

استخدام مؤشر الاختلاف النباتي القياسي NDVI في تقدير الجفاف في المنطقة الشمالية الشرقية من سورية

الدكتور أدهم جلب*

الدكتور أحمد علي**

علا مرهج***

(تاريخ الإيداع 4 / 5 / 2014. قبل للنشر في 27 / 8 / 2014)

□ ملخص □

يعدّ التغير المناخي التحدي العالمي الأساسي الذي يواجه مديري الموارد المائية لما له من تأثيرات تمتد إلى مختلف قطاعات الحياة بدءاً بالنشاطات الزراعية وصولاً إلى القطاع الاقتصادي والاجتماعي. في هذا البحث، تم دراسة الجفاف في الشمال الشرقي لسوريا (الحسكة، الرقة، دير الزور، بوكمال، قامشلي) باستخدام بيانات الأمطار للفترة 2000-2010م وسلسلة مؤلفة من صور MODIS الشهرية لنفس الفترة. أكدت هذه الدراسة أن عامي 2009/2008 اتسما بالجفاف في منطقة الدراسة، وزودتنا خرائط الـ NDVI التي تم الحصول عليها لمنطقة الدراسة بمعلومات عن كثافة وتوزيع النباتات فيها. كما أكدت الدراسة على وجود علاقة قوية ومعنوية ($P\text{- Value} = 0.003$) بين قيم الأمطار السنوية ومؤشر NDVI في الرقة، في حين كانت هذه العلاقة متوسطة وغير معنوية ($P\text{- Value} > 0.05$) في باقي المحطات.

أثبتت نتائج الدراسة أهمية استخدام مؤشر NDVI مع بيانات الأمطار في مراقبة الجفاف في المنطقة الشمالية الشرقية من سوريا، وبالتالي مساعدة الإداريين في اتخاذ القرارات السليمة لمواجهة الجفاف في هذه المنطقة.

الكلمات المفتاحية: الجفاف، الاستشعار عن بعد، NDVI.

* أستاذ - قسم الحراج والبيئة - كلية الزراعة - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

** مدرس - قسم الهندسة الطبوغرافية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

*** طالبة دراسات عليا (ماجستير) - قسم الحراج والبيئة - كلية الزراعة - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Using The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) in Drought Assessing in The Eastern North Region in Syria

Dr. Adham Jalab*
Dr. Ahmad Ali**
Ola Merhej***

(Received 4 / 5 / 2014. Accepted 27 / 8 / 2014)

□ ABSTRACT □

Climate change is the major global challenge facing water resources managers because of its impacts on many life fields beginning with agriculture activities to economic - social regions. In this study, drought in the eastern north of Syria have been investigated (Hasake, Rakka, DerAzzor, Bokmal, Kameshli) using a set of data containing precipitation data for period from 2000 to 2010, and MODIS time series images for the same period. This study assure that 2008/2009 described as drought period in the study area, and the NDVI maps ,which we have, give us an idea about the vegetation status and patterns in the study area. The study clearly show that NDVI and rainfall was found to be highly correlated in Rakka with P- Value= 0.003; and medium correlated in the other stations with P- Value > 0.05.

Results of this study verify needing to use this index (NDVI), along with precipitation data, in drought monitoring in the eastern north region of Syria. So that,. It would help managers in making decisions to face drought in this area.

Keywords: Drought monitoring, Remote Sensing, NDVI.

*Professor, Forestry and Ecology Department, Agriculture Faculty, Tishreen University, Syria.

** Assistant Professor, Topographic Department, Civil Engineering Faculty, Tishreen University, Syria.

*** Postgraduate Student, Forestry and Ecology Department, Agriculture Faculty, Tishreen University, Syria.

مقدمة:

يصنف الجفاف كظاهرة بيئية وكارثة طبيعية تقلل من عملية تطور المجتمع تزداد تأثيراته التي تدوم طويلاً بشكل سيء وتمتد هذه التأثيرات لتشمل الإنتاجية الزراعية، الإنتاج الحيواني، البيئة، المجتمع والاقتصاد. على مدى ثلاثة عقود، تأثرت مناطق عديدة في العالم بنقص المياه والجفاف (Ghulam *et al.*, 2008)، وتعاني سوريا، العراق، تركيا وإيران من انخفاض الأمطار الذي يؤثر سلباً على القطاع الزراعي، الحيواني، مما يتطلب استخدام كمي ونوعي محدود للمياه المتاحة (UNDP, 2010).

يُصنف الجفاف كجفاف ميتيورولوجي، هيدرولوجي، زراعي. يعرف الجفاف الميتيورولوجي بأنه حالة من عجز الهطول أو انخفاضه عن المعدل الطبيعي في منطقة ما؛ ويحدث الجفاف الزراعي عندما تصبح رطوبة التربة والأمطار غير ملائمة خلال فصل النمو؛ أما الجفاف الهيدرولوجي فيمثل فترة طويلة من الجفاف الميتيورولوجي الذي يؤدي إلى انخفاض في مستوى المياه في الجداول، الأنهار، البحيرات ومستويات الماء الأرضي. يتم توصيف الجفاف كظاهرة ذات أبعاد متعددة (الشدة، المدة والامتداد المكاني)، مما جذب الاهتمام لتوضيح هذه الأبعاد والوصول إلى طريقة عملية لتقدير خطورة الجفاف (Rathore, 2004).

تتطلب مراقبة تأثيرات الجفاف بيانات (مناخ، هيدرولوجيا، صور أقمار صناعية...) مستمرة ومتدفقة في الوقت الحقيقي. تمثل تقنية الاستشعار عن بعد أداة ممتازة لجمع البيانات بصيغة رقمية مستمرة عبر الزمان والمكان، محدثة على مستويات مختلفة (المستويات الإقليمية والعالمية)؛ تملك هذه التقنية فضاءً واسعاً بإمكانيات رائعة لتزويدنا ببيانات أساسية (قاعدية) للموارد الطبيعية، تدهور التربة، التغير المناخي ومجالات أخرى. في السنوات الأخيرة، تم التأكيد على فعالية هذه التقنية بما يتعلق بالجفاف (اكتشاف الجفاف، مراقبته وتقديره) قبل وبعد وخلال حالات حوادث الجفاف. حسب Kogan (1990) يمكن أن يكتشف الجفاف أبكر بـ 4-6 أسابيع من حدوثه، ويمكن أن تحدد تأثيراته من خلال مراقبة تطور النباتات في المراحل الحرجة من النمو (مرحلة الحصاد).

طورت العديد من المؤشرات النباتية التي تحسب باستخدام معطيات الاستشعار عن بعد والتي تعبر عن النمو عند النباتات، بالاعتماد على قيم عكس الأشعة من قبل الغطاء النباتي. يعد النمو النباتي المظهر أكثر تأثراً بالجفاف، ولذلك من أجل قياس الجفاف يمكننا استخدام بعض من هذه المؤشرات النباتية التي تحسب وفق علاقات رياضية تأخذ بعين الاعتبار قيم انعكاس الأشعة من قبل الغطاء النباتي في أجزاء مختلفة من الطيف الكهرومغناطيسي وخاصة الطيف المرئي، تحت الأحمر القريب والمتوسط (Tucker, 1979; and Yang *et al.*, 1998).

في هذه الدراسة، تم اقتراح مؤشر الاختلاف النباتي القياسي (The Normalized Difference Vegetation Index NDVI) كمؤشر نباتي يعبر عن النمو النباتي من قبل Tucker (1979)، وقد استخدم NDVI بشكل واسع على المستوى العالمي والإقليمي لتحديد تأثيرات الطقس على حالات نمو الغلال والمحاصيل على اعتبار أن المناخ هو العامل المفتاحي المؤثر في حالات النبت (Li *et al.*, 2004; Vicente-Serrano *et al.*, 2006)، بسبب العلاقة الإيجابية التي تربط بين NDVI ونقص الأمطار، أكدت العديد من الدراسات أن مؤشر NDVI كان المؤشر النباتي الأكثر شيوعاً والذي يمكن استخدامه بفعالية في أنظمة الإنذار المبكر لمراقبة الجفاف (Martiny *et al.*, 2006; and Quiring and Ganesh, 2010).

تقدم المستشعرات ذات الدقة المتوسطة مثل MODIS تغطية يومية للأرض، ولقد استخدمت صور MODIS بشكل واسع في دراسات الجفاف على مستوى العالم، خاصة مع إمكانية الحصول على بياناته بشكل مجاني (Persendt, 2009).

أهمية البحث وأهدافه:

تزداد الحساسية للجفاف في أجزاء كبيرة من القطر العربي السوري خاصة في المنطقة الشمالية الشرقية وذلك نتيجة لتزايد السكان وما يتبع ذلك من زيادة الطلب على موارد المياه وتدهور المراعي الطبيعية. من جهة أخرى، تلعب تقنيات الاستشعار عن بعد دوراً كبيراً في دراسة الجفاف. ومن هنا، تهدف الدراسة إلى اختبار كفاءة المؤشرات النباتية المحسوبة اعتباراً من بيانات الاستشعار عن بعد في مراقبة الجفاف من خلال دراسة حالة النبت وعلاقته بنقص الأمطار، ومن ثمّ إمكانية استخدام هذه المؤشرات في مراقبة الجفاف و اعتمادها ضمن برامج مراقبة وإدارة الجفاف لصياغة خطط إدارة فعالة لمكافحة التأثيرات الكارثية للجفاف.

طرائق البحث ومواده:

منطقة الدراسة:

شملت خمس مناطق هي الحسكة، القامشلي، الرقة، دير الزور، البوكمال التي تقع في شمال شرق سورية بين درجتي عرض $37^{\circ}33'$ ، $34^{\circ}13'$ ودرجتي طول $42^{\circ}13'$ ، $38^{\circ}08'$. تشترك منطقة الدراسة بحدودها الشرقية مع العراق والشمالية مع تركيا، أما من جهة الغرب فتحدها محافظة حلب ومن الجنوب حمص. تشكل المنطقة الشمالية الشرقية 41% من إجمالي مساحة سوريا، ويشكل سكان هذه المنطقة 17% من إجمالي عدد سكان سوريا. تعد الزراعة مكوناً أساسياً لاقتصاد هذه المنطقة، وتعد زراعة القمح والشعير والقطن وغيرها من الزراعات الأساسية في هذه المنطقة إضافة إلى المراعي الطبيعية الموجودة فيها.

تصنف منطقة الدراسة مناخياً إلى مناطق شبه جافة، جافة وشديدة الجفاف، وتتميز بوجود فصل جاف طويل يمتد من حزيران حتى تشرين الأول. تم الحصول على بيانات الهطل الشهرية للفترة بين عامي 2000 و2010 من خمس محطات مناخية هي (البوكمال، دير الزور، الحسكة، القامشلي والرقة)، إذ تم الحصول عليها من المديرية العامة للأرصاد الجوية، من ثم ترتيبها وتنظيمها بواسطة برنامج Excel، وحساب قيم الأمطار السنوية والأمطار الشاذة حسب العلاقات التالية:

$$Annual\ Rain = x_1 + x_2 + \dots + x_{12}$$

حيث x_1, x_2, \dots, x_{12} هي الأمطار الشهرية.

$$Rain\ Anomaly = \left[\frac{(R_i - R_{\mu})}{R_{\mu}} \right] * 100$$

حيث R_i هي الأمطار السنوية للسنة i ، R_{μ} متوسط الأمطار السنوية.

استخدمت بيانات الأقمار الصناعية التي تم الحصول عليها من مستشعر MODIS الذي يعد من المستشعرات الأساسية لمراقبة الأنظمة البيئية العالمية (Earth Observing System (EOS)) التابعة لوكالة NASA. تم تحميل سلسلة مؤلفة من صور كل 32 يوم تتميز بدقة مكانية 250م، زمانية 16 يوم، ودقة طيفية 12 قناة طيفية، مباشرة من

مركز بيانات USGS (<http://glovis.usgs.gov>)، استخدمت الصور المأخوذة في شهر نيسان لكل الفترة من 2000 حتى 2010 لكامل منطقة الدراسة. المعالجة الأولية للصور كانت قد تمت قبل تحميلها ولذا تم فقط إرجاعها للنظام الجغرافي العالمي (WGS 1984) وحساب مؤشر NDVI لشهر نيسان حسب المعادلة (1)، وحساب متوسط قيمة NDVI لفترة الدراسة حسب العلاقة (2):

$$NDVI = \frac{R_{NIR} - R_{RED}}{R_{NIR} + R_{RED}} \dots \dots \dots Eq1$$

$$Mean\ NDVI_y = \frac{NDVI_1 + NDVI_2 + \dots \dots \dots + NDVI_{10}}{10} \dots \dots \dots Eq2$$

حيث إن R_{NIR} : قيمة الانعكاس في القناة تحت الحمراء القريبة، R_{RED} قيمة الانعكاس في القناة الحمراء. $NDVI_y$ هي متوسط قيمة NDVI لشهر نيسان خلال الفترة (2000-2010) في كل منطقة الدراسة، $NDVI_1$ هي قيمة NDVI في نيسان 2000، $NDVI_{10}$ هي قيمة NDVI في نيسان 2010. ومن ثم تم حساب NDVI الشاذة وفقاً للعلاقة (3):

$$NDVI\ Anomaly_i = \frac{NDVI_i - Mean\ NDVI}{Mean\ NDVI} * 100 \dots \dots \dots Eq3$$

حيث $NDVI_i$ هي قيمة NDVI في السنة، $Mean\ NDVI$ هي متوسط قيمة NDVI في فترة الدراسة. القيم الناتجة كنسبة مئوية تصنف إلى خمس درجات من شدة الجفاف موضحة في الجدول (1) حسب Chopra (2006).

جدول (1). تصنيف الجفاف الزراعي باستخدام قيم NDVI الشاذة (Chopra, 2006).

صنف الجفاف الزراعي	النسبة المئوية لقيم NDVI الشاذة
جفاف خفيف	0% حتى -10%
جفاف متوسط	-10% حتى -20%
جفاف شديد	-20% حتى -30%
جفاف شديد جدا	أقل من -30%

استخدم برنامج ERDAS imagine 9.2 لإعادة إرجاع الصور (باستخدام الأمر Reproject من تويوب Raster) وبرنامج ArcGis 9.3 في اقتطاع منطقة الدراسة (باستخدام الأمر clip من الأداة Arc catalog) ومن ثم تقسيم منطقة الدراسة حسب المحطات المناخية (باستخدام الأمر Kriging من الأداة Spatial Analyst) وتصدير قيم NDVI إلى برنامج Excel حيث تم ترتيب البيانات وتنظيمها ، وتطبيق المعادلات الرياضية، ومن ثم استخدم برنامج Matlab لتمثيل العلاقة بين قيم NDVI والأمطار السنوية، أما تحليل علاقة الارتباط ومعنويته فقد تم باستخدام برنامج Minitab 16.

النتائج والمناقشة:

1- خصائص الأمطار السنوية خلال الفترة 2000-2010

تعد الأمطار عنصراً أكثر تغيراً على المقياسين الزمني والمكاني، ويعد تراجع كميات الأمطار عن معدلها العام خلال فترة زمنية معينة عاملاً محدداً للجفاف. وتبعاً لمقدار التراجع في الهطل واستمراريته يمكن أن يتطور الجفاف الميئيولوجي إلى جفاف زراعي وأخيراً إلى جفاف هيدرولوجي. والجدول (2) يوضح الخصائص الإحصائية للأمطار السنوية في المناطق الخمس خلال فترة الدراسة.

الجدول (2): الخصائص الإحصائية لكميات الأمطار السنوية في المحطات الخمس خلال الفترة (2010-2000).

المحطة	البوكمال	دير الزور	الحسكة	القامشلي	الرقبة
المتوسط الحسابي (مم)	116.8	140.3	198.0	304.5	144.3
معامل الاختلاف (%)	44.3	39.5	28.8	29.0	40.0
القيمة الصغرى (مم)	54.2	66.6	128.8	198.6	61.7
القيمة العظمى (مم)	244.3	249.7	299.6	463.8	249.8

يوضح الجدول (2) أن المتوسط الحسابي للهطل كان الأعلى في القامشلي والأدنى في البوكمال، مع نسبة اختلاف عالية في الرقة والأعلى في البوكمال؛ مما يظهر مقدار التباين في معدلات الهطل خلال الفترة 2000-2010. سجلت أعلى قيمة هطل عظمى في القامشلي وأدناها في البوكمال؛ وكذلك سجلت أعلى قيمة هطل صغرى في القامشلي وأدناها في البوكمال. وهذا يعطي فكرة عن هطولات هذه المحطات فالقامشلي والحسكة تتمتع بهطل أعلى من باقي المحطات أما البوكمال فهطولاتها هي الأدنى مع تباين أكبر.

2- إعداد خرائط مؤشر الـ NDVI:

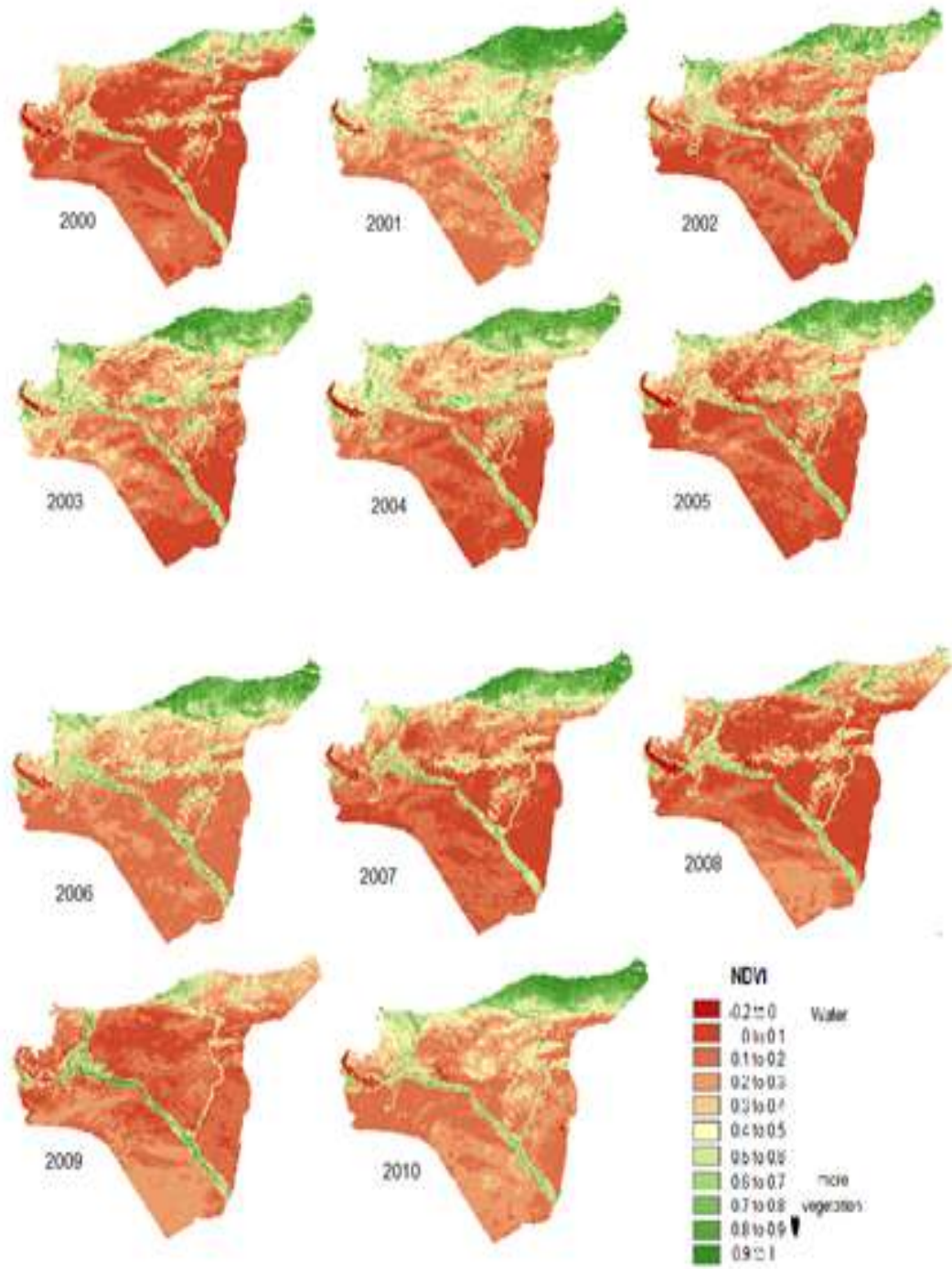
يظهر الشكل (1) خرائط الـ NDVI لشهر نيسان للفترة 2000-2010 لكامل منطقة الدراسة. يعطينا هذا الشكل فكرة عن كثافة وتوزيع النباتات في المحطات المدروسة وهذه الخرائط تعكس حالة النمو النباتي في فصل النمو (موسم إزهار النباتات). كانت القيم الأعلى للـ NDVI (0.19، 0.23، 0.39، 0.12، 0.3) قد سجلت في عام 2001 في محطات البوكمال، دير الزور، الحسكة، القامشلي، الرقة على الترتيب؛ والقيم الأقل كانت (0.13، 0.14) في موسم الـ 2008 والـ 2000 في البوكمال والرقة على الترتيب، أما في موسم 2009 فكانت قيم الـ NDVI لمحطات دير الزور، الحسكة، والقامشلي هي (0.12، 0.12، 0.17) على الترتيب.

تعود قيم الـ NDVI المتدنية إلى حدوث إجهاد مائي بسبب الطقس الجاف، وقد كان موسم 2008/2009 موسم جفاف مع مستويات هطل منخفضة بشكل كبير عن المعدل الطبيعي. بدأت مواسم 2001/2000، 2003/2002 مع أمطار قرب الطبيعي في منطقة الدراسة حيث تالقت أمطاراً جيدة خلال النصف الأول من موسم الهطل (تشرين الأول، تشرين الثاني وكانون الأول) مما أدى إلى زيادة في كثافة النبات؛ يعكس موسم 2008/2009 بشكل واضح كثافة منخفضة للنبات بسبب حالات الجفاف في ذلك الوقت.

يبين الشكل (1) أيضاً تموج قيم الـ NDVI بشكل مترافق مع تغيرات حالات الطقس المحلي، بالمقابل فهي توضح توزيعاً مستقراً تقريباً لقيم الـ NDVI في محطة القامشلي وحول مجرى نهر الفرات؛ يمكن أن ينسب ذلك إلى الزراعة

المروية خلال العام ولا يؤثر كثيراً في تغييرية الأمطار. جدير بالذكر أن القيم السالبة لـ NDVI لم تظهر في منطقة الدراسة رغم جفافيتها، لأن الصور المأخوذة في شهر نيسان تمثل فصل نمو النباتات المزروعة والمراعي الطبيعية، مما يعطي قيم موجبة - رغم انخفاضها - لمؤشر NDVI.

تتفق هذه النتائج مع دراسات عديدة لسلاسل NDVI من أجل فحص استجابة نشاط النبات للمتغيرات المناخية (كالأمطار) لفهم أسباب التغيرات الملاحظة على خضرة النبات (Fensholt and Proud, 2012; Fensholt and Rasmussen, 2011; Eastman *et al.*, 2009)، حيث عكست النتائج التي تم الحصول عليها في دراساتهم إمكانية استخدام مؤشر NDVI في مراقبة الجفاف من خلال تطور المحصول وقياس درجة الإجهاد المائي على الغطاء النباتي.

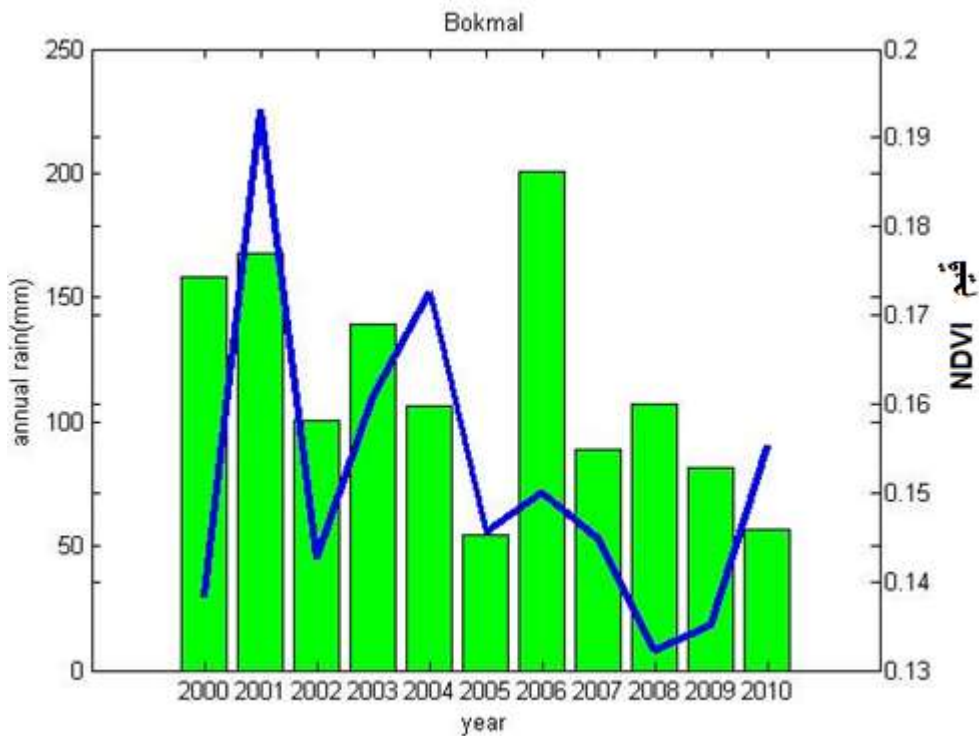


الشكل (1). خرائط NDVI في نيسان من كل عام خلال الفترة المدروسة (2000 - 2010).

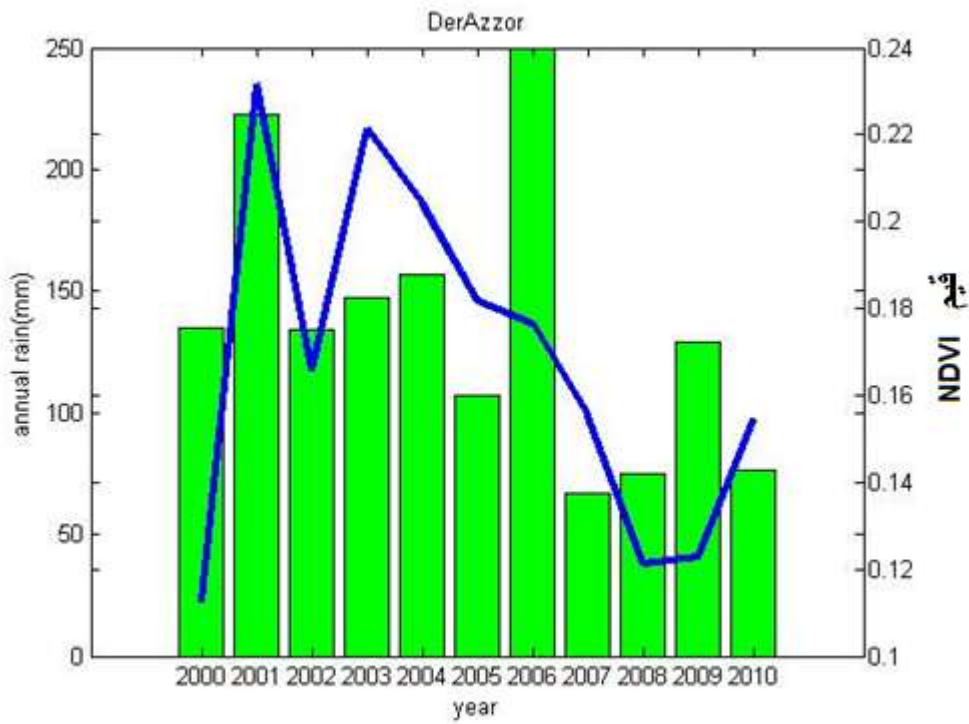
3- علاقة الأمطار مع مؤشر NDVI:

لوحظ توافق جيد بين كل من قيمة الـ NDVI والأمطار السنوية. حيث تظهر الأشكال (2، 3، 4، 5، 6) تغيرية الـ NDVI مع كميات الأمطار السنوية في محطات منطقة الدراسة (البوكمال، دير الزور، الحسكة، القامشلي والرقعة) للفترة 2001-2010.

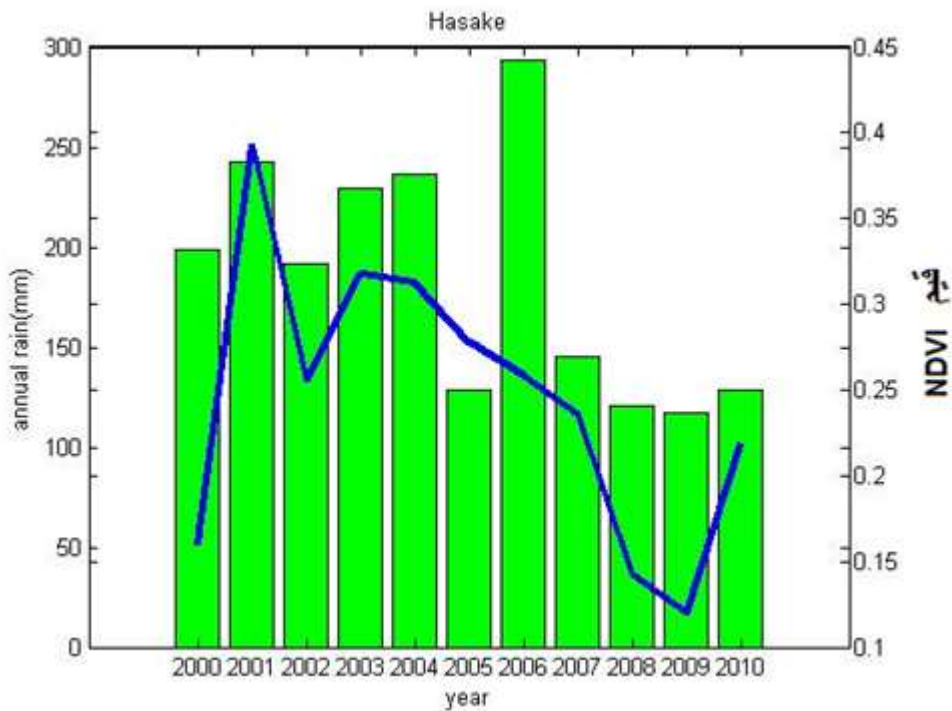
أشارت النتائج إلى وجود توافق جيد نسبياً بين قيم الـ NDVI الأقل وقيمة الهطل المطري المنخفض في عامي 2008 و2009 لكل محطات الدراسة، وبين قيم الـ NDVI الجيدة مع قيم الهطل المطري السنوي الجيدة لعامي 2003 و2004 حيث بلغت قيمة NDVI في القامشلي مثلاً 0.6 تقريباً. خلال هذه الفترة كان هناك تغيرات سنوية كبيرة في كل من الهطل المطري و NDVI. في عام 2006 كانت قيمة الهطل عالية في جميع المحطات إلا أن ذلك لم يؤثر على قيمة NDVI في ذلك العام، يفسر ذلك بالأثر التراكمي للجفاف على محتوى التربة من الرطوبة حيث كان الهطل في عام 2005 منخفض نسبياً في جميع المحطات ويتفق ذلك مع نتائج دراسة Muhaimed and Al-Hednysuhad (2013) حيث تستجيب NDVI بشكل أسرع لانخفاض الهطل في فترات الجفاف من زيادته في السنوات الرطبة.



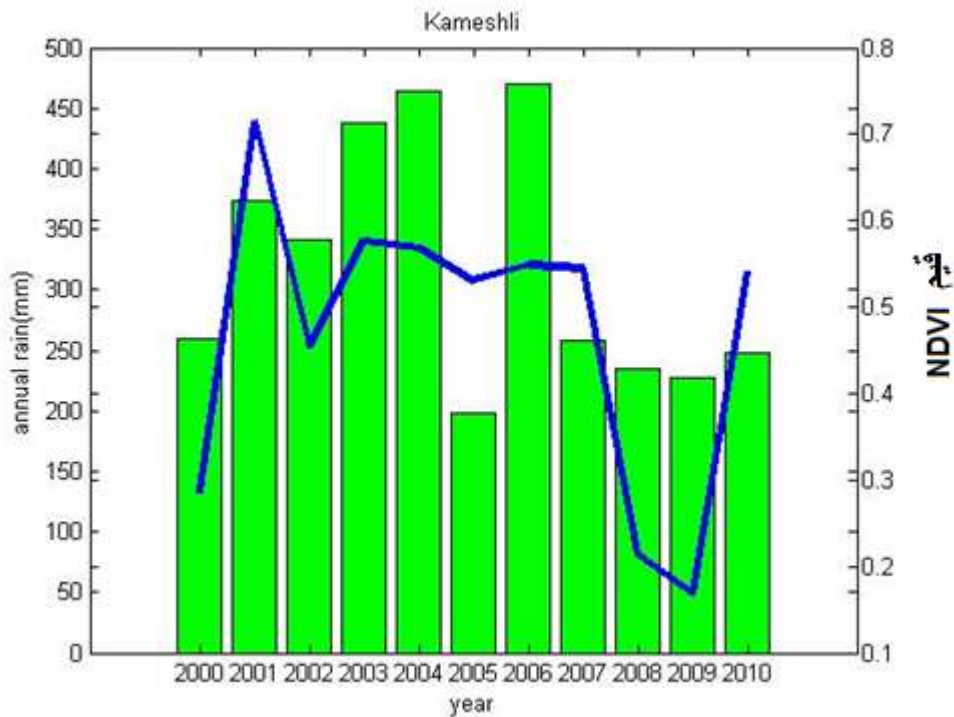
الشكل (2). تغيرات NDVI مع الأمطار السنوية في البوكمال في نيسان خلال الفترة (2010 - 2000).



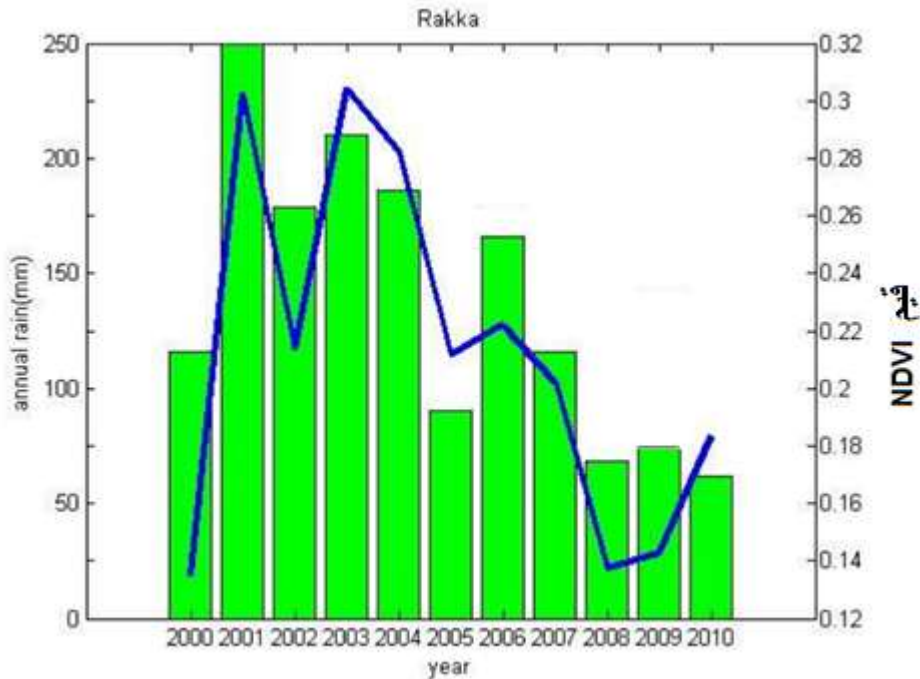
الشكل (3). تغيرات NDVI مع الأمطار السنوية في دير الزور في نيسان خلال الفترة (2010 - 2000).



الشكل (4). تغيرات NDVI مع الأمطار السنوية في الحسكة في نيسان خلال الفترة (2010 - 2000).



الشكل (5). تغيرات NDVI مع الأمطار السنوية في القامشلي في نيسان خلال الفترة (2010 - 2000).



الشكل (6). تغيرات NDVI مع الأمطار السنوية في الرقة في نيسان خلال الفترة (2010 - 2000).

اعتماداً على دراسة العلاقة الإحصائية بين الأمطار السنوية و NDVI خلال فترة الدراسة والموضحة في الجدول (3)، أنجز تحليل الارتباط بينهما لكل محطات الدراسة خلال الفترة من 2010 - 2000. تشير نتائج الجدول (3) إلى قوة علاقة الارتباط بين الأمطار ومؤشر NDVI والتي تبين ارتباطاً قوياً ومعنوياً في الرقة حيث بلغت قيمة معامل الارتباط (0.795) وقيمة P- Value أقل بكثير من مستوى المعنوية 5%، في حين باقي المحطات أظهرت

النتائج قوة ارتباط متوسطة في حدود (0.5) وغير معنوية. يمكن أن نفسر ذلك بأن نسبة المراعي في الرقة تبلغ حوالي 50% من مساحتها ونسبة الأراضي المزروعة المروية هي 10% من إجمالي مساحتها، وهذه النسب هي الأقل تقريباً في منطقة الدراسة، أي : أنها تؤثر على نباتات هذه المنطقة (وبالتالي قيمة NDVI) هي الأمطار فقط (وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، 2012).

الجدول (3): قيم معامل الارتباط والمعنوية بين الامطار السنوية وNDVI خلال الفترة (2010-2000).

اسم المحطة	معامل الارتباط	P- Value
البوكمال	0.538	0.088
دير الزور	0.431	0.186
الحسكة	0.534	0.090
القامشلي	0.510	0.109
الرقة	0.795	0.003

عموماً، تؤكد نتائج هذا البحث، تلك النتائج المقدمة من قبل Ghulam وآخرين (2008) و Qin وآخرين (2008) لحالات المناطق الجافة وشبه الجافة، التي تقول : إنه يمكن استخدام NDVI كمؤشر جفاف بسيط وفعال، مع إمكانية ربط هذا المؤشر مع بيانات أخرى كالرطوبة والحرارة إضافة إلى الأمطار.

4- تصنيف الجفاف الزراعي حسب قيم NDVI

تم حساب NDVI الشاذة لشهر نيسان في الفترة 2010-2000 لمحطات لمنطقة الدراسة وفق المعادلة (3)، من أجل اكتشاف الجفاف الزراعي ووضحت القيم الحدية المستخدمة في هذه الدراسة لتصنيف خطر الجفاف الزراعي باستخدام قيم NDVI الشاذة في الجدول (1) (Murad and Saiful, 2011 and Chopra, 2006).

يظهر الجدول (4) قيم NDVI الشاذة لمنطقة الدراسة، حيث يتضح أنه خلال سنوات الهطل المنخفض بأن قيم NDVI كانت أيضاً منخفضة، ويظهر بشكل رئيسي أن عامي 2008 و 2009 يتسمان بالجفاف في كل المحطات بما يماثل قيم الهطل الشاذة السلبية. عام 2008 كان عاماً متوسط الجفاف في البوكمال وشديد الجفاف في باقي المحطات؛ وفي عام 2009 كان الجفاف شديداً في محطتي القامشلي والحسكة ومتوسطاً في الرقة ودير الزور وخفيفاً في البوكمال.

يظهر نفس الجدول أن كل المحطات كان لها جفاف خفيف في 2006 - 2007 وكذلك خلال عام 2010، بينما في عام 2000 كان الجفاف شديداً في محطات الرقة، الحسكة ودير الزور؛ متوسطاً في القامشلي وخفيفاً في البوكمال.

وهكذا، فإن هذه الدراسة تظهر أن قيم NDVI تعتمد بشكل كبير على معدل الأمطار في المنطقة. تتفق هذه النتائج مع النتائج المسجلة في دراسة Li *et al.* (2002) في الصين؛ وChopra (2006) في الهند و Shahabfar and Eitzinger (2011) في ايران، حيث وجدوا أن NDVI له علاقة إيجابية مع الأمطار وهو مؤشر جيد عن نشاط النبات.

جدول (4). تصنيف الجفاف الزراعي اعتماداً على قيم NDVI الشاذة خلال الفترة 2000-2010.

المحطة	البوكمال		دير الزور		الحسكة		القامشلي		الرقبة	
	الشاذة NDVI	تصنيف الجفاف	الشاذة NDVI	تصنيف الجفاف	الشاذة NDVI	تصنيف الجفاف	الشاذة NDVI	تصنيف الجفاف	الشاذة NDVI	تصنيف الجفاف
2000	-10	خفيف	-21	شديد	-22	شديد	-19	متوسط	-20	شديد
2001	14	-	15	-	25	-	24	-	18	-
2002	-3	خفيف	3	-	-1	خفيف	4	-	2	-
2003	8	-	21	-	20	-	17	-	23	-
2004	15	-	24	-	30	-	21	-	30	-
2005	3	-	9	-	12	-	8	-	7	-
2006	-2	خفيف	-1	خفيف	0	خفيف	3	-	-4	خفيف
2007	-5	خفيف	-7	خفيف	-6	خفيف	-4	خفيف	-10	خفيف
2008	-12	متوسط	-21	شديد	-30	شديد	-37	شديد جدا	-25	شديد
2009	-7	خفيف	-17	متوسط	-27	شديد	-32	شديد جدا	-18	متوسط
2010	-1	خفيف	-5	خفيف	0	خفيف	15	-	-4	خفيف

-في الواقع وفي ظل التطور الحاصل في مجال الاستشعار عن بعد والمؤشرات المشتقة منه مقارنة بالثغرات الشائعة في البيانات المناخية على المستويين المكاني والزمني. فإن مؤشرات الاستشعار عن بعد تعد مناسبة لمراقبة الجفاف بسبب تغطيتها المكانية الواسعة وتوفرها بشكل مجاني. وتؤكد نتائج هذه الدراسة الحاجة إلى استخدام مؤشر NDVI كأداة فعالة ومفيدة في مراقبة الجفاف والدخول بالتالي ضمن خطط إدارته والتقليل من آثاره.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

- أعطت خرائط NDVI فكرة عن كمية وتوزيع النباتات في منطقة الدراسة، وعكست حالة النبات والخضرة.
- انخفضت قيم NDVI الشاذة خلال سنوات 2009، 2008، 2001 التي اتسمت بالجفاف الشديد في منطقة الدراسة.

- اتفقت تغيرات قيم NDVI مع تغيرات الهطل في جميع المحطات وكان الارتباط قوياً ومعنوياً في الرقبة بمعامل ارتباط 0.8 ومستوى معنوية أقل من 5%.

التوصيات:

- تعكس النتائج التي تم الحصول عليها من خرائط الـNDVI إمكانية استخدام هذا المؤشر في مراقبة الجفاف في منطقة البحث من خلال مراقبة تطور النبات وقياس درجة الإجهاد المائي على الغطاء النباتي.
- دراسة واختبار مؤشرات مشتقة من بيانات الاستشعار عن بعد خاصة بالجفاف.

المراجع:

المراجع العربية

- 1- وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، 2012. المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية لعام 2011. قسم الإحصاء، سورية، 2012.

المراجع الأجنبية

- 1- CHOPRA, P. *Drought risk assessment using remote sensing and GIS, A case study in Gujarat, M. Sc. Thesis, Dept. of Geo-information Science and Earth Observation, ITC,2006, Netherlands.*
- 2- EASTMAN, J. R.;SANGERMANO, F.;GHIMIRE, B.;ZHU, H. L.;CHEN, H.; Neeti, N. *Seasonal trend analysis of image time series.* International Journal of Remote Sensing. 30,2009, 2721-2726.
- 3- FENSHOLT, R.;PROUD, S. R. *Evaluation of earth observation based on long term vegetation trends- comparing GIMMS and MODIS global NDVI time series.* Remote sensing of Environment, 119,2012, 131-147.
- 4- FENSHOLT, R.;RASMUSSEN, K. *Analysis of trends in the Sahelian „rain-use efficiency“ using GIMMS NDVI, RFE and GPCP rainfall data.* Remote sensing of Environment, 115,2011, 438-451.
- 5- GHULAM, A.; QIN, Q.; KUSKY, T.; LI, Z. L. *A re-examination of perpendicular drought indices.* International Journal of Remote Sensing 29,2008, 6037-6044.
- 6- KOGAN,F. N. *Remote sensing of weather change impact on vegetation index in non-homogenous areas.* International Journal of Remote Sensing, Vol. 11, 1990, 1405-1421.
- 7- LI, B.; TAO, S.; DAWSON R. W. *Relations between AVHRR NDVI and ecoclimatic parameters in China.* International Journal of Remote Sensing Vol. 23 (5), 2002, 989-999.
- 8- Li, J., Lewis, J.; ROWLAND, J.; TAPPAN, G.; TIESZEN, L. L. *Evaluation of land performance in Senegal using multi-temporal NDVI and rainfall series.* Journal of Arid Environment, Vol. 59, 2004, 463-480.
- 9- MARTINY, N.; CAMBERLIN, P.; RICHARD, Y.; PHILIPPON, N. *Compared regimes of NDVI and rainfall in semiarid regions of Africa.* International Journal of Remote Sensing, 27,2006, 5201-5223.
- 10- MURAD, H.; SAIFUL, A. K. M. 2011. *Drought assessment using remote sensing and GIS in north-west region of Bangladesh.* 3rd International Conference on Water and Flood Management (ICWFM).
- 11- PERSENDT, F. C. 2009. *Drought Risk Analysis using Remote Sensing and GIS in the Oshikoto Region of Namibia.* M.Sc. thesis, Dept. of Environment and Development, University of KwaZulu-Natal, Pietermaritzburg.
- 12- QIN, Q.; GHULAM, A.; ZHU, L.; WANG, L.; LI, J.; NAN, P. *Evaluation of MODIS derived perpendicular drought index for estimation of surface dryness over northwestern China.* International Journal of Remote Sensing 29,2008, 1983-1995.
- 13- QUIRING, S.M.; GANESH, S. *Evaluating the utility of the Vegetation Condition Index (VCI) for monitoring meteorological drought in Texas.* Agricultural and Forest Meteorology 150, 2010, 330-339.
- 14- RATHORE, M. S. 2004. *State level analysis of drought policies and impacts in Rajasthan, India* Working paper 93, Drought Series. Paper 6 (India: International Water Management Institute).

- 15- SHAHABFAR, A.; EITZINGER, J. *Agricultural drought monitoring in semi-arid and arid areas using MODIS data*. Journal of Agricultural Science, 149,2011, 403-414.
- 16- TUCKER, C. J. *Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation*. Remote Sensing Environmental, 8, 1979, 127–150.
- 17- United Nations Development Program (UNDP). *Drought impact assessment, recovery and mitigation framework and regional project design in Kurdistan region (KR)*. December 2010.
- 18- VICENTE-SERRANO, S.; CUADRAT-PRATS, J. M.; ROMO, A. *Early prediction of crop productivity using drought indices at different time scales and remote sensing data: application in the Ebro valley (north east Spain)*. International Journal of Remote Sensing, 27, 2006, 511–518.
- 19- YANG, L.; YAN, W.; MERCHANT, J. M. *An assessment of AVHRR/NDVI ecoclimatological relations in Nebraska, USA*. International Journal of Remote Sensing 18 (10),1998, 2161-2180.