



## التنبؤ بإنتاج القمح في سورية من بيانات المرئيات الفضائية متعددة المراحل بمقياس صغير

### Wheat Yield Prediction in Syria by Multitemporal Images- Small Scale

د. ناصر طراف ابراهيم

الهيئة العامة للاستشعار عن بعد - دمشق - سورية.

#### الملخص

تم التحليل الطيفي والزراعي للنظم الزراعية للقمح في سورية، ثم تطبيق أنموذج التنبؤ بإنتاج القمح طيفياً (SWYP) للتنبؤ بإنتاجية القمح من مراحل النمو المبكرة والمتقدمة في مناطق الاستقرار الأولى والثانية من سورية للأعوام 2007 و2008 و2009. حيث تم تطبيق نماذج التنبؤ الطيفي على الصور الفضائية بمقياس صغير نوع NOAA AVHRR متعددة المراحل خلال مراحل التنبؤ المبكر والمتقدم، وذلك بعد تصحيحها وتجهيزها ثم مقارنة النتائج المتحصل عليها مع تلك المسجلة في وزارة الزراعة. تراوحت دقة التنبؤ الطيفي بإنتاج القمح من خلال المراحل المبكرة للنمو الزراعي (قبل 2 إلى 3 شهر من الحصاد) مقارنةً بالمسجل زراعياً بين 14 إلى 42% دون الإنتاج الفعلي المسجل (بيانات وزارة الزراعة) سواء في المواسم الجيدة مطرياً أم تلك التي تعاني من قلة معدل الهطول، بينما وصلت دقة التنبؤ الطيفي لتوقع الإنتاج في المراحل المتقدمة للنمو (قبل شهر إلى شهرين من الحصاد) من -1 إلى +3% من الإنتاج الفعلي خلال المواسم الجيدة مطرياً، بينما كانت أقل بحوالي 66% من الإنتاج المسجل خلال المواسم قليلة الأمطار. لكن هذا الفرق الكبير بين الإنتاج المتوقع والمسجل خلال الموسم الجاف فقط أدى إلى استفسار حول ذلك المسجل لأمرين: أولهما كون قيمة هذا الفرق كبيرة جداً خلال ذلك الموسم الجاف فقط عن بقية المواسم التي كانت دقة التوقع فيها متقاربة مع المسجل، وثانيهما أن الجولات الحقلية خلال الموسم الجاف تؤكد ما هو مقدر بأنموذج التنبؤ الطيفي خلال المراحل المتقدمة للنمو.

**الكلمات المفتاحية:** الاستشعار عن بعد، تحليل نظم زراعية طيفياً، التنبؤ بالإنتاج، القمح.

#### ABSTRACT

In this study, spectral and agricultural analyses of the wheat agricultural systems in Syria are studied during 2007, 2008 and 2009. Spectral yield prediction models are applied during early and advanced growth stages in the first and second rain stable zones in Syria. Spectral yield prediction models were applied using small-scale multi-temporal images- (NOAA AVHRR) that were recorded during early and advanced growth stages of wheat. The predicted yield were compared with that recorded by the agricultural Ministry. The accuracy for the prediction of the spectral models during the early stages of growth (23- months before harvest) were less by 14 - 42 % of the recorded yield comparing with the agricultural records, either in the good or low-precipitation seasons. But the accuracy of the prediction during the advanced stages of growth (1 -2 months before harvest) fluctuated from -1 .. +3 % up of the recorded yield and that is only in the good rainfall seasons, dropped down to 66 % from the recorded yield in the drought season. The big difference between the predicted and recorded yield during the low-precipitation season arise a question about that recorded in two points: firstly, the difference value is very big, only in the low-precipitation season, but high accuracy in the other seasons. Secondly, the field observations during that low-precipitation season are not in agreement with that recorded.

## المقدمة

تُزرع المحاصيل الغذائية الاستراتيجية، وعلى رأسها القمح، الذي يمثل جوهر الأمن الغذائي في البلدان العربية وشعوب الشرق الأدنى، بمساحات واسعة تحت نظام الزراعة البعلية في سورية في المناطق ذات الهطول المطري الذي يمكّن من نمو وإنتاج القمح، ولاسيما في ظروف المناطق الجافة وشبه الجافة التي تعاني من تكرارية المواسم الجافة، إن التنبؤ بالإنتاجية قبل موعد الحصاد بفترة زمنية يساهم في التخطيط ودعم هذه الاستراتيجية في تحقيق الأمن الزراعي متمثلاً في أهم عامل في التخطيط والإدارة لتحقيق هذا الهدف، وهو الاستفادة من عامل الزمن، والذي يتطلب معه استخدام تقانات متقدمة ذات شمولية مكانية كبيرة، متمثلةً بتقانة الاستشعار عن بعد مع إمكانية جمع البيانات الزراعية المحصولية المرئية ذات العلاقة في تكوين الإنتاجية الحبية النهائية، والتي تتطلب في دقة عملها ضمن البرامج الاستشعارية الانطلاق في نمذجتها الرياضية من الظروف البيئية المحلية لكل منطقة وصولاً إلى كامل مساحة القطر. درس Potdar (1993) اعتماد الإنتاجية الحبية للذرة الرفيعة على مؤشر معدلات شيخوخة المحصول من بيانات NOAAVHRR متعددة المراحل. وطوّره Sehga وزملاؤه (2002) أنموذجاً أولياً لنظام مراقبة المحاصيل (CGMS) مستعيناً بأنموذج المحاكاة المحصولي (WTGROWS) لتوليد خرائط النمو المحصولي اليومي وتوقع الإنتاجية الحبية على مستوى المحافظة. كما استخدم Kalubarme وزملاؤه (2003) مخططات نمو القمح وفق نماذج الإنتاجية المبنية على قيم الدليل النباتي NDVI المستنبط في الحقل والمطبق على بيانات NOAA-AVHRR لتقدير إنتاجية القمح في الهند. تعد معلومات الأطوار الفينولوجية أساسية في عملية تقدير إنتاجية المحاصيل وإدارتها، حيث تم استخدام بيانات MODIS EVI متتالية زمنياً لمراقبة أطوار القمح في شمال الصين (Yan وزملاؤه، 2008 و Zhang وزملاؤه، 2009). تعكس حركية الأطوار الفينولوجية إنتاجية المحصول وحركية النظم الزراعية وبالتالي فإن دراستها بوساطة البيانات الاستشعارية التسلسلية تعد وسيلة واعدة لدراسة تطور المحاصيل كما تم تطبيقه من بيانات VEGETATION-AVHRR (Linlin و Huang، 2009). لقد استُخدم الدليل النباتي (NDVI) لحساب إنتاجية محاصيل الحبوب حسب التابع الصناعي SPOT في تونس (Heist وزملاؤه، 1988)، وإنتاجية المحاصيل الحبية والذرة الرفيعة في كل من من الهند والنيجر (Gay، 1999)، وإنتاجية القطن من صور ASTER في منطقة اختبارية من محافظة الرقة في سورية (ابراهيم، 2011)، كما تُحسن النماذج الطيفية ثنائية البعد من تقدير الشواهد الفيزيولوجية في النظم المحصولية (Ibrahim، 2007). يهدف هذا البحث إلى: (1) التحليل الزراعي لإنتاجية نظم زراعة القمح في مناطق الاستقرار المطري في سورية، (2) التحليل الطيفي لنمو وإنتاج القمح تحت نظم الزراعة المختلفة في سورية، (3) تجهيز ومعايرة الصور الفضائية متعددة المراحل لتطبيق نماذج التنبؤ الطيفي بالإنتاجية، (4) تطبيق نماذج طيفية للتنبؤ بالإنتاجية المحصولية من الصور الفضائية ضمن برامج استشعارية متخصصة مبنية انطلاقاً من النظم الزراعية للقمح وظروف النمو المحلية، (5) تقدير دقة التنبؤ الطيفي مقارنة مع المسجل من قبل وزارة الزراعة السورية في مناطق الدراسة.

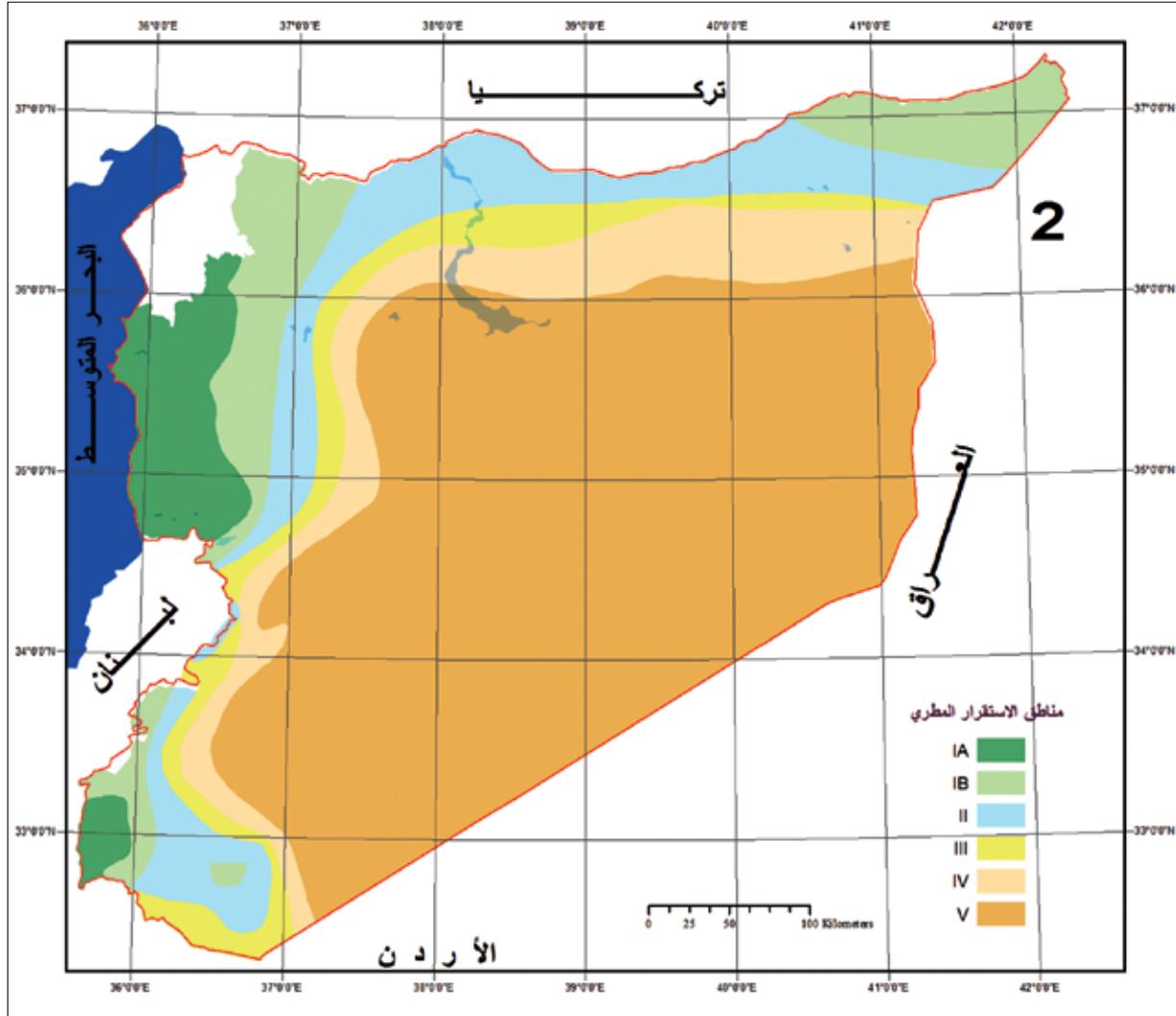
## مواد البحث وطرائقه

### الموقع الجغرافي ومناطق الاستقرار المطري في سورية

تقع الجمهورية العربية السورية ضمن ما يسمى نطاق المناطق الجافة وشبه الجافة، وبالاعتماد على معدلات الهطول المطرية السنوية لاحتمالات مختلفة تقسم سورية إلى خمس مناطق استقرار زراعي (الشكل 1) (المجموعة الإحصائية الزراعية، 2007، 2008 و 2009):  
I - منطقة الاستقرار الأولى: حيث يزيد معدل الهطول السنوي فيها عن 350 ملم/سنة، ولا يقل عن 300 ملم/سنة في ثلثي السنوات المرصودة، وتشكل 14.6% من إجمالي المساحة الكلية وتبلغ مساحتها 27 ألف كم<sup>2</sup>.  
II - منطقة الاستقرار الثانية: لا يتجاوز معدل أمطارها السنوية 350 ملم/سنة ولا يقل عن 250 ملم/سنة في ثلثي السنوات المرصودة. تشكل 13.2% من المساحة، وتبلغ مساحتها 24.5 ألف كم<sup>2</sup>.  
III - منطقة الاستقرار الثالثة: يزيد معدل أمطارها عن 250 ملم/سنة ولا يقل عن ذلك في نصف السنوات المرصودة. وتشكل 7.2% من إجمالي المساحة وتبلغ مساحتها 13.5 ألف كم<sup>2</sup>.

IV - منطقة الاستقرار الرابعة: يتراوح معدل أمطارها السنوية بين 200 إلى 250 ملم / سنة ولا تقل عن 200 ملم / سنة في نصف السنوات المرصودة، وتشكل 10 % من مساحة سورية وتبلغ مساحتها 18.5 ألف كم<sup>2</sup>.

V - منطقة الاستقرار الخامسة (البادية): تعد منطقة الرعي الأساسية، وتقل معدلات الهطول عن 200 ملم / سنة، وتشكل 55 % من مساحة سورية، وتبلغ مساحتها 102 ألف كم<sup>2</sup>.



الشكل 1. مناطق الاستقرار المطري الزراعي في سورية.

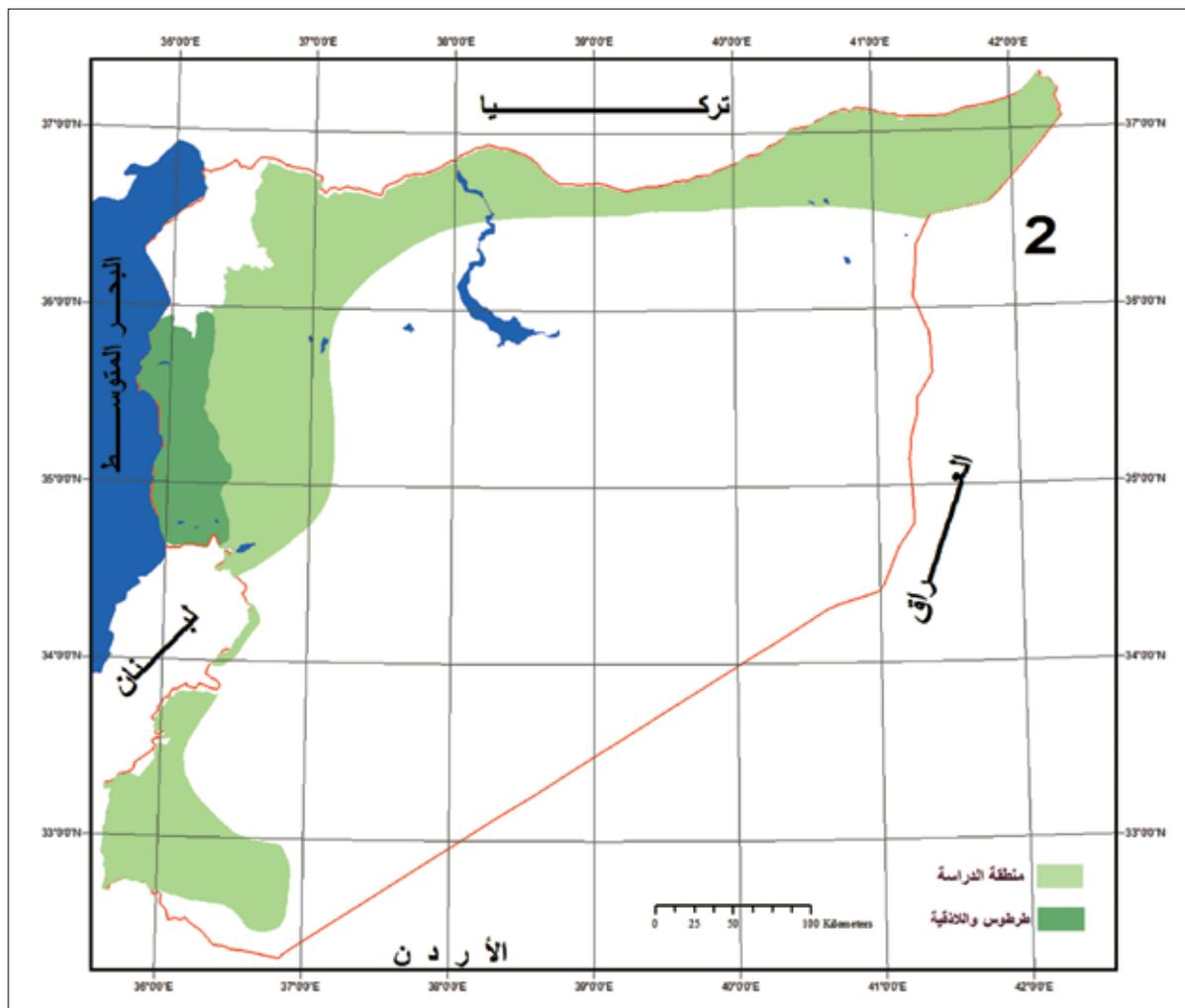
### منطقة الدراسة

تم اختيار كل من منطقتي الاستقرار الأولى والثانية معاً لاعتماد إنتاج المساحة الزراعية فيهما خلال الموسم الشتوي على الأمطار أولاً، ولما تشكلان من إسهام يبلغ 73 إلى 81 % من مساحة القمح المزروعة في سورية بنسبة إنتاج تصل إلى 61 - 71 % من إنتاج القمح في سورية ثانياً (الجدول 1)، ثم استثناء المنطقة الساحلية منهما لما تمثل من أهمية زراعية منخفضة بالنسبة لمحصول القمح (1 إلى 1.5 % من إنتاج القمح في سورية)، وكذلك في منطقتي الاستقرار الأولى والثانية (1.5 - 2.5 % من إنتاج القمح) (الجدول 1) (تحليل بيانات المجموعة الإحصائية الزراعية للأعوام 2007، 2008 و2009)، عدا عن صغر الحيازات المزروعة قمحاً في هذه المنطقة، ولاسيما أن الصور الفضائية المستخدمة ذات مقياس صغير، وبالتالي فإن منطقة التنبؤ الطيفي المبكر والمتقدم بإنتاجية القمح في سورية هي أراضي منطقتي الاستقرار الأولى والثانية باستثناء أراضي المنطقة الساحلية (الشكل 2).

الجدول 1. نسبة مساحة وإنتاج القمح في منطقتي الاستقرار الأولى والثانية والساحلية من سورية أعوام ( 2007 إلى 2009).

2009		2008		2007		المنطقة
الإنتاج /طن	المساحة /هـ	الإنتاج /طن	المساحة /هـ	الإنتاج /طن	المساحة /هـ	
70.5	80.1	61.1	74.8	66.8	73.5	أولى وثانية من سورية
29.5	19.9	38.9	25.2	33.2	26.5	باقي المناطق من سورية
3.00	3.26	4.57	4.38	2.80	4.15	ساحلية من أولى
1.24	1.47	1.52	1.54	1.02	1.48	ساحلية من سورية
1.76	1.83	2.48	2.06	1.53	2.01	ساحلية من أولى وثانية

المنطقة الساحلية: هي محافظتي طرطوس واللاذقية



الشكل 2. منطقة الدراسة في سورية.

### البيانات الطيفية، الفضائية والزراعية

- 1- بيانات إحصائية زراعية لمحصول القمح للأعوام 2007، 2008 و2009 من المجموعة الإحصائية الزراعية للسنوات نفسها.
- 2- صور فضائية متعددة المراحل خلال أشهر شباط (فبراير) وآذار (مارس) ونيسان (أبريل) من التابع الصناعي الأمريكي NOAA للأعوام 2007 و2008 و2009 من محطة استقبال الهيئة العامة للاستشعار عن بعد في دمشق، (سورية).

3- بيانات الانعكاس الطيفي لنباتات القمح ضمن المدى الموجي 350 إلى 2500 نانومتر مسجلة بجهاز سبيكترومتر راديو متر خلال مراحل النمو  
4- حساب قيم الدليل الطيفي النباتي NDVI (Rouse وزملاؤه، 1973) (بما يماثل القنوات الطيفية للمستشعر AVHRR المحمول على التابع  
الصنعي NOAA) للنظم الزراعية للقمح خلال مراحل النمو والمنتشرة في سورية.

تم اختيار الدليل النباتي NDVI عن غيره من الأطياف أو الأدلة النباتية كونه من أهم المؤشرات الطيفية النباتية في:

- علاقته مع المؤشرات الفيزيولوجية النباتية من دليل المساحة الورقية (Perumal وزملاؤه، 1999)، والكتلة الحية (Heist وزملاؤه، 1988 وLi وزملاؤه، 2001)، والمادة الجافة والإنتاجية (Prasad وزملاؤه، 2007، Babar، 2006، Inman وزملاؤه، 2008 وإبراهيم، 2011)
- توفر الصور الفضائية متعددة الأطياف، ولاسيما صور (AVHRR) اللازمة لحسابه.

5- تجهيز ومعايرة الصور الفضائية نوع AVHRR المتوفرة بالتركرارية الزمنية المطلوبة قبل تطبيق النماذج عليها وفق الخطوات التالية:

#### - الإرجاع الهندسي:

ويتم باستخدام صورة فضائية سورية مجهزة في موزايك ومصححة نوع LANDSAT TM بدقة تمييز 30 متراً

#### - التصحيح الجوي:

ويتم بحساب القيم الطيفية الانعكاسية لكل حزام طيفي ثم حساب قيم الدليل النباتي NDVI وبعد ذلك معايرته وفق قيم طيفية حقلية للأهداف مسجلة حقلياً وحساب قيم الدليل الطيفي حقلياً وفق ما يماثل تلك المستخدمة في صور التابع الصنعي المتوفرة وفق المعادلات الخطية التالية لكل صورة فضائية (الجدول 2):

الجدول 2. معادلات معايرة الدليل النباتي NDVI في الصور الفضائية بتلك المسجلة حقلياً.

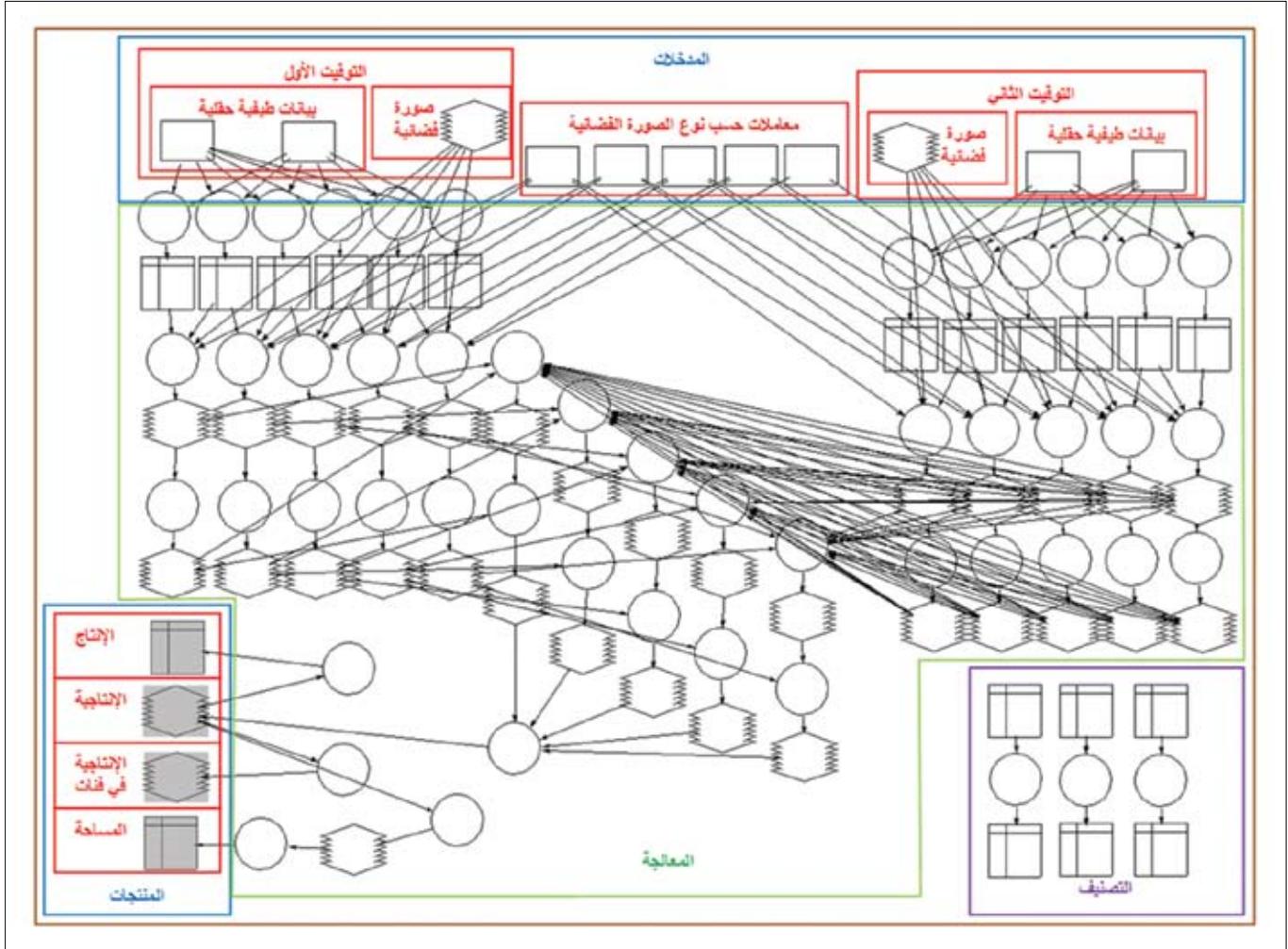
المعادلة	تاريخ الصورة	
	الشهر	العام
$NDVI = 1.0064 NDVI_i - 0.0002$	شباط (فبراير)	2007
$NDVI = 1.1556 NDVI_i + 0.0159$	آذار (مارس)	
$NDVI = 1.4787 NDVI_i + 0.0583$	نيسان (أبريل)	
$NDVI = 1.0054 NDVI_i - 0.0002$	شباط (فبراير)	2008
$NDVI = 1.1521 NDVI_i + 0.0093$	آذار (مارس)	
$NDVI = 1.2112 NDVI_i + 0.0306$	نيسان (أبريل)	
$NDVI = 1.1237 NDVI_i + 0.0098$	شباط (فبراير)	2009
$NDVI = 1.1469 NDVI_i + 0.0133$	آذار (مارس)	
$NDVI = 1.1931 NDVI_i + 0.0149$	نيسان (أبريل)	

ملاحظة: NDVI قيمة الدليل النباتي بعد المعايرة و NDVI<sub>i</sub> قيمته قبل المعايرة

#### - التصنيف المبدئي:

يتم اعتماد التصنيف الزمني وفق القيمة الطيفية المرحلية لعدد من الصور الفضائية المتتابعة التي تناسب هكذا قدرة تمييز متوسطة إلى عالية.

6- أنموذج «التنبؤ بإنتاج القمح طيفياً (Spectral Wheat Yield Prediction - SWYP) تحت بيئة برنامج معالجة الصور الفضائية ERDAS لتقدير إنتاجية القمح من بيانات الصور الفضائية متعددة المراحل اعتماداً على التحليل الطيفي للنظم الزراعية في سورية ذي الهيكلية التخطيطية المبينة في الشكل 3، والذي يعطي هذا الأنموذج مخرجاته في أربعة منتجات هي: الإنتاج الكلي، والإنتاجية في وحدة المساحة، ومساحة الإنتاج، والإنتاجية مصنفة في فئات إنتاجية (إبراهيم، 2012).



الشكل 3. الهيكلية التخطيطية لأنموذج التنبؤ الطيفي بإنتاجية القمح طيفياً مصمم ببرنامج ERDAS.

## النتائج والمناقشة

### 1- التحليل الزراعي والطيفي لنمو وإنتاج القمح

التحليل الزراعي لنمو وإنتاج القمح في مناطق الاستقرار للأعوام 2007 إلى 2009

يبين الجدول 3 والشكلان 4 و5 مساحة وإنتاج القمح في سورية وفي مناطق الاستقرار المطري منها خلال الأعوام 2007 و2008 و2009، ويُذكر أن بيانات الجداول قد حُلّت لبيانات جُمعت بتصريف من «المجموعة الإحصائية الزراعية للأعوام 2007 و2008 و2009». حيث يبين مضمون البيانات الجدولية والشكلية مايلي:

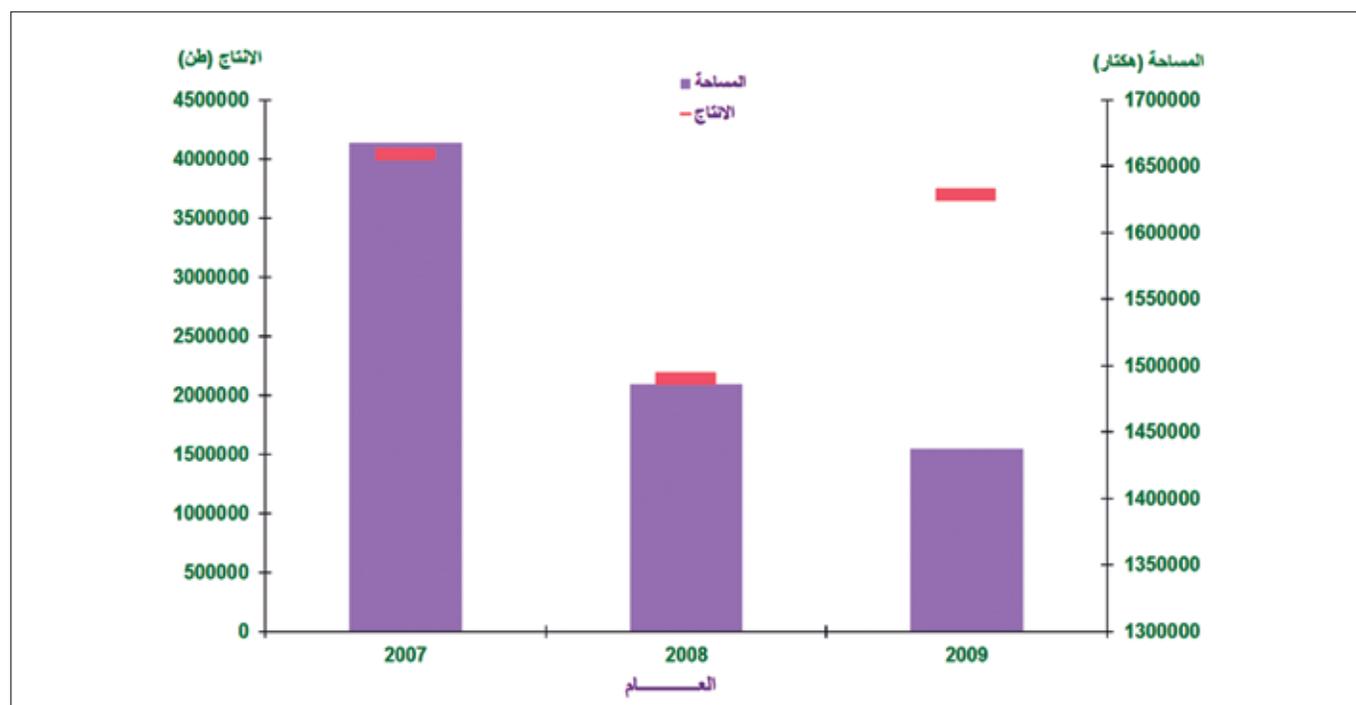
- تراوحت مساحة القمح المزروع في سورية بين 1667732 هكتاراً عام 2007 و1437375 هكتاراً عام 2009.
- تراوحت كمية الإنتاج بين 4041100 طنناً عام 2007 و2139313 طنناً عام 2008.
- بلغ إنتاج القمح عام 2008 نصف الإنتاج العام السنوي تقريباً.
- انخفض إنتاج القمح عام 2008 في جميع مناطق الاستقرار مقارنة بالأعوام الأخرى مع اختلاف نسبة الانخفاض حسب منطقة الاستقرار، فأكبرها في منطقة الاستقرار الأولى والثانية والثالثة والرابعة والخامسة، بمعنى أنه حتى الزراعة المروية في مناطق الاستقرار الأخرى قد تأثرت نسبة الإنتاجية فيها.
- تفوق إنتاج عام 2007 (في أغلب مناطق الاستقرار) على إنتاج عام 2009، إلا أن منطقة الاستقرار الأولى فقط كانت الأكثر إنتاجاً عام 2009 عنها 2007 والتي قد تكون ناتجة عن زيادة المساحة المزروعة.
- بلغت أفضل إنتاجية قمح في وحدة المساحة 2.576 طن/هكتار عام 2009 متفوقاً عما هي عليه عام 2007 (2.423 طن/هكتار) بالرغم من أن ذلك العام (2007) سجل أكبر مساحة مزروعة وأعلى إنتاج قمح مقارنة ببقية الأعوام في سورية، بينما سجل أدناها في العام 2008 (1.439 طن/هكتار).

• يبين الجدول 4 مساحة مناطق الاستقرار المطري ونسبتها في سورية مع نسبة مساحة القمح في كل منها في القطر خلال الأعوام 2007 و2008 و2009، والذي توضح بياناته:

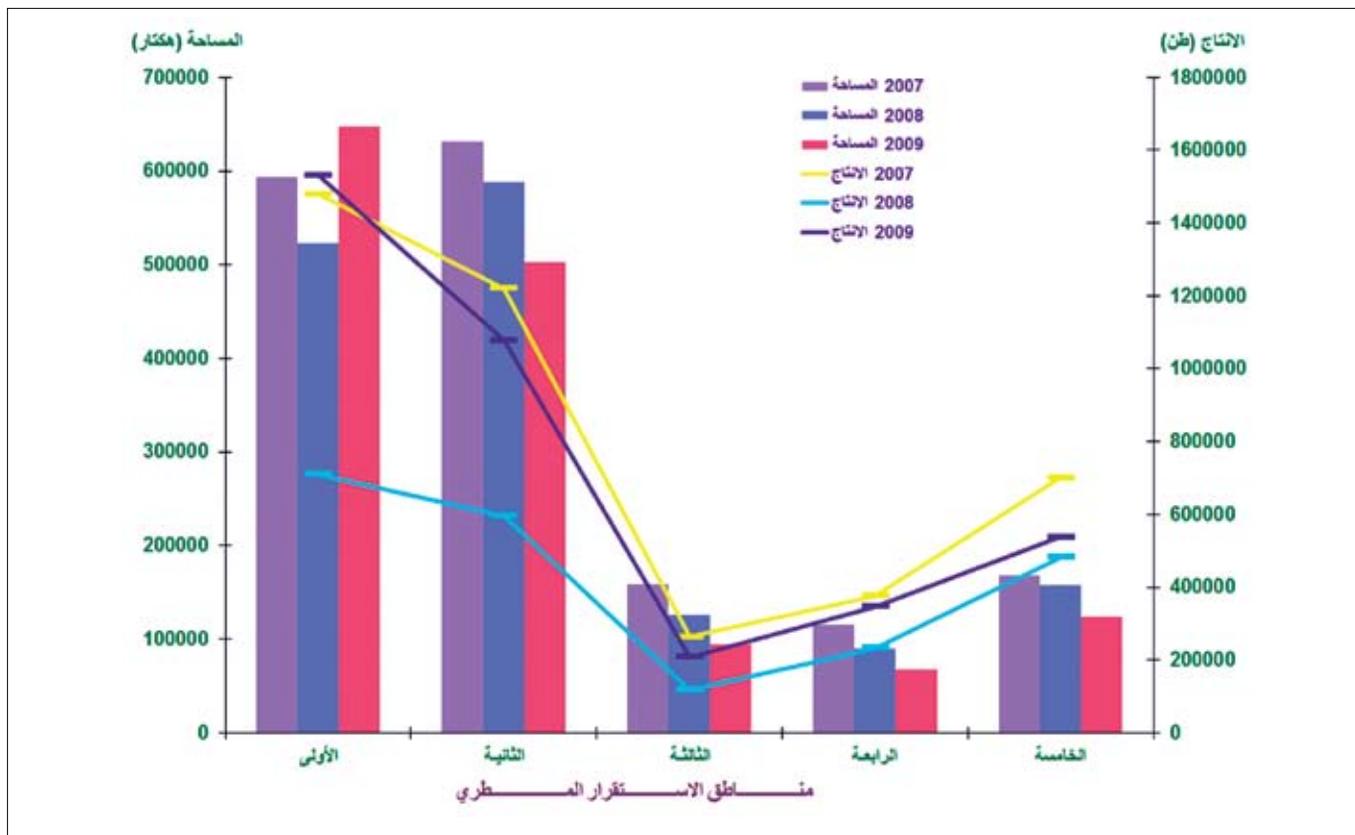
- مساحات مناطق الاستقرار في القطر هي على الترتيب تنازلياً: الخامسة، الأولى، الثانية، الرابعة، الثالثة.
- منطقة الاستقرار الثانية هي الأعلى نسبةً بمساحة زراعة القمح من بين مناطق الاستقرار (20 إلى 26% من مساحتها قمحاً) عد موسم 2009، يليها منطقة الاستقرار الأولى حيث بلغت نسبة مساحة القمح فيها 19 إلى 24%، رغم تفوق مساحتها (أي الأولى) على مساحة منطقة الاستقرار الثانية وذلك كون الجزء الأكبر من مساحة منطقة الاستقرار الأولى مناطق حراجية في المرتفعات الجبلية وزراعية في المنطقة الساحلية، ثم منطقة الاستقرار الثالثة (7 إلى 12%) فالرابعة (4 إلى 7%)، فالخامسة (1 إلى 2%).

الجدول 3. مساحة وإنتاج القمح في مناطق الاستقرار من سورية للأعوام 2007 و 2008 و 2009.

2009		2008		2007		منطقة الاستقرار
الإنتاج /طن	المساحة /هـ	الإنتاج /طن	المساحة /هـ	الإنتاج /طن	المساحة /هـ	
1531686	647393	709920	523451	1479822	594044	الأولى
1077405	503263	596329	588436	1220491	631168	الثانية
207688	94867	118456	126167	263719	158450	الثالثة
346956	68027	232482	90111	376223	115482	الرابعة
538049	123825	482126	157826	700845	168588	الخامسة
<b>3701784</b>	<b>1437375</b>	<b>2139313</b>	<b>1485991</b>	<b>4041100</b>	<b>1667732</b>	<b>المجموع / سورية</b>



الشكل 4. مساحة وإنتاج القمح في سورية للأعوام 2007، 2008، و 2009.



الشكل 5. مساحة وإنتاج القمح في مناطق الاستقرار من سورية للأعوام 2007، 2008، و2009.

الجدول 4. مساحة مناطق الاستقرار في سورية ونسبة مساحة القمح في كل منها أعوام 2007، 2008، و2009.

مصدر المياه للقمح	نسبة مساحة القمح (%)			المساحة من سورية		منطقة الاستقرار
	2009	2008	2007	النسبة (%)	(ألف كم <sup>2</sup> )	
أمطاروري	23.98	19.39	22.00	14.6	27	الأولى I
أمطاروري	20.54	24.02	25.76	13.2	24.5	الثانية II
أمطاروري	7.03	9.35	11.74	7.2	13.5	الثالثة III
ري	3.68	4.87	6.24	10	18.5	الرابعة IV
ري	1.21	1.55	1.65	55	102	الخامسة V
أمطاروري	<b>7.75</b>	<b>8.01</b>	<b>8.99</b>	<b>100</b>	<b>185.5</b>	المجموع

ملاحظة: نسبة مساحة القمح في منطقته = (مساحة القمح في منطقة الاستقرار / مساحة منطقة الاستقرار) \* 100  
نسبة مساحة القمح في سورية = (مساحة القمح في سورية / مساحة سورية) \* 100

- تبلغ نسبة مساحة القمح في سورية 7.75 إلى 9% من مساحة القطر للأعوام 2007-2009.
- سيادة الزراعة المطرية (البعل) للقمح في منطقتي الاستقرار الأولى والثانية.
- بينما يبين الجدول 5 نسبة مساحة وإنتاج القمح في كل منطقة استقرار من مساحة وإنتاج القمح في سورية خلال الأعوام 2007 و2008 و2009 الذي يوضح:
- تسهم منطقة الاستقرار الثانية بأكثر نسبة من مساحة زراعة القمح في مناطق الاستقرار في سورية (35 إلى 40% من مساحة القمح في

القطر من منطقة الاستقرار الثانية) عدا موسم 2009 الذي تسهم منطقة الاستقرار الأولى (45%) بأكثر من الثانية، يليها منطقة الاستقرار الأولى حيث نسبة مساحة القمح فيها 35%، ثم منطقة الاستقرار الخامسة (8 إلى 11%) فالثالثة (6 إلى 10%) فالرابعة (4 إلى 7%).

- نسبة المساحة المزروعة قمحاً في منطقة الاستقرار الثانية هي الأعلى.

- تسهم منطقة الاستقرار الأولى بأكثر نسبة إنتاج قمح من إنتاج مناطق الاستقرار في سورية (36 إلى 42%) متفوقاً بذلك على منطقة الاستقرار الثانية التي تفوقت عليها من حيث المساحة المزروعة والتي تسهم بنسبة إنتاج 27 إلى 30% ويعود ذلك لتفوق إنتاجية وحدة المساحة في منطقة الاستقرار الأولى نظراً لتوفر معدل هطول أعلى، ثم منطقة الاستقرار الخامسة (14 إلى 22%) فالرابعة (9 إلى 11%) فالثالثة (5 إلى 7%).

الجدول 5. نسبة (%) مساحة وإنتاج القمح في مناطق الاستقرار من سورية للأعوام 2007-2009.

2009		2008		2007		منطقة الاستقرار
الإنتاج (%)	مساحة (%)	الإنتاج (%)	مساحة (%)	الإنتاج (%)	المساحة (%)	
41.4	45.0	33.2	35.2	36.6	35.6	الأولى
29.1	35.0	27.9	39.6	30.2	37.8	الثانية
5.60	6.60	5.50	8.50	6.50	9.50	الثالثة
9.40	4.70	10.9	6.10	9.30	6.90	الرابعة
14.5	8.60	22.5	10.6	17.3	10.1	الخامسة

ملاحظة: النسبة في منطقة الاستقرار = (مساحة القمح في منطقة الاستقرار / مساحة القمح في سورية) \* 100

### التحليل الزمني لمساحة القمح وإنتاجه في سورية للأعوام 2007 - 2009

تشير بيانات الشكل 6. إلى نسبة تغير مساحة القمح وإنتاجه في سورية وفي مناطق الاستقرار المطري منها خلال عامي 2008 و2009 مقارنةً بعام 2007 إلى:

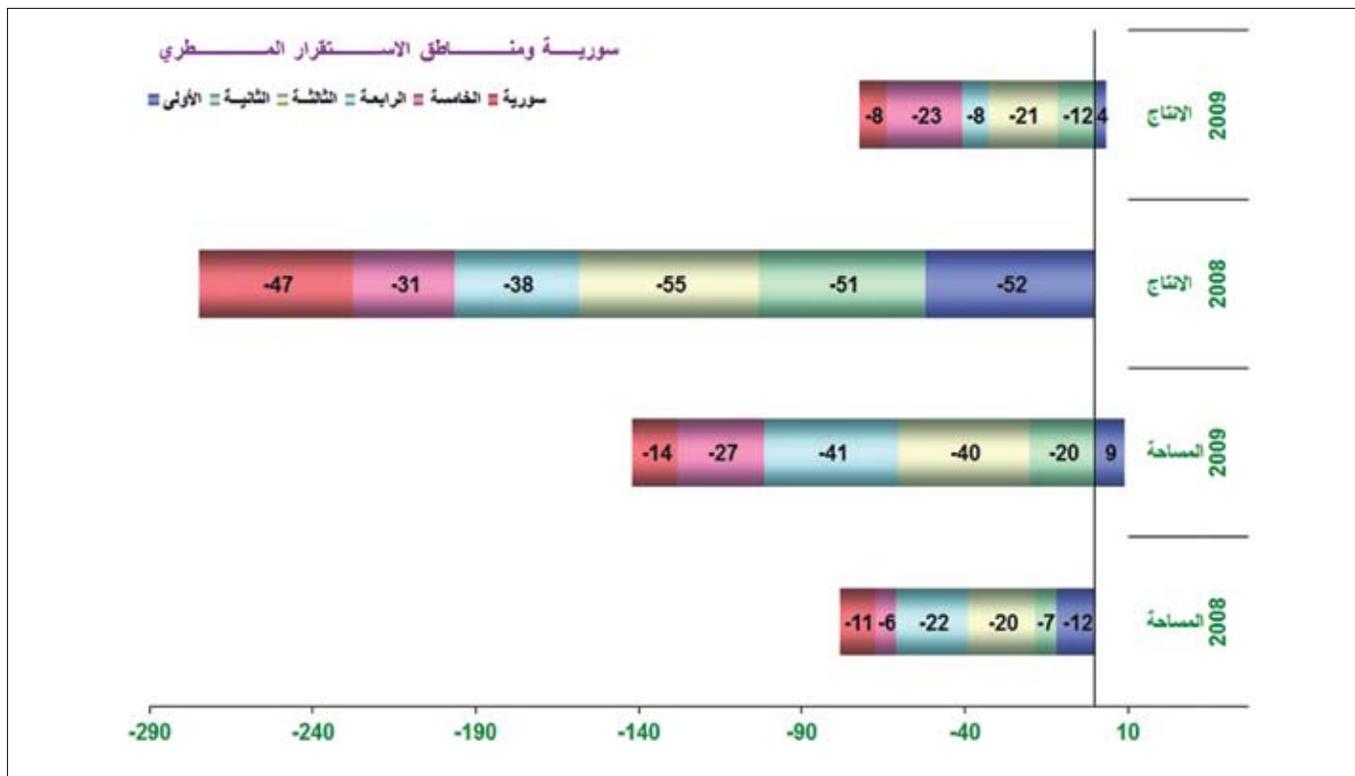
- انخفاض المساحة المزروعة قمحاً في سورية بنسبة 11 و14% عامي 2008 و2009 على التوالي، مقارنةً بعام 2007.
- انخفاض إنتاج القمح في سورية من 8 إلى 47% عامي 2008 و2009 على الترتيب، مقارنةً بعام 2007.
- بلغت نسبة انخفاض الإنتاجية عام 2008 من 31 إلى 55% بينما بلغت نسبة انخفاض المساحة من 6 إلى 22% لمختلف مناطق الاستقرار.
- رغم انخفاض مساحة وإنتاج القمح عام 2009 في سورية فإن مساحة وإنتاج القمح في منطقة الاستقرار الأولى ازدادت 9 و4% على التوالي، مقارنةً بعام 2007.

### التحليل الطيفي لنمو وإنتاج القمح

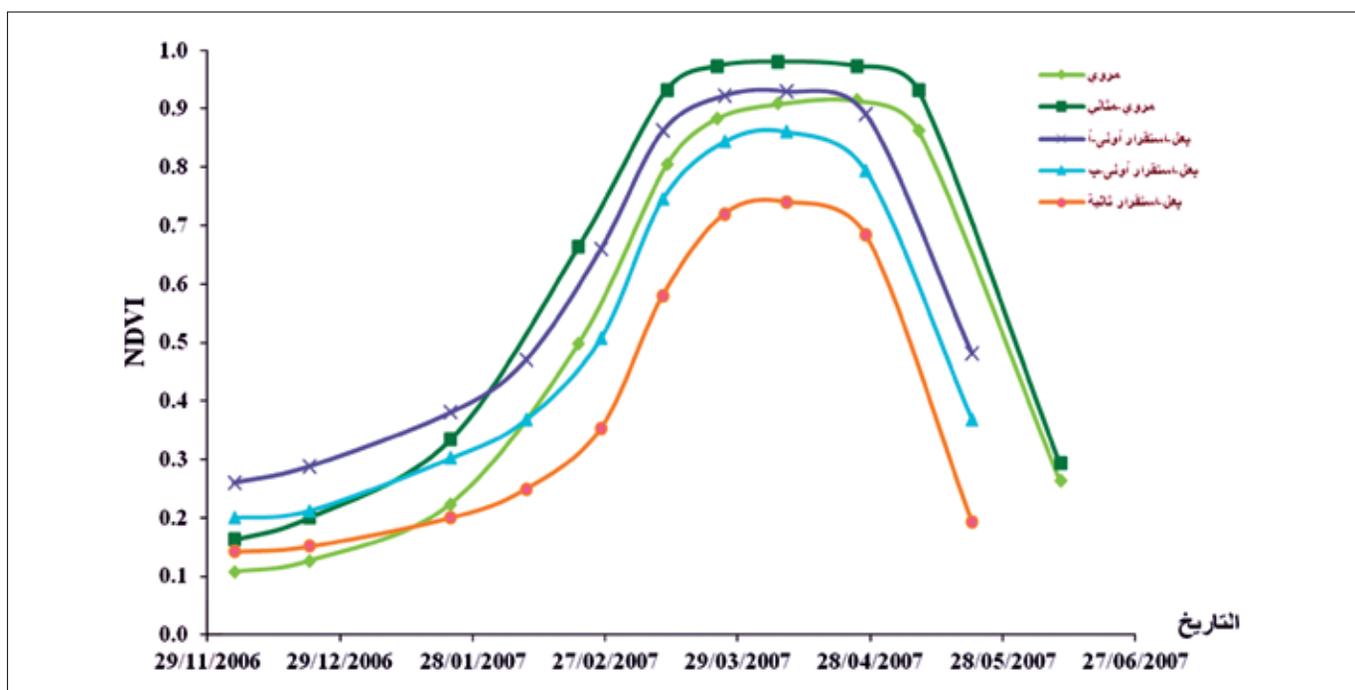
#### أ- الدليل النباتي NDVI للنظم الزراعية للقمح خلال مراحل النمو في سورية

يوضح الشكل 7 قيم الدليل النباتي NDVI لنظم زراعة القمح في سورية خلال مراحل النمو، حيث تكون قيم هذا الدليل خلال مراحل النمو العظمى (مرحلة النمو الآسي ومرحلة النمو الخطي) هي الأعلى لنظام الزراعة المروي مثاليًا يليها الزراعة البعلية في منطقة الاستقرار الأولى (-أ) خلال مرحلة النمو الآسي ونصف مرحلة النمو الخطي، ليتفوق عليها نظام الزراعة التالي له وهو الزراعة في الأراضي المروية، الذي يتفوق عليه خلال النصف الثاني من مرحلة النمو الخطي ويستمر لمدة أطول، بينما تنخفض قيم الدليل النباتي في مناطق الاستقرار الأخرى وخلال مراحل النمو العظمى حسب درجة تصنيف منطقة الاستقرار من الأولى بمستويها إلى الثانية.

إذ ألاحظ استمرار قيم الدليل النباتي لنظم الزراعة المروية في مرحلة النمو الخطي مرتفعة لمدة أطول منها عن أي من نظم الزراعة البعلية، بينما تنخفض قيمة الدليل بمرحلة زمنية قبل المروي متناسبة مع كمية المياه المستفاد منها للنباتات، بمعنى أنها تتجه في الزراعة البعلية نحو مرحلة النضج بموعد أبكر منه في الزراعة المروية وبما يتناسب مع كمية مياه الري في الزراعة المروية، ومع درجة منطقة الاستقرار في الزراعة البعلية.



الشكل 6. نسبة تغير مساحة وإنتاج القمح في سورية وفي مناطق الاستقرار خلال عامي 2008 و 2009 مقارنة بعام 2007.

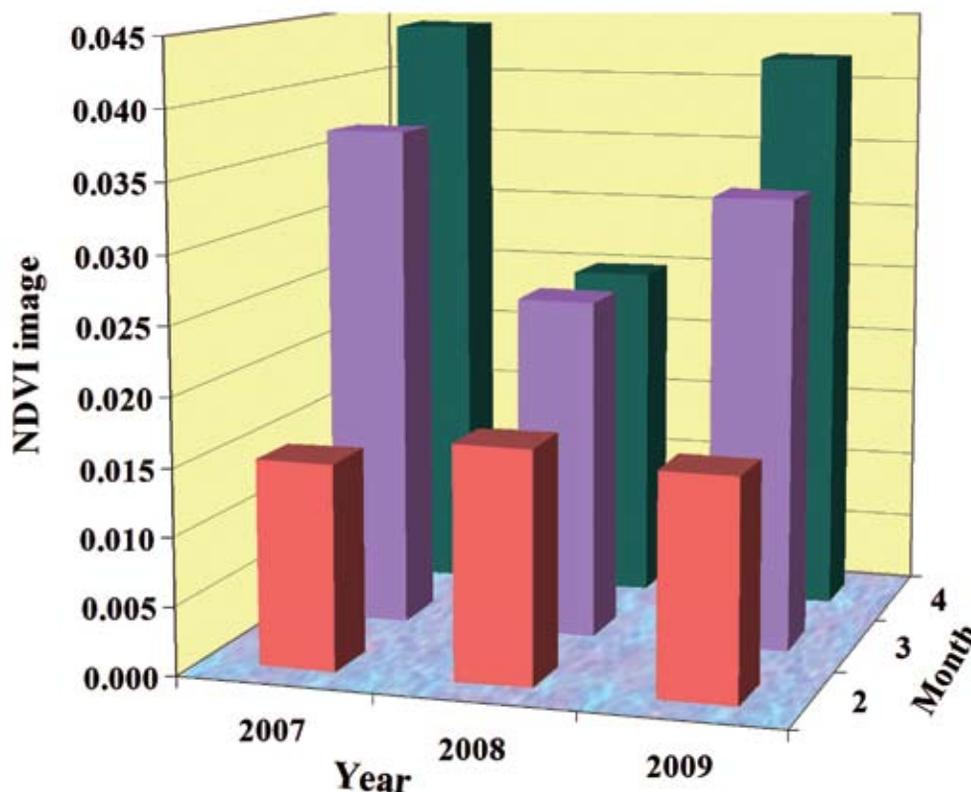


الشكل 7. قيم الدليل النباتي NDVI للنظم الزراعية للقمح في سورية.

#### ب- تحليل قيم الدليل النباتي الفضائي خلال مراحل النمو العظمى للقمح

يبين الشكل 8 التغيرات الشهرية للدليل النباتي NDVI من الصور الفضائية (AVHRR) خلال مراحل النمو العظمى للقمح في أشهر شباط (فبراير) وأذار (مارس)، ونيسان (أبريل) في منطقة الدراسة للأعوام 2007 إلى 2009.

تتزايد قيمة هذا الدليل النباتي الشهرية من شهر شباط (فبراير) إلى آذار (مارس) فنيسان (أبريل) خلال أعوام الدراسة كلها. يختلف معدل التزايد الشهري من عام لآخر، حيث بلغ قيمة الدليل في شهر نيسان (أبريل) عام 2008 حوالي نصف قيمته للشهر نفسه في عام 2009، متوافقة بذلك إلى حد بعيد مع كمية الهطول المطري السنوي بين العامين، حيث انخفضت في عام 2008 الجاف إلى أقل من نصف الكمية الهائلة خلال الفترة نفسها من عام 2009.



الشكل 8. قيم الدليل النباتي NDVI خلال أشهر شباط (فبراير) وآذار (مارس) ونيسان (أبريل) من الصور الفضائية في منطقة الدراسة للأعوام 2007 إلى 2009.

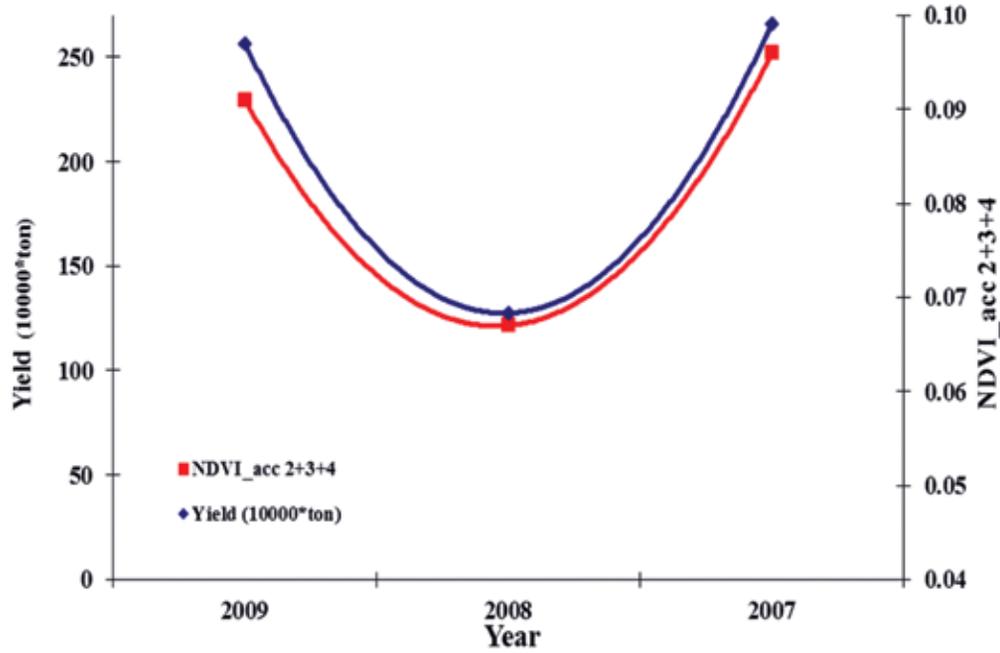
### ج- تحليل علاقة الدليل النباتي الفضائي بالإنتاج خلال مراحل النمو العظمى للقمح

يبين الشكل 9 قيم الدليل النباتي الشهرية التراكمية من الصور الفضائية خلال مراحل النمو الأعظمى للقمح خلال أشهر شباط (فبراير) وآذار (مارس) ونيسان (أبريل) مع كمية الإنتاج المحصودة في منطقة الدراسة خلال الأعوام 2007 و2008 و2009. يلاحظ من الشكل البياني التوافق الكبير بين قيم الدليل النباتي الشهرية التراكمية وكمية الإنتاج سواء في الزيادة والانخفاض، حيث الزيادة في مواسم الهطول المطري الجيد (موسمي 2007 و2009)، والانخفاض الناتج عن قلة الهطول المطري (موسم 2008). إذاً يتناسب إنتاج محصول القمح طردياً مع قيم الدليل النباتي الشهرية التراكمية خلال فترة النمو العظمى لمراحل النمو حتى نهاية شهر نيسان (أبريل) من الصورة الفضائية، مما يمكن من الاستفادة من هذه العلاقة القوية كمؤشر تنبؤ بكمية إنتاج القمح المتوقع في منطقة الدراسة خلال مراحل مبكرة من الحصاد وذلك خلال أشهر آذار (مارس) ونيسان (أبريل) (أي قبل موعد الحصاد بأكثر من شهر ونصف).

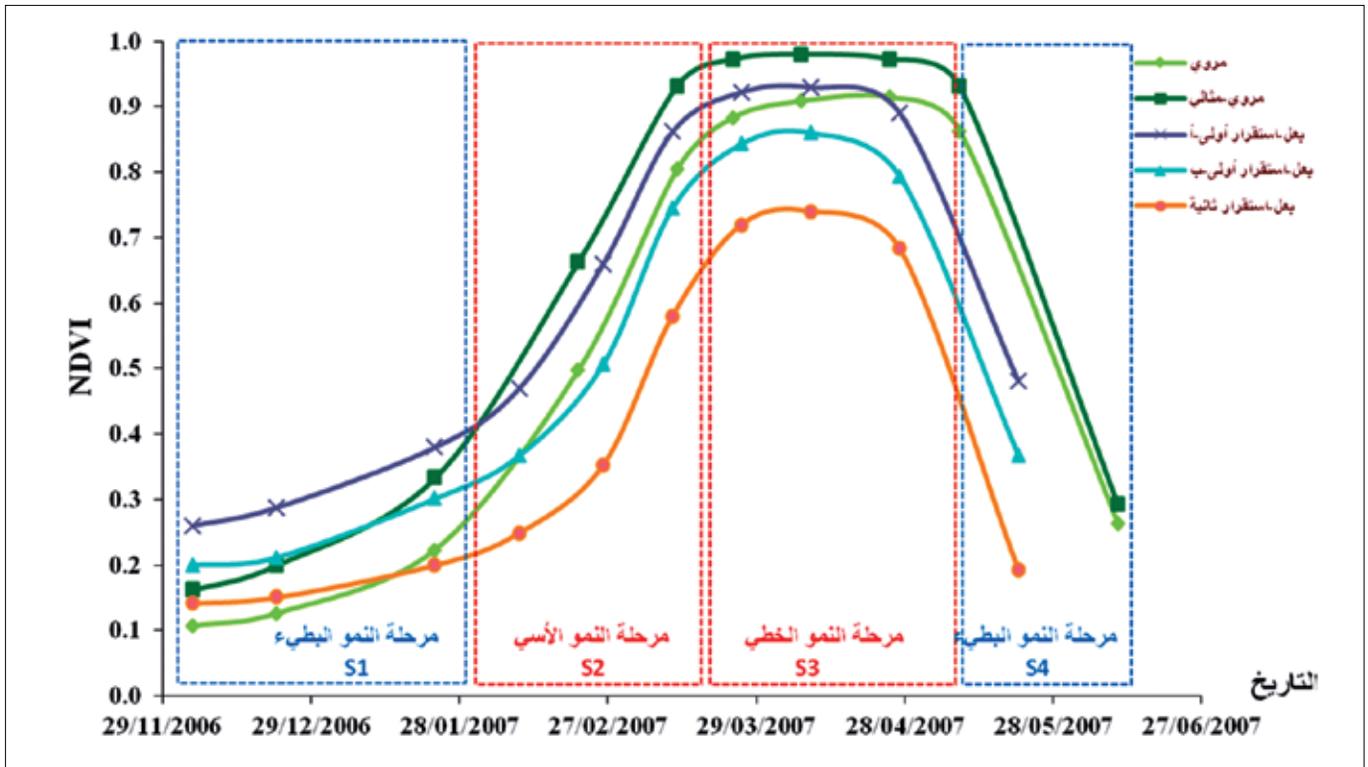
### 2- التنبؤ الطيفي بإنتاجية القمح من الصور الفضائية

#### المراحل الطيفية لنمو نظم القمح الزراعية

تم تقسيم مراحل نمو نباتات القمح في سورية وفق قيم الدليل النباتي وللنظم الزراعية الخمسة إلى أربع مراحل (الشكل 10)، وذلك حسب معدل تسارع النمو ومكوناته وأهميته في الإنتاجية الزراعية النهائية وهي:



الشكل 9. إنتاج القمح وقيم الدليل النباتي التراكمي فضائياً خلال مراحل النمو العظمى للأعوام 2007 – 2009.



الشكل 10. مراحل النمو لتنظيم زراعة القمح الزراعية وفق قيم الدليل النباتي NDVI.

1. مرحلة النمو البطيء الأولى (المرحلة الأولى S1): تتميز بمعدل نمو منخفض في تكوين الهيكلية النباتية وتراكم المادة الجافة (نتاج عملية التمثيل الضوئي)، وتمتد زمنياً من تاريخ الإنبات حتى نهاية شهر شباط (فبراير)، وهي مرحلة منخفضة الأهمية من الناحية الطيفية في علاقتها مع الإنتاجية الزراعية والتنبؤ بها لانخفاض نسبة إسهام الجزء النباتي في مشهد الانعكاس وكون الجزء الأكبر منه يعود للخلفية الترابية كون النباتات في بداية النمو، ولم تشغل المساحة المخصصة لها بعد.

2. مرحلة النمو الأساسي (المرحلة الثانية S2): تتميز بمعدل نمو متسارع (والمعبر عنه رياضياً في المنحنى البياني بتزايد زاوية الميل أي كل تغير وحدة واحدة على المحور الأفقي يقابلها تغير وحدة أو أكثر على المحور الشاقولي) في تكوين الهيكلية النباتية (دليل مساحة الأوراق LAI والحجم النوعي للنبات SLA وتركيز اليخضور)، والتي تسمى فيزيولوجياً بمكونات المنبع أكثر منه في معدل تراكم المادة الجافة، وتمتد زمنياً من نهاية شهر شباط (فبراير) إلى نهاية شهر آذار (مارس)، وهي مرحلة جيدة الأهمية من الناحية الطيفية لكنها غير مستقرة في علاقتها مع الإنتاجية الزراعية والتنبؤ بها لتسارع نسبة إسهام الجزء النباتي في مشهد الانعكاس مع انخفاض إسهام الخلفية الترابية في نهاية هذه المرحلة.

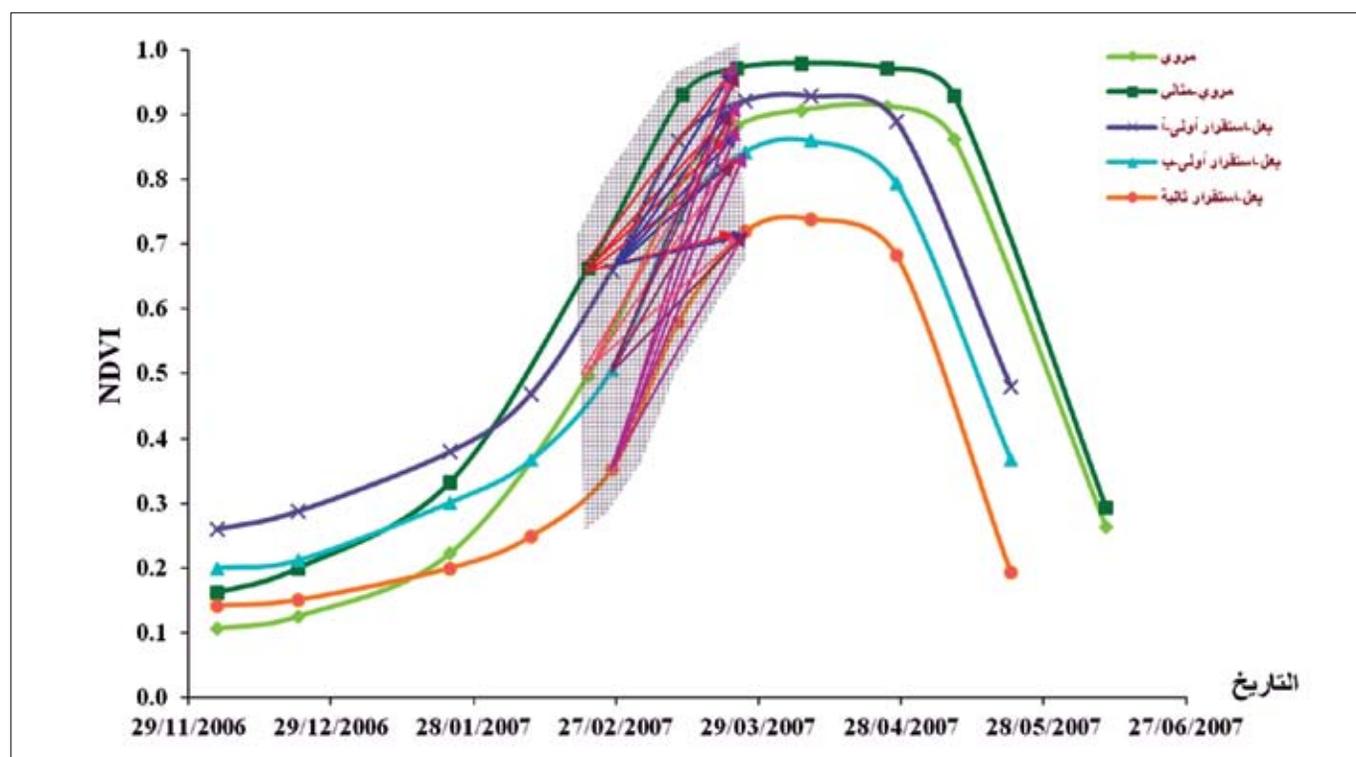
3. مرحلة النمو الخطي (المرحلة الثالثة S3): وفيها ينعدم معدل التسارع للمنحنى الطيفي لتأخذ النمط الخطي (وإن حصل تغير فهو طفيف، حسب نظام الزراعة)، والمعبر عنه رياضياً بحصول تغير على المحور الأفقي (زمنياً) دون أن يقابله تغير على المحور الشاقولي. بينما توصف هذه المرحلة بالتسارع من الناحية الفيزيولوجية، والمتمثل في زيادة معدل تراكم المادة الجافة (أحد عناصر المصب)، كما تتصف هذه المرحلة بالمستقرة في تركيب الهيكلية النباتية، إذ تمتد زمنياً من نهاية شهر آذار (مارس) إلى نهاية شهر نيسان (أبريل)، وهي مرحلة عالية الأهمية من الناحية الطيفية ومستقرة عن بقية المراحل في علاقتها مع الإنتاجية الزراعية والتنبؤ بها.

4. مرحلة النمو البطيء النهائي (المرحلة الرابعة S4): تتميز بمعدل نمو منخفض في معدل تراكم المادة الجافة وتدهور في تركيب الهيكلية النباتية، وتمتد زمنياً من نهاية شهر نيسان (أبريل) إلى النضج الفيزيولوجي للمحصول، وهي مرحلة قليلة الأهمية من الناحية الطيفية في علاقتها مع الإنتاجية المحصولية والتنبؤ بها.

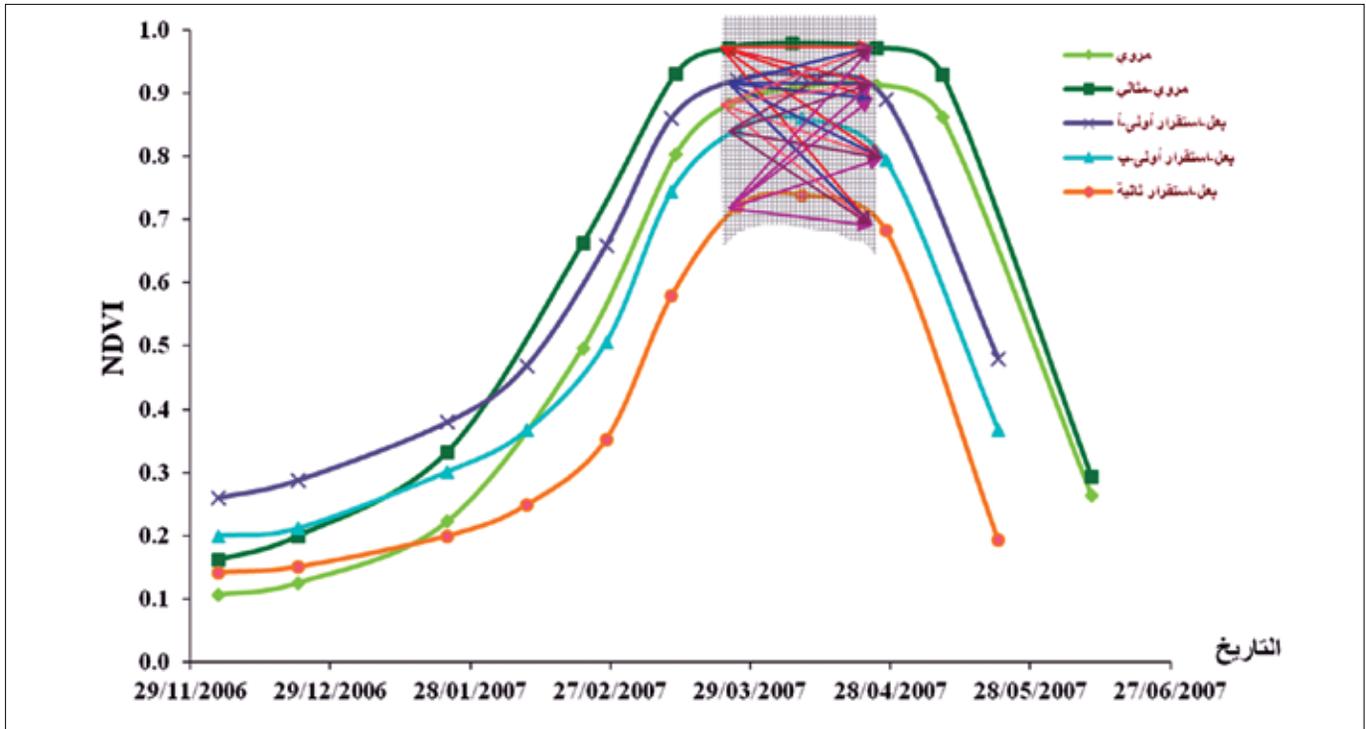
وبالتالي ما يهمننا في عملية التنبؤ الطيفي بالإنتاجية المحصولية النهائية هو المرحلتان الثانية والثالثة، حيث يمكن تسمية المرحلة الثانية (النمو الأساسي) بالمراحل المبكرة للتنبؤ بالإنتاجية، أي قبل موعد الحصاد بشهرين إلى ثلاثة أشهر، وتسمية المرحلة الثالثة (النمو الخطي) بالمراحل المتقدمة للتنبؤ بالإنتاجية، أي قبل موعد الحصاد بشهر إلى شهرين.

### توقيت ومراحل تطبيق أنموذج التنبؤ الطيفي بالإنتاجية

يبين الشكلان 11 و12 توقيت ومراحل تطبيق أنموذج التنبؤ الطيفي بالإنتاجية خلال المراحل المبكرة والمتقدمة للنمو لنظم النمو الزراعية للقمح.



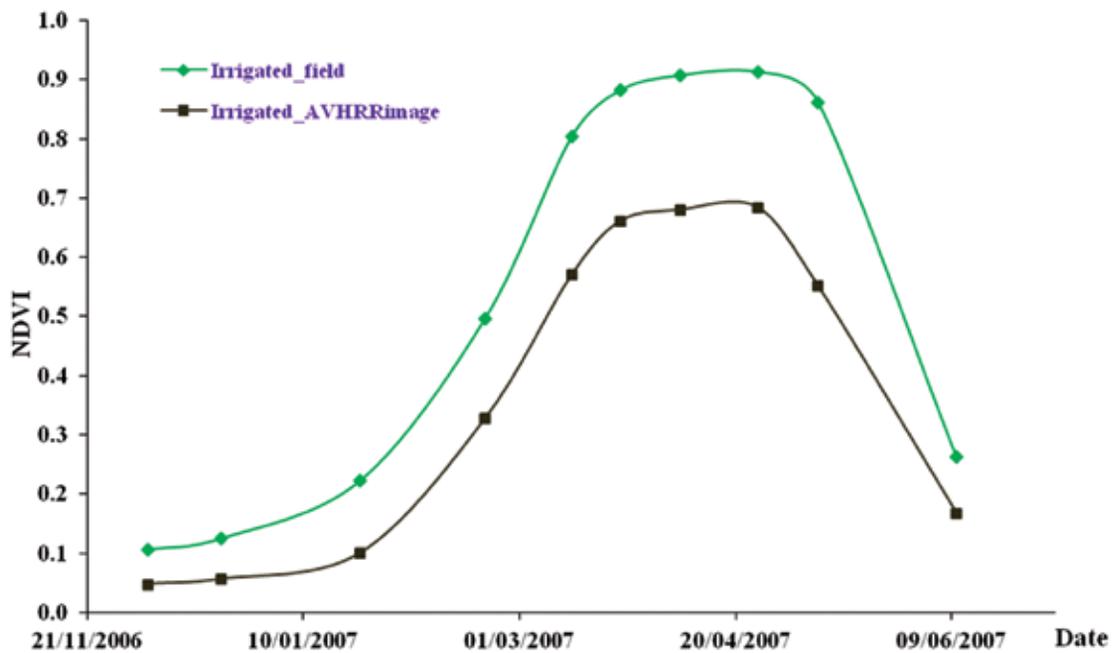
الشكل 11. توقيت تطبيق أنموذج التنبؤ الطيفي المبكر بإنتاجية محصول القمح.



الشكل 12. توقيت تطبيق أنموذج التنبؤ الطيفي المتقدم بإنتاجية محصول القمح.

#### العلاقة بين القيم الطيفية الحقلية والصور الفضائية - مقياس صغير

يلزم قبل تطبيق الأنموذج الطيفي ونقله إلى المرحلة الفضائية أن تتم معرفة العلاقة بين القيم الطيفية المسجلة في الحقل وتلك المسجلة في الصورة الفضائية المستخدمة حسب مواصفاتها، حيث يبين الشكل 13 قيم الدليل النباتي NDVI لنباتات القمح المروي خلال مراحل النمو المسجلة حقلياً وفضائياً في صورة (AVHRR).



الشكل 13. قيم الدليل النباتي NDVI لنباتات القمح خلال مراحل النمو حقلياً وفضائياً (AVHRR).

## علاقة النظام الزراعي بالإنتاجية الحقلية والفضائية في وحدة المساحة

يلزم قبل تطبيق الأنموذج الطيفي أن تتم معرفة العلاقة بين إنتاجية وحدة المساحة (كم<sup>2</sup>) الحقلية والفضائية للنظم الزراعية للقمح، حيث يبين الجدول 6 إنتاجية القمح للنظم الزراعية الخمسة المسجلة في الحقل وتلك المسجلة في الصورة الفضائية نوع (AVHRR).

الجدول 6. الإنتاجية الحقلية والفضائية للنظم الزراعية للقمح.

الإنتاجية فضائياً (AVHRR) (طن/كم <sup>2</sup> )		الإنتاجية حقلياً (طن/كم <sup>2</sup> )		النظام الزراعي للقمح
إلى	من	إلى	من	
558.9	488.4	859.8	751.3	مروي- مثالي
488.4	383.9	751.3	590.7	مروي
383.9	295.5	590.7	454.6	بعل-استقرار أولى - أ
295.5	211.3	454.6	325.1	بعل-استقرار أولى - ب
211.3	130.7	325.1	201.0	بعل-استقرار ثانية

## المعادلات الطيفية التطبيقية للتنبؤ بالإنتاجية

يتم تقدير الإنتاجية الحبية بناءً على القيم الطيفية المتتالية للمحصول أثناء جميع مراحل النمو، من طور الانبثاق وظهور البادرة حتى النضج لكل نظام زراعي وفق المعادلة التكاملية التالية، وما يُشتق منها من معادلات مرحلية وتراكمية (ابراهيم، 2012):

$$Y = \phi \int_{t_1}^{t_2} NDVI_t \Delta t \quad \dots\dots\dots [1]$$

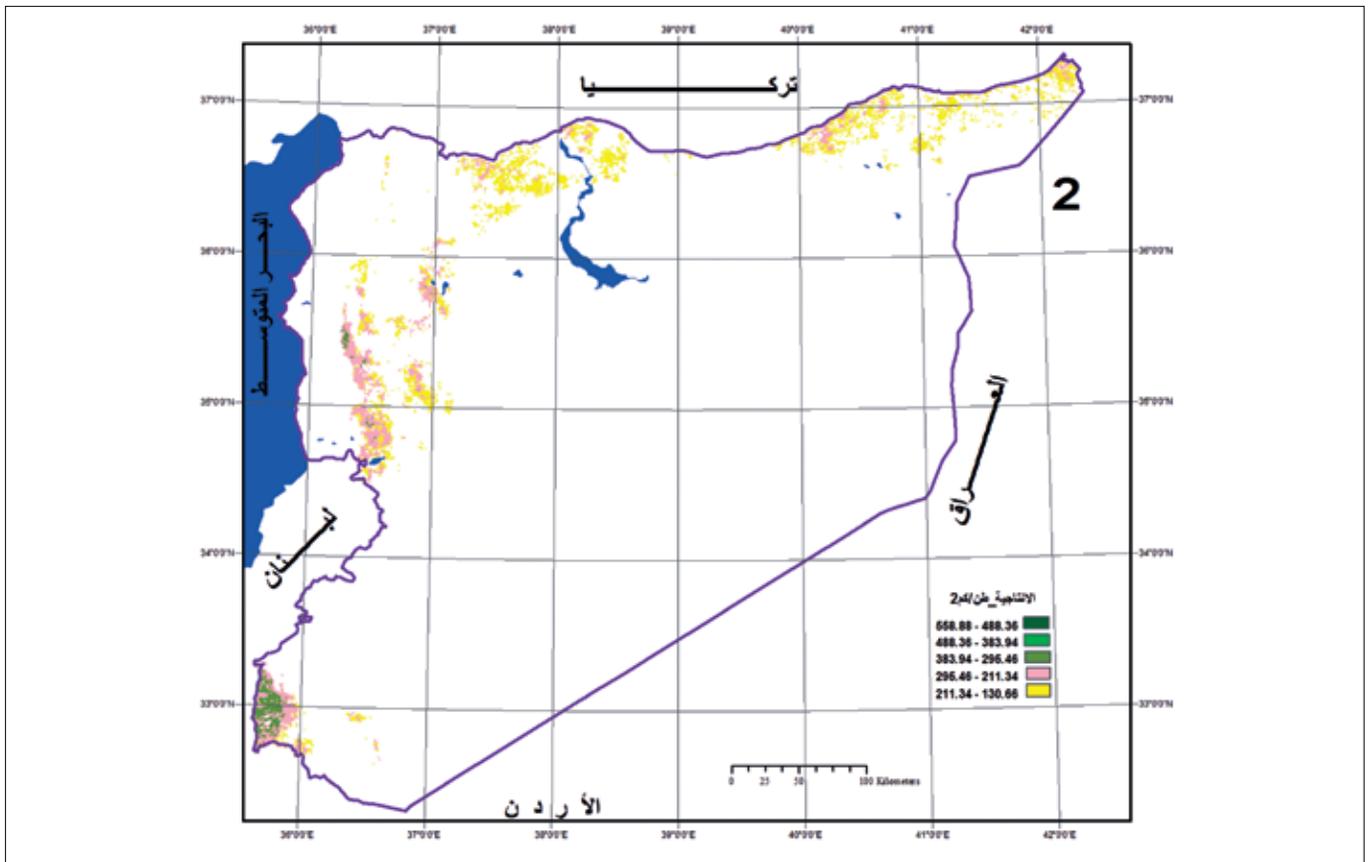
حيث: Y: الإنتاج، NDVI<sub>t</sub>: قيم الدليل النباتي خلال مراحل النمو، φ: معامل خاص بالمحصول، t: الزمن، Δt: معدل التغير مع الزمن، أ: طور الانبثاق وظهور البادرة، m: طور النضج.

## أ- تطبيق أنموذج التنبؤ المرحلي بإنتاجية القمح من الصور الفضائية

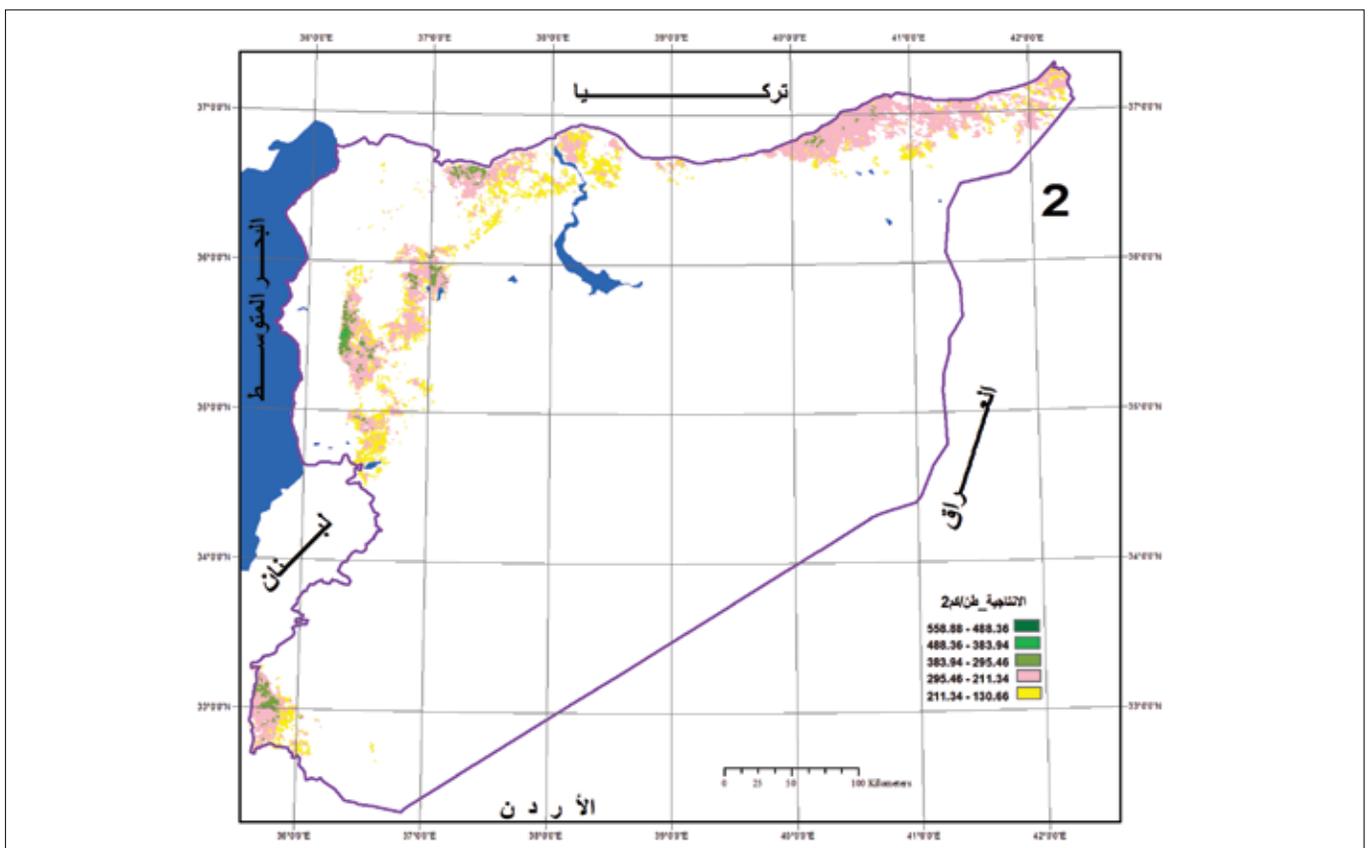
بعد تحديد العلاقة القائمة بين القيم الطيفية الحقلية ومقدارها في الصورة الفضائية (الشكل 13)، والعلاقة القائمة بين إنتاجية القمح للنظم الزراعية الخمسة المسجلة في الحقل وتلك المسجلة في الصورة الفضائية (الجدول 6)، يتم تطبيق الأنموذج الطيفي لتقدير إنتاجية القمح من بيانات الصور الفضائية متعددة المراحل اعتماداً على التحليل الطيفي للنظم الزراعية في سورية. تبين الأشكال من 14 إلى 19 نتائج تطبيق نماذج التنبؤ الطيفي المبكر والمتقدم بإنتاجية القمح في سورية من الصور الفضائية، حيث يبين كل شكل التنبؤ بإنتاجية القمح وفق الأنموذج المبكر والمتقدم لكل عام من أعوام الدراسة 2007 و2008 و2009. بينما يستكمل الجدول 7 بيانات تلك الأشكال رقمياً لمنتجات الأنموذج الطيفي للتنبؤ بالإنتاجية من مساحة وإنتاج في أعوام الدراسة.

الجدول 7. مساحة وإنتاج القمح المتوقع في منطقة الدراسة من الصور الفضائية للأعوام 2007 و2008 و2009.

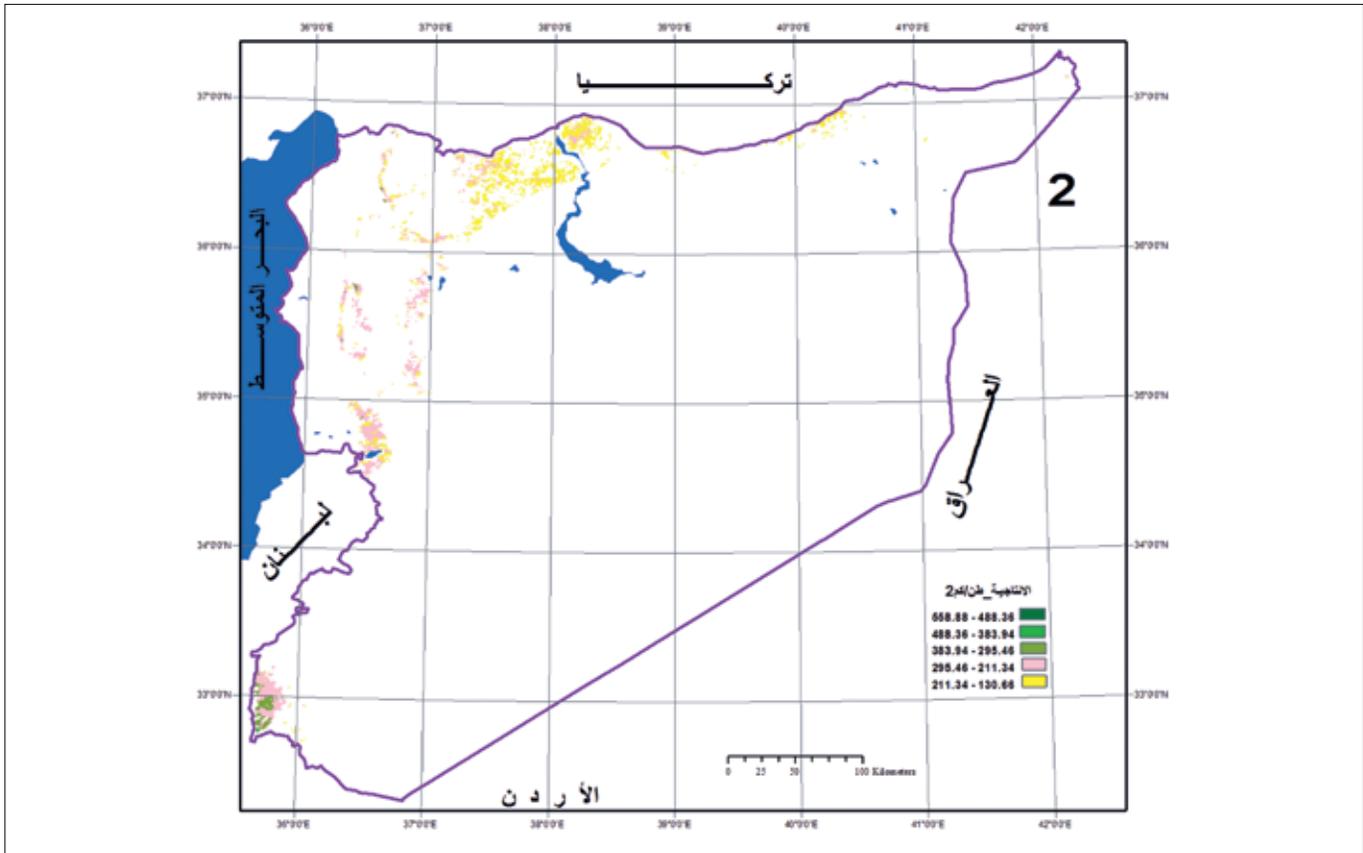
مرحلة التنبؤ المتقدم، 60 إلى 90 يوماً من الزراعة أو 30 إلى 60 يوماً قبل الحصاد		مرحلة التنبؤ المبكر، 30 إلى 60 يوماً من الزراعة أو 60 إلى 90 يوماً قبل الحصاد		العام
الإنتاج (طن)	المساحة (كم <sup>2</sup> )	الإنتاج (طن)	المساحة (كم <sup>2</sup> )	
2634689.13	12938.54	1529904.15	8127.98	2007
435833.17	2281.20	779095.44	4059.88	2008
2632410.79	11798.40	2195321.86	11332.52	2009



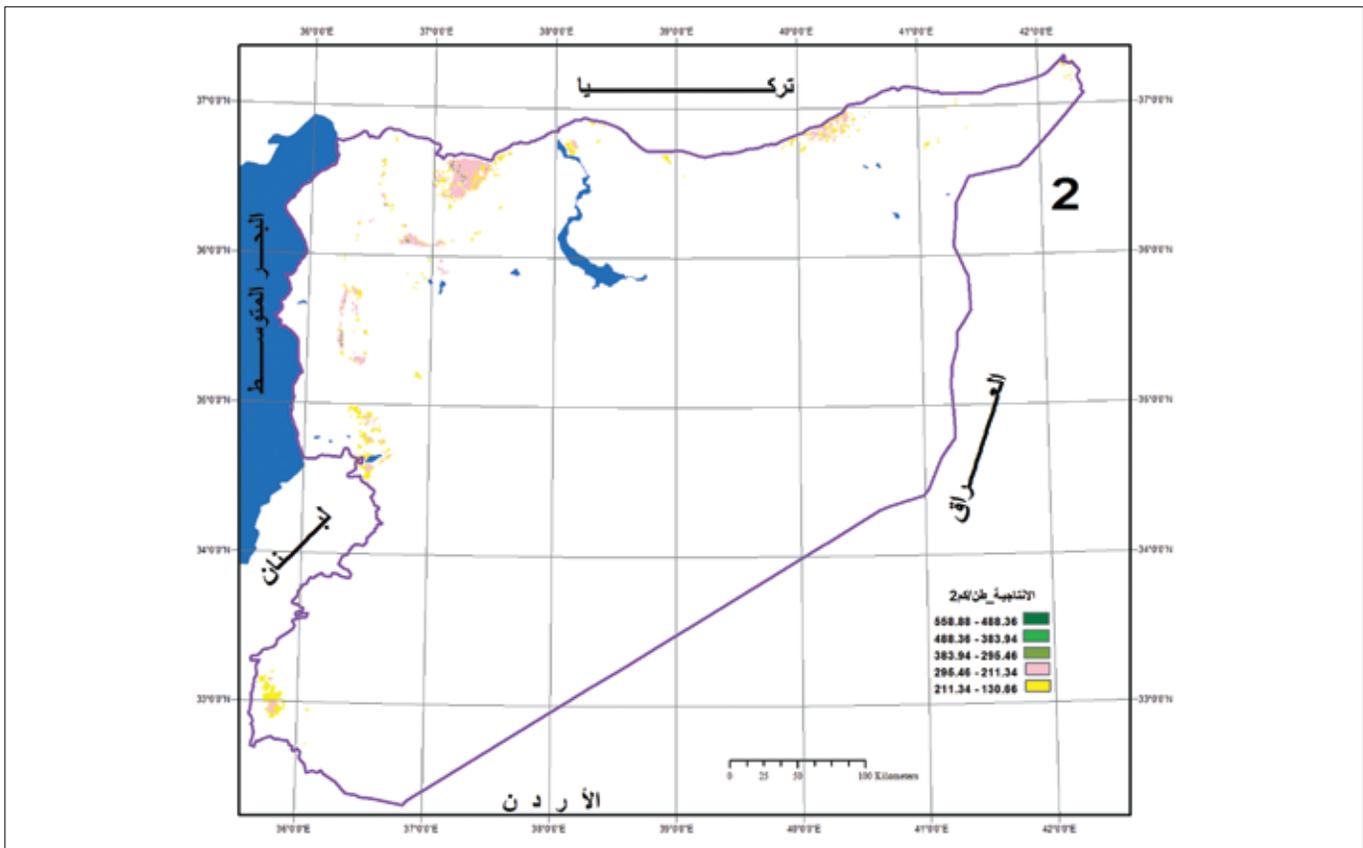
الشكل 14. إنتاجية القمح المتوقعة من المراحل المبكرة عام 2007.



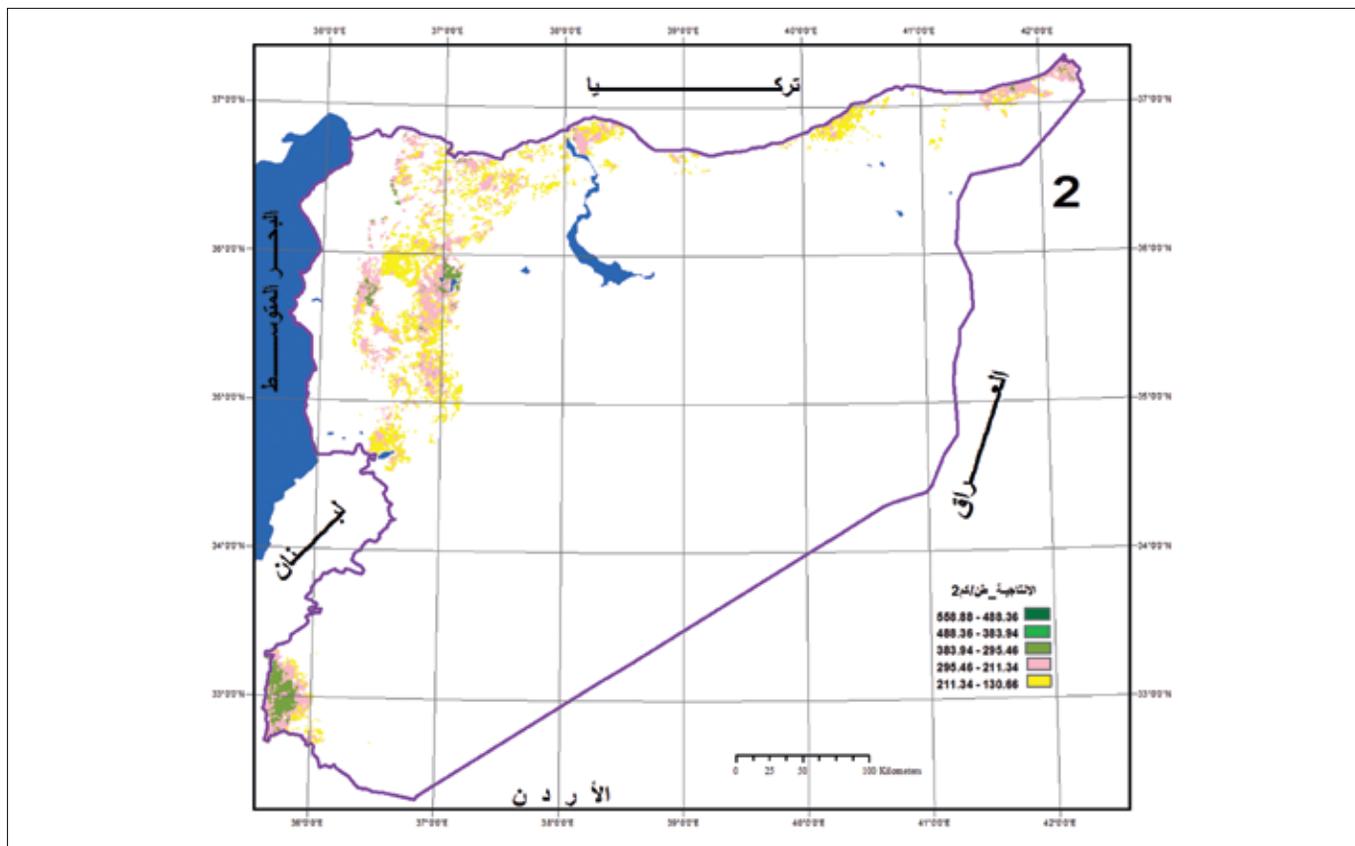
الشكل 15. إنتاجية القمح المتوقعة من المراحل المتقدمة عام 2007.



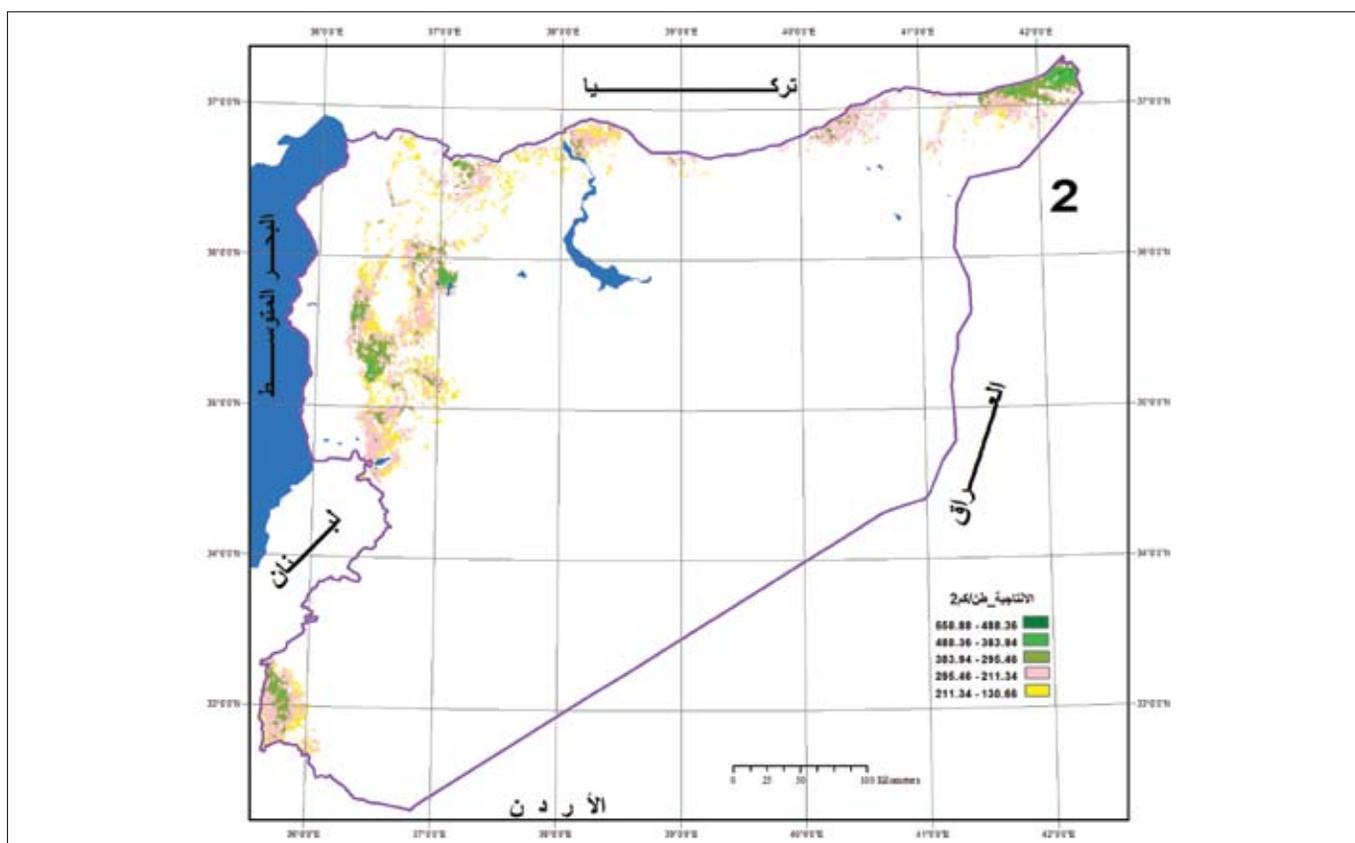
الشكل 16. إنتاجية القمح المتوقعة من المراحل المبكرة عام 2008.



الشكل 17. إنتاجية القمح المتوقعة من المراحل المتقدمة عام 2008.



الشكل 18. إنتاجية القمح المتوقعة من المراحل المبكرة عام 2009.



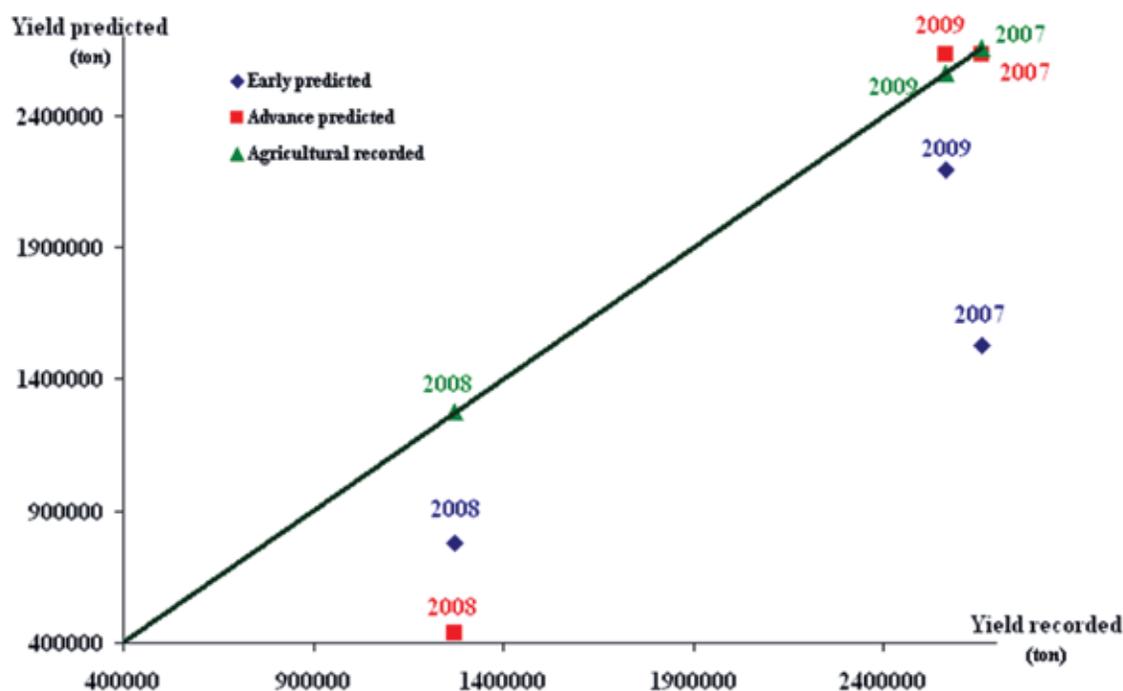
الشكل 19. إنتاجية القمح المتوقعة من المراحل المتقدمة عام 2009.

### دقة أنموذج التنبؤ الطيفي المرحلي في تقدير إنتاجية القمح

يبين الجدول 8 والشكل 20 أن دقة التنبؤ الطيفي بالإنتاج من خلال المراحل المبكرة للنمو الزراعي (المرحلة الثانية من النمو النباتي) مقارنةً بالمسجل زراعياً تتراوح بين 14 و 42% دون الإنتاج الفعلي المسجل سواءً في المواسم الجيدة مطرياً أم تلك التي تعاني من قلة معدل الهطول (موسم 2008)، بينما وصلت دقة التنبؤ الطيفي لتوقع الإنتاج في المرحلة الثالثة من النمو (المراحل المتقدمة للنمو) من -1 إلى +3% من الإنتاج الفعلي خلال المواسم الجيدة مطرياً (موسم 2007 و 2009)، أي بدقة عالية جداً، بينما كانت أقل من المسجل بحوالي 66% من الإنتاج المسجل خلال المواسم قليلة الأمطار (موسم 2008).

الجدول 8. تقدير دقة توقع الإنتاج لنماذج التنبؤ المرحلي بإنتاجية القمح من الصور الفضائية للأعوام 2007، 2008 و 2009.

العام	التنبؤ المرحلي (طن)		الإنتاج المسجل (طن)	دقة التنبؤ المرحلي (%)	
	المرحلة الثانية	المرحلة الثالثة		المرحلة الثانية	المرحلة الثالثة
2007	1529904	2634689	2658910	42 -	1 -
2008	779095	435833	1273812	39 -	66 -
2009	2195322	2632411	2563099	14 -	3 +



الشكل 20. دقة توقع الإنتاج لنماذج التنبؤ المرحلي بإنتاجية القمح من الصور الفضائية.

إن الفارق الكبير بين الإنتاج المتوقع والمسجل في بيانات وزارة الزراعة يقود إلى استفسار حول ذلك المسجل لأمرين: أولهما كون قيمة الفرق مرتفعة جداً (أي الإنتاج المتوقع يقل كثيراً عن المسجل) خلال ذلك الموسم الجاف (2008) عن بقية المواسم التي كانت دقة التوقع فيها متقاربة جداً مع المسجل في بيانات وزارة الزراعة (2007 و 2009)، وثانيهما أنه لم يُسجل أو يُلاحظ خلال الجولات الحقلية المنفذة خلال موسم 2008 أي إنتاج أو أي مساحة زراعية تعتمد على الهطول المطري في مناطق من سورية والتي تمتاز بإنتاج القمح فيها (الشكل 21) باستثناء ذلك المزروع على مصدرري مباشر (الشكل 22).

### ب- تطبيق أنموذج مؤشر التنبؤ الطيفي العام بإنتاج القمح من الصور الفضائية

تم بتطبيق تبسيط المعادلة التكاملية [1] وهي الصورة الخطية لها [2] والمبنية على استخدام القيم التراكمية بدلاً من القيم المرحلية لهذا الدليل:



الشكل 22. القمح المروي في منطقة الاستقرار الأولى - أخلال موسم جاف (آذار/مارس 2008) (منطقة المالكية) - يُلاحظ ضعف نمو القمح وعدم نمو القمح البعل في الحقول الخلفية.



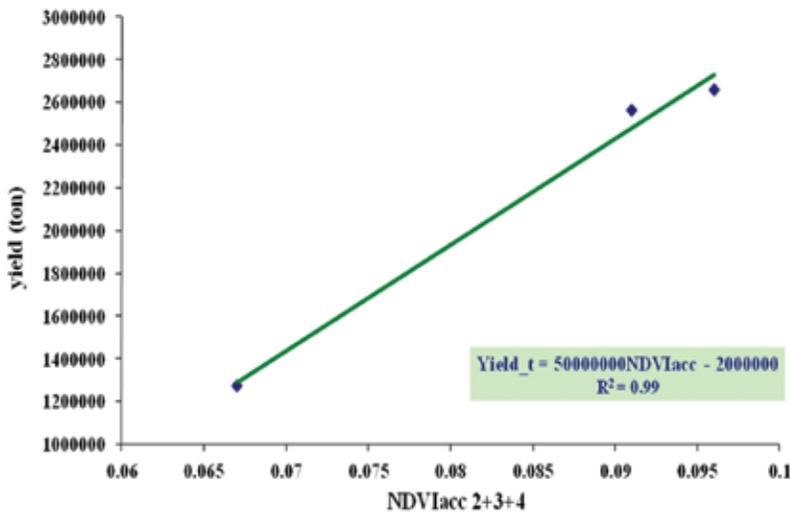
الشكل 21. حقول القمح البعل في منطقة الاستقرار الأولى - أخلال موسم جاف (آذار/مارس 2008) (محطة إكثار القحطانية).

$$Y = \alpha NDVI_{acc} + \beta \quad \dots\dots\dots [2]$$

حيث: Y: الإنتاج المتوقع،  $NDVI_{acc}$ : قيم الدليل النباتي التراكمية خلال مراحل النمو،  $\alpha$  و  $\beta$ : ثوابت المعادلة الخطية. وفيما يلي المعادلة الرياضية لقيم الدليل النباتي التراكمية من الصورة الفضائية خلال مراحل النمو العظمى للقمح في أشهر شباط (فبراير) وآذار (مارس) ونيسان (أبريل)، وعلاقته بكمية الإنتاج عند الحصاد في منطقة الدراسة (الشكل 23):

$$Yield_{ton} = 50000000 NDVI_{acc} - 2000000 \quad (R^2 = 0.99)$$

حيث:  $Yield_{ton}$ : كمية الإنتاج المتوقعة عند الحصاد مقدرةً بالطن و  $NDVI_{acc}$ : قيمة الدليل النباتي التراكمية خلال أشهر شباط (فبراير) وآذار (مارس) ونيسان (أبريل). ويتبين من قيم معامل التحديد دقة مؤشر التنبؤ بإنتاج القمح وفق القيم التراكمية للدليل النباتي في مناطق زراعة القمح في منطقتي الاستقرار الأولى والثانية.



الشكل 23. علاقة إنتاج القمح بقيم الدليل النباتي التراكمي (أشهر شباط /فبراير، آذار/مارس ونيسان /ابريل)

### دقة أنموذج مؤشر التنبؤ الطيفي العام في تقدير إنتاج القمح

تراوحت دقة أنموذج مؤشر التنبؤ الطيفي العام (التراكمي) بالإنتاج مقارنةً مع المسجل في وزارة الزراعة بين 0.5% (أعلى من الإنتاج المسجل) و 6% (دون الإنتاج المسجل) سواءً في المواسم الجيدة مطرياً أو التي تعاني من قلة معدل الهطول (موسم 2008)، حيث بلغت دقة تقدير مؤشر التنبؤ الطيفي العام بإنتاج القمح من الصور الفضائية (لأعوام 2007 و2008 و2009) 5.3-، و-5.9 و 0.5% على التوالي من القيمة المسجلة من قبل وزارة الزراعة خلال الأعوام نفسها على التوالي في منطقة الدراسة، (الجدول 9).

الجدول 9. إنتاج القمح المتوقع بمؤشر التنبؤ الطيفي العام (التراكمي) من الصور الفضائية مقابل المسجل بوزارة الزراعة.

دقة مؤشر الدليل النباتي (%)	إنتاج القمح (طن)		العام
	المسجل بوزارة الزراعة	بمؤشر الدليل النباتي التراكمي	
5.3-	2658910	2800000	2007
5.9-	1273812	1350000	2008
0.5	2563099	2550000	2009

## المراجع

- إبراهيم، ناصر طراف. 2011. تقدير الغلة المحصولية من الصور الفضائية: أساسيات، معايرة، منهجية ونموذج مبسط. مشروع «مسح الموارد الطبيعية والزراعية في سورية باستخدام تقانات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافي» بالتعاون بين الهيئة العامة للاستشعار عن بعد ووزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، دمشق.
- إبراهيم، ناصر طراف. 2012. نمذجة التنبؤ بإنتاجية القمح من بيانات الصور الفضائية متعددة المراحل اعتماداً على التحليل الطيفي للنظم الزراعية في سورية. الهيئة العامة للاستشعار عن بعد، دمشق.
- المجموعة الإحصائية السنوية للأعوام 2007 و2008 و2009، مديرية الإحصاء والتخطيط، وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، دمشق.
- Babar, M. A., M.P.Reynolds, M. van Ginkel, A.R. Klatt, 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.
- Gay, M. 1999. Introduction to the uses of aerospace technology in crop inventory. GDTA session, France.
- Heist, M. V., W.V. Wijngaarden and H. Huizing. 1988. Monitoring Tunisia s steppes with SPOT. *ITC journal*, 3: 232-237.
- Huang, Y. and L. Linlin. 2009, Monitoring Winter Wheat Phenology Using Time Series of Remote Sensing Data. *Inst. of Remote Sensing Applic., Chinese Acad. of Sci., Beijing, China*
- 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.
- 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.
- Kalubarme, M. H.; M. B. Potdar, K. R. Manjunath, R. K. Mahey and S. S. Siddhy. 2003. Growth profile based crop yield models: a case study of large area wheat yield modeling and its extendibility using atmospheric corrected NOAA AVHRR data. *INT. J. Remote Sensing*, 24(10): 155-186.
- Li, H., R. Lascano, J. M. Barnes, J. Booker, L.T. Wilson, K.F. Bronson and E. Segarra. 2001. Multispectral reflectance of cotton related to plant growth, Soil Water and Texture, and Site Elevation. *Agron. J.* 93: 1327-1337.
- Perumal, N. K., M.R.K. Rao, T.V. Kathane, M.K. Mesharam, N.K. Taneja, M.V.A. Venugopal, R.P. Dubey and A.K.Basu. 1999. Canopy spectral reflectance in cotton in relation to yield. *Indian Journal of Plant Physiology*, 4, 63-64.
- Potdar, M. P. 1993. Sorghum yield modeling based on crop growth parameters determined from visible and near-IR channel NOAA AVHRR data. *International Journal of Remote sensing* 14: 895-905.
- 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, 371 pp.
- Sehga, V.K. I., D.R. Rajak, K.N. Chaudhary and V.K. Dadhwal. 2002. Impoved regional yield prediction by crop growth monitoring system using remote sensing derived crop phenology, *IAPRS & SIS*, Vol.34, Part 7.
- Yan, F., S. Peijun, W. Jianjun and W. Yanjiao . 2008. Study on Phenology Character of Winter Wheat by Modis-Evi Data in Hebei China. *Geoscience and Remote Sensing Symposium. IGARSS IEEE International.*
- Zhang, M., F. Jinlong, Z. Xiaoxiang, L. Guicai L. and Z. Yeping. 2009. Monitoring winter-wheat phenology in North China using time-series MODIS EVI. *SPIE Digital Library Proceedings Vol. 72*