تقدير إنتاجية حقول القطن من مرحلة نمو مبكرة باستخدام الصور الفضائية في منطقة اختبارية (قرية الكالطة)

ناصر طرّاف ابراهيم[1]

الملخّص

هدف البحث إلى استعمال الصور الفضائية لرصد الحيوية الفيزيولوجية طيفياً في أوج مرحلة النمو بعلاقتها المباشرة مع الإنتاجية لتقدير إنتاجية القطن عند مرحلة نمو محددة. لقد سُجلت في بداية شهر آب أهم مراحل النمو ارتباطاً مع الإنتاجية من الناحية الطيفية التي توافق دليل مساحة أوراق أعظمي لحقول قطن قرية الكالطة. وتفوق الدليل النباتي NDVI على كل من القناة الطيفية الحمراء وتحت الحمراء القريبة، في ارتباطه مع الإنتاجية. وُقدِّرت إنتاجية القطن وفق نموذج أسي اعتماداً على قيم NDVI خلال مرحلة النمو التي يوجد فيها دليل مساحة أوراق أعظمي. كما قدِّرت دقة النموذج الطيفي الأسي في تقدير إنتاجية حقول القطن من الصور الفضائية (قبل الجني بأكثر من شهر) بالمقارنة مع القيم الحقلية المسجلة عند الجني (82 حقل مقارنة) كالآتي: متوسط إنتاجية مقدرة فضائياً وحقلياً 452 ±67.2 و450 ±60.8 كغ/دونم، على التوالي. وقد بلَغ الخطأ النسبي لقيم الإنتاجية المقدرة فضائياً عن المسجل حقلياً حوالي ±12% وبقيمة معامل تحديد (R^2=0.86).

الكلمات المفتاحية: استشعار عن بعد، القطن، تقدير الإنتاجية، الدليل النباتي NDVI .

[1] باحث، الهيئة العامة للاستشعار عن بعد، الصبورة، دمشق، سورية.

Estimation of cotton productivity depending on early growth stage using image space in pilot area (Al-Kaltta village)

Ibrahem, N.T.[(1)]

Abstract

This research aimed to use space image at certain growth stage for predicting cotton yield in its direct physio-spectral relationship with productivity. Timely, at the beginning of August better spectral growth stage is coincidence with a maximum leaf area index of cotton plants at Al-Kaltta fields. Normalized difference vegetation index (NDVI) showed superiority on each of red and near infrared channels in relation with productivity. Exponential model was used to predict cotton productivity depending on NDVI values during stage that maximum LAI. Accuracy assessment of spectral exponential model on image space for predict cotton productivity (more one month before harvest) were done compared with the field data collected at harvest from 82 cotton fields, refer to: mean productivity by image and field were 452 ±67.2 and 450 ±60.8 Kg/1000m^2 respectively. Percent standard error of productivity by image opposite of field was ±12% and the correlation determination (R^2) was 0.86.

Keywords: Remote sensing, Cotton, Productivity, NDVI.

[(1)]Main Researcher, General Organization of Remote Sensing, Damascus, Syria.

المقدمة

تتجلى أهمية الاستشعار عن بعد في المجال الزراعي في عملية تقدير إنتاجية المحاصيل الاستراتيجية والتنبؤ بها، إوفي جمع البيانات الزراعية بدقة عالية وشمولية واسعة وسرعة قصوى. وقد أسهمت الدراسات الفيزيولوجية– الطيفية الشاملة للأوراق النباتية المستقلة في تفهم العمليات المتداخلة على مستوى النبات باعتباره كلاً، فعلى الرغم من أن تفاعل الطاقة الإلكترومغناطيسية مع الأوراق الفردية عملية معقدة، أمكن اعتبار مجموعة الأوراق النباتية منظومة واحدة (Colwell، 1983). وتنتج العلاقة بين الطول الموجي (0.63، 0.69 مكرون) والكتلة الحيوية الخضراء عن امتصاص طيفي قوي للإشعاع الشمسي وفق الطول الموجي من قبل الكلوروفيل. فمن الواضح أن مقارب (approach) الإشعاع الطيفي يكون بخصوص الأشعة الحمراء (0.63، 0.69 مكرونا) أكثر منه بخصوص الأشعة تحت الحمراء القريبة (0.75-0.80 مكرونا)، إذ إن الإشعاع (0.63 ، 0.69 مكرون) يتناسب عكساً مع كمية الكلوروفيل المتواجدة في النبات ومع حساسية اللون الأخضر ووجود الحياة النباتية الفعالة في التركيب الضوئي. كما أن الإشعاع (0.75-0.80 مكرون) حساس للحياة النباتية الفعالة في التركيب الضوئي ويمكن أن يمتد ليشمل الحياة النباتية غير الفعالة في التركيب الضوئي. إن العلاقة بين الأشعة تحت الحمراء القريبة (0.75-0.80 مكرون) والكتلة الحيوية تنتج عن نقص الامتصاص الطيفي في المدى 0.74-1.2 مكرون والدرجة العالية للتبعثر داخل الورقة وبين الأوراق في أظلة النبات، وعند غياب طيف الامتصاص نسبياً يتخلل معظمُ إشعاع الطيف الوارد الظلةَ النباتية أكثر مما يمتص (Tucker، 1979).

وتُعرّف الأدلة الطيفية النباتية على أنها تحويلات رياضية مصممة لتقدير المساهمة الطيفية للغطاء النباتي المستهدف. ويعتمد أغلب الأدلة الطيفية النباتية في مدخلاتها على كل من الأشعة الحمراء وتحت الحمراء، ويعتبر الدليل النباتي (Normalized Difference Vegetative Index (NDVI)) (Rouse وزملاؤه، 1973) من أهم هذه الأدلة، فهو يرتبط طرداً مع كل من: ارتفاع النبات (Buscaglia وزملاؤه، 1999)، ومحتوى اليخضور (Abd El-Gawad وزملاؤه، 2004[a] وAbd El-Gawad وزملاؤه، 2004[b])، ودليل مساحة الأوراق (Hinzman وزملاؤه،، 1986؛ Guèrif وDuke، 1998؛ Perumal وزملاؤه، 1999؛ Abd El-Gawad وزملاؤه، 2004[a]؛ Abd El-Gawad وزملاؤه، 2004[b] وابراهيم، 2009)، الإنتاجية (Wiegand وزملاؤه، 1994؛ Buscaglia وزملاؤه، 1999؛ Perumal وزملاؤه، 1999؛ Ma وزملاؤه، 2001؛ Li وزملاؤه، 2001[a] ؛ Li وزملاؤه، 2001[b]؛ Abd El-Gawad وزملاؤه، 2004[a]؛ Abd El-Gawad وزملاؤه، 2004[b]؛ Babar وزملاؤه، 2006؛ Prasad وزملاؤه، 2007

وInman وزملاؤه، 2008)، الكتلة الحيوية (Heist وزملاؤه، 1988؛ Li وزملاؤه، 2001[b]؛ Zaki وزملاؤه، 2001؛ Ibrahem وزملاؤه، 2003 ؛ Abd El-Gawad وزملاؤه، 2004[a] وAbd El-Gawad وزملاؤه، 2004[b]) والمادة الجافة (Perumal وزملاؤه، 1999). كما يُحسِّن استخدامَ المعادلات الطيفية الثنائية البعد بالأشعة الحمراء وتحت الحمراء القريبة من تحليل النظم المحصولية (Ibrahem، 2007). وقد بَيَّن إبراهيم (2011) أن أفضل الشواهد الفيزيولوجية في علاقتها مع إنتاجية محصول القطن هو دليل مساحة الأوراق بالمقارنة مع بقية الشواهد المدروسة من: طول النبات، وعدد النباتات في وحدة المساحة، ووزن أوراق (الطري والجاف هوائياً)، ووزن السوق (الطري والجاف هوائياً)، والكتلة الحية (وزن النبات الطري)، ووزن النبات الجاف هوائياً، ومساحة أوراق النبات وتركيز اليخضور (الكلوروفيل).

هدف البحث إلى تطبيق تقنية الاستشعار عن بعد في رصد الحيوية الفيزيولوجية المحصولية المكانية المعَّبر عنها بقيم انعكاسها الطيفي لمحصول القطن في أوج مرحلة النمو وعلاقتها المباشرة مع الإنتاجية؛ لتقدير إنتاجية القطن وفق نموذج رياضي طيفي يُمكّن من تقدير الإنتاجية المحصولية للقطن في وحدة المساحة الطيفية لعنصر الصورة الفضائية (دقة تمييز الصورة الفضائية) البالغة 225 م^2 بحسب الصورة الفضائية المستخدمة من نوع ASTER (ذات الدقة المكانية 15 × 15 م)، وبالتالي تقدير الإنتاجية على مستوى أجزاء الحقل وليس فقط على مستوى الحقل الواحد وتوقعها.

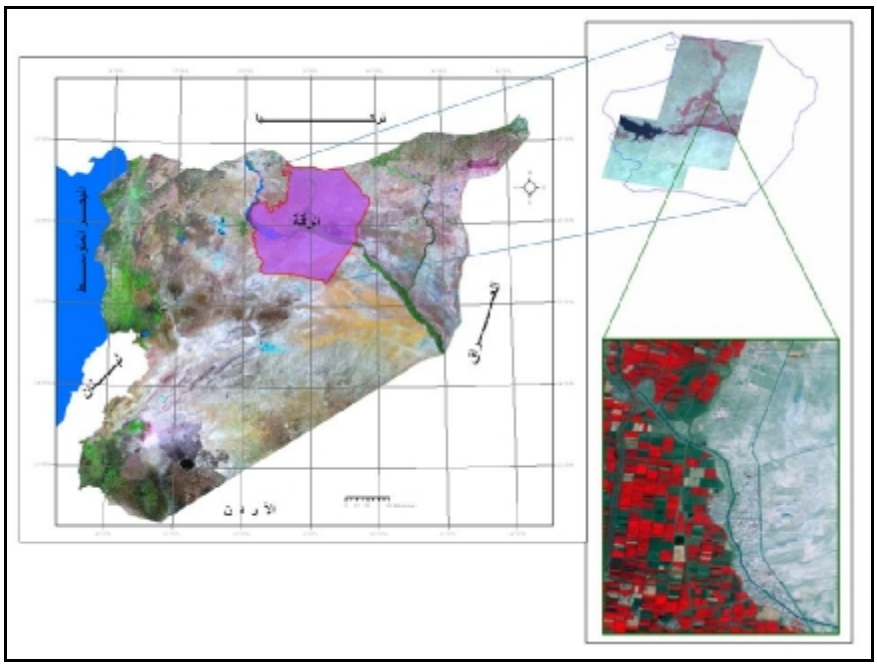
مواد البحث وطرائقه

منطقة الدراسة: تتمثل منطقة الدراسة بحقول القطن في قرية الكالطة من محافظة الرقة في الجمهورية العربية السورية (الشكل 1).

البيانات الطيفية الحقلية (الراديو مترية): أُخذت القراءات الطيفية الحقلية خلال مراحل النمو المختلفة من الزراعة والإنبات حتى الجني بفاصل 15-20 يوماً بين القراءة والأخرى للحقول المحددة، وسُجلت هذه القراءات بوساطة جهاز الراديومتر المحمول حقلياً (Field Spec Pro) الذي يقوم الجزء المستشعر فيه بتسجيل الانعكاسات الطيفية بأطوال موجية من 350 إلى 2500 نانومتر بفاصل طيفي 1 نانومتر، وبزاوية قدرها 25 درجة، من ارتفاع 2 م، خلال مراحل النمو المحددة.

وسُجلت القراءات آلياً وفق برنامج (RS^3) المزود به الجهاز، وذلك بأخذ معايرة على لوحة بيضاء معيارية تحقق انعكاسية تامة للأشعة الشمسية أولاً، ثم قراءة المساحة الخضرية النباتية المستهدفة. وقد حُفظت البيانات لكل قراءة في ملف بيانات على هيئة rad وعُرضت. ثم حولت هذه الملفات ببرنامج (View Sec Pro) إلى ملفات Excel. حُولت بعدها البيانات الراديو مترية في المجال الطيفي المسجل إلى ما يماثل القنوات

الطيفية التسعة الأولى في المستشعر استر (ASTER)، وحُسبت قيم الدليل النباتي NDVI بالعلاقة الرياضية المطبقة على المجال الطيفي تحت الأحمر القريب والمجال الطيفي الأحمر المرئي كما يلي: [(المجال تحت الأحمر القريب – المجال الأحمر المرئي)/ (المجال تحت الأحمر القريب + المجال الأحمر المرئي)] (Rouse وزملاؤه، 1973).



الشكل (1) حقول قرية الكالطة على الصورة الفضائية في محافظة الرقة

البيانات الطيفية الفضائية (الصور الفضائية): أنجزت صورة فضائية واحدة من نوع ASTER تاريخ 2008/8/1 لمنطقة الدراسة (شكل 1)، واستخدامت القناتان الطيفيتان المعنيتان بالاهتمام الزراعي في مجال الأشعة الحمراء وتحت الحمراء والدليل النباتي NDVI المشتق منهما.

البيانات الزراعية: جمعت بالتزامن مع القراءات الطيفية لنباتات الحقول نفسها لكل من الصفات الخضرية والقراءات عند الحصاد لمحصول القطن:

القراءات الخضرية: تُسجَّل المساحة الورقية ثم يُحسب دليل مساحة الأوراق لكل حقل على حدة في كل جولة من الجولات الحقلية. واعتُمد من أجل ذلك دليل مساحة الأوراق دون غيره من الشواهد الفيزيولوجية في تقدير الإنتاجية الاقتصادية للقطن.

قراءات مكونات المحصول: تُسجل عند الجني من الحقول نفسها التي سُـجّلت فيهـا البيانات الخضرية والطيفية ولوحدة المساحة نفسها وكمية المحصول الاقتصادي (القطـن الزهر)، ثم تحسب إنتاجية وحدة المساحة.

البرمجيات:

- برنامج تسجيل القراءات الطيفية الحقلية آلياً RS^3
- برنامج عرض القراءات الطيفية وتحويلها ViewSecPro
- برنامج معالجة الصور الفضائية وتحليلها ERDAS IMAGINE9.1
- برنامج نظم المعلومات الجغرافية ARCview3.2
- برنامج تحليل البيانات الجدولية وعرضها Excel2010

الأجهزة المستخدمة:

- جهاز قياس الطيف المحمول حقلياً (الراديومتر) من طراز FieldSpecPro
- جهاز تحديد الموقع العالمي GPS من طراز Garmin
- جهاز قياس المساحة الورقية LI-COR من طراز LI-3000C

منهجية البحث: قُدرت الإنتاجية المحصولية اعتماداً على مرحلة نمو واحدة محددة من الصور الفضائية وفق نموذج رياضي طيفي بعدة خطوات، ينطلق مـن بنـاء النمـوذج الفيزيولوجي الطيفي حقلياً، ثم إدخال عوامل معايرة طيفية حتى الوصول إلـى مـستوى التطبيق على الصورة الفضائية (إبراهيم، 2011) وفق الآتي:

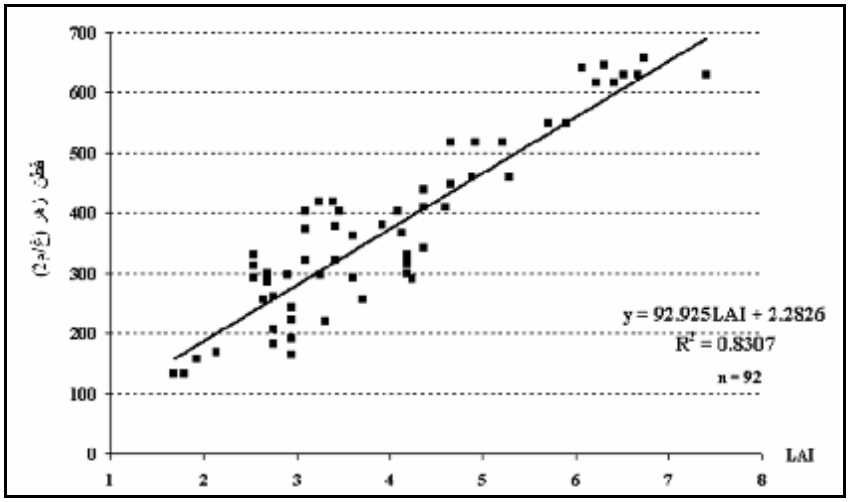
1. تحديد أفضل الشواهد الفيزيولوجية المحصولية ارتباطاً مع الإنتاجية مـن الناحيـة الطيفية والزراعية.
2. تحديد أهم مراحل النمو ارتباطاً مع الإنتاجية من الناحية الطيفية.
3. تحديد أفضل مؤشر طيفي (قناة طيفية أو دليل طيفي نباتي) ارتباطاً مع الـشواهد الفيزيولوجية.
4. بناء نموذج طيفي- إنتاجي يقوم على توقع الإنتاجية باستخدام مؤشر طيفي محـدد يرصد شاهداً فيزيولوجياً معيناً في مرحلة نمو محددة.
5. تجهيز الصور الفضائية لتصبح قابلة لتطبيق النموذج الطيفي.
6. إجراء عمليات معايرة لهذا النموذج تنقله من المرحلـة الحقليـة إلـى المرحلـة الفضائية.
7. تطبيق النموذج الطيفي على الصور الفضائية.

النتائج والمناقشة

تحديد أفضل الشواهد الفيزيولوجية المحصولية ارتباطاً مع الإنتاجية من الناحية الطيفية والزراعية:

وفق دراسة إبراهيم (2011)، اعتُمد دليل مساحة الأوراق في تقدير الإنتاجية الاقتصادية للقطن (قطن زهر). وقد وُجد أن كمية المحصول الاقتصادي للقطن عند الجني تسير طرداً وبشكل خطي مع قيمة دليل مساحة الأوراق المقدر في مرحلة النمو التي تكون عندها قيمة هذا الدليل أعظمية (أي خلال مرحلة الجوز والإزهار) وذلك بداية شهر آب تقريباً [ضمن ظروف النمو المحصولي من توافر متطلبات التربة والمناخ ومن عدم التعرض لظروف فجائية إحيائية أو غير إحيائية]. وقد لذلك صياغة العلاقة الرياضية التالية (الشكل 2):

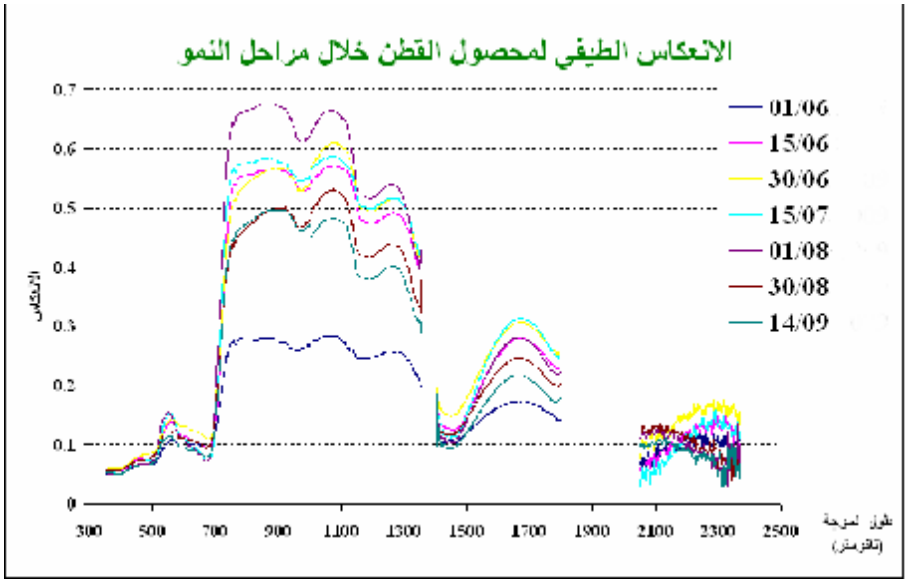
$$\mathbf{y} = 92.925\mathbf{LAI} + 2.2826 \quad (R^2 = 0.83، n = 92)$$



الشكل (2) كمية المحصول الاقتصادي(قطن زهر غ/م^2) المتوقعة حسب قيم دليل مساحة الأوراق LAI خلال مرحلة النمو الأعظمي لمحصول القطن.

تحديد أهم مراحل النمو ارتباطاً مع الإنتاجية من الناحية الطيفية: يكون التحديد الطيفي لأفضل مرحلة نمو خضري بحسب المؤشر الفيزيولوجي ارتباطاً مع الإنتاجية من خلال الاستعانة بالقراءات الراديو مترية التي تسجل دورياً لكل حقل (شكل 3)، إذ يتم اختيار المرحلة التي تكون فيها الانعكاسية الطيفية للمجال الأحمر في أقل قيمها، وفي

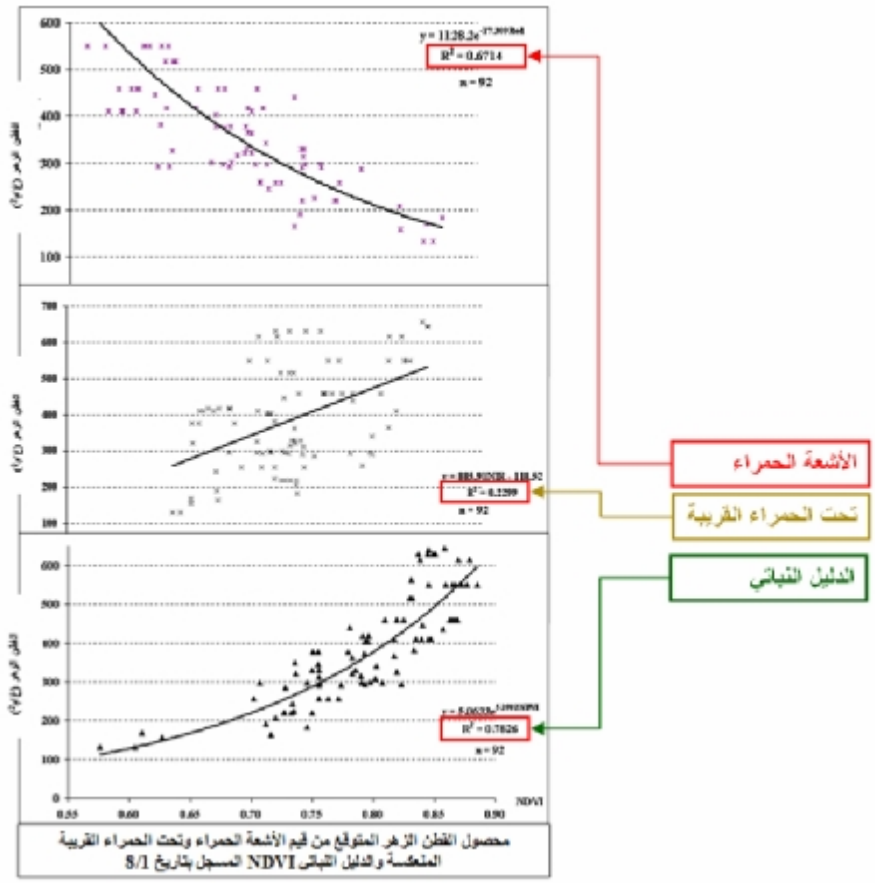
المجال تحت الأحمر القريب في أعلى قيمها. وذلك قبل الحصاد بحوالي شهر (أو أكثر)، أي بداية شهر آب على حقول قرية الكالطة في محافظة الرقة، لربطها مع مكونات الإنتاجية عند الجني.



الشكل (3) الانعكاس الطيفي (البصمة الطيفية) لمحصول القطن خلال مراحل النمو

تحديد أفضل مؤشر طيفي (قناة طيفية أو دليل طيفي نباتي) ارتباطاً مع الشواهد الفيزيولوجية:

أجري تحديد أفضل القنوات الطيفية و/أو الأدلة النباتية ارتباطاً مع المؤشر الفيزيولوجي المحصولي وهو هنا المحصول الاقتصادي، فقد تفوق الدليل النباتي NDVI على القناة الطيفية الحمراء وتحت الحمراء القريبة بقيم معامل تحديد (R^2): 0.78، 0.67 و0.23 على الترتيب، (الشكل 4).

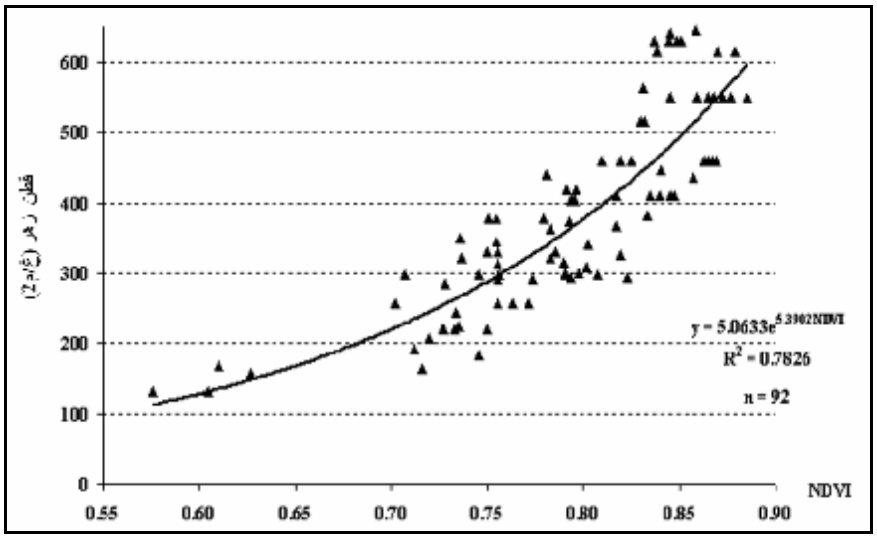


الشكل (4) تحديد أفضل القنوات الطيفية و/أو الأدلة الطيفية-النباتية ارتباطاً مع الإنتاجية (قطن زهر غ/م^2).

بناء نموذج طيفي ــ إنتاجي: يقوم بناء النموذج الطيفي الإنتاجي على توقع الإنتاجية باستخدام مؤشر طيفي محدد (NDVI) يرصد شاهدا فيزيولوجياً معيناً في مرحلة نمو محددة، (الشكل 5)، وذلك بصياغة المعادلة الرياضية وفق نموذج أسي يتوقع الإنتاجية النهائية للمحصول اعتماداً على تغير قيم الانعكاس الطيفي للشواهد المحصولية في مرحلة النمو الخضري المقترحة (دليل مساحة أوراق أعظمي، بداية شهر آب):

$$y = 5.0633e^{5.3902NDVI} \qquad (R^2 = 0.7826، n = 92)$$

حيث: y: كمية المحصول الاقتصادي (قطن زهر، غ/م^2)، NDVI: قيمة الدليل النباتي NDVI لمحصول القطن بداية شهر آب.

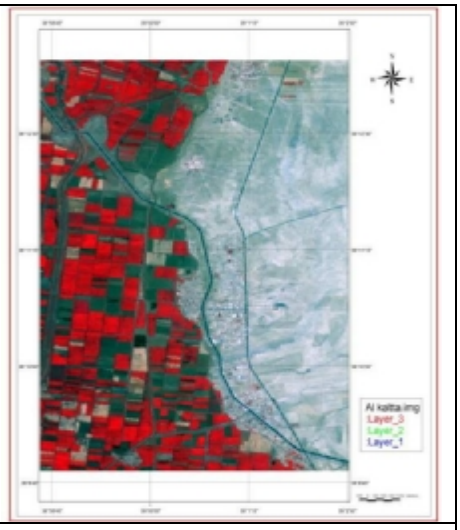


الشكل (5) توقع كمية المحصول الاقتصادي (قطن زهر غ/م2) وفق قيم NDVI المسجل بداية شهر آب.

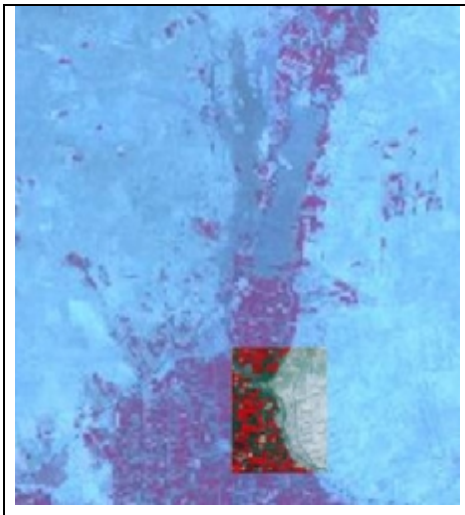
تجهيز الصور الفضائية لتصبح قابلة لتطبيق النموذج الطيفي:أنجز العمل على عدة مراحل لتصل الصور الفضائية إلى الشكل النهائي القابل للاستخدام في النمذجة الرياضية وفق الخطوات الآتية:

- استيراد الصور الفضائية إلى الحالة التي يتعامل معها برنامج معالجة الصور الفضائية.
- التصحيح الجيوهندسي مع نقاط مرجعية.
- تحديد القنوات الطيفية المستخدمة، وحساب قيم الانعكاس في المجالين الأحمر وتحت الأحمر القريب؛ لتصبح الصورة الفضائية جاهزة لتطبيق نموذج توقع الإنتاجية (الشكل 6)، وتظهر الحقول المزروعة باللون الأحمر الكاذب.

إجراء عمليات معايرة لهذا النموذج تنقله من المرحلة الحقلية إلى الفضائية: تُطبق عمليات المعايرة على الصورة الفضائية لتُقارِب القيم الطيفية الحقلية، من خلال تطبيق معادلات المعايرة لاختزال تأثيرات الانعكاسَ الجانبية والجوية (تمت في الهيئة العامة للاستشعار عن بعد)، ويُظهر الشكل (7) منطقة تطبيق النموذج بعد المعايرة فقط بوصفها نافذة ضمن الصورة الفضائية قبل المعايرة الطيفية.

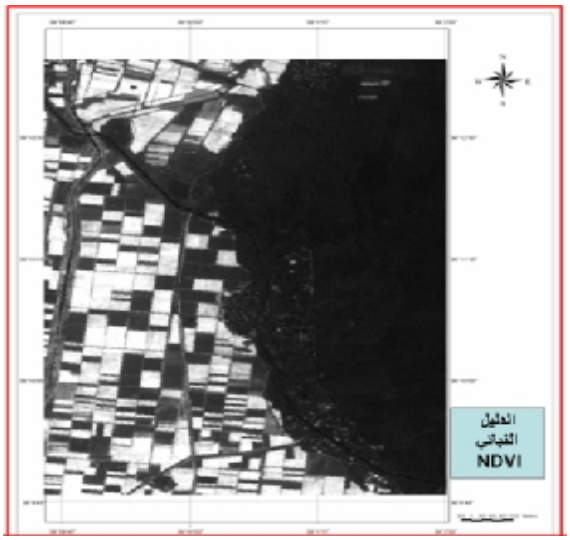


الشكل (6) الصورة الفضائية لمنطقة تطبيق النموذج بعد المعايرة



الشكل (7) منطقة تطبيق النموذج بعد المعايرة على الصورة الفضائية

تطبيق النموذج الطيفي على الصور الفضائية: استخراج قيم الدليل النباتي NDVI من الصورة الفضائية (الشكل 8)، ثم تطبيق النموذج الرياضي الأسي لتوقع الإنتاجية المحصولية على الصورة الفضائية.

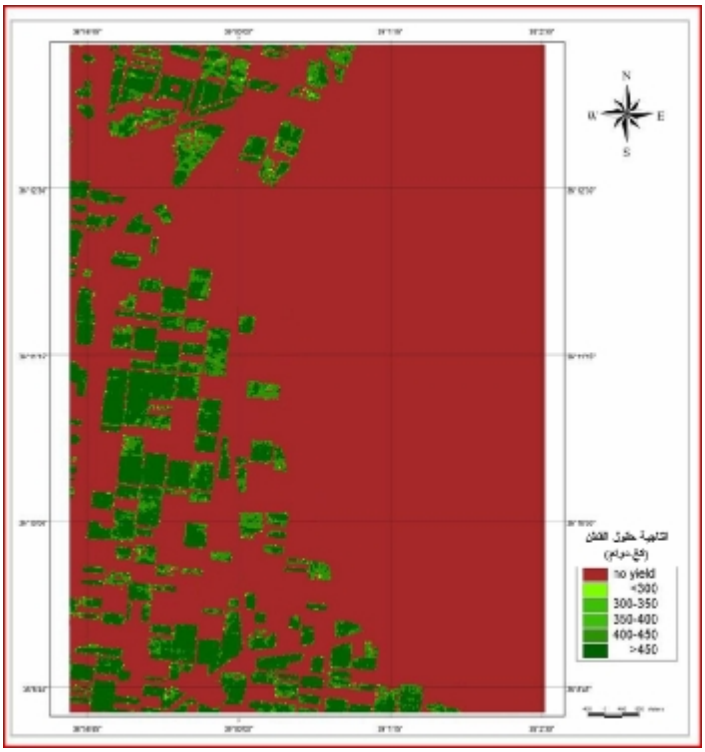


الشكل (8) قيم الدليل النباتي NDVI من الصورة الفضائية لمنطقة تطبيق النموذج

وبإجراء عملية تصنيف الإنتاجية للصورة إلى خمس مجاميع رئيسة (الجدول 1) يمثل كل منها درجة لونية محددة على الصورة الفضائية (الشكل 9)، عبّر اللون الأخضر الغامق عن قيم إنتاجية عالية للقطن في الحقول المدروسة، ليتدرج إلى اللون الأخضر الفاتح المعبر عن إنتاجية منخفضة ثم يُعطَى اللون الأحمر ليُعبِّر عن أرض غير منتجة للقطن أياً كان استخدامها.

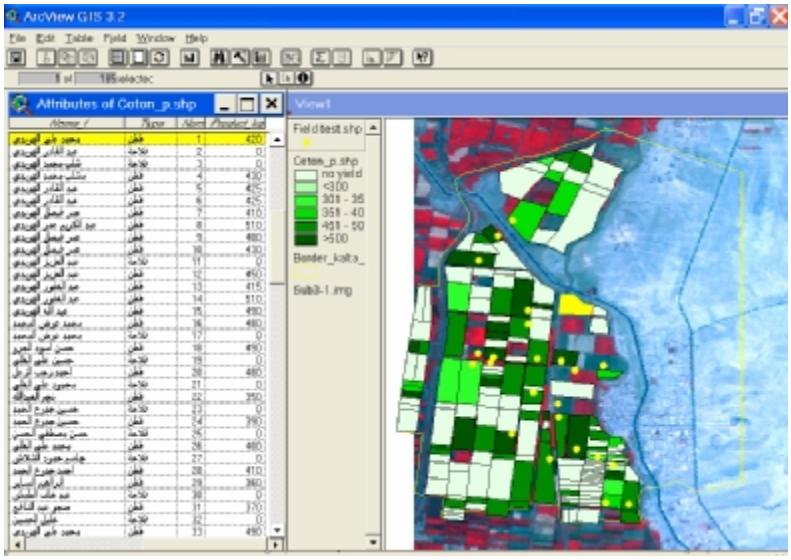
الجدول (1) تصنيف الإنتاجية المقدرة بالصورة الفضائية في خمس فئات

الفئة	الإنتاجية (كغ/دونم)
0	غير منتجة
1	أقل من 300
2	350 – 300
3	400 – 350
4	450 – 400
5	أكثر من 450



الشكل (9) انتاجية حقول القطن من الصورة الفضائية لقرية الكالطة.

تقدير الدقة/ مقارنة انتاجية القطن المقدرة فضائياً مع المسجل حقلياً: يتم تقدير دقة الإنتاجية المقدرة باستخدام الصور الفضائية بمقارنتها مع البيانات الحقلية المسجلة مباشرة من قبل مشرف الوحدة الإرشادية لا مع تلك المسجلة باسم الجمعية إلى محلج القطن، ويذكر فيها الحيازات الحقلية باسم المالك وطبيعة الاستخدام مع المساحة والإنتاجية، إذ تتضد البيانات في شريحة GIS مقابل الصورة الفضائية. ويُبين الشكل (10) – الذي نقدمه مثالاً - إنتاجية بعض حقول القطن المسجلة من الوحدة الإرشادية لكل حيازة.



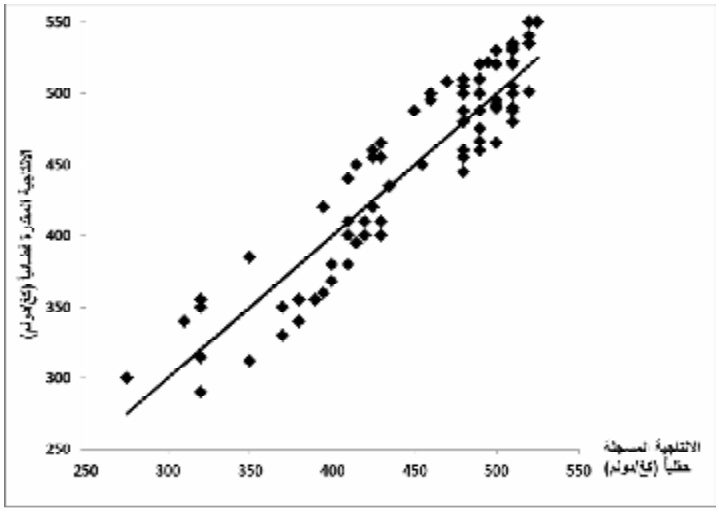
الشكل (10) انتاجية بعض حقول القطن المسجلة من الوحدة الإرشادية لكل حيازة باستخدام نظام المعلومات الجغرافي.

يبين الجدول (2) والشكل (11) نتائج التحليل الاحصائي لعدد من الحقول المختارة (82 حقلاً) لتقييم دقة تقدير الإنتاجية من الصور الفضائية مقارنة مع القيم الفعلية الحقلية المسجلة من مشرف الوحدة الإرشادية في القرية عند الجني. وفيها يتقارب متوسط الإنتاجية الفعلية على مستوى الحقول كلها بين المقدر والفعلي 452 و450 كغ/دونم، على التوالي. ففي حين كان الانحراف القياسي للإنتاجية في الحقول المقدرة بالصورة الفضائية أكبر من تلك المسجلة حقلياً (67.2 و60.8) على التوالي. وقد بَلَغ معامل التحديد قيمة مرتفعة للعلاقة بين الإنتاجية المقدرة بالصورة الفضائية وتلك المسجلة حقلياً (0.86). وكانت قيم جميعها المقدرة بالصورة الفضائية تقارب المسجل حقلياً بخطأ نسبي مقداره حوالي ±12% عن المسجل حقلياً، أي أن الخطأ النسبي يتراوح بين 11.9% أكثر و10.8%، وهو أقل من الفعلي (الشكل 11). ويعتبر هذا الخطأ في تقدير الإنتاجية ضمن

الحدود المقبولة، إذا ما علمنا أنه يدخل ضمن مفهوم توقع الإنتاجية من مراحل مبكرة (قبل الجني بأكثر من شهر) وليس ضمن التقدير المباشر للإنتاجية القائمة على النبات بحسب طبيعة النمو والإثمار المحصولي.

الجدول (2) المؤشرات الاحصائية لإنتاجية حقول القطن المسجلة حقلياً مقابل المقدرة فضائياً

مصدر قيم الانتاجية		مقدّر/صورة فضائية	فعلي/بيانات حقلية
عدد الحقول		82	82
متوسط الإنتاجية (كغ/دونم)		452	450
الإنتاجية العظمى (كغ/دونم)		550	545
الإنتاجية الصغرى (كغ/دونم)		290	275
الانحراف القياسي (Std.)		67.2	60.8
معامل التحديد (R^2)		0.86	1.00
الخطأ القياسي النسبي %		12.8	-
الخطأ النسبي للإنتاجية المقدرة عن الفعلي %	عظمى	+ 11.9	-
	صغرى	- 10.8	-



الشكل (11) إنتاجية (قطن زهر، كغ/دونم) حقول القطن المسجلة حقلياً مقابل المقدرة فضائياً

المراجع References

إبراهيم، ناصر طراف. 2008. منهجية تكامل النمذجة الرياضية والتحليل الإحصائي في تحديد التوقيت الأمثل لفصل المحاصيل الزراعية طيفياً. مجلة الاستشعار عن بعد. دمشق، سورية. 21: 21-35.

إبراهيم، ناصر طراف. 2009. وحدة المساحة المستهدفة طيفياً لمحاصيل كبيرة الأوراق–الشوندر السكري. مجلة الاستشعار عن بعد. دمشق، سورية. 22: 15-27.

إبراهيم، ناصر طراف. 2011. تقدير الغلة المحصولية من الصور الفضائية: أساسيات – معايرة – منهجية – نموذج مبسط. مشروع مسح الموارد الطبيعية والزراعية في سورية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافي - برنامج تقدير الغلة. وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي والهيئة العامة للاستشعار عن بعد، دمشق، سورية. 155 صفحة.

Abd-El Gawad, A. A., A. S. Edris, H. K. Zaki and N. T. Ibrahem. 2004[a]. Estimation of Soybean yield and vegetation amount from canopy reflectance measurements. Arab Univ. J. Agric. Sci. 12 (1): 221-240.

Abd-El Gawad, A.A., A.S. Edris, H. K. Zaki and N. T. Ibrahem. 2004[b]. Spectral reflectance of Sunflower plants in relation to yield and some canopy characteristics.. Arab Univ. J. Agric. Sci. 12 (1) : 241-258.

Babar, M. A., M. P. Reynolds, M. van Ginkel, Klatt A. R., W. R. Raun, and M. L. Stone. 2006. Spectral Reflectance Indices as a Potential Indirect Selection Criteria for Wheat Yield under Irrigation. Crop Sci. 46(2): 578- 588.

Buscaglia, H. J., J. J. Varco, J. M. Thompson, and M. R. Seal. 1999. Relationship of field scale nitrogen variability to soil properties and remotely sensed characteristics. Proceedings Beltwide Cotton Conferences, Orlando, Florida, USA. 2: 1282-1283.

Colwell, R. N. 1983. Manual of Remote Sensing. (Second edition). American Society of Photogrammetry: 2111-2227.

Duke, C., and M. Guèrif. 1998. Crop reflectance estimate errors from the SAIL model due to spectral and temporal variability of canopy and soil characteristics. Remote Sens. Environ. 66: 286-297.

Heist, M. V., W. V. Wijngaarden, and H. Huizing. 1988. Monitoring Tunisia's steppes with SPOT. ITC journal. 3: 232-237.

Hinzman L. D., M. E. Bauer, and C. S. T. Daughtry. 1986. Effects of nitrogen fertilization on growth and reflectance characteristics of winter wheat. Remote Sens. Environ. 19: 47-61.

Ibrahem, N. T. 2007. Application of Space Technology for Food Security: Cropping Systems Analysis. UN/IAF Seventeenth Workshop on Space Technology for Sustainable Development Towards Food Security. India.

Ibrahem, N. T., H. K. Zaki, A. S. Edris and A. A. Abd-El Gawad. 2003. Forecasting growth characteristics and yield of Cotton from spectral reflectance data. Annals Agric. Sci., Ain Shams Univ., Cairo, 48(2): 585-605.

Inman, D., R. Khosla, R. Reich, and D. G. Westfall. 2008. Normalized Difference Vegetation Index and Soil Color-Based Management Zones in Irrigated Maize. Agron. J. 100(1): 60 - 66.

Li, H., R. J. Lascano, R. M. Barnes, J. Booker, L. T. Wilson, K. F. Bronson, and E. Segarra. 2001[b]. Multispectral reflectance of cotton related to plant growth, Soil Water and Texture, and Site Elevation. Agron. J. 93: 1327-1337.

Li. H., R. J. Lascano, E. Barnes, J. Booker, L. T. Wilson, E. Segarra, and K. F. 2001[a]. Bronson Temporal patterns of cotton reflectance and NDVI-days lint yield modeling. In P. Dugger and D. Richer (ed.) Proc. Beltwide Cotton Conf., Anaheim, CA. Natl. Cotton Counc. of Am., Memphis: 590 -594.

Ma, B. L., L. M. Dwyer, C. Costa, E. R. Cober, and M. J. Morrison. 2001. Early prediction of soybean yield from canopy reflectance measurements. Agron. J. 93: 1227-1234.

Perumal, N. K., M. R. K. Rao, T. V. Kathane, M. K. Mesharam, N. K. Taneja, M. V., Venugopal, R. P. A. Dubey and A. K. Basu. 1999. Canopy spectral reflectance in cotton in relation to yield. Indian Journal of Plant Physiology. 4: 63-64.

Prasad, B., B. F. Carver, M. L. Stone, M. A. Babar, W. R. Raun, and A. R. Klatt. 2007. Potential Use of Spectral Reflectance Indices as a Selection Tool for Grain Yield in Winter Wheat under Great Plains Conditions. Crop Sci. 47(4): 1426 - 1440.

Rouse, J.W., R. H. Haas, J. A. Schell, D.W. Deering and J. C. Harland. 1973. Monitoring the vernal advancement of natural vegetation. NASA/GSFC Final Report, Greenbelt, MD, USA,

Tucker, C. J. 1979. Red and photographic infrared linear combination for monitoring vegetation. Remote Sensing of Environment. 8: 127-150.

Wiegand, C. L., J. D. Rhoades, D. E. Escobar and J. H. Everitt. 1994. Photographic and videographic observations for determining and mapping the response of cotton to soil salinity. Remote Sens. Environ. 49: 212-223.

Zaki, H. K., A. A. Abd-El Gawad, A. S., Edris and N. T. Ibrahem. 2001. Spectral reflectance of faba bean plants in relation to growth and yield. Arab Universities Journal of Agriculture Science. 9 (1): 245-265.

Received	**2013/04/09**	**إيداع البحث**
Accepted for Publ.	**2013/12/20**	**قبول البحث للنشر**