	٦٧	٦٦	٩٠	فول سوداني
٢٣١	٢٣٢	٢٣١	١٣٤	ذرة
١٦٩١	١٥٩١	١٧٩٥	١٦٩٧	قمح
٣٣٠١	٣٧٢٧	٣٢٨٣	٢٩٢٠	محاصيل زراعية أخرى
٢٣٦١	٢٢٩٨	٢٣٦١	٣١٤٣	بيوت بلاستيكية
٢٠٠	٢٦٩	٢٨٠	٩٠	أرض بور

المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على تصنيف الغطاء النباتي للمرنثيات (S-2) للعام ٢٠١٧ م لمنطقة سهل عكار في محافظة طرطوس

استخدام الصور الرادارية (Sentinel-1) في دراسة الغطاء النباتي (دراسة تطبيقية على منطقتي النبي متى وسهل عكار في محافظة طرطوس)

الشكل البياني (٥): مقارنة نتائج تصنيف الغطاء النباتي للمريثيات (S-2) في منطقة سهل عكار مع نتائج التدقيق الحقلّي بالهكتار



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على تصنيف الغطاء النباتي للمريثيات (S-2) للعام ٢٠١٧ م لمنطقة سهل عكار

يتضح من الجدول والشكل البياني السابق أن نتائج التصنيف الطيفي للغطاء النباتي في السهل هي الأقرب للتدقيق الحقلّي تليها نتائج التصنيف الراداري. تم إجراء تحليل (F-TEST) الإحصائي الذي يُعرف بتحليل فيشر للتباين الذي يُستخدم لتحليل ما إذا كانت التباينات مختلفة بين ظاهرتين أو قيمتين^٦. ويُعبر عنه بالعلاقة الآتية:

$$F\text{-test} = \frac{\text{المتغيرات بين المجموعتين}}{\text{المتغيرات داخل المجموعتين}}$$

الجدول (٣): قيمة (F-TEST) حسب نتائج تصنيف الغطاء النباتي في منطقة

النبي متى وجوارها وفقاً للتدقيق الحقلّي

التصنيف	التصنيف	التصنيف
المرآبي	الطيفي	الراداري
٦٢	٩١	١٣

يتبين من الجدول (٣) أن نتيجة تصنيف الطيفي للغطاء النباتي في منطقة النبي متى وجوارها هي الأقرب للتدقيق الحقلّي بنسبة ٩١٪، يليها نتيجة التصنيف المرآبي بنسبة ٦٢٪. أما التصنيف الراداري فقد كان سيء جداً (١٣٪) وهذا يعود لأن مرئية (S-1) هي ضمن النطاق C الراديوي وهو لا يعطي نتائج مرضية في المناطق الغابية إذ لا بد من استعمال رادار ذو نطاق (L) في هذه المناطق .

يوضح الجدول (٤) قيمة (F-TEST) حسب نتائج تصنيف الغطاء النباتي في سهل عكار وفقاً للتدقيق الحقلي.

الجدول (٤): قيمة (F-TEST) حسب نتائج تصنيف الغطاء النباتي في سهل

عكار وفقاً للتدقيق الحقلي

التصنيف	التصنيف	التصنيف
المراقب	الطيبي	الراداري
٩٤	٩٧	٦٧

يتبين من الجدول (٤) أن نتائج التصنيف الطيبي والمراقب هي الأقرب للتدقيق الحقلي. بينما كانت نتائج التصنيف الراداري أقرب بنسبة ٦٧٪ للتدقيق الحقلي، أي أعطت نتائج أفضل عند استخدامها للتصنيف النباتي في المنطقة السهلية من نتائجها في التصنيف النباتي في منطقة غابية.

٣-٢- التحليلات الإحصائية:

تهدف التحليلات الإحصائية إلى كشف العلاقة التي تربط بين الظواهر وتحليلها وإظهار درجة الارتباط أو عدمه باستخدام المعادلات والتحليلات الإحصائية. وتم استخدام معامل الارتباط (Correlation Coefficient) الذي يُعرف (بأنه مقياس رقمي يقيس قوة ودرجة الارتباط بين متغيرين أو عدمها. تتراوح قيمة معامل الارتباط بين (١، -١).^٧ يوضح الجدول (٥) و(٦) قيمة معامل ارتباط بيرسون حسب الخصائص الطبوغرافية في منطقة النبي متى وجوارها، وفي سهل عكار وقد تم اختيار التصنيف الطيبي في منطقة النبي متى وجوارها، والتصنيف الطيبي والراداري في سهل عكار كونها الأفضل في تقدير الغطاء النباتي في مناطق البحث.

استخدام الصور الرادارية (Sentinel-1) في دراسة الغطاء النباتي (دراسة تطبيقية على منطقتي النبي متى وسهل عكار في محافظة طرطوس)

جدول(٥): قيمة معامل ارتباط بيرسون حسب الخصائص الطبوغرافية في منطقة النبي متى وجوارها

معامل ارتباط بيرسون			
الغطاء النباتي	حسب نطاق الارتفاع طيفي	حسب نطاق الانحدار طيفي	حسب اتجاه التضاريس طيفي
سنديان	٠,٦٢-	٠,٣٦-	٠,٧٣
صنوبر	٠,٨٦-	٠,٤٥-	٠,٥٣
كستناء	٠,٥٣-	٠,٥٥-	٠,٣٣
أصناف حراجية أخرى	٠,٦٧-	٠,٦٣-	٠,٢٤
تفاح	٠,٢٠	٠,٣٥-	٠,١٩
حمضيات	٠,٦٩-	٠,٤٧-	٠,١٩
زيتون	٠,٧٥-	٠,٥٤-	٠,٦٦
خضار	٠,٤٦-	٠,٤٧-	٠,٤٤
محاصيل زراعية أخرى	٠,٢٧	٠,٤٩-	٠,٤٧

جدول (٦): قيمة معامل ارتباط بيرسون حسب الخصائص الطبوغرافية في سهل عكار

الغطاء النباتي	حسب نطاق الارتفاع		حسب نطاق الانحدار		حسب اتجاه التضاريس
	طيفي	رئاري	طيفي	رئاري	
سنديان	٠,٥٠-	-	٠,٥٤	-	٠,٤١
صنوبر	٠,٨٨-	-	٠,٩٦	-	٠,٤١
أصناف حراجية أخرى	٠,٨١-	-	٠,٩٩	-	٠,٢٨
حمضيات	٠,٨٤-	-	٠,٩٤	-	٠,١٥
زيتون	٠,٦٦-	-	٠,٩٠	-	٠,٣٧
خضار	٠,٩٠-	٠,٩١-	-	٠,٨٨	٠,٥٣
فول سوداني	٠,٨٤-	٠,٨٥-	-	٠,٩٤	٠,٤٨
ذرة	٠,٨١-	٠,٨٢-	-	٠,٩١	٠,٣٤
قمح	٠,٨٧-	٠,٨٦-	-	٠,٧٥	٠,٣٩
محاصيل زراعية أخرى	٠,٩٢-	٠,٨٨-	-	٠,٨٦	٠,١٤
بيوت بلاستيكية	٠,٩٣-	٠,٨٨-	-	٠,٩٠	٠,٤٠,٢٤١

يتبين من الجدولين السابقين أن مساحة الخضار لا يوجد فيها أي ارتباط متعلق بدرجة الانحدار في منطقة النبي متى وجوارها. بينما أظهرت بقية أصناف الغطاء النباتي في منطقة البحث ارتباطاً سلبياً بنطاقات الانحدار. كذلك أظهرت جميع أصناف الغطاء النباتي في سهل عكار ارتباطاً سلبياً بنطاقات الانحدار.

أظهر السنديان في (غابة النبي متى وجوارها) ارتباطاً طردياً قوياً وفق نطاقات اتجاه التضاريس، بينما كان للصنوبر ارتباطاً ضعيفاً. وأبدى كل من الكستناء والتفاح ارتباطاً طردياً ضعيفاً باتجاه التضاريس. أما الحمضيات فقد أظهرت ارتباطاً طردياً متوسطاً. أظهرت الأشجار الحراجية والأشجار المثمرة ارتباطاً طردياً ضعيفاً بدرجة اتجاه التضاريس في سهل عكار. بينما أظهرت الخضار ارتباطاً طردياً متوسطاً وفق التصنيف الراداري. أما المحاصيل الحقلية فقد أظهرت ارتباطاً طردياً ضعيفاً.

رابعاً: النتائج:

١- عند المقارنة ما بين نتائج التصنيف (المراقب، والطيفي، والراداري) فقد كانت نتائج التصنيف الطيفي هي الأقرب للتدقيق الحقلية. وأظهر التصنيف الراداري اعتماداً على المرئية (S-1) أنه غير مناسب في المناطق الحراجية، بينما كانت نتائجه أفضل من التصنيف المراقب ومقاربة مع التصنيف الطيفي في المناطق ذات الطابع السهلي، أي أنه مناسب لتقدير الغطاء النباتي المتمثل بالمحاصيل الزراعية والخضار.

٢- أعطت المرئيات الرادارية من نوع (S-1) والتي هي مرئيات ضمن النطاق (C) نتائج جيدة في تصنيف المحاصيل الزراعية والخضار. إلا أنها غير جيدة في تصنيف الأشجار الحراجية والمثمرة.

٣- التصنيف الطيفي أدق من التصنيف المراقب لأنه يعتمد على البصمة الطيفية لكل صنف من أصناف الغطاء النباتي.

٤- صُنفت المناطق ذات السفوح المظلمة كمناطق جرداء أو أرض بور عند تصنيف الغطاء النباتي في المرئية الرادارية في منطقة النبي متى وجوارها حيث تستعمل الإشعاع الكلي في كل بيكسل بشكل متناسب مع جيب زاوية الشمس السمتية، ولا تأخذ في

الحسبان الإشعاع المستفيض من الغلاف الجوي والتضاريس فتظهر المناطق ذات الإضاءة المنخفضة أكثر سطوعاً.

٥- انتشر الغطاء النباتي بمساحته الأكبر في سهل عكار بشكل عام ضمن نطاق التضاريس ذات الاتجاه الجنوبي. بينما انتشرت الأشجار الحراجية ضمن نطاقي التضاريس ذات الاتجاه الغربي، والشمالى الغربي.

٦- يُعد نطاق الانحدار الثاني (من ٨,٥ حتى ١٥ درجة) هو نطاق الانحدار الأكبر مساحةً بين نطاقات الانحدار في منطقة النبي متى وجوارها. بينما يُعد نطاق الانحدار الأول (من ٠ حتى ٢ درجة) هو النطاق الأكبر مساحةً بين نطاقات الانحدار في سهل عكار.

٧- نطاق التضاريس ذات الاتجاه الجنوبي (من ١٥٧,٥ حتى ٢٠٢,٥ درجة) هو النطاق الأكبر مساحةً من بين نطاقات الاتجاه الأخرى في كل من النبي متى وجوارها، وسهل عكار.

٨- كانت أكبر مساحة للسنديان في منطقة النبي متى وجوارها ضمن نطاق التضاريس ذات الاتجاه الشمالى الغربى، بينما كانت أكبر مساحة للصنوبر ضمن نطاق السفوح ذات الاتجاه الجنوبى. أما بالنسبة لباقي أصناف الغطاء النباتى في منطقة البحث فقد كانت أكبر مساحة لها ضمن نطاق السفوح ذات الاتجاه الجنوبى. وانتشر معظم الغطاء النباتى في سهل عكار بمساحته ضمن نطاق السفوح ذات الاتجاه الجنوبى.

٩- أظهر معامل ارتباط بيرسون في منطقة النبي متى وجوارها أن مساحة الخضار لا يوجد فيها أي ارتباط متعلق بدرجة الانحدار. بينما أظهرت بقية أصناف الغطاء النباتى في منطقة البحث ارتباطاً سلبياً بنطاقات الانحدار. أي أنه كلما زادت درجة الانحدار قلت مساحة أصناف الغطاء النباتى. كذلك أظهرت جميع أصناف الغطاء النباتى في سهل عكار ارتباطاً سلبياً بنطاقات الانحدار في منطقة البحث.

١٠- أظهر السنديان في منطقة البحث (غابة النبي متى وجوارها) ارتباطاً طردياً قوياً وفق نطاقات اتجاه التضاريس. بينما كان للصنوبر ارتباطاً ضعيفاً. أبدى كل من الكستناء والتفاح ارتباطاً طردياً ضعيفاً باتجاه التضاريس. أما الحمضيات فقد أظهرت ارتباطاً طردياً متوسطاً. وأظهر الزيتون ارتباطاً طردياً متوسطاً بنطاقات درجات اتجاه التضاريس. بينما أظهرت الخضار والمحاصيل الزراعية ارتباطاً ضعيفاً. أظهرت الأشجار الحراجية والأشجار المثمرة ارتباطاً طردياً ضعيفاً بدرجة اتجاه التضاريس في سهل عكار. بينما أظهرت الخضار ارتباطاً طردياً متوسطاً وفق التصنيف الراداري. أما المحاصيل الحقلية فقد أظهرت ارتباطاً طردياً ضعيفاً. بينما أظهرت باقي المحاصيل الزراعية ارتباطاً طردياً قوياً. أما البيوت البلاستيكية فقد كان ارتباطها بنطاقات اتجاه التضاريس ارتباطاً ضعيفاً.

١١- تم إنتاج خرائط، ووضع قاعدة بيانات لأصناف الغطاء النباتي في منطقتي البحث وفق المستوى الثاني، وحساب مساحة هذه الأصناف، ومقاطعها مع الخصائص الطبوغرافية المتمثلة بارتفاع التضاريس، والانحدار، والاتجاه.

- * دكتورة - قسم الجغرافية- كلية الآداب والعلوم الإنسانية- جامعة دمشق - سورية.
** أستاذة - قسم الجغرافية- كلية الآداب والعلوم الإنسانية- جامعة دمشق - سورية.
*** مدير بحوث: الهيئة العامة للاستشعار عن بعد.

* Doctor- geography department, Faculty of Arts and Humanities, Damascus university, Syria.

** Prof- geography department, Faculty of Arts and Humanities, Damascus university, Syria.

*** Research director at the General Authority for Remote Sensing.

* عُرف الرادار أيضاً بحسب وكالة الفضاء الأوروبية (ESA): بأنه نظام إضاءة فعال، يستخدم هوائي محمول على منصة، يحول إشارة الرادار في اتجاه الرؤية الجانبية نحو سطح الأرض وتُعرف الإشارة المنعكسة بالصدى (Echo)، ويعود ليعتثر من السطح ويستقبل الجزء الآخر في نفس الهوائي

١ الموقع الإلكتروني لوكالة الفضاء الأوروبية (EURCA): <http://www.esa.int.eu>

2 J, LEE. E, POTTIER, (2009). **Polarimetric radar imaging from basics to applications**. CRC Press, Florida. P:398

3 Kopecký, Kamil, (2017). Multi-temporal classification of agricultural crops using Sentinel-1. (Op.cit). P:21.

٤ جمعة، داود، أسس وتطبيقات الاستشعار عن بعد. القاهرة، جمهورية مصر العربية. ٢٠١٠م. ص: ٧٩-٨٠.

٥ كوثر رداد، "دراسة التغير في الغطاء النباتي في محافظة طولكرم بواسطة تقنية الاستشعار عن بعد في الفترة (٢٠٠٠-٢٠١٥)"، رسالة ماجستير، جامعة النجاح الوطنية، كلية الدراسات العليا، فلسطين. ٢٠١٧م. ص: ٧٥.

6 Glantz ،Stanton A, Slinker ،B. K. (1990), Primer of Applied Regression and Analysis of Variance. McGraw-Hill. ISBN 978-0-07-023407-9. P:82.

٧ الموقع الإلكتروني للموسوعة الحرة: www.wikipedia.com

المصادر والمراجع:

المراجع العربية:

أولاً: الكتب:

- ١- داود، جمعة، أسس وتطبيقات الاستشعار عن بعد، القاهرة، جمهورية مصر العربية، ٢٠١٥م.
- ثانياً: الرسائل الجامعية الأكاديمية:
 - ١- رداد، كوثر، "دراسة التغير في الغطاء النباتي في محافظة طولكرم بواسطة تقنية الاستشعار عن بعد في الفترة (٢٠٠٠-٢٠١٥)"، رسالة ماجستير، جامعة النجاح الوطنية، كلية الدراسات العليا، فلسطين، ٢٠١٧م.
 - ٢- شمسي، رولة، "استخدامات الانعكاسات الطيفية الراديومترية في إدارة لفحة الأسكوكيتا على الحمص". رسالة ماجستير، كلية الزراعة، قسم وقاية النبات، جامعة حلب، سورية، ٢٠٠٤م.

رابعاً: الصور الفضائية:

- ١- مرثيات للتابع (Sentinel 1): للأشهر (شباط، نيسان، آب، تشرين الأول) للعام ٢٠١٧.
 - ٢- مرثيات للتابع (Sentinel 2): للأشهر (شباط، نيسان، آب، تشرين الأول) للعام ٢٠١٧.
- خامساً: المواقع الإلكترونية:
- ١- الموقع الإلكتروني للموسوعة الحرة: www.wikipedia.com.
 - ٢- الموقع الإلكتروني لوكالة الفضاء الأوروبية (EURCA): <http://www.esa.int.eu>.
 - ٣- الموقع الإلكتروني لوكالة الفضاء الأوروبية الخاص بمنتجات (sentinel1): <https://earth.esa.int/web/sentinel1/tbx>

المراجع باللغة الانكليزية:

a-books:

1- European Space Agency (ESA),(2015). Sentinel-2 User Hand Book. ESA Standard Document. Issue1, Rev 2, European Union.

b-Thesis:

1- Kamil, Kopecký, (2017). Multi-temporal classification of agricultural crops using Sentinel-1. phd. Karlova university, Collegue of science. Department of applied geography and cartography, Prague. Czech.

c- Researches and Articles:

1- J, LEE. E, POTTIER, (2009). Polarimetric radar imaging from basics to applications. CRC Press, Florida. U.S.A.

2-Minchella,Andrea,(2016). Sentilnel-1 Over View, ESA Snap Sentinel1 training course, Harwell, Oxfordshire. U.K.