

تحديد درجات الجفاف في شمال غربي سوريا باستخدام الأدلة الطيفية EVI، LAI، TVI من منتجات صور MODIS الفضائية

سوزان فتحي قرموقة⁽¹⁾ وأحمد الحاج أحمد⁽¹⁾ وإياد أحمد الخالد⁽²⁾

(1) قسم الموارد الطبيعية المتجددة والبيئة، كلية الزراعة، جامعة دمشق، سوريا

(2) قسم الدراسات والبحوث الزراعية، الهيئة العامة للاستشعار عن بعد، دمشق، سوريا

استلام 18 سبتمبر 2017م - قبول 14 فبراير 2018م

الملخص

أصبحت مراقبة ظاهرة الجفاف وتحديد أثرها في الغطاء النباتي أسهل من ذي قبل نتيجة لظهور التقنيات الحديثة، كتقنية الاستشعار عن بعد التي تتميز بالشمولية وتوفير التكلفة والجهد بالمقارنة مع الطرق التقليدية. هدفت الدراسة إلى استخدام الأدلة: (EVI) Enhanced Vegetation Index الدليل النباتي المحسن و (LAI) Leaf Area Index دليل المساحة الورقية و (LST) Land surface temperature درجة حرارة سطح الأرض من منتجات MODIS، لتحديد درجات التأثير بالجفاف الزراعي في شمال غرب سوريا للفترة 2001-2016، بحساب الدليل الحراري النباتي (TVI) Thermal Vegetation Index، وأظهرت النتائج إمكانية استخدام البيانات الفضائية في دراسة الظواهر البيئية وقدرتها على توضيح التوزيع المكاني لهذه الظواهر؛ حيث أشارت النتائج إلى أن عام 2003 هو الأقل تأثراً بالجفاف، بينما عام 2016 هو الأشد جفافاً؛ إذ كانت نسبة مساحة المناطق المتأثرة بالجفاف الشديد جداً 39.42%، 88.26% على التوالي من المساحة الكلية لمنطقة الدراسة، وأن معامل الارتباط بين الهطول المطري وكل من EVI و LAI عند مستوى دلالة 0.05 كان $r=0.57$ ، $r=0.59$ على التوالي، لتشير إلى علاقة طردية لم تصل لدرجة المعنوية، بينما معامل الارتباط مع TVI سجل قيمة معنوية سالبة $r=-0.65$ عند مستوى دلالة 0.05، دل ذلك على أن دليل الجفاف TVI كان أكثر دقة من دليلي LAI و EVI في تحديد حالة الجفاف وشدته وتوزعه المكاني والجغرافي.

الكلمات المفتاحية: الجفاف الزراعي، الغطاء النباتي.

المقدمة

في حده كنتيجة لتغير المناخ. وتكون البداية بمراقبة هذه الظاهرة، التي أصبحت مراقبتها في الوقت الراهن أسهل نتيجة لظهور التقنيات الحديثة؛ مثل تقانة الاستشعار عن بعد التي تملك خاصية مميزة في مثل هذه الدراسات، وهي إمكانية مراقبة مساحات كبيرة تعجز أمامها الطرائق التقليدية، إضافة إلى عامل المرونة الزمنية من حيث التكرارية العالية للحصول على معطيات تصل إلى صورتين يومياً، بالإضافة إلى سهولة وسرعة معالجة هذه البيانات واستخلاص النتائج. وتجدر الإشارة إلى التوفير في التكلفة والجهد مقارنة بالطرق التقليدية. حيث قام Anderson *et al.* (2007) بمحاولة أولية لتقييم قدرة المستشعر (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) MODIS الصور متوسطة الدقة للتصوير متعدد الأطياف) من خلال بعض الدلائل (Normalized Difference Vegetation) NDVI قرينة التغيرات النباتية) و (Enhanced Vegetation Index) EVI القرينة النباتية المحسنة) و (Normalized Difference Water) NDWI و Index مؤشر القرينة المائية) لتحديد آثار الجفاف

يعد الجفاف من أخطر الظواهر الطبيعية المدمرة التي قد تصيب منطقة بعينها فترة من الزمن وأشار Saarinen (1966) إلى إن الجفاف يظهر نتيجة شح الهطول المطري الذي يؤدي إلى تناقص الإنتاج النباتي ويخلف آثاراً اجتماعية واقتصادية متباينة. تعد ظاهرة الجفاف إحدى التحديات الأساسية التي تؤثر في التنمية في سوريا ويمكن رؤية تأثير الجفاف في كل النشاطات، ولا سيما الزراعية والاقتصادية والاجتماعية بدرجات مختلفة، وتعرضت سوريا اعتباراً من عام 2007 لأسوأ موجة جفاف تشهدها البلاد منذ عام 1902 (Hoerling *et al.*, 2012). وبلغ الجفاف ذروته في شتاء 2007-2008 حين تراجعت معدلات الهطول المطري وتناقصت الموارد المائية، إضافة إلى هبوب العواصف الرملية وارتفاع درجات الحرارة بشكل كبير ما تسبب في خسارة مساحات واسعة من الأراضي الزراعية (وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، 2011). وهنا تظهر أهمية دراسة الجفاف والتنبؤ بحدوثه ووضع خطط للتحكم به والتخفيف من أضراره، واعتباره أمراً واقعاً ولا سيما في ظل ما هو متوقع من زيادة

سبتمبر من عام 2010. وقامت مرهج (2014) باستخدام NDVI و SPI في تقدير الجفاف في المنطقة الشمالية الشرقية من سوريا ودلت النتائج على أن الأعوام 2000 و2008 و2009 اتصفت بالجفاف حسب قيم المؤشرين المستخدمين. وبين (Meir et al. (2008) و (Du et al. (2015) أن التأثير الشديد للجفاف يظهر بحالة انخفاض قيم LAI (Leaf Area Index دليل المساحة الورقية) بينما تدل القيم المرتفعة على تأثر ضعيف بالجفاف. واستخدم الخالد وآخرون (2017) NDVI مع بيانات الهطول المطرية لمراقبة الجفاف وتتبع تغيرات الكتلة الحية والغطاء النباتي في سوريا حيث أظهرت النتائج أن أقل قيمة لدليل NDVI سجلت عام 2008 معبرة عن أشد السنين جفافاً وأعلى قيمة كانت عام 2003 معبرة عن أقل السنين جفافاً. وقد هدفت الدراسة الحالية إلى مراقبة الجفاف في شمال غرب سوريا للفترة الزمنية 2001-2016 باستخدام دليل EVI و LAI و TVI وتحديد درجة التأثير بالجفاف وتوزعه المكاني.

المواد وطرق البحث

1. منطقة الدراسة

أجريت الدراسة على محافظات شمال غربي سوريا (اللاذقية، طرطوس، حلب، حماة، إدلب)، التي تتميز بمناخ متوسطي يتدرج من الجاف بمعدل هطول مطري بين 300 - 500 مم إلى الرطب بمعدل هطول مطري أكبر من 1000 مم حسب تقسيمات أمبرجيه (Quezel, 1977)، وتشكل مساحتها حوالي 37000 كم²، تقع بين خطي عرض (34.36 - 36.58) وبين خطي طول (35.40 - 38.45)، الشكل (1).

يتنوع الغطاء النباتي في منطقة الدراسة، وتسيطر الغابات على الجزء الغربي من المنطقة وتشكل نسبة 8.4% تقريباً من المساحة الكلية، إذ تشكل الغطاء النباتي الأساسي لسلسلة الجبال الساحلية بسفحها الغربي والشرقي، كما تستمر بالاتجاه الشمالي الشرقي حيث تغطي الأجزاء الغربية من محافظتي حلب وإدلب، وتشكل الصنوبريات والسنديانان الأنواع الرئيسة لهذه الغابات. ويتوسط سهل الغاب منطقة

الحاصل على الغابات المدارية في الأمازون، ولاحظ الباحثون أن مؤشر EVI استجابته لتغيرات هطول الأمطار أكبر من المؤشرين السابقين، واستخدم (Hammouri and El-Naqa (2007) دليل SPI (Precipitation Index Standard) دليل المطر (القياسي) و NDVI لتقييم الجفاف لحوض عمان-الزرقاء، شمال الأردن، وبينت النتائج أن المزج بين المؤشرات المختلفة كان جيداً لفهم أحسن ومراقبة أفضل لظروف الجفاف في المناطق شبه الجافة مثل عمان-الزرقاء.

واستخدم (Jian-jun and Cheng-lin (2008) Normalized Difference Drought) NDDI Index (مؤشر قرينة الجفاف) و NDVI و NDWI لرصد الجفاف في الصين وأشارت النتائج أن دليل NDDI كان أكثر حساسية للجفاف من الدليلين الآخرين، وقد أعطى نتائج جيدة في عام 2007 من حيث تحديد مكان الجفاف وزمانه، واستخدم (Bajgiran et al. (2009) دليل (Vegetation) VWI (Water Index قرينة المحتوى المائي للنبات) و NDVI لرصد وتقييم الجفاف في الشمال الغربي لإيران، وكان دليل NDVI هو الأفضل ارتباطاً مع الهطول في مختلف أنواع الأغصية الأرضية، وأشار (Murad and Islam (2011) عند استخدامها SPI و NDVI إلى أن مناطق المركز والشمال والجنوب الغربي من منطقة شمال غرب بنغلادش هي الأكثر عرضة للجفاف المناخي والزراعي. واستخدم (Son et al. (2012) درجة حرارة سطح الأرض NDVI و (LST Land Surface Temperature) لمراقبة الجفاف الزراعي في حوض نهر ميكونغ الأدنى وحساب (Temperature Vegetation Dryness Index) دليل درجة جفاف النبات) وبينت النتائج أن أكبر المساحات التي تعرضت للجفاف كانت بين أعوام 2003-2006 مقارنة بالأعوام الأخرى.

واستخدم (Darwati et al. (2013) الدليل الحراري النباتي TVI (Thermal Vegetation Index) عند دراسة توزيع الجفاف الزراعي في حقول الأرز في جاوا الغربية حيث أشارت النتائج إلى أن أعلى مستوى للجفاف حدث في شهر أيلول/سبتمبر من عام 2006 وشمل معظم المنطقة المدروسة وأن أدنى مستوى للجفاف حدث في شهر أيلول/

3-1. الدليل النباتي المحسن (EVI)

هو تحسين للدليل الطيفي النباتي NDVI واسع الشهرة والاستخدام؛ حيث يستخدم هذا الدليل، لتصحيح انعكاسات التربة والحد من تأثيرات الغلاف الجوي، ويكون أكثر فائدة في بعض الأحيان من NDVI. تتراوح قيمته بين -1 و +1، والمدى الشاسع لهذا الدليل في الأغطية النباتية الخضراء هو 0.2 حتى 0.8. ويجسب وفق المعادلة رقم (1)، (Huete et al., 1997):

$$EVI = 2.5 \frac{(P_{NIR} - P_R)}{(P_{NIR} + 6P_R - 7.5P_B + 1)} \quad (1)$$

حيث إن:

P_{NIR} : هو الانعكاس الناتج عن المجال الطيفي تحت الأحمر القريب.

P_R : هو الانعكاس الناتج عن المجال الطيفي الأحمر المرئي.

P_B : هو الانعكاس الناتج عن المجال الطيفي الأزرق المرئي.

يشتق هذا الدليل من الصور الفضائية من نوع MODIS، على شكل منتج يحمل الاسم MOD13Q1 ذا الدقة المكانية 250 متراً، بحيث يعبر كل بيكسل عن قيمة لهذا الدليل، بتكرار زمني 15 يوماً وبمستوى معالجة level3. Ground area m².

3-2. دليل المساحة الورقية (LAI)

هو دليل كمي يصف الظلة النباتية (Plant Canopy)، يعرف بأنه مساحة المسطح الورقي بالنسبة إلى مساحة سطح الأرض التي تشغلها المعادلة رقم (2)، وتختلف قيمة هذا الدليل بحسب نوع الغطاء النباتي، وأطوار النمو المختلفة للنبات، وتتراوح قيمته بالعموم من 0 إلى 12 (Watson, 1947).

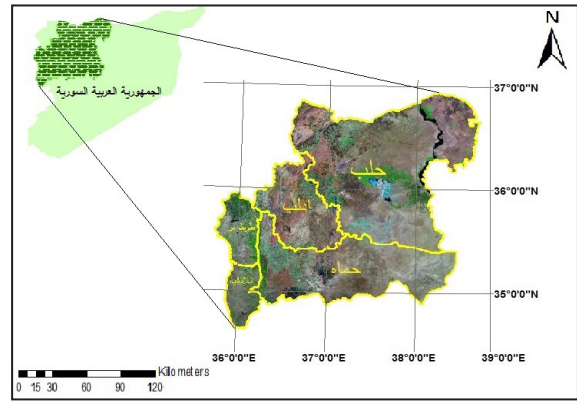
$$LAI = \frac{\text{Leaf area m}^2}{\text{Ground area m}^2} \quad (2)$$

يشتق هذا الدليل من الصور الفضائية MODIS، على شكل منتج يحمل الاسم MOD15A2 ذي دقة مكانية 1000 متر، بحيث يعبر كل بيكسل فيه عن قيمة دليل المساحة الورقية LAI، ويتكرر زمني 8 أيام وبمستوى معالجة level3.

3-3. درجة حرارة سطح الأرض (LST)

تختلف حرارة الأهداف الأرضية عن حرارة الهواء المحيطة المسجلة في تقارير المحطات المناخية،

الدراسة، وتبلغ مساحته 50 ألف هكتار، ويتميز بزراعة المحاصيل الحقلية، تليه سهول تشغل أجزاءً من محافظات حماة وحلب وإدلب تنتشر فيها بشكل أساسي زراعات المحاصيل المروية والبعليّة وأشجار الفستق الحلبي والزيتون، وتشكل الأراضي المزروعة نسبة 59% تقريباً من المساحة الكلية، أما الجزء الشرقي من منطقة الدراسة (شرقي محافظتي حماة وحلب) فتسوده أراضي المراعي وتشكل تقريباً 21% من المساحة الكلية (وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، 2012)، (وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، 2015).



شكل (1): منطقة الدراسة

2. بيانات الهطول المطري

تم الحصول على بيانات الهطول المطري لـ 66 محطة مناخية تغطي منطقة الدراسة تعبر عن كمية الهطول المطري لكل شهر (وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، 2011)، وتم حساب كمية الهطول المطري للموسم الممتد لتسعة أشهر من شهر أيلول/سبتمبر للعام السابق وحتى شهر نيسان/أبريل من للعام التالي حيث تعبر هذه الفترة عن بداية ونهاية موسم الهطول المطري في منطقة الدراسة خلال موسم الشتاء، ثم حسب متوسط تراكمي هذه المحطات للتعبير عن تراكمي الهطول للموسم في كل عام لمنطقة الدراسة.

3. الأدلة المستخدمة

اشتقت جميع الأدلة المستخدمة من بيانات MODIS الفضائية، التي تم تحميلها من موقع الوكالة الأمريكية للمسح الجيولوجي USGS: (www.earthexplorer.com)، وهذه الأدلة هي:

لشهر نيسان (لتعبيرها عن ذروة النمو الخضري) ضمن سلسلة زمنية تمتد من عام 2001 إلى 2016 من موقع الوكالة الأمريكية للمسح الجيولوجي USGS.

2-4. مرحلة معالجة الصور باستخدام برنامج ER-DAS imagine 2014 وتشمل:

- إجراء عملية التجميع (الموزايك Mosaic) للمشاهدين الممثلين لأراضي الجمهورية العربية السورية h20v5 و h21v5 لجميع التواريخ المحملة من 2001 إلى 2016 ثم القيام بعملية تحديد الإسقاط (utm zone 37N) لجميع المشاهد وفق نظام الإسقاط العالمي UTM_WGS84، بعد ذلك تم اقتطاع المساحة الممثلة لمنطقة الدراسة وفق الحدود الإدارية المعتمدة من وزارة الإدارة المحلية.

- إزالة القيم الخاطئة من الصورة: ويتم ذلك على منتج LAI حيث تحوي الصورة قيماً رقمية تتراوح بشكل أساسي بين 1- 60 وبعض البكسلات تكون لها قيم قد تصل 256، هذه القيم تعد خاطئة (Jordy, 2016). وذلك بتطبيق نموذج باستخدام أداة Model maker ضمن برمجية ERDAS imagine 2014 بتطبيق الشرط التالي:

```
OR (245 <n_Layer) IF 0 EITHER]
[OTHERWISE n_Layer
```

- تعديل القيم باستخدام معامل التصحيح (scale factor): تحوي صور LAI، EVI، و LST على بيانات أولية يجب تصحيحها باستخدام معامل تصحيح خاص هو 0.1 لصورة LAI، 0.001 لصورة EVI و 0.02 لصورة LST ليتم تحويل بيانات كل صورة لتعبر عن قيم هذه الأدلة، من خلال نموذج صُمم ببرمجية ERDAS imagine 2014.

- إنتاج الخرائط المعبرة عن توزيع قيم LAI و EVI باستخدام الأداة Symbology (ترميز) ضمن برمجية ArcGIS.

- حساب دليل الجفاف TVI بتطبيق المعادلة الخاصة به ضمن برمجية ERDAS imagine 2014.

- مرحلة تصنيف الصور الفضائية لمنطقة الدراسة المعبرة عن الدليل TVI من خلال تطبيق

و LST هو أحد منتجات المستشعر MODIS الذي يعكس قيمة حرارة الأهداف الأرضية المختلفة، من الغابات دائمة الخضرة والشجيرات، والغابات متساقطة الأوراق، وأراضي المحاصيل والأعشاب، والمسطحات المائية الداخلية، والثلوج والجليد، والأراضي الجرداء من التربة المكشوفة والرمال والصخور، والمناطق السكنية (Wan, 1999). ويُستخدم هذا المنتج في مراقبة أثر ازدياد تسخين الأرض في الطقس والأنماط المناخية وتأثير غازات الدفيئة في حرارة الأرض وبالتالي في الغطاء النباتي لسطح الأرض (Wan, 2007). يشق هذا الدليل من الصور الفضائية من نوع MODIS، على شكل منتج يحمل الاسم MOD11A2 ذا الدقة المكانية 1000 متر، والتكرار الزمني 8 أيام وبمستوى معالجة level3.

3-4. الدليل الحراري النباتي (TVI)

يعبر هذا الدليل عن النسبة بين درجة حرارة سطح الأرض LST والدليل النباتي المحسن EVI ويستخدم لرصد ظروف الجفاف الزراعي (Dirgahayu, 2006)، ويحدد خمس درجات تعبر عن حالة التأثير بالجفاف وفق هذا الدليل، الجدول (1)، ويحسب من المعادلة رقم (3):

$$TVI = \frac{LST}{EVI} \quad (3)$$

جدول (1): درجات التأثير بالجفاف حسب دليل TVI

درجة التأثير بالجفاف	قيمة TVI
لا يوجد تأثير	> 55
تأثير بسيط	70 - 55
تأثير معتدل	85 - 71
تأثير شديد	99 - 85
تأثير شديد جداً	< 99

4. منهجية العمل

1-4. مرحلة تجميع البيانات: تم تحميل جميع الصور من نوع MODIS للمنتج MOD15A2 المعبر عن دليل مساحة الورقة LAI والمنتج MOD13Q1 المعبر عن دليل القرينة النباتية EVI والمنتج MO-D11A2 المعبر عن حرارة سطح الأرض LST والتي تغطي أراضي الجمهورية العربية السورية

النتائج والمناقشة

1. دليل EVI و LAI للسلسلة الزمنية 2001-2016
أنتجت خرائط السلسلة الزمنية لقيم LAI و EVI لمنطقة الدراسة من عام 2001 حتى عام 2016 لشهر نيسان، وتم تصنيفها ضمن برمجية ArcGIS لإظهار توزيع القيم لكل دليل، حيث تراوحت قيم EVI بين -0.3 و 0.89، وبالنظر إلى الشكل (2) نجد أن انتشار القيم المرتفعة لهذا الدليل قد تحقق بشكل واضح في 2003 و 2015، وأن أدناها كان في 2008، 2014 و 2016.

وبما أن دليل الـ EVI دليل نباتي ويرتبط بالكم الخضري للنباتات، وتتراوح قيمته من -1 إلى +1 فهذا يعني أنه كلما زادت قيمة هذا الدليل أشار إلى كم خضري وكتلة حية خضراء أعلى، ومنه نستنتج أن أكثر السنوات تسجيلاً للكتلة الحية الخضراء في منطقة الدراسة في هذا التاريخ كانت في 2003 و 2015 في حين أن أقلها كانت في 2008، 2014 و 2016.

نموذج (Model) باستخدام أداة Model maker ضمن برمجية ERDAS imagine 2014، حيث يحدد ضمن هذا النموذج الدرجات الخمس للتأثر بالجفاف، جدول (1)، الناتجة عن حساب الدليل TVI وفق المعادلة (3).

3-4. تحليل النتائج بدراسة ارتباط قيم الهطول المطري مع LAI، EVI و TVI باستخدام معامل الارتباط بيرسون وفق المعادلة (4):

$$r = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2 \sum(y-\bar{y})^2}} \quad (4)$$

حيث :

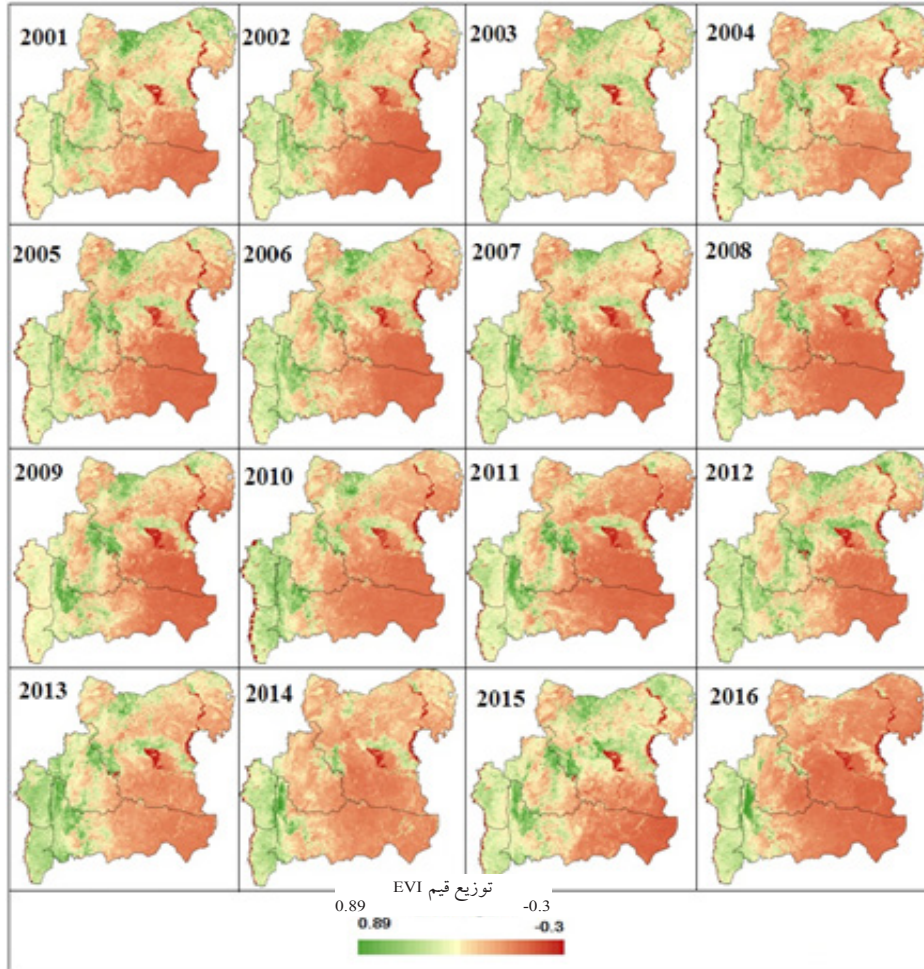
r: معامل الارتباط.

\bar{x} : الوسط الحسابي لقيم العامل المستقل x.

\bar{y} : الوسط الحسابي للعامل المستقل y.

$(x - \bar{x})$: انحراف قيم العامل x عن وسطها الحساب.

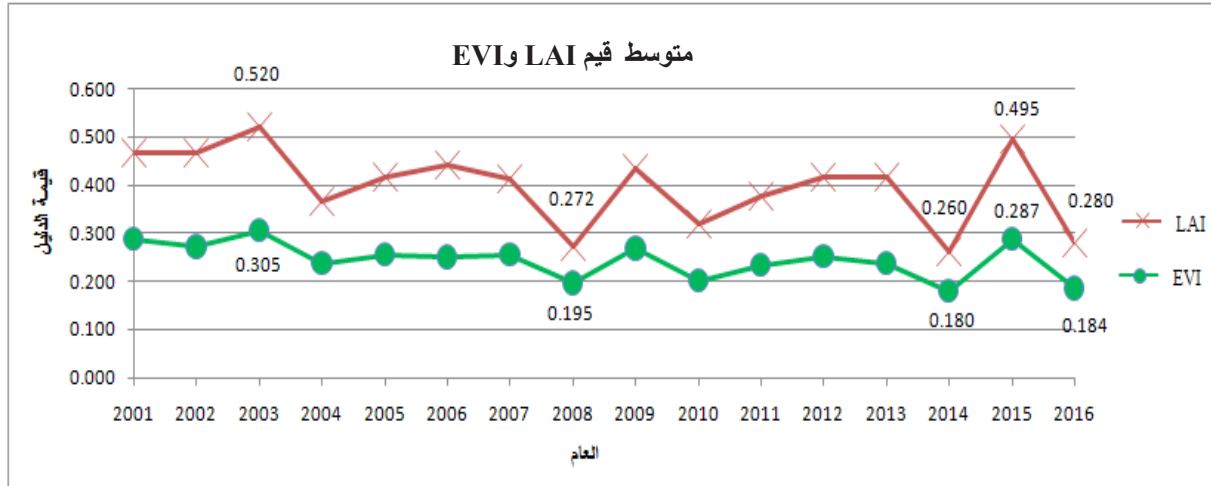
$(y - \bar{y})$: انحراف قيم العامل y عن وسطها الحساب.



شكل (2): خرائط توزيع قيم EVI لمنطقة الدراسة للسلسلة الزمنية 2001-2016

جفافاً كانت 2016، 2014 و2008 نتيجة لانخفاض متوسط قيم EVI وتأثير الكتلة الحية انخفاضاً. في حين أن أكثر السنوات التي مرت بظروف جيدة (غير جافة) كانت 2003 و2015 نتيجة لارتفاع قيم EVI وتأثير الكتلة الحية ارتفاعاً.

ومن منحنى متوسط قيم LAI و EVI للسنوات المدروسة الشكل (3) نلاحظ أن أعلى قيمة لمتوسط EVI لمنطقة الدراسة كانت عام 2003 بقيمة 0.305 يليها عام 2015 بقيمة 0.287 وأخفضها في الأعوام 2014، 2016 و2008 بقيمة بلغت 0.180، 0.184 و0.195 على الترتيب. مما يشير إلى أن أكثر السنوات



شكل (3): متوسط قيم LAI و EVI لمنطقة الدراسة من 2001 إلى 2016

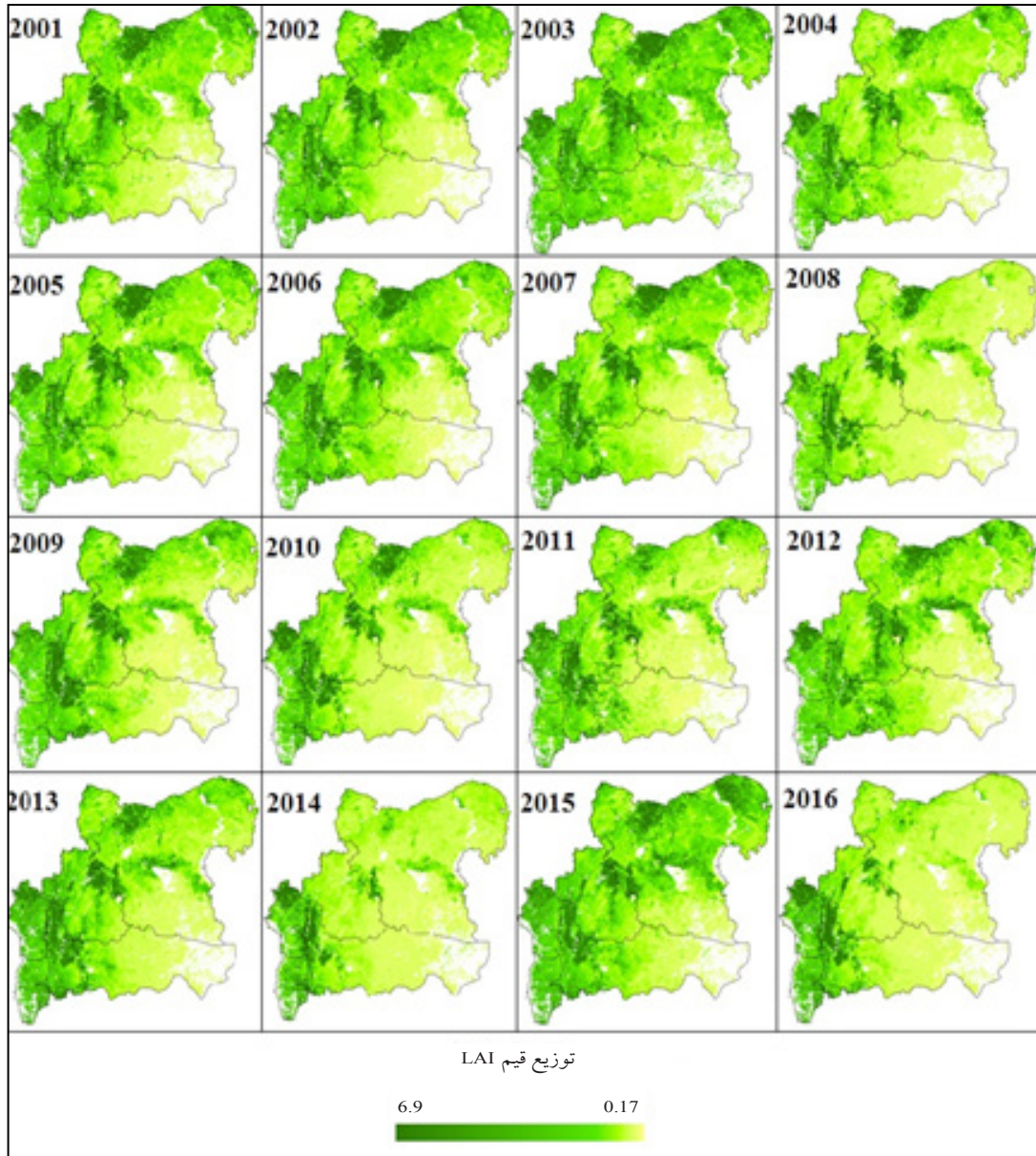
0.280 على الترتيب. مما يشير إلى نتائج مشابهة لما ورد في دليل EVI من حيث أكثر وأقل السنوات جفافاً.

ومن المنحنى البياني الشكل (5) لبيانات متوسط الهطول المطري لمنطقة الدراسة نلاحظ أن أعلى قيمة سُجلت في عام 2003 بمعدل 1005 ملم وأدنى قيمة سُجلت عام 2008 بمعدل 597 ملم، بشكل توافق مع تسجيل أعلى القيم وأقلها لعامي 2003 و2008 على الترتيب بالنسبة لدليلي EVI وLAI وهذا ما أشار إليه (Huang 2012) عندما استخدم دليل LAI من صور MODIS لدراسة الجفاف في ولاية تكساس حيث ارتفعت قيم LAI مع زيادة الأمطار مع الإشارة لعدم توفر بيانات الهطول المطري لمعظم مساحة منطقة الدراسة من عام 2013 إلى 2016.

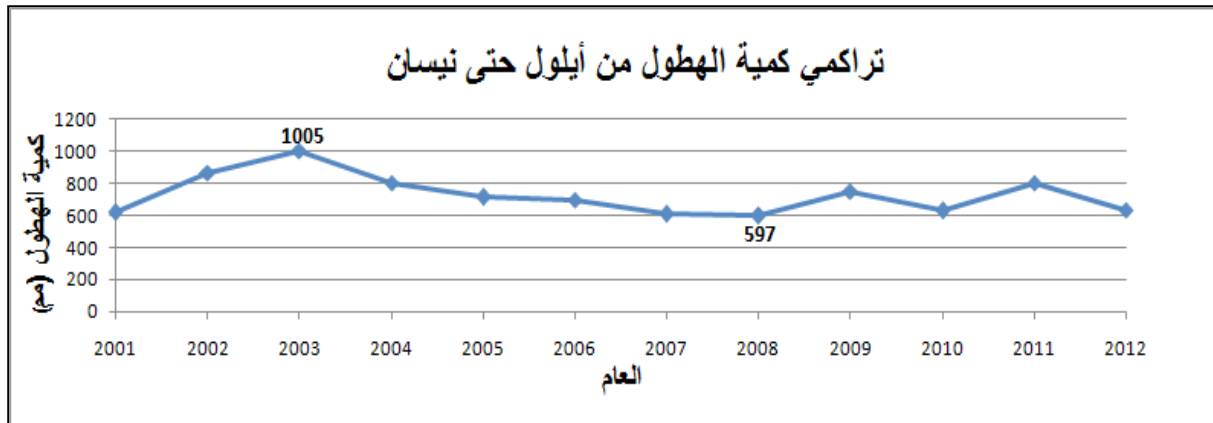
ومن الشكل (4) نجد أن قيم دليل LAI تراوحت بين 0.17 و6.9 وأن توزيع وانتشار القيم المرتفعة لُوحظ بشكل جيد في عامي 2003 و2015، وأن القيم المنخفضة لهذا الدليل كانت في 2008، 2014 و2016 بحيث كانت متوافقة مع ما جاء في دليل EVI.

وبما أن دليل LAI دليل نباتي ويرتبط بالكم الخضري للنباتات، فهذا يعني أيضاً أنه كلما زادت قيمة هذا الدليل أشار إلى كم خضري وكتلة حية خضراء أعلى، ومنه نستنتج أن أكثر السنوات تسجيلاً للكتلة حية الخضراء في منطقة الدراسة في هذا التاريخ كانت في 2003 و2015 في حين أن أقلها كانت في 2008 و2014 و2016، ويعود ذلك إلى علاقة هذا الدليل بالتغيرات البيئية التي تؤثر على تكوين الكتلة الحية للنباتات، وبالأخص الهطول المطري ودرجات الحرارة.

ومن (الشكل 3) نلاحظ أن أعلى قيمة لمتوسط LAI لمنطقة الدراسة كانت عام 2003 بقيمة 0.52 و عام 2015 بقيمة 0.495 وأخفضها في 2014، 2016 و2008 بقيمة بلغت 0.260 و0.272،



شكل (4): خرائط توزيع قيم LAI لمنطقة الدراسة للسلسلة الزمنية 2016-2001

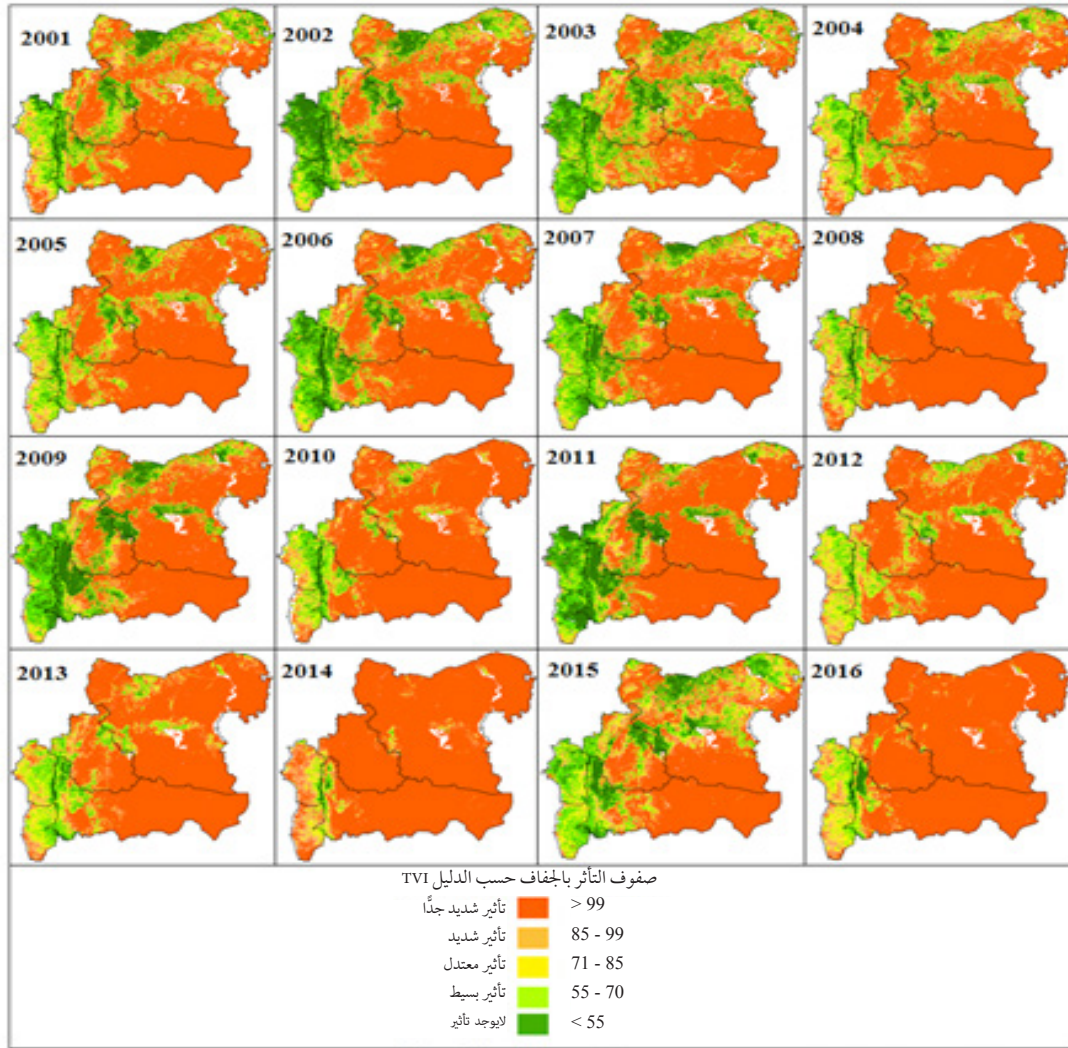


شكل (5): تراكمي كمية الهطول المطري السنوي لمنطقة الدراسة من شهر أيلول حتى شهر نيسان من عام 2001 إلى 2012

حيث يدل اللون البرتقالي على التأثير الشديد جداً بالجفاف الذي تكون قيمه أكبر من 99 ونلاحظ أنه يشغل أكبر مساحة في معظم الأعوام المدروسة كما أن الخرائط تظهر تكرار الجفاف بشكل أكبر في الجزء الشرقي لمنطقة الدراسة وأن المناطق الغربية أقل تأثراً بالجفاف.

2. دليل الجفاف TVI للسلسلة الزمنية 2001-2016

يبين الشكل (6) الخرائط المعبرة عن درجات التأثير بالجفاف للأعوام من 2001 حتى 2016 حيث يلحظ اختلاف مساحات درجات التأثير بالجفاف واختلاف شدتها من عام لآخر، وكلما زادت قيمة هذا الدليل عبرت عن درجة جفاف أعلى،



شكل (6): الخرائط المعبرة عن درجات التأثير بالجفاف حسب الدليل TVI للسلسلة الزمنية 2001-2016

ونلاحظ عند حساب متوسطات قيم هذا الدليل لكل عام أن أدنى قيمة سجلت في عام 2003 حيث بلغت 60.561 يليها عام 2015 بمتوسط 80.183 وأعلى القيم في أعوام 2008 و2014 و2016 إذ بلغت 156.99 و150.831 و145.544 على التوالي الشكل (7).

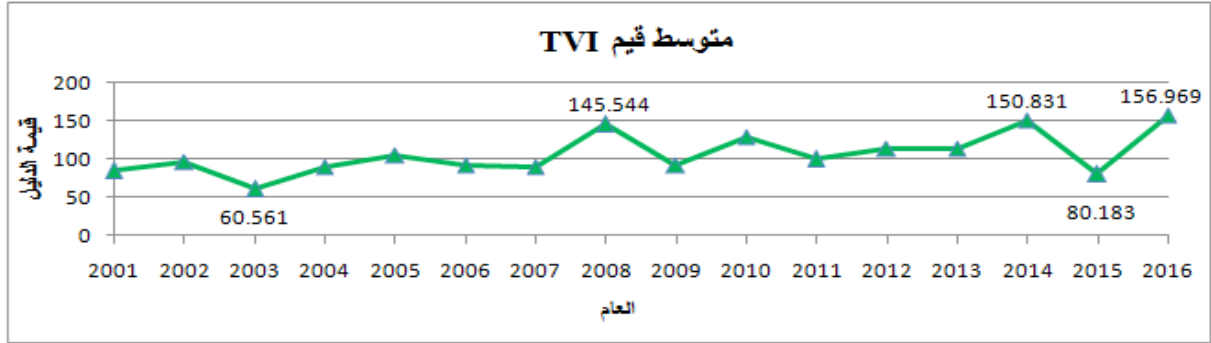
ومن خرائط الجفاف شكل (6) نلاحظ أن المنطقة بشكل عام عانت من جفاف شديد جداً في الأعوام

2008، 2016، 2014؛ حيث كانت مساحة مناطق التأثير الشديد جداً بالجفاف الذي يظهر باللون البرتقالي عالية جداً وسجلت النسب 88.26%، 82.94%، و79.23% على التوالي من المساحة الكلية لمنطقة الدراسة، جدول (2)، وكان الجفاف يشمل أغلب المنطقة المدروسة باستثناء المناطق الجبلية، بينما العامين 2003، 2015 كانا الأكثر رطوبة؛ إذ كانت مساحة مناطق التأثير الشديد جداً بالجفاف

شكل عام عانت من جفاف شديد جداً في الأعوام

تتوافق مع نتائج ضعون (2017)، عند تتبعه الجفاف في سوريا للأعوام 2000-2014 باستخدام دليل (Vegetation Condition Index) VCI، مؤشر حالة الغطاء النباتي) من صور MODIS، وتوافقت مع نتائج الخالد وآخرون (2017)؛ حيث استخدموا NDVI لتتبع التغيرات المكانية والزمانية للكتلة الحية في سوريا خلال الأعوام 2000-2012 باستخدام صور MODIS الفضائية.

هي الأقل ضمن السلسلة الزمنية المدروسة حيث كانت النسب 39.42%، 45.94% على التوالي من المساحة الكلية لمنطقة الدراسة وجاء ذلك موافقاً للمعدلات العالية للهطول المطري عام 2003 والمنخفضة عام 2008 ويمكن ملاحظة ازدياد الكتلة الحية النباتية في هذه الأعوام في مناطق شرق منطقة الدراسة التي تتميز بسيادة الغطاء النباتي الرعوي، الشكل (2) والشكل (4). وهذه النتائج



الشكل (7): متوسط قيم دليل الجفاف TVI لمنطقة الدراسة للسلسلة الزمنية 2001-2016

جدول (2): النسب المئوية لمساحات درجات التأثير بالجفاف حسب الدليل TVI

النسبة المئوية (%) للمساحة المعبرة عن درجة التأثير بالجفاف حسب الدليل TVI																
السنوات																
صنف الجفاف	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001
لا يوجد تأثير	1.17	10.04	0.34	1.61	1.63	14.94	2.59	15.00	2.01	8.92	10.53	4.35	4.71	14.33	14.42	8.68
تأثير بسيط	4.11	17.71	1.59	9.27	9.28	11.54	7.64	14.52	5.87	14.27	13.24	11.51	11.29	19.15	13.35	13.93
تأثير معتدل	7.05	15.76	4.32	10.86	12.95	7.74	8.25	9.12	7.25	10.96	9.51	11.52	12.38	15.08	10.76	13.72
تأثير شديد	4.73	10.55	5.49	7.49	8.89	5.94	6.44	7.30	5.65	8.59	7.59	8.19	9.56	12.03	8.55	10.77
تأثير شديد جدا	82.94	45.94	88.26	70.77	67.25	59.85	74.77	54.06	79.23	57.29	59.13	64.43	62.06	39.42	52.92	52.89

فإنها تتميز بقربها من البحر الأبيض المتوسط حيث تضم الشريط الساحلي ومنطقة المرتفعات الجبلية التي يغلب عليها الغطاء النباتي الطبيعي: غابات وحراج وبعض السهول والزراعات مثل البساتين وحقول المحاصيل كلما اتجهنا نحو الوسط (وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، 2000)، مما يؤدي لتغير قيم EVI للغطاء النباتي واختلاف شدته من عام لآخر تبعاً لتغير المناخ من حرارة وأمطار؛ حيث تتصف بهطول مطري متوسط يزيد عن 250 مم/سنة خاصة في وسط منطقة الدراسة وأعلى من 600 مم/سنة في غرب منطقة الدراسة، وبالتالي كان تأثيرها بالجفاف خلال السلسلة الزمنية

ومن الشكل (6) نلاحظ أن المناطق الشرقية وبخاصة الجنوبية الشرقية كانت في جميع السنوات هي الأكثر عرضة للجفاف الشديد والشديد جداً ويعود ذلك لكونها مناطق داخلية وذات معدلات هطول منخفضة ومعظم أراضيها تقع ضمن مناطق الاستقرار الزراعي: الرابعة ذات الهطول بين 200 - 250 مم/سنة، والخامسة ذات الهطول غير المستقر والأقل من 200 مم/سنة، والغطاء النباتي الطبيعي فيها قليل جداً من المراعي المتفرقة، وزراعات المحاصيل البعلية كالشعير. وبشأن وسط وغرب منطقة الدراسة والتي تتبع مناطق الاستقرار الزراعي الأولى والثانية والثالثة،

والهطول المطري، أما علاقة الارتباط بين متوسط الهطول المطري السنوي ودليل EVI فكانت طردية ولم تصل لدرجة المعنوية، حيث سجل معامل الارتباط بينهما قيمة $r = 0.57$ ، ومع LAI كانت قيمة معامل الارتباط $r = 0.59$ لتشير إلى علاقة طردية لم تصل لدرجة المعنوية، وعليه قد يكون دليل الجفاف TVI أكثر دقة في تحديد الجفاف من دليلي EVI و LAI.

الاستنتاجات

1. الأدلة النباتية LAI و EVI متوسطة الكفاءة في مراقبة الجفاف الزراعي وتحديد شدته.
2. بينت خرائط دليل الجفاف TVI وبيانات الهطول المطري أن عام 2003 هو العام الأقل تأثراً بالجفاف، وعام 2008 كان الأشد تأثراً بالجفاف، واعتماداً على دليل TVI فقط، فإن عامي 2016 و2014 كانا شديدي الجفاف أيضاً، وعام 2015 أقل تأثراً بالجفاف بعد العام 2003، رغم عدم توفر البيانات المطرية، لكن الارتباط العالي مع الهطول خلال الأعوام السابقة يعطينا دليلاً على دقة دليل TVI في تحديد الأعوام الجافة.
3. دليل الجفاف TVI المعتمد على النسبة بين LST و EVI أكثر دقة من دليلي LAI و EVI كل على حدة في تحديد حالة الجفاف وشدته وتوزعه المكاني والجغرافي.
4. بين دليل الجفاف TVI التوزيع الزمني والمكاني للجفاف خلال الفترة المدروسة، كما أنه بين التوزيع المكاني للجفاف في كل عام، مما يساعد متخذي القرار على معرفة توجيه التدابير المتخذة وتحديد المناطق الأكثر ضرراً وحاجة للدعم، وهذا يؤكد أهمية استخدام التقنيات الحديثة كالاستشعار عن بعد وصور MODIS الفضائية في دراسة المشكلات البيئية.

المراجع

الخالدي، إياد أحمد، وإدريس، يونس، والأحمد، رزان، ورسوق، أروى. 2017. استخدام القرينة النباتية NDVI من الصور الفضائية MODIS لتتبع التغيرات الزمانية والمكانية للكتلة الحية في المحافظات السورية خلال السلسلة الزمنية 2000-2012. مجلة الاستشعار عن بعد، العدد (28)، ص 42-63.

المدروسة معتدلاً بشكل عام؛ حيث انحصرت درجات التأثير بالجفاف بين التأثير البسيط باللون الأخضر الفاتح والتأثير المعتدل باللون الأصفر، وأكبر المساحات لهذه المناطق كانت في 2003 و2015 بنسبة 19.15%، و17.71% على التوالي لدرجة التأثير البسيط و15.08%، و15.76% على التوالي لدرجة التأثير المعتدل من المساحة الكلية لمنطقة الدراسة. وفي الأعوام 2008، 2014، 2016 التي عبرت عن أشد السنوات جفافاً نلاحظ وجود مساحات بنسب منخفضة لدرجة التأثير الشديد بالجفاف باللون البرتقالي الفاتح في وسط وغرب منطقة الدراسة، أما المناطق التي تعتمد بشكل أساسي على زراعة المحاصيل المروية كسهل الغاب في الغرب ومنطقة أعزاز شمال منطقة الدراسة، ووسط منطقة الدراسة بين محافظتي حلب وإدلب (منطقة جبل سمعان - مدينة إدلب) كانت تتبع في أغلب الأعوام لدرجة عدم التأثير بالجفاف باللون الأخضر الغامق، ويعود ذلك لتوفير المياه فيها لري المحاصيل رغم صعوبة الظروف المناخية كونها محاصيل أساسية يعتمد عليها المزارعون في دخلهم، بالتالي حافظت هذه المناطق على مستوى كثافة وحيوية نباتية ثابتة نوعاً ما؛ مما أدى إلى بقاء قيم EVI للغطاء النباتي فيها مرتفعة، وبالتالي كانت تتبع عدم التأثير بالجفاف في أغلب الأعوام، إلا في عامي 2014، 2016 اللذين يعدان الأشد جفافاً كانت منطقة أعزاز شمال منطقة الدراسة تتبع درجة التأثير الشديد بالجفاف، رغم أن الغطاء النباتي فيها هو محاصيل مروية؛ مما يؤكد حدة الجفاف ونقص الموارد المائية حتى بخصوص بعض مناطق الزراعات المروية.

3. دراسة علاقة الأدلة EVI، LAI، TVI مع كمية الهطول المطري

وُجد عند دراسة الارتباط بين متوسط القيم للأدلة EVI و LAI و TVI لكل عام من جهة، ومتوسط الهطول السنوي لمنطقة الدراسة من جهة أخرى، للسلسلة الزمنية 2001 - 2012، أن r معامل الارتباط سجل قيمة معنوية سالبة $r = -0.65$ عند مستوى دلالة 5% بين دليل الجفاف TVI ومتوسط كمية الهطول المطري، ويعزى ذلك للعلاقة العكسية بين درجة الحرارة

- Dirgahayu, D. 2006. Detection of rice field drought based on vegetation heat index using Terra/Aqua MODIS data. Proceedings of the National Seminar on Agricultural Land Resources, Bogor: 14-15 September 2006. Indonesian Center for Agricultural Land Resources Research and Development, Ministry of Agriculture.
- Du, L. T., Tian, Q. J., and Wang, L. 2015. Impact of vegetation structure on drought indices based on MODIS spectrum. *Guang pu xue yu guang pu fen xi* Guang pu. 35(4): 982-986.
- Hammouri, N., and El-Naqa, A. 2007. Drought assessment using GIS and sensing in Amman-Zarqa basin, Jordan. *Jordan Journal of Civil Engineering*. 1(2): 142-152.
- Hoerling, M., Eischeid, J., Perlwitz, J., Quan, X., Zhang, T., and Pegen, P. 2012. On the increased frequency of Mediterranean drought. *Journal of Climate*. 25(6): 2146-2161.
- Huang, L. 2012. The impact of drought on leaf area index (LAI) over Texas. GISWR Fall Term Project. Accessed on 20/3/2017 from <http://www.ce.utexas.edu/prof/maidment/giswr2012/TermPaper/Huang.pdf>.
- Huete, A.R., Liu, H.Q., Batchily, K., and Van, L. 1997. A Comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS. *Remote Sensing of Environment*. 59(3): 440-451.
- Jordy, V. H., Elise, D., Elaine, S., Roos, O., and Ilona, V. D. K. 2016. Technical Methodology_ User Guide to How the Data Used in The Project for Identifying the Locations for a Hydrological Corridor In Morocco. Climate Mitigation And Adaption Strategies Academic Consultancy. Wageningen University. PP: 7
- Meir, P., Metcalfe, D.B., Costa, A.C.L., and Fisher, R.A. 2008. The fate of assimilated carbon during drought: impacts on respiration in Amazon rainforests. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*. 363.1498: 1849-1855.
- Murad, H., and Islam, A.S. 2011. Drought assessment using remote sensing and GIS in North-West region of Bangladesh. 3rd International Conference on Water and Flood Management (pp.2-797).in 8-10 January 2011, Dhaka, Bangladesh
- ضعون، غياث. 2017. استخدام القرينة النباتية MO-DIS13A3_NDVI في حساب المؤشر VCI بهدف تتبع الجفاف في سوريا خلال الفترة من عام 2000 إلى 2014. مجلة الاستشعار عن بعد. العدد (28)، ص ص 22 - 41.
- مرهج، علا. 2014م. استخدام مؤشر الاختلاف النباتي القياسي NDVI في تقدير الجفاف في المنطقة الشمالية الشرقية من سوريا. رسالة ماجستير. كلية الزراعة، جامعة تشرين، سوريا.
- وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي. 2000م. المجموعة الزراعية السنوية، دمشق، سوريا.
- وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي. 2011م. تقرير مشروع الطوارئ رقم 200042 الخاص بدعم المتضررين من الجفاف في محافظات الحسكة - دير الزور - الرقة. مديرية صندوق التخفيف من آثار الجفاف والكوارث الطبيعية على الإنتاج الزراعي، دمشق، سوريا.
- وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي. 2012م. تقرير الخارطة الاستثمارية الزراعية. دمشق، سوريا.
- وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي. 2015م. المجموعة الإحصائية الزراعية، دمشق، سوريا.
- Anderson, L., Malhi, Y., Shimabukuro, Y., and Aragao, L. 2007. Evaluating MODIS vegetation and water indices for detecting canopy stress during the 2005 drought in Amazonia. *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil*, 21-26 April 2007, INPE: 6593-6595.
- Bajgiran, P. R., Shimizu, Y., Hosoi, F., and Omasa, K. 2009. MODIS vegetation and water indices for drought assessment in semi-arid ecosystems of Iran. *Journal of Agricultural Meteorology*. 65(4): 349-355.
- Cheng-lin, L., and Jian-jun, W. 2008. Crop drought monitoring using MODIS NDDI over mid-territory of China. In proceeding of: IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, July 8-11, 2008, Boston, Massachusetts, USA, Proceedings. Pp 883 - 886.
- Daruati, D., Rahmatulloh, R., and Purwadhi, S. 2013. Agricultural Drought pattern in west Java using thermal vegetation index from Modis-Terra satellite. *Makara Journal of Technology*. 17(1): 44-50.

- Wan, Z. 1999. MODIS land-surface Temperature Algorithm Theoretical Basis Document (LST ATBD). Institute for Computational Earth System Science, Santa Barbara.
- Wan, Z. 2007. Collection-5 MODIS Land Surface Temperature Products Users' Guide. ICES, University of California, Santa Barbara.
- Watson, D.J. 1947. Comparative physiological studies on the growth of field crops: I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties and within and between years. *Annals of Botany*. 11(41): 41-76.
- Quezel, P. 1977. Forests of the Mediterranean basin. In: MAB Technical Notes 2. UNESCO, Mediterranean Forests and Maquis: Ecology, conservation and management. UNESCO, Paris. Pp.9-32.
- Saarinen, T. F. 1966. Perception of the Drought Hazard on the Great Plains. Department of Geography Research Paper Number 106. Chicago: University of Chicago.
- Son, N. T., Chen, C. F., Chen, C. R., Chang, L. Y., and Minh, V. Q. 2012. Monitoring agricultural drought in the Lower Mekong Basin using MODIS NDVI and land surface temperature data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. (18): 417-427.

Identifying Drought Classes in Northwest Syria Using MODIS Satellite Image Spectral Indices EVI, LAI, TVI

Suzan Fathe Karmoka⁽¹⁾, Ahmad Al haj Ahmad⁽¹⁾ and Eyad Ahmad Alkhaled⁽²⁾

(1) Department of Renewable natural resources and the environment,
Faculty of Agriculture, Damascus University, Syria.

(2) Department of Agricultural Studies and Research, General Organization of Remote Sensing,
Damascus, Syria.

Received 18 September 2017 - Accepted 14 February 2018

ABSTRACT

Drought monitoring and determining its impact on vegetation cover has become easier due to the emergence of modern technologies, such as remote sensing which are comprehensive, cost and efforts effective compared to traditional methods. The study aimed to use the MODIS image products, Enhanced Vegetation Index (EVI), Leaf Area Index (LAI), Land Surface Temperature (LST) to determine drought classes in northwest Syria for the period from 2001-2016 in relation to agriculture throughout the calculation of the thermal vegetation index (TVI). The results showed the possibility of using spatial data to study environmental phenomena in addition to their ability to allocate the spatial distribution of these phenomena. The results indicated that the year 2003 was the least affected by drought, while 2016 was the driest. The percentage of areas affected by very dry drought class were 39.42% , and 88.26% of the total examined area for these years, respectively. The correlation coefficient of precipitation with EVI, LAI was 0.57 and 0.59, respectively indicating an insignificant positive relationship. Meanwhile, the coefficient of correlation with TVI recorded a significant negative mean value of - 0.65 at 0.05 significance level. This indicates that TVI index is more feasible and efficient than LAI and EVI in Defining drought severity and its spatial distribution.

Key Words: Agricultural drought, Vegetation cover.