مراقبة التغيرات في الغطاء النباتي في مناطق الاستقرار الزراعي لسورية باستخدام القرينة النباتية NDVI من معطيات MODIS للسلسلة الزمنية 2000-2012

إياد الخالد*[(1)] ورادا كاسوحة[(1)]

(1). الهيئة العامة للاستشعار عن بعد، دمشق، سورية.

(*للمراسلة: د. إياد الخالد. البريد الإلكتروني: dr.eyadalkhaled.gmail.com).

تاريخ الاستلام: 2015/07/27 تاريخ القبول: 2015/09/07

الملخص:

يعد الجفاف من الظواهر الطبيعية التي تؤثر على تراجع الكتلة الحية للنباتات والتي يمكن تتبع تغيراتها باستخدام القرينة النباتية NDVI، لذلك هدفت الدراسة لمراقبة التغيرات الزمانية والمكانية لمساحة الغطاء النباتي ومراقبة الجفاف في مناطق الاستقرار الزراعي في سورية وربطها مع معطيات الهطول المطري باستخدام القرينة النباتية NDVI من معطيات MODIS الفضائية خلال السلسلة الزمنية 2001–2012. أظهرت النتائج أن أقل قيمة للقرينة النباتية NDVI لمناطق الاستقرار من الأولى حتى الخامسة خلال السلسلة المدروسة كانت عام 2008 بمتوسط عام قدره 0.412 و0.259 و0.172 و 0.131 و0.109 على التوالي، حيث عبرت عن أكثر السنين جفافاً خلال هذه السلسلة الزمنية، في حين أن أعلى القيم كانت عام 2003 بمتوسط عام قدره 0.546 و0.49 و0.37 و0.284 و0.182 على التوالي، وبالتالي عبرت عن أقل السنين جفافاً خلال نفس السلسلة. كما وجد علاقة ارتباط قوية ومعنوية (r=0.89*) بين المتوسط العام لكمية الهطول المطري للسلسلة الزمنية المدروسة والمتوسط العام لقيم القرينة النباتية NDVI. أظهرت الخرائط المنتجة للقرينة النباتية NDVI من صور MODIS للسلسلة الزمنية 2001–2012 والمصنفة إلى 13 صف تعبر عن الغطاء النباتي، أن أعلى مساحة ضمن السلسلة الزمنية في منطقة الاستقرار الأولى كانت للصفوف 7 و8 و9 و10 الموافقة لقيم القرينة النباتية NDVI من 0.3 إلى 0.7 والممثلة للغطاء النباتي للمحاصيل البعلية والمروية ونسبة معينة من البساتين، أما في منطقة الاستقرار الثانية فكانت الصفوف السائدة ضمن هذه السلسلة الزمنية 6 و7 و8 الموافقة لقيم القرينة النباتية NDVI من 0.2 إلى 0.5 والممثلة للغطاء النباتي العشبي والمحاصيل البعلية، أما في منطقة الاستقرار الثالثة والرابعة، كانت الصفوف السائدة ضمن هذه السلسلة الزمنية 5 و6 و7 الموافقة لقيم القرينة النباتية NDVI من 0.1 إلى 0.4 والممثلة للغطاء النباتي العشبي بتغطية نباتية بسيطة والمحاصيل البعلية، وفي منطقة الاستقرار الخامسة التي تشغل النسبة الأكبر من مساحة سورية لوحظ أن الصفّين 4 و5 كانا السائدين وهما بدورهما يمثلان أراضٍ بغطاء عشبي بسيط وأراضٍ بغطاء عشبي شبه معدوم إلى معدوم وشغلا مساحة قدرت بنحو 91.3 % من مساحة منطقة الاستقرار الخامسة.

الكلمات المفتاحية: NDVI ، مناطق الاستقرار، الكتلة الحية، MODIS، سورية.

المقدمة:

يعتمد اقتصاد الكثير من دول العالم على الزراعة كمصدر أساسي للدخل، ويعد القطر العربي السوري أحد هذه الدول حيث يعتمد على القطاع الزراعي في توفير المواد الأولية للكثير من الصناعات والمواد الخام للتصدير، كما يعتبر مصدراً اساسياً لتوفير الأمن الغذائي واستجرار القطع الأجنبي إضافة لتأمينه فرص عمل لنسبة كبيرة من اليد العاملة.

ومن هنا تبرز الأهمية الكبيرة لزيادة مساحات الأراضي الزراعية وصيانتها، غير أن العديد من العوامل التي هيمنت على المنطقة مؤخراً وخاصة الظروف المناخية الصعبة وفي مقدمتها الجفاف أثرت سلباً على هذه المساحات الزراعية وإنتاجيتها مما أدى لتضرر المحاصيل وانخفاض إنتاجها وخروج قسم كبير من المساحات الزراعية من العملية الإنتاجية وخاصة الزراعات البعلية في منطقتي الاستقرار الزراعي الثالثة والرابعة اللتين تعتمدان في إنتاجهما على كمية الهطل المطري. الأمر الذي تطلب دراسة هذه الظاهرة وتتبع التغير في مساحة الأراضي الزراعية بشكل عام والمحاصيل بشكل خاص ومراقبة تغيراتها وأثر الجفاف على مساحاتها وفق تقسيم مناطق الاستقرار الزراعي. الذي ظهر نتيجة العمل على وضع حدود لمساحات استقرار الزراعات البعلية في القطر العربي السوري (رسلان 1968)، مر هذا المفهوم بأربعة مراحل زمنية وعلمية وعملية. المرحلة الأولى بدأت عام 1961 بتقسيم أراضي القطر إلى خمس مناطق بيئية رئيسية وفقاً لمعدلات الهطول المطري، أما المرحلة الثانية فجاءت في أواخر 1962 وبقيت حتى عام 1970 حيث قسّمت القطر إلى أربع مناطق بيئية معتمدة على العوامل المناخية الممثلة لمعادلة أمبرجيه وانتشار النباتات ذات الدلالات المناخية، تلتها المرحلة الثالثة في عام 1968 التي قسّمت أراضي الجمهورية العربية السورية إلى خمسة مناطق بيئية اعتمادا على معدلات الأمطار السنوية الهاطلة في هذه المناطق وهو المفهوم السائد لغاية يومنا مع تعديل جاء في المرحلة الرابعة عام 1970 حيث شكلت لجان على مستوى المحافظة لتحديد الحد الفاصل ما بين منطقتي الاستقرار الثانية والثالثة (السعدي وأبو خيط، 1972). تتلقى منطقة الاستقرار الأولى (rs1) هطولا مطرياً سنوياً يزيد عن (350) ملم، وتنقسم إلى منطقتين هما منطقة (أ) معدل أمطارها فوق (600) ملم سنوياً ومنطقة (ب) معدل أمطارها بين (350–600) ملم سنوياُ. أما منطقة الاستقرار الثانية (rs2) فيتراوح معدل أمطارها السنوي بين 250–350 ملم، في حين أن منطقة الاستقرار الثالثة (rs3) تبلغ معدلاً مطرياً يزيد عن 250 ملم سنوياً في نصف عدد السنوات المرصودة لحساب المعدل المطري، بينما يتراوح معدل الأمطار في منطقة الاستقرار الرابعة (rs4) ما بين 200–250 ملم سنوياً، ولا تتجاوز كمية الأمطار السنوية في منطقة الاستقرار الخامسة (rs5) 200 مم.

تهدف الدراسة إلى مراقبة التغيرات الزمانية والمكانية لمساحة الغطاء النباتي ومراقبة الجفاف في مناطق الاستقرار الزراعي في سورية وربطها مع معطيات الهطول المطري باستخدام القرينة النباتية NDVI من صور MODIS الفضائية خلال السلسلة الزمنية 2000–2012.

هناك العديد من الدراسات والبحوث التي نفذت لمراقبة الجفاف وتغيرات الكتلة الحية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد والمعطيات الفضائية بالإضافة إلى الأدلة الطيفية النباتية، حيث قام Gu *et al.*, (2007) بتحليل بيانات مؤشر القرينة النباتية (Normalized Difference Vegetation Index NDVI) و(Normalized Difference Water Index NDWI) لخمس سنوات 2001–2005 المشتقة من معطيات MODIS لتقييم جفاف المراعي في وسط الولايات المتحدة. حيث أظهرت النتائج علاقة قوية بين القرائن NDVI وNDWI مع ظروف الجفاف خلال موسم الصيف، فكانت قيم معامل الارتباط أقل من 0.5 للقرينة NDVI و0.3 للقرينة NDWI في ظروف الجفاف، في حين كانت أكبر من 0.6 للقرينة NDVI و0.4 للقرينة NDWI في الظروف غير الجافة. كما أظهرت القرينة NDWI استجابة أسرع لظروف الجفاف من القرينة NDVI. كما قام Wardlow *et al.*, (2007) بتحليل سلسلة زمنية من اثني عشر شهراً بفارق ست عشر يوم لصور MODIS الفضائية الممثلة للدليلين (NDVI) و(EVI Enhanced Vegetation Index) وذلك لأكثر من ألفي موقع في ولاية كنساس الأمريكية ولمحاصيل مختلفة (برسيم، ذرة صفراء، ذرة بيضاء، فول صويا، والقمح الشتوي) وإدارة مختلفة للحقول (بعل، ري، ومختلط) لدراسة إمكانية وضع خرائط الغطاء الأرضي بمقاييس كبيرة للمحاصيل الحقلية بالاعتماد على صور MODIS ذات الدقة المكانية المتوسطة والزمانية المرتفعة. وقد أظهرت النتائج أن التغيرات الزمنية في كلا القرينتين النباتيتين لجميع المحاصيل كانت متجانسة مع التغيرات التي تطرأ على الصفات الطبيعية لمعظم المحاصيل، مع الإشارة إلى أنه يمكن فصل هذه المحاصيل طيفياً عند مرحلة معينة خلال موسم النمو. استخدم Rahimzadeh Bajgira *et al.*, (2009) سلسلة زمنية لست سنوات 2000–2005 من معطيات صور MODIS لستة أشهر من موسم النمو لاختبار القرينة النباتية NDVI من صور MODIS والقرينة النباتية Vegetation Water Index (VWI) لرصد وتقييم الجفاف في الشمال الغربي لإيران على الزراعات البعلية والمراعي. وكشفت النتائج أن التغير في قيم NDVI

خلال هذه السلسلة الزمنية اعتمد بشكل كبير على الهطول المطري مع إمكانية التفريق بين ظروف الجفاف والظروف البيئية الطبيعية لنمو مختلف أنواع الأغطية الأرضية. ووجدت الدراسة أن مؤشر NDVI هو الأفضل لمراقبة الجفاف وله أفضل ارتباط مع الهطول المطري وعلاقة قوية مع قرينة VWI واستخدم (2011) Yagci *et al.*, بيانات MODIS للأعوام 2000–2011 لمراقبة تأثير الجفاف والأضرار التي يحدثها على محصول القطن في ولاية تكساس والتي تحتوي 50% من المساحة المزروعة في الولايات المتحدة بالقطن بالاعتماد على القرينة النباتية (NDVI) و(VCI) Vegetation Condition Index المعبّر عن الحالة الصحية للنبات و(TCI) Temperature Condition Index والتي تعد من المؤشرات الهامة التي يمكن استخدامها في مراقبة الجفاف الزراعي. حيث وجدوا أن المناطق الشمالية والغربية والشمالية الغربية كانت عرضة لجفاف شديد إلى جفاف استثنائي خلال موسم زراعة القطن. وتوصلوا من هذه الدراسة إلى إمكانية رصد الجفاف الزراعي والوصول إلى نتائج مرضية باستخدام صور MODIS لاستخدامها في التنبؤ بغلة المحاصيل وتسويقها. أشار (2011) Murad and Islam, إلى أن الجفاف هو أكثر الظواهر الطبيعية تعقيداً ومن خلال دراستهما لتحديد الأماكن الأكثر تعرضاً للجفاف في المنطقة الشمالية الغربية من بنغلادش باستخدام الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية أوضحا أنهما اعتمدا في تحديد الجفاف المناخي Meteorological drought على مؤشر الهطل القياسي (SPI) Standardized Precipitation Index، أما الجفاف الزراعي Agricultural drought فقد تم تحديد مساحته من صور MODIS/NDVI بقدرة تمييز 250 م من عام 2000 إلى عام 2008 لتشير النتائج إلى أن 17% من أراضي منطقة الدراسة لا تتعرض لخطر الإصابة بالجفاف في حين أن 23% من أراضيها كانت تحت تأثير خطر بسيط للجفاف و30% منها تواجه خطراً متوسطاً أما 30% المتبقية فتواجه خطرا شديداً أو حاداً، وأن مناطق المركز والشمال والجنوب الغربي من منطقة شمال غرب بنغلادش هي الأكثر عرضة للجفاف المناخي والزراعي. وفي بحث قام به Salim (2014) كان الهدف منه دراسة التغيرات المكانية والزمانية للغطاء النباتي وعلاقته مع تغيرات الهطولات ودرجات الحرارة خلال فصل النمو (بين شهري نيسان/أبريل وتشرين الأول/أكتوبر) في الصين باستخدام الصور الفضائية NOAA/AVHRR ومن ثم استخدام قيمة NDVI كوسيلة لمراقبة الجفاف بفاصل زمني 15 يوم بين كل صورتين خلال 20 عاما" 1982–2001. وبينت دراسته للسلسلة الزمنية لقيم (NDVI) على مدى عشرين عاماً أن هناك سيطرة واضحة بشكل بطيء وتدريجي للجفاف الزراعي في أغلب مناطق الصين خلال عقد الثمانينات بينما كان تأثيره أقل وأضعف خلال عقد التسعينيات، في حين أن الجفاف المناخي كان مختلفاً من سنة إلى أخرى ولكنه كان واضحاً في شمال وغرب وشمال شرق الصين خلال الفترة من 1982–2001 وكان هناك فرق واضح بين التغير في شذوذ قيم NDVI والتغير في دليل الجفاف.

مواد البحث وطرائقه:

1. **منطقة الدراسة:** مناطق الاستقرار الزراعي في الجمهورية العربية السورية.
2. **القرينة النباتية NDVI:**

تتميز الصور الفضائية بامتلاكها مجالات طيفية متعددة ومحددة حسب نوعها ودقتها الطيفية مما يعطي إمكانيات أكبر لتمييز وفصل الأهداف مختلفة عن بعضها البعض وذلك من خلال مجموعة من القرائن والدلائل المشتقة عن طريق علاقات رياضية بين المجالات الطيفية. تعتبر قرينة NDVI من أهم هذه القرائن في تمييز الغطاء النباتي وهي تعتمد اعتماداً أساسياً على فرق الانعكاس الطيفي في المجالين الأحمر المرئي وتحت الأحمر القريب وتحسب وفق المعادلة:

$$NDVI = NIR - R / NIR + R \qquad \text{(Rouse } et\ al.\text{, 1974)}$$

حيث: R المجال الطيفي الأحمر المرئي، وNIR المجال الطيفي تحت الأحمر القريب، تتراوح قيمة هذا الدليل بين -1 و+1 وتكون القيم الموجبة للنباتات. وترتبط بتراكيز اليخضور في النباتات ودليل المساحة الورقية (LAI) Leaf area index والكتلة الحية للنبات Biomass ونسبة التغطية النباتية Vegetation Cover % التي يمكن أن تستخدم كمؤشر على النمو الخضري (Tucker, 1979; Choudhury, 1987; Baret and Guyot, 1991; Abd El-Gawad, 2000)، وعلى ما تقدم تم

استخدام قرينة NDVI في تتبع تغير مساحة الاراضي الزراعية وكتلتها الحية بناءً على تأثرها بالعوامل البيئية المختلفة وأولها الهطول المطري ودرجة الحرارة.

3. **الصور الفضائية:** استخدمت صور فضائية للقرينة النباتية NDVI من نوع MODIS بقدرة تمييز مكانية 250 م بمستوى معالجة level3 بفاصل زمني قدره 16 يوماً ويرمز لها بالرمز 13Q1. من موقع مجاني على شبكة الانترنت تابع لوكالة الفضاء الأمريكية NASA (www.earthexplorer.com).

منهجية العمل:

تم وضع منهجية للعمل ابتداءً من الحصول على الصور الفضائية حتى الوصول للمنتج النهائي ودراسة الارتباطات بين القرينة النباتية NDVI وكمية الهاطل المطري وتأثيرها على التغيرات في الكتلة الحية وتتبع ظاهرة الجفاف من خلال عدة محاور وخطوات وتتلخص بالآتي:

1- تحميل مشهدين من صور MODIS-MOD13Q1 هما h20v5 وh21v5 التي تغطي الأراضي السورية لسلسلة زمنية امتدت من عام 2000 إلى 2012 في منتصف شهر نيسان/أبريل (أوج الكتلة الحية الخضراء).

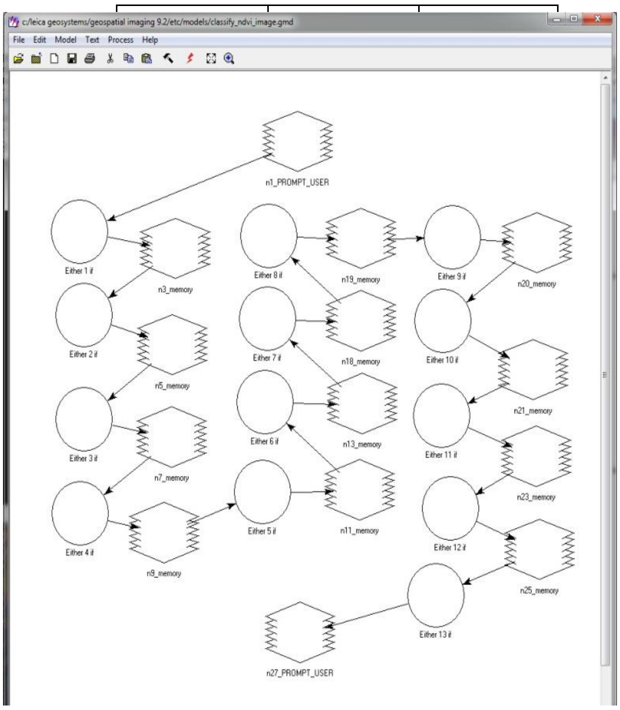
2- تجميع المشهدين (الموزاييك Mosaic) والإرجاع لجميع المشاهد وفق نظام الإسقاط UTM ونظام الاحداثيات الجغرافي العالمي WGS84

3- اقتطاع مساحة الجمهورية العربية السورية من الصور وفقاً للحدود الإدارية المعتمدة من قبل وزارة الإدارة المحلية. وتحويل القيم الرقمية لكل بيكسل في الصورة إلى قيمة ممثلة للقرينة النباتية NDVI وفق معامل التحويل (قيمة البيكسل/10000).

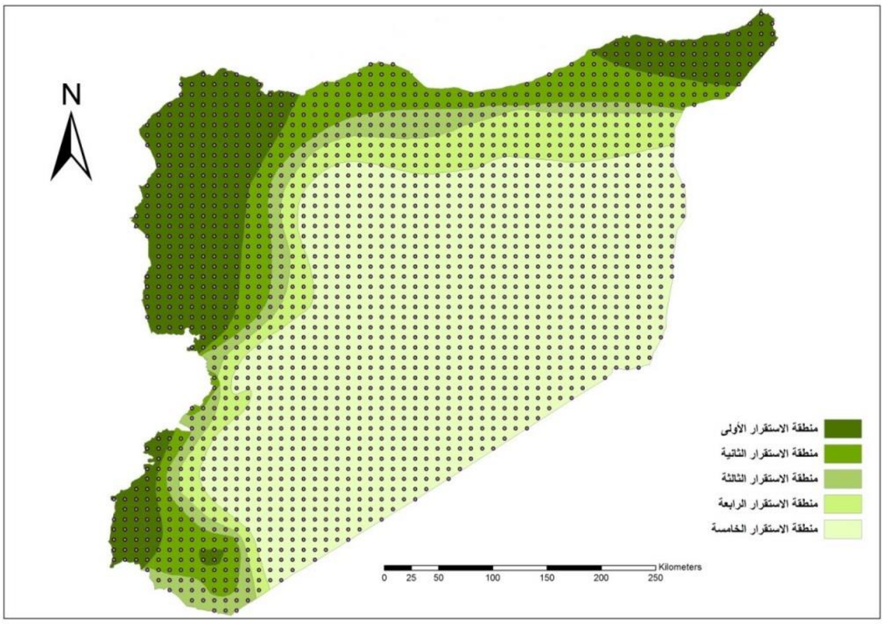
4- اقتطاع مناطق الاستقرار الزراعي وفق الخارطة المعتمدة في وزارة الزراعة الى خمسة قطاعات وتصنيف الصورة الفضائية الممثلة للقرينة النباتية لكل قطاع من مناطق الاستقرار الزراعي الخمسة إلى 13 صفاً حسب قيمتها كما في الجدول (1) ووفق موديل صمّم ببرنامج معالجة الصور الفضائية ERDAS imagine (الشكل 1).

الجدول 1. قيم صفوف NDVI

0.2-	0.3-	1
0.1-	0.2-	2
0	0.1-	3
0.1	0	4
0.2	0.1	5
0.3	0.2	6
0.4	0.3	7
0.5	0.4	8
0.6	0.5	9
0.7	0.6	10
0.8	0.7	11
0.9	0.8	12
1	0.9	13



الشكل 1. موديل تصنيف الصور الفضائية الممثلة للقرينة النباتية إلى 13 صف



الشكل 2. شبكة توزيع نقاط التحقق الحقلي على مناطق الاستقرار الزراعي في القطر.

5- **التحقق الحقلي:** وزعت شبكة من النقاط على رؤوس مربعات عددها 1932 وطول ضلعها 10 م على كامل مساحة القطر للتدقيق الحقلي (الشكل 2). صنّفت نقاط التدقيق الحقلي مكتبياً من خلال صور فضائية عالية الدقة المكانية لكامل القطر (المصدر صور Google earth) حيث صنّفت النقاط على الشكل التالي: غابات، بساتين، محاصيل مروية، محاصيل بعلية، أراضي عشبية، أراضي جرداء، بادية جرداء، بادية حراج، مباني، مسطحات مائية، واستخدامات أخرى. وأنشئ لذلك قاعدة بيانات (Geodatabase) لتخزين الوصف الحقلي لهذه النقاط في كل منطقة من مناطق الاستقرار إلى جانب حقول وضع فيها صف قرينة NDVI المقابل لهذه النقطة من شهر نيسان/أبريل إلى جانب إحداثيات هذه النقاط على نظام الإسقاط UTM.

تم التحقق من 1891 نقطة من أصل 1936 نقطة بعد استبعاد النقاط التي تعذر تدقيقها لأسباب تقنية وبلغت 45 وقد توزعت النقاط على الصفوف في كل منطقة من مناطق الاستقرار كما هو وارد في الجدول (2)، وقد أظهرت نتائج التحقق الحقلي أن الصفوف 4 و5 التي عبرت بنسبة عالية عن بادية جرداء بغطاء نباتي ضعيف جداً أو معدوم كانت سائدة بشكل واضح في منطقة الاستقرار الخامسة، وأن الصفوف 7 و8 الذي عبرت بنسبة جيدة عن المحاصيل البعلية لوحظ انتشارها في جميع مناطق الاستقرار مع زيادة ملحوظة في منطقة الاستقرار الثانية، في حين أن الصفوف 9 و10 و11 التي عبرت عن المحاصيل المروية والبعلية كون المحاصيل البعلية في المناطق ذات الأمطار الجيدة تأخذ نفس القيم للمحاصيل المروية كانت سائدة في مناطق الاستقرار الأولى والثانية والخامسة مع تداخل البساتين ضمن الصفين 10 و11 وكانت الغابة التي ظهرت بنسبة عالية في الصفين 12 و13 سائدة بشكل واضح في منطقة الاستقرار الأولى.

6- إنتاج الخرائط النهائية للقرينة النباتية في مناطق الاستقرار:

تم استخدام برمجية Arc GIS لإنتاج الخرائط النهائية لقرينة NDVI وحساب المساحات الممثلة لكل صف لجميع الصور خلال السلسلة الزمنية من 2001 إلى 2012 لشهر نيسان/أبريل لكل منطقة استقرار وحساب متوسطات قيم NDVI لجميع صور السلسلة لكل منطقة استقرار. وقد أخذت الصفوف على الخرائط تدرجاً لونياً لدرجات الأخضر يمثل تغيراتها من القيمة الأعلى لقرينة NDVI ويوافق الأخضر الأكثر قتامة انحداراً حتى القيمة الأقل للقرينة. NDVI ويوافق الدرجة اللونية الأفتح.

الجدول 2. توزع نقاط التحقق الحقلي وفق صفوف التصنيف ومناطق الاستقرار

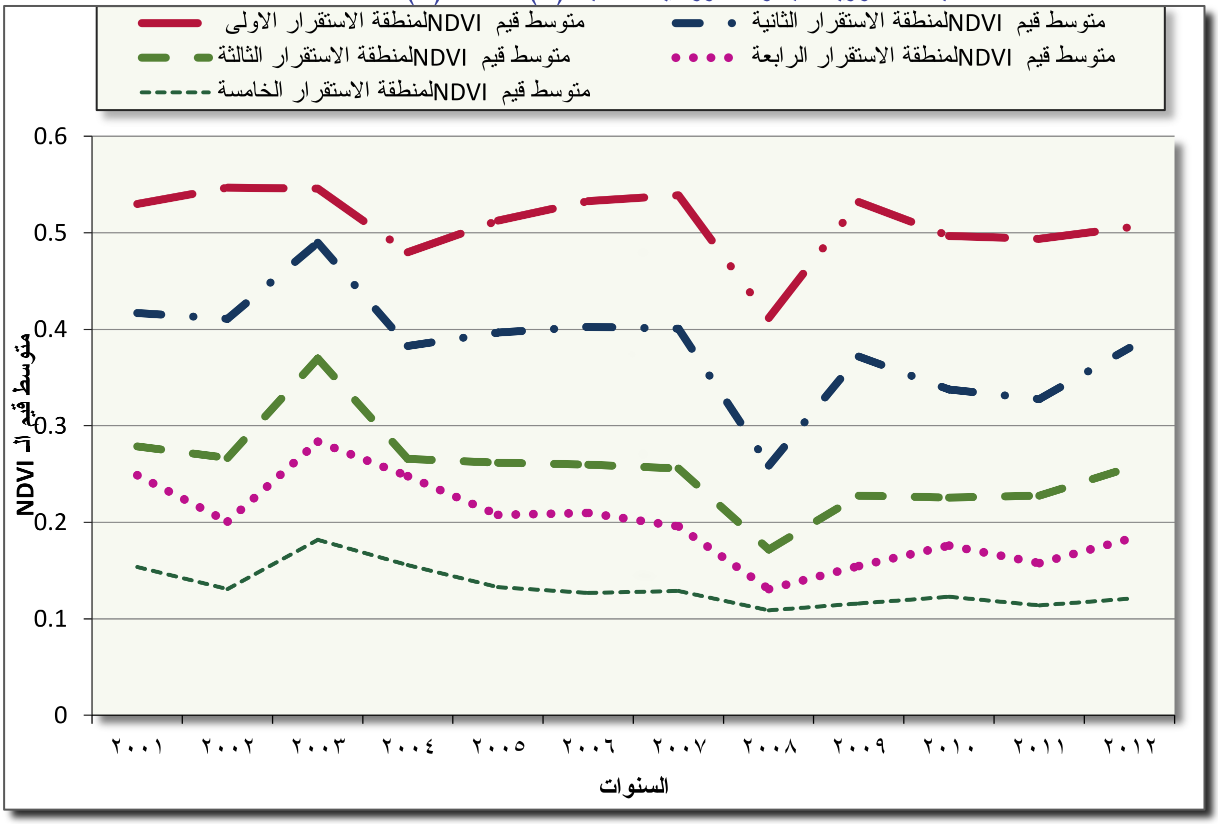
الصف	منطقة الاستقرار الاولى	منطقة الاستقرار الثانية	منطقة الاستقرار الثالثة	منطقة الاستقرار الرابعة	منطقة الاستقرار الخامسة	كامل مساحة القطر
غابات	39	5	1	0	0	47
بساتين	73	27	12	9	7	128
محاصيل مروية	58	48	18	25	61	210
محاصيل بعلية	76	100	49	50	57	332
أراضي عشبية	5	9	9	21	157	201
أراضي جرداء	2	13	12	25	59	111
بادية جرداء	0	5	11	43	646	706
بادية حراج	0	1	3	6	27	38
مباني	8	3	0	2	3	16
مسطحات مائية	1	3	1	3	19	27
أخرى	10	3	3	9	50	75
غير مصنف	9	3	1	4	28	45
المجموع	**281**	**220**	**120**	**197**	**1114**	**1932**

النتائج والمناقشة:

1- تغيرات الكتلة الحية لمناطق الاستقرار في سورية:

تمت دراسة تغيرات الكتلة الحية (قرينة NDVI) للغطاء النباتي في مناطق الاستقرار الزراعي عبر سلسلة زمنية ممتدة بين الأعوام 2001-2012 (الشكل 3)، ومقارنة القيم المسجلة للكتلة الحية فيما بينها ودراسة ما إذا كانت هذه المناطق (مناطق الاستقرار) معبرة عن تقسيم منطقي لأراضي الجمهورية العربية السورية من حيث التغيرات في قيم NDVI المرتبطة بشكل كبير بكميات الهطول المطري. حيث يعد هذه التقسيم تقسيماً بيئياً قديماً للأراضي السورية ولم يدخل عليه أي تعديل.

من دراسة تغيرات الكتلة الحية (NDVI) لمناطق الاستقرار بشكل عام، لوحظ من خلال المتوسط العام لقيم قرينة NDVI للسلسلة الزمانية 2001-2012 لهذه المناطق في شهر نيسان/أبريل أن منطقة الاستقرار الأولى سجلت أعلى هذه القيم تلتها الثانية ثم الثالثة فالرابعة وأخيراً الخامسة.



الشكل 3. تغيرات القرينة النباتية NDVI لجميع مناطق الاستقرار للأعوام من 2001–2012 لشهر نيسان/أبريل

الجدول (3) متوسطات قيم القرينة NDVI وكمية الأمطار لمناطق الاستقرار السورية خلال السلسلة الزمنية 2001–2012 لشهر نيسان/أبريل

	متوسط قيم NDVI لمناطق الاستقرار					متوسط كمية الأمطار لمناطق الاستقرار				
السنة	الاولى	الثانية	الثالثة	الرابعة	الخامسة	الاولى	الثانية	الثالثة	الرابعة	الخامسة
2001	0.53	0.417	0.279	0.249	0.154	519.6	205.7	184.4	169.2	162.6
2002	0.547	0.411	0.267	0.201	0.131	788.3	257.2	194.9	125.2	128.7
2003	0.546	0.49	0.37	0.284	0.182	1039.0	375.0	332.8	266.9	165.5
2004	0.48	0.383	0.266	0.248	0.156	782.3	269.4	219.1	161.1	218.7
2005	0.513	0.397	0.262	0.208	0.133	676.1	216.4	196.9	169.3	132.3
2006	0.533	0.403	0.26	0.21	0.127	672.3	253.8	186.6	162.5	144.6
2007	0.539	0.401	0.256	0.196	0.129	590.3	255.2	167.6	155.2	128.9
2008	0.412	0.259	0.172	0.131	0.109	499.5	131.8	115.9	73.7	48.1
2009	0.532	0.372	0.228	0.155	0.116	664.8	203.7	186.1	137.2	86.9
2010	0.497	0.338	0.226	0.176	0.123	615.7	245.9	208.3	149.5	128.5
2011	0.494	0.328	0.228	0.158	0.114	667.2	223.8	239.3	170.2	96.1
2012	0.506	0.381	0.257	0.183	0.121	867.5	253.3	206.9	169.9	95.5
المتوسط	**0.511**	**0.382**	**0.256**	**0.199**	**0.133**	**698.6**	**240.9**	**203.2**	**159.2**	**128.0**

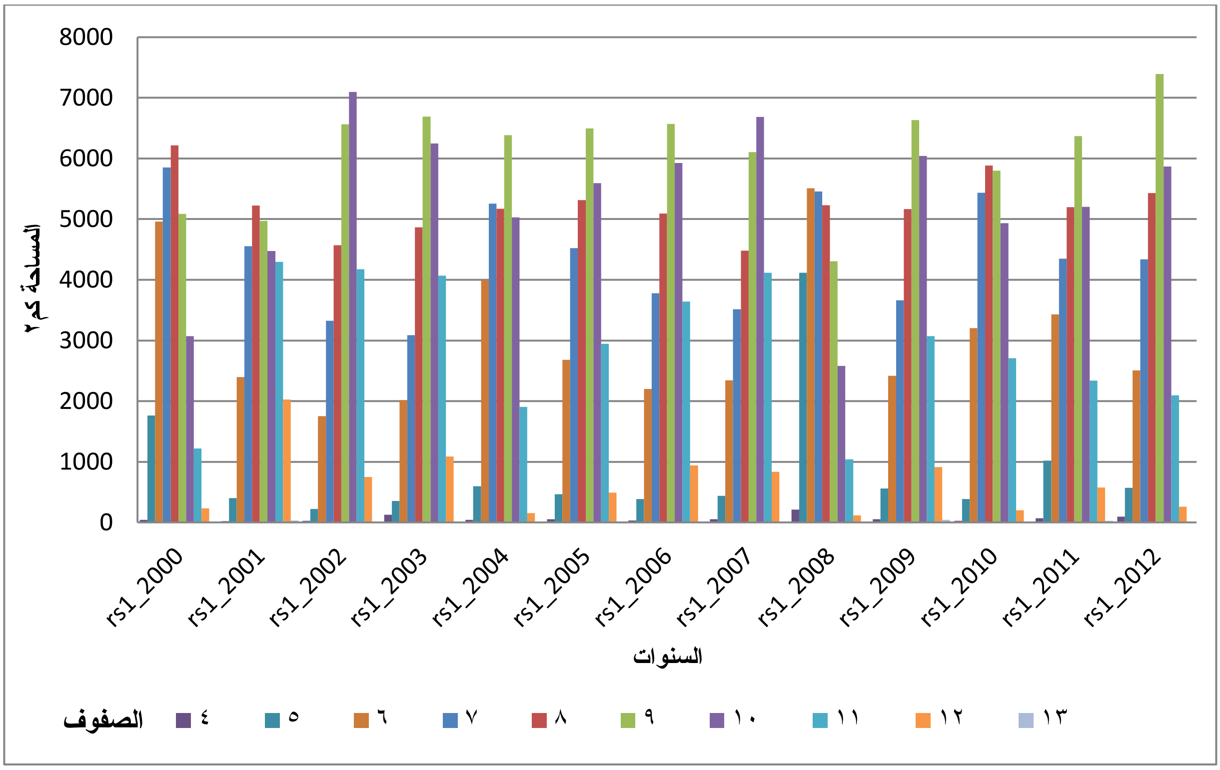
وكانت قيمها على التوالي 0.51 و0.38 و0.26 و0.20 و0.13 (الجدول 3). كما لوحظ من خلال مقارنة سلوك قيم NDVI أن متوسط قيمها السنوية خلال السلسة الزمنية 2001–2012 لمنطقة الاستقرار الأولى كانت الأعلى مقارنة مع بقية المناطق ثم تلتها قيم NDVI لمنطقة الاستقرار الثانية فالثالثة فالرابعة وأخيراً الخامسة لجميع السنوات من 2001 إلى 2012 بدون استثناء (الشكل 3)، إضافة إلى أن قرينة NDVI سجلت أعلى القيم لجميع مناطق الاستقرار عام 2003 وأدنى القيم سجلت عام 2008 وهذا الانخفاض في قيم NDVI من منطقة الاستقرار الأولى إلى الخامسة قابله نفس السلوك في كمية الهطول المطري السنوي لهذه المناطق فكان متوسط الهطول المطري للسلسلة الزمنية 2001–2012 على النحو التالي: 698.55 و240.93 و203.23 و159.17 و128.03 مم/سنة لمناطق الاستقرار من الأولى إلى الخامسة كما سجل أعلى هطول مطري خلال هذه السلسة عام 2003 وأدناه عام 2008 بشكل توافق مع أعلى القيم المسجلة وأدناها للقرينة NDVI خلال هذه السلسلة (الجدول 4). وعند دراسة العلاقة بين المتوسط العام لكمية الهطول المطري للسلسلة الزمنية المدروسة والمتوسط العام لقيم القرينة NDVI لشهر نيسان من خلال دراسة علاقة الارتباط بينهما وجدت علاقة ارتباط موجبة قوية ذات معنوية عند مستوى دلالة 0.05 فكانت قيمة معامل الارتباط تساوي 0.89.

وبدراسة العلاقة بين متوسط كمية الهطول المطري للسلسلة في كل منطقة استقرار على حدة والمتوسط لقيم قرينة NDVI لشهر نيسان/أبريل في هذه المناطق، تبيّن وجود علاقات ارتباط معنوية قوية بين مناطق الاستقرار الثانية والثالثة والرابعة والخامسة وكميات الهطول المطري المسجّلة فيها فكانت قيم معامل الارتباط 0.81 و0.82 و0.76 و 0.80 على التوالي، عند مستوى دلالة 0.01، في حين لم تظهر علاقة ارتباط قوية في منطقة الاستقرار الأولى التي كان قيمة معامل الارتباط لها 0.40، وقد يعزى ذلك الى التفاوت الكبير في كميات الهطولات المطرية على امتداد هذه المنطقة حيث تبدأ من 350 مم/سنة في بعض المناطق وتنتهي عند 1000 مم/سنة في مناطق أخرى.

2– تغيرات مساحة الغطاء النباتي لمناطق الاستقرار في سورية:

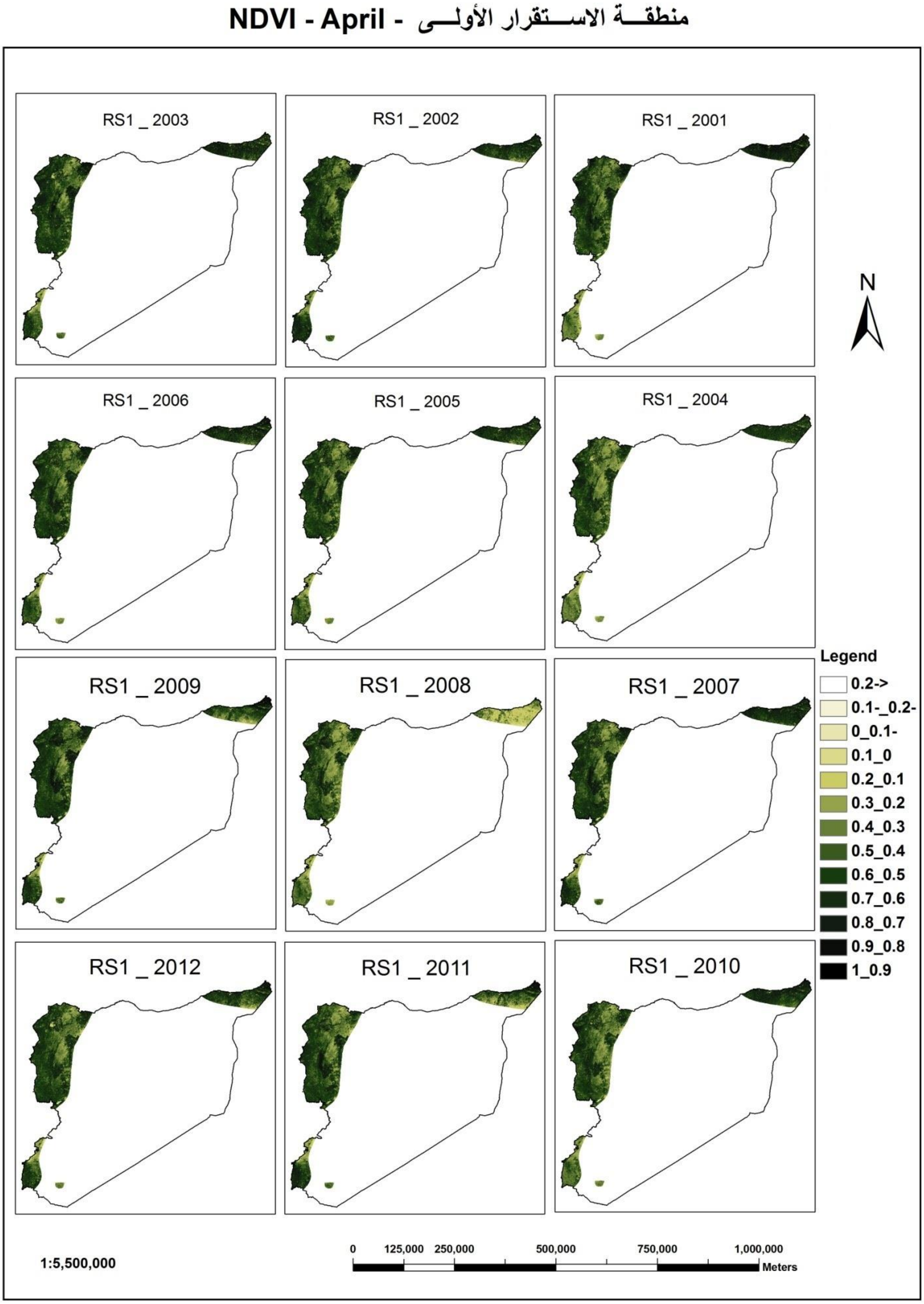
تمثل الأشكال من 4 إلى 8 خرائط السلسلة الزمنية لمناطق الاستقرار للجمهورية العربية السورية من عام 2001 حتى عام 2012 لشهر نيسان/أبريل والتي تم تصنيفها إلى 13 صف يعبر كل منها عما يقابلها على الأرض من كتلة حية ممثلة لهذا الصف.

ففي منطقة الاستقرار الأولى لوحظ أن أعلى مساحة ضمن هذه السلسلة الزمنية لهذه القيم كان للصفوف 7 و8 و9 و10 الموافقة لقيم NDVI من 0.3 إلى 0.7 والممثلة للغطاء النباتي للمحاصيل البعلية والمروية ونسبة معينة من البساتين (الشكل 4) والتي تتأثر بشكل كبير بكمية الهطول المطري والجفاف ويتضح ذلك في عام 2003 الأكثر أمطاراً، حيث تزداد فيه مساحة هذه الصفوف على حساب الصفوف الأقل لقيمة NDVI نتيجة زيادة مساحة الزراعات البعلية بتأثير الهطول المطري الجيد (الشكل 4)، في حين أن عام 2008 الأقل أمطاراً تراجعت فيه مساحة هذه الصفوف لتدخل هذه المساحات في الصفوف ذات قيم NDVI الأقل نتيجة لتراجع الأمطار وانحسار مساحات الزراعات البعلية وظهورها على شكل أراضي جرداء (الشكل 5).

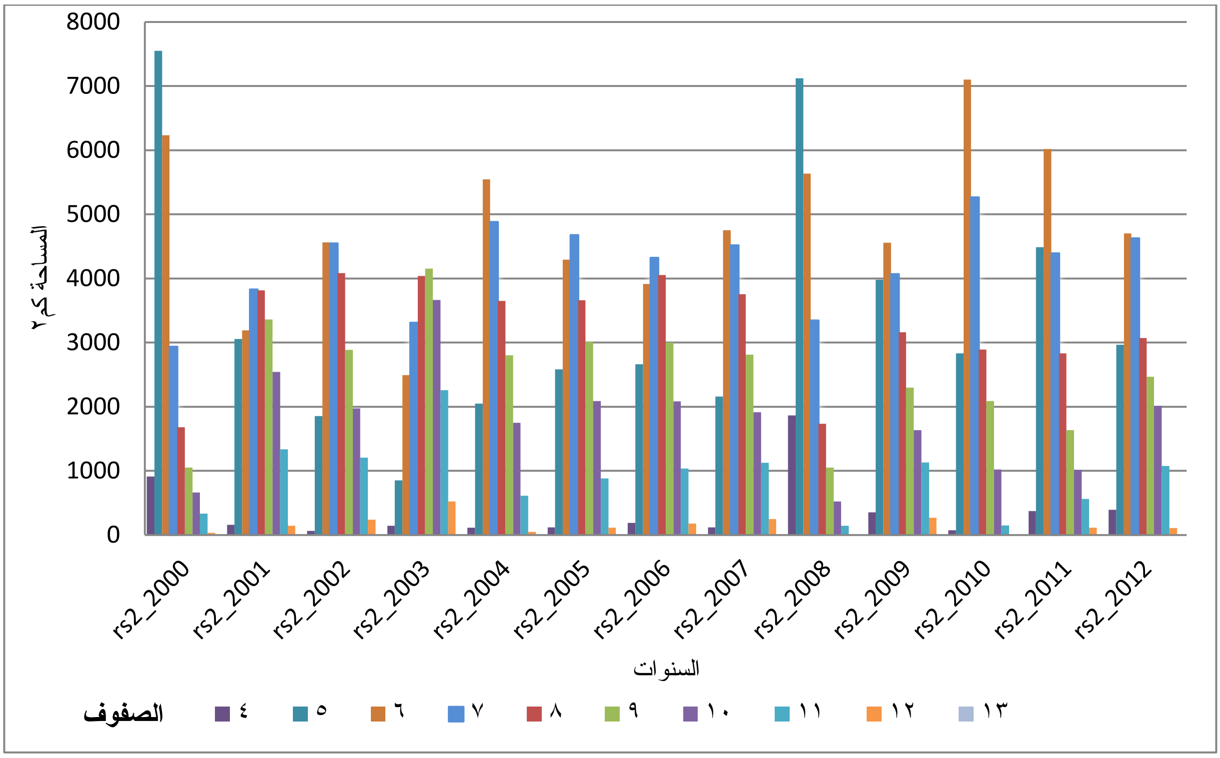


الشكل 4. تغيرات مساحة الصفوف المعبرة عن الكتلة الحية وفق القرينة (NDVI) لشهر نيسان/أبريل لمنطقة الاستقرار الأولى للسلسلة الزمنية 2001-2012

أما في منطقة الاستقرار الثانية فلوحظ أن الصفوف السائدة ضمن هذه السلسلة الزمنية لقيم NDVI كان للصفوف 6 و7 و8 الموافقة لقيم NDVI من 0.2. إلى 0.5 والممثلة للغطاء النباتي العشبي والمحاصيل البعلية (الشكل 6) والتي تتأثر بشكل كبير بكمية الهطول المطري والجفاف ويتضح ذلك في عام 2003 الأكثر أمطاراً، حيث تزداد فيه مساحة هذه الصفوف على حساب الصفوف الأقل لقيمة NDVI نتيجة زيادة مساحة الزراعات البعلية بتأثير الهطول المطري الجيد ودخولها ضمن مساحات أراضي المحاصيل المروية (الشكل 7)، في حين أن عام 2008 الأقل أمطاراً تراجعت فيه مساحة هذه الصفوف لتدخل هذه المساحات في الصفوف ذات قيم الـ NDVI الأقل نتيجة لتراجع الأمطار وانحسار مساحات الزراعات البعلية وظهورها على شكل أراضي جرداء (الشكل 7).



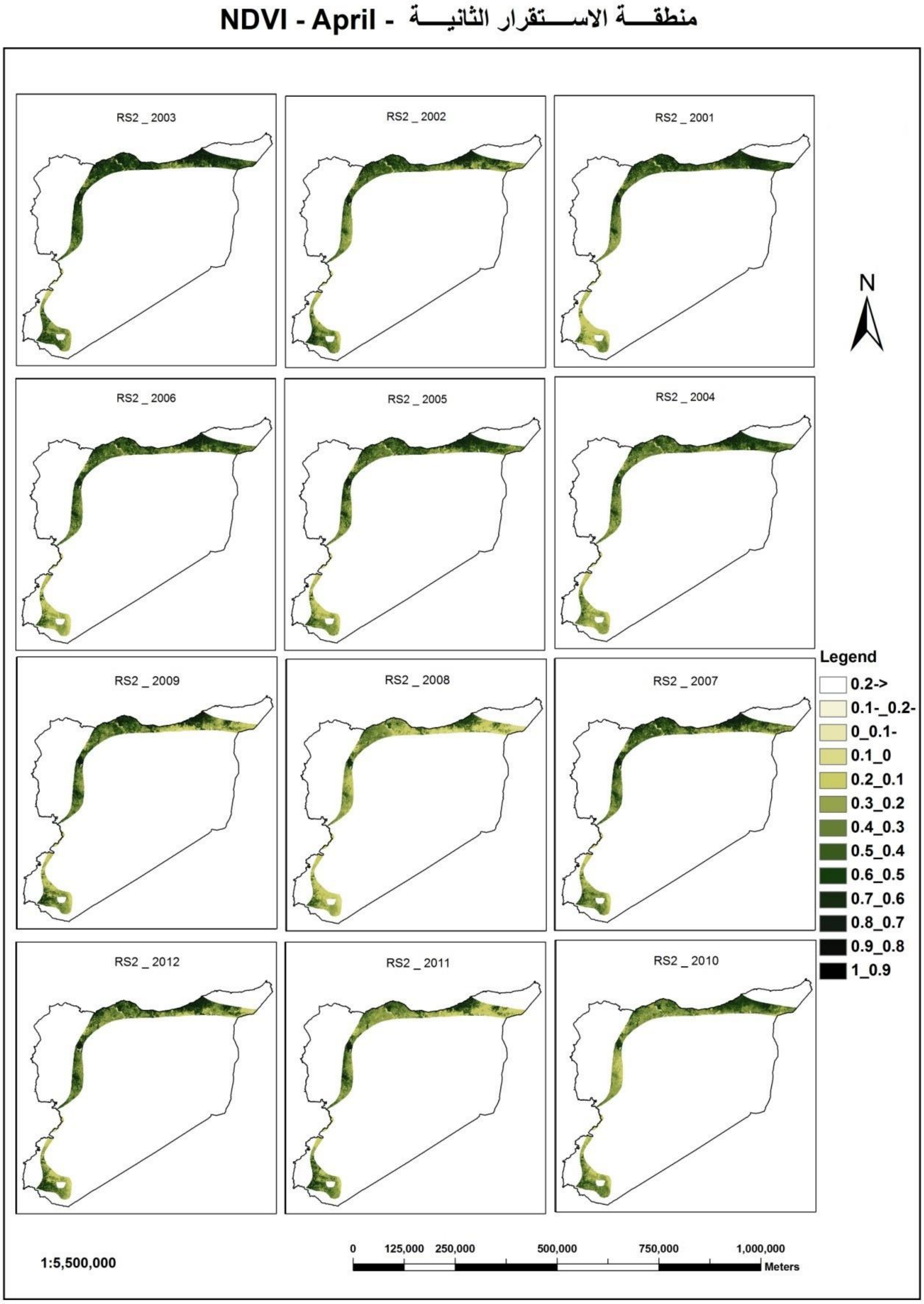
الشكل 5. تغيرات القرينة النباتية NDVI لمنطقة الاستقرار الأولى للسلسلة الزمنية 2001–2012 لشهر نيسان/أبريل.



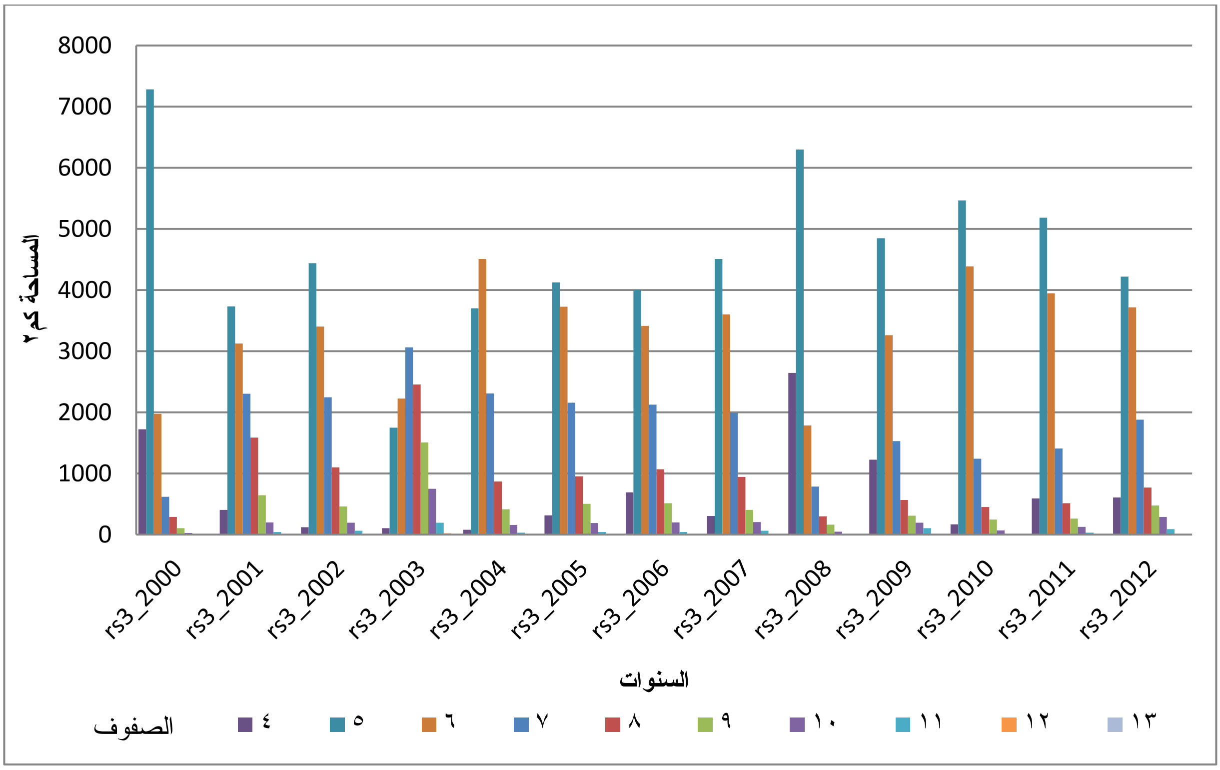
الشكل 6. تغيرات مساحة الصفوف المعبرة عن الكتلة الحية وفق القرينة (NDVI) لشهر نيسان/أبريل لمنطقة الاستقرار الثانية للسلسلة الزمنية 2001–2012

أما في منطقة الاستقرار الثالثة لوحظ أن السيادة ضمن هذه السلسلة الزمنية لقيم NDVI كان للصفوف 5 و6 و7 الموافقة لقيم NDVI من 0.1. إلى 0.4 والممثلة للغطاء للنباتات العشبية بسيطة (خفيفة) التغطية والمحاصيل البعلية (الشكل 8)، ترتبط هذه الصفوف (الغطاء النباتي) وتعتمد بشكل أكبر على كمية الهطول المطري ففي عام 2003 أكثر السنوات هطولاً للأمطار نقصت المساحات الممثلة لهذه الصفوف وانتقلت للصفوف الأعلى مما يفسر الانخفاض الكبير في مساحة الصف 4 الممثل للغطاء النباتي شبه المعدوم (البادية) لتنتقل للصف الأعلى 5 وتزداد مساحة الصف 6 و7 عموماً إلى حساب الصفوف الأقل قيمة للقرينة NDVI نتيجة لزيادة مساحة الزراعات البعلية بتأثير الهطول المطري الجيد. في حين أن عام 2008 الأقل أمطاراً شهد زيادة كبيرة في مساحة الصفين 4 و5 نتيجة الجفاف وعدم ظهور النباتات الرعوية العشبية في البادية وانخفاض مساحات الزراعات البعلية (الشكل 8).

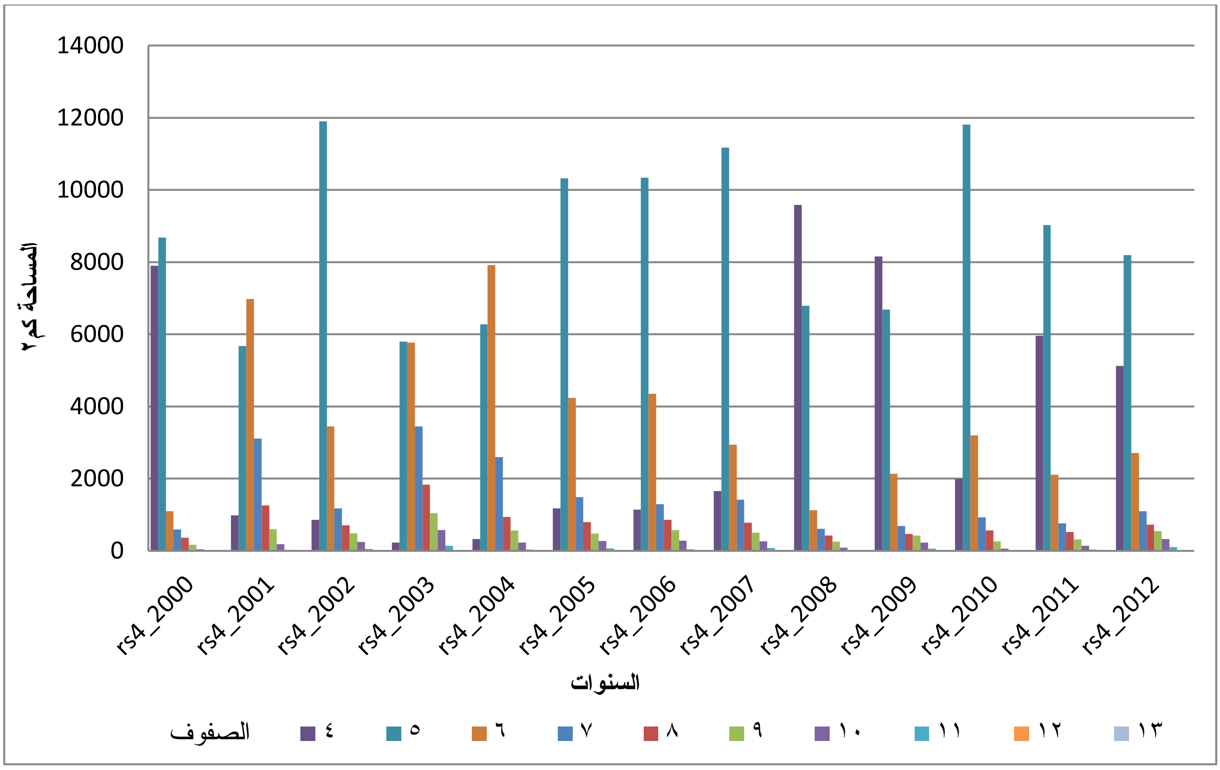
يمكن القول بأن سلوك منطقة الاستقرار الرابعة كان مشابها لسلوك منطقة الاستقرار الثالثة من حيث سيادة الصفوف في المنطقة وتفسيرات سلوكها خلال السلسلة الزمنية 2001–2012 (الشكل 9).



الشكل 7. تغيرات القرينة النباتية NDVI لمنطقة الاستقرار الثانية للسلسلة الزمنية 2001–2012 لشهر نيسان/أبريل.



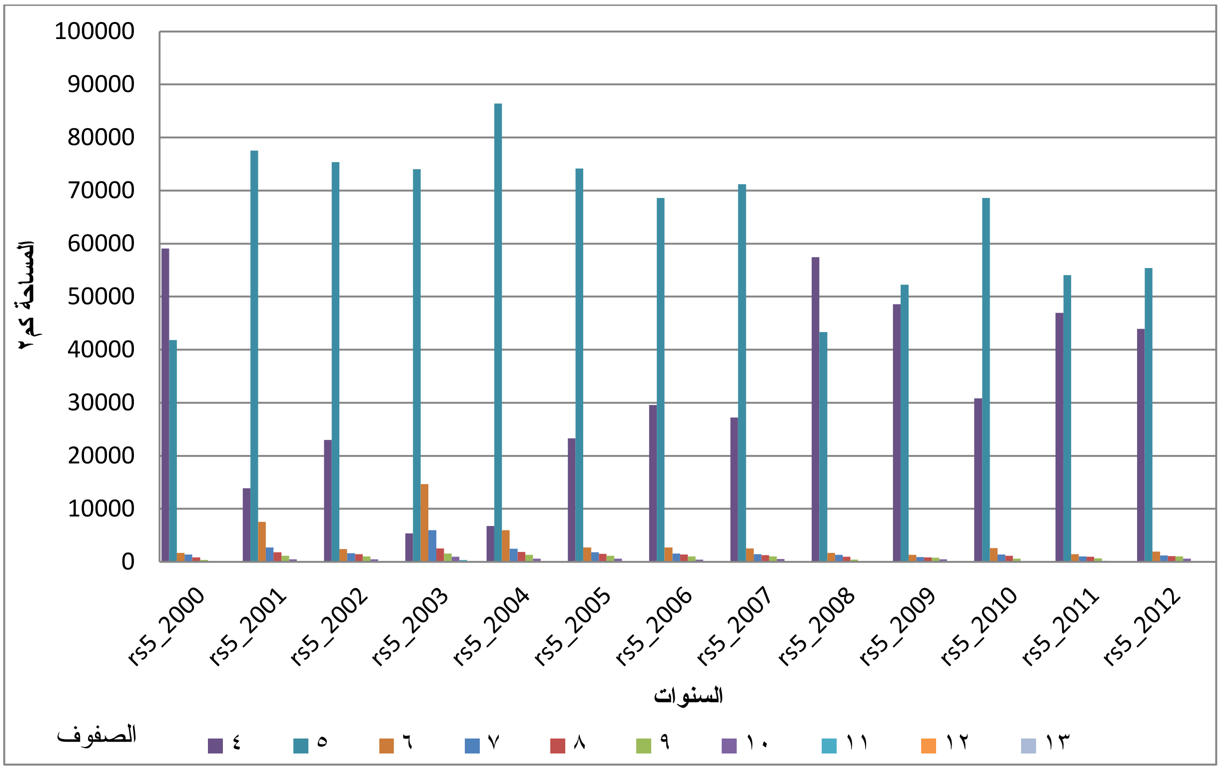
الشكل 8. تغيرات مساحة الصفوف المعبرة عن الكتلة الحية وفق القرينة (NDVI) لشهر نيسان/أبريل لمنطقة الاستقرار الثالثة للسلسلة الزمنية 2001–2012



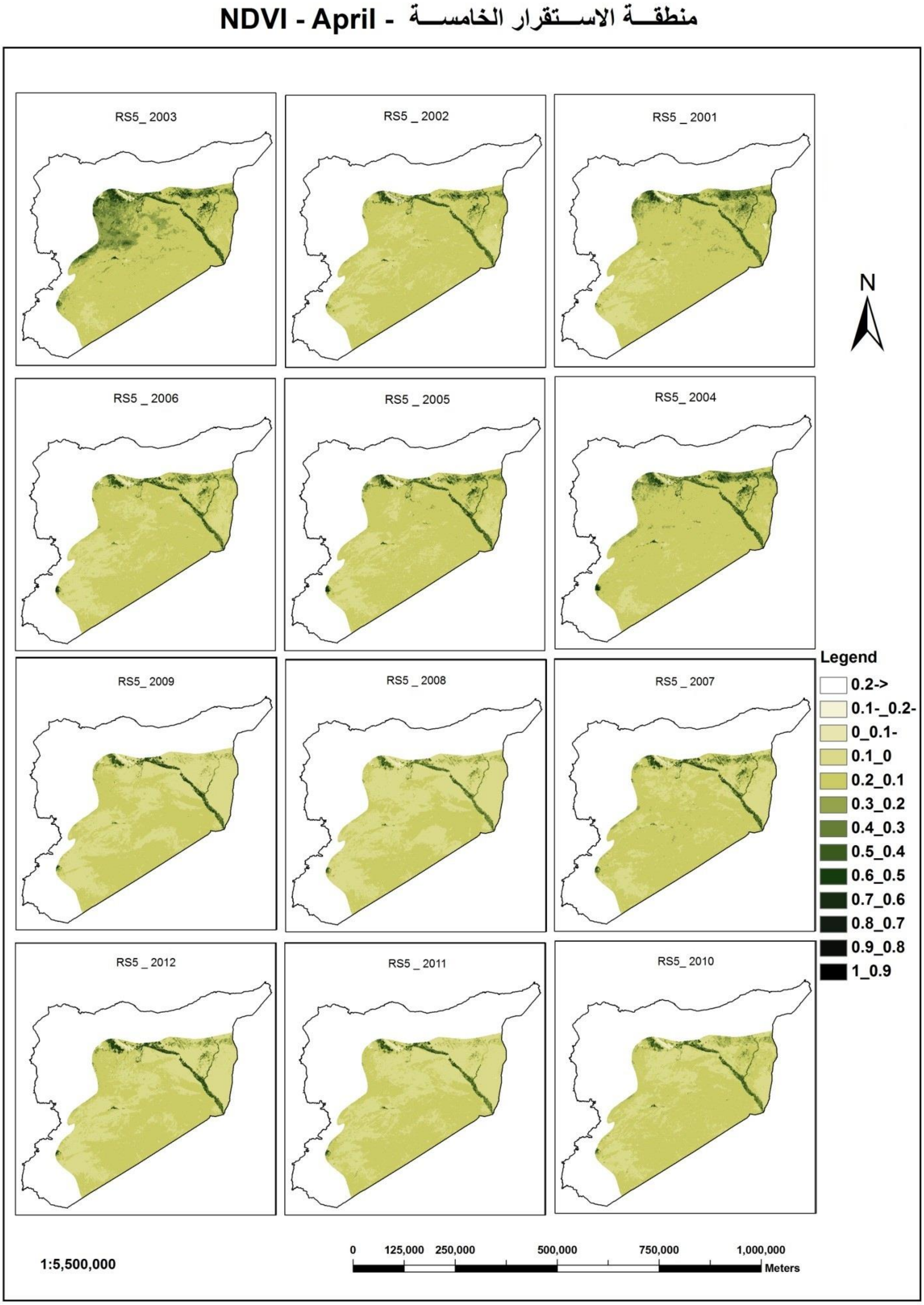
الشكل 9. تغيرات مساحة الصفوف المعبرة عن الكتلة الحية وفق القرينة (NDVI) لشهر نيسان/أبريل لمنطقة الاستقرار الرابعة للسلسلة الزمنية 2001–2012

أما منطقة الاستقرار الخامسة التي تشغل النسبة الأكبر من مساحة سوريا لوحظ أن الصفين 4 و5 هما السائدين ضمن هذه السلسلة الزمنية لقيم قرينة NDVI وشغلا مساحة تقدر بنحو 91.3% من مساحة منطقة الاستقرار الخامسة كمتوسط للسلسلة

الزمنية المدروسة، وهما بدورهما يمثلان أراضٍ بغطاء عشبي بسيط وأراضٍ بغطاء عشبي شبه معدوم إلى معدوم (الشكل 11) وتختلف نسبة مساحة هذين الصفين إلى المساحة الكلية لمنطقة الاستقرار الخامسة وإلى بعضهما البعض حسب سنوات الخصوبة والجفاف، ففي عام 2003 أكثر السنوات هطولاً للأمطار كانت نسبة مساحة هذين الصفين إلى مساحة منطقة الاستقرار 75% ذهب منها 5% للصف 4 و70% للصف 5 وكان هناك زيادة واضحة في نسبة مساحة الصف 6 الممثل للزراعات البعلية وذلك نتيجة زراعة هذه المساحات متأثرة بكمية الهطول المطري الجيد في هذا العام (الشكلين 10 و11)، وفي عام 2008 أقل السنوات هطولاً للأمطار كانت نسبة مساحة هذين الصفين إلى مساحة منطقة الاستقرار الخامسة 95.2% ذهب منها 54.2 للصف 4 و41.4 للصف 5 وشغلت باقي الصفوف المعبرة عن باقي الأغطية النباتية أقل من 5% نتيجة قلة الأمطار والجفاف حينها، وعمل تراجع الزراعات البعلية على رفع نسبة مساحة الصف 5 وانتقال مساحة كبيرة من هذا الصف للصف 4 نتيجة الجفاف وعدم ظهور حتى النباتات الرعوية والعشبية في البادية.



الشكل 10. تغيرات مساحة الصفوف المعبرة عن الكتلة الحية وفق القرينة (NDVI) لشهر نيسان/أبريل لمنطقة الاستقرار الخامسة للسلسلة الزمنية 2001–2012



الشكل 11. تغيرات القرينة النباتية NDVI لمنطقة الاستقرار الخامسة للسلسلة الزمنية 2001–2012 لشهر نيسان/أبريل.

الخلاصة:

خلصت الدراسة إلى عدة نتائج أهمها:

- فعالية استخدام الصور الفضائية للقرينة النباتية NDVI من نوع MODIS لتتبع تغيرات الكتلة الحية ومراقبة الجفاف، من خلال ربطه بالتغيرات المناخية ولاسيما الهطول المطري.
- أظهرت النتائج أن أقل قيمة مسجلة للقرينة NDVI لمناطق الاستقرار من الأولى حتى الخامسة خلال السلسلة المدروسة كانت عام 2008 بمتوسط عام قدره 0.412 و0.259 و0.172 و0.131 و0.109 على التوالي، حيث عبرت عن أكثر السنين جفافاً خلال هذه السلسلة الزمنية، في حين أن أعلى القيم كانت عام 2003 بمتوسط عام قدره 0.546 و0.49 و0.37 و0.284 و0.182 على التوالي، وبالتالي عبرت عن أقل السنين جفافاً خلال نفس السلسلة. كما وجد علاقة ارتباط قوية ومعنوية (r=0.89*) بين المتوسط العام لكمية الهطول المطري للسلسلة الزمنية المدروسة والمتوسط العام لقيم قرينة NDVI.
- أظهرت الخرائط المنتجة للقرينة النباتية NDVI من صور MODIS للسلسلة الزمنية 2001–2012 والمصنفة إلى 13 صف تعبر عن الغطاء النباتي، أن أعلى مساحة ضمن السلسلة الزمنية في منطقة الاستقرار الأولى أن كان للصفوف 7 و8 و9 و10 الموافقة لقيم NDVI من 0.3 إلى 0.7 والممثلة للغطاء النباتي للمحاصيل البعلية والمروية ونسبة معينة من البساتين أما في منطقة الاستقرار الثانية، كانت الصفوف السائدة ضمن هذه السلسلة الزمنية 6 و7 و8 الموافقة لقيم NDVI من 0.2 إلى 0.5 والممثلة للغطاء النباتي العشبي والمحاصيل البعلية أما في منطقة الاستقرار الثالثة والرابعة، كانت الصفوف السائدة ضمن هذه السلسلة الزمنية 5 و6 و7 الموافقة لقيم NDVI من 0.1 إلى 0.4 والممثلة للغطاء النباتي العشبي بتغطية نباتية بسيطة والمحاصيل البعلية أما في منطقة الاستقرار الخامسة التي تشغل النسبة الأكبر من مساحة سورية لوحظ أن الصفين 4 و5 كانا السائدين وهما بدورهما يمثلان أراضٍ بغطاء عشبي بسيط وأراضٍ بغطاء عشبي شبه معدوم إلى معدوم وشغلا مساحة تقدر بنحو 91.3% من مساحة منطقة الاستقرار الخامسة.
- يمكن القول أن تقسيم أراضي الجمهورية العربية السورية إلى مناطق الاستقرار الزراعية على أساس كمية الهطول المطري فعال ومعبّر حتى وقتنا الراهن.

المراجع:

السعدي، مصطفى فريد ومحمد إبراهيم أبو خيط (1972). الاستقرار الزراعي بين النظرية والتطبيق. وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي. مديرية الشؤون الزراعية، الإرشاد الزراعي. نشرة رقم 25. 17-35.

رسلان، عبد الحميد (1968). حدود استقرار الزراعات البعلية.

Abd El-Gawad, A.A.; H.K. Zaki; A.M. Abo-Shetaia; and E.A. Al-Khaled (2000). A try to apply spectral reflectance of wheat plants for predicting yield. Egypt J. Appl. Sci., 15(8): 375-397.

Baret, F.; and G. Guyot (1991). Potentials and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment. Rem. Sens. Environ., 35: 161 – 173.

Choudhury, B.J. (1987). Relationships between vegetation indices, radiation, absorption, and net photosynthesis evaluated by a sensitivity analysis. Rem. Sens. Environ., 22 (2): 209 – 233.

Gu, Y.; J.F. Brown; J.P. Verdin; and B. Wardlow (2007). A five-year analysis of MODIS NDVI and NDWI for grassland drought assessment over the central Great Plains of the United States, Geophysical Research Letters, VOL. 34: L06407, doi:10.1029/ 2006GL029127.1.

Murad, H.; and S. Islam (2011). Drought assessment using remote sensing and GIS in North-West region of Bangladesh. 3rd International Conference on Water and Flood Management (ICWFM).

Rahimzadeh Bajgira, P.; Y. Shimizu; F. Hosoi; and K. Omasa (2009). MODIS vegetation and water indices for drought assessment in semi-arid ecosystem of Iran. J. Agric. Meteorol. 65 (4): 349–355.

Rouse, J.W.; R.H. Haas; J.A. Schell; D.W. Deering; and J.C. Harland (1974). Monitoring the vernal advancement of natural vegetation. p371. NASA/ GSFC Final Report, Greenbelt, Maryland, USA.

Salim, H.A. (2014). Spatio-temporal variation of drought during growing season in china using NOAA/AVHRR and meteorological at 1982-2001. Remote Sensing. (14): 68-89.

Tucker, C.J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation, Rem. Sens. Environ., 8 (2): 127 – 150.

Wardlow, B.D.; S.L.; Egbert; and J.H. Kastens (2007). Analysis of time-series MODIS 250 m vegetation index data for crop classification in the U.S. Central Great Plains. Remote Sensing of Environment. 108: 290–310.

Monitoring Changes in Vegetation cover in Agriculture Stability Zones of Syria Using Time Series NDVI/MODIS During 2000-2012

Eyad Alkhaled*[1] and Rada Kassouha[1]

(1). General Organization of Remote Sensing (GORS), Damascus, Syria.
(*Corresponding author: Dr. Eyad Al Khaled. E-Mail: eyadalkhaled@gmail.com).

Received: 27/07/ 2015 *Accepted: 07/09/ 2015*

Abstract:

Drought is a natural phenomenon that decreases plants biomass, which can be monitored using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). The study aimed to monitor the periodical and spatial changes of plant cover, and drought in Agriculture Stability Zones (ASZ) in Syria, using NDVI/MODIS images, and link them with the rainfall data during 2001- 2012. The results showed that the lowest NDVI values were recorded for zones 1 to 5; the averages during 2008 were 0.412, 0.259, 0.172, 0.131, and 0.109 respectively. The year 2008 was considered the most drought year during the studied period. On the other hand, the year 2003 was considered the least drought year during the same period. The averages of NDVI of the five zones were 0.55, 0.49, 0.37, 0.28, and 0.18 respectively. Al thought there was a high significant correlation (r=0.89*) between rainfall and NDVI during the studied period. The output maps of MODIS using NDVI for the studied period, which is classified to 13 classes, showed that the largest area was for zone 1 of the classes 7, 8, 9, and 10, and the NDVI values ranged from 0.3 to 0.7 which representing rain fed and irrigated crops, and a specific percentage of the horticulture. Zone2 was included in the classes 6,7, and 8 for the NDVI values that ranged from 0.2 to 0.5, which representing grass and rain fed crops, but zones 3 and 4 were included in the classes 5,6, and 7 for the NDVI values that ranged from 0.1 to 0.4, which representing low cover with grass and rain fed crops, finally Zone 5 was included in two classes; 4, and 5 which were dominant and representing low and semi grass cover, with an area about 91.3% of zone 5.

Key words: NDVI, Agricultural stability zones, Biomass, MODIS, Syria.