

حساب مؤشر الاختلاف النباتي المعدل (NDVI) لمجموعات حرارية من الصنوبر البروتي *Pinus brutia* Ten. باستخدام الصور الفضائية في منطقة جبلية على المستويين المكاني والزمني

الدكتور ايلين محفوض*

الدكتور وائل علي**

تاريخ الإيداع 6 / 12 / 2015. قبل للنشر في 19 / 5 / 2016

□ ملخص □

تم مؤخراً استخدام مؤشر الاختلاف النباتي المعدل (NDVI) في العديد من الدراسات الحراجية لمجموعات الصنوبر البروتي (*Pinus brutia* Ten.) المشجرة في الساحل السوري، لذا هدف هذا البحث إلى حساب هذا المؤشر لمواقع تشجير الصنوبر البروتي في جبلية ومعرفة سلوكه على المستويين الزمني والمكاني. تم الحصول على قيم مؤشر الـ NDVI النصف الشهرية لـ 65 عينة موزعة على 6 مواقع للتشجير الاصطناعي بالصنوبر البروتي (بشيلي، كفرديبل، بشراغي، بتماننا، الدالية، البودي)، وذلك اعتباراً من 96 صورة من نوع موديس (بدقة 250 X 250 م) والتي غطت 4 سنوات (2004، 2008، 2012، 2014). تم بعد ذلك حساب متوسط قيمة المؤشر لمواقع الدراسة على المستويات الزمنية (الشهرية، الفصلية)، كما تم توزيع المواقع المدروسة حسب الطوابق النباتية التي تتواجد فيها، وحسبت قيم المؤشر وفق المواقع المدروسة والطوابق النباتية على كافة المستويات الزمنية. كما تم استخدام اختبار ANOVA- Single Factor لاختبار معنوية الفروق في قيم مؤشر الـ NDVI على المستويين المكاني والزمني. سجل مؤشر الـ NDVI أعلى قيمة له على المستوى المكاني خلال سنوات الدراسة في موقع بشيلي وقد تراوح بين 0.53 و 0.73، وأدنى قيمة في موقع بتماننا تراوحت بين 0.28 و 0.47. كما أن قيمة المؤشر كانت أعلى للمجموعات التي تنتمي إلى الطابق النباتي العلوي مقارنة مع الطابق النباتي الحراري. أما على المستوى الشهري فقد بلغت أدنى قيمة للمؤشر في شهري تموز وأب، وأعلى قيمة في أشهر تشرين الثاني وكانون الأول وكانون الثاني. بينما على المستوى الفصلي، سُجلت أعلى قيمة للمؤشر في فصل الشتاء وأقلها في فصل الصيف بالنسبة لمواقع الطابق الحراري، في حين لم يكن سلوك المؤشر حاسماً بالنسبة لمواقع الطابق العلوي. أشار اختبار ANOVA إلى وجود فروق معنوية في قيم المؤشر المحسوب لمواقع الدراسة مكانياً وزمنياً. وأخيراً فإن هذه الدراسة تساعد في فهم سلوك مؤشر الـ NDVI وتغيراته الزمنية والمكانية، مما يسمح باستخدام دقيق له في الدراسات الحراجية.

الكلمات المفتاحية: الصنوبر البروتي - مؤشر الاختلاف النباتي المعدل (NDVI) - صور MODIS

* مدرس - قسم الحراج و البيئة - كلية الزراعة - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

** مدرس - قسم الحراج و البيئة - كلية الزراعة - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Calculating the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) for *Pinus brutia* ten. Satnds using satellite images in Jableh at Spatial and Temporal Scales

Dr. Ilene Mahfoud*
Dr. Wael Ali**

(Received 6 / 12 / 2015. Accepted 19 / 5 / 2016)

□ ABSTRACT □

The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was recently used in many forest studies regarding brutia pine stands in the coastal region of Syria. Therefore, this research aimed to calculate the NDVI index for brutia pine stands in Jableh and to investigate its behaviour at spatial and temporal scales.

The biweekly values of NDVI for 65 sample plots covering six brutia pine sites (Bshily, Kafardabeel, Beshragy, Btemmana, Aldalia and Albody) were obtained based on 96 MODIS 250m spatial resolution with temporal range of four years: 2004, 2008, 2012 and 2014. Consequently, monthly and seasonal mean values of the index were computed; additionally, the sites were classified according to their vegetation belts. All NDVI temporal values for each site and bioclimatic class were calculated. ANOVA- Single Factor was used to test the significant differences of NDVI values at temporal and spatial scales.

At the spatial scale, the index had the highest value during study period in Bshily ranging between 0.53 – 0.73; whereas, the lowest value was recorded in Btemmana ranging between 0.28 – 0.47. NDVI values were higher for stands located in the supra-mediterranean belt in comparison to that located in thermo-mediterranean belt. At monthly scale, lowest values of the index were obtained in July and August and the highest ones in October, November and December. While at seasonal scale, the highest value of NDVI was calculated for winter and the lowest for summer for stands located in thermo-mediterranean belt, but the index behaviour was not robust for stands located in the supra-mediterranean belt.

Using ANOVA- Single Factor, significant differences between study areas at both temporal and spatial scales were found. Finally, this study can be an instrument for understanding the behaviour of NDVI and its temporal and spatial changes; which may in turn help foresters to use it more precisely.

Key Words: Brutia pine –Normalized Difference Vegetation Index – MODIS images

*Assistant Professor- Forestry and Ecology Department - Faculty of Agriculture – Tishreen University- Lattakia- Syria

**Assistant Professor- Forestry and Ecology Department - Faculty of Agriculture – Tishreen University- Lattakia- Syria

مقدمة

يعد مؤشر الاختلاف النباتي المعدل الـ NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) من أكثر المؤشرات النباتية الطيفية المجربة والمستخدمة في مجال الدراسات الحراجية (Skidmore, 2002)، وقد تم استخدامه بكثرة في دراسة الديناميكية الزمنية والمكانية للغطاء الحراجي (Guo *et al.*, 2011؛ Lukasova *et al.*, 2014)، إضافة إلى استخدامه في تقديرات النمو، الكتلة الحيوية، الإنتاجية والتنوع الحيوي (Ghorbani *et al.*, 2012، Soenen *et al.*, 2010، Mahfoud, 2009). كما استخدم مؤشر الـ NDVI في تقدير المؤشرات الحراجية مثل مؤشر المسطح الورقي (محمد، 2015؛ Tagesson, 2006)، وكذلك في تقدير البارامترات الحراجية المختلفة كالمخزون الخشبي والمساحة القاعدية ومتوسط أقطار الأشجار..... الخ (علي، 2014؛ Frietas *et al.*, 2005). يعتمد مؤشر الـ NDVI على الخصائص الطيفية للغطاء النباتي (Kimes *et al.*, 1984)، مقارنة مع المناطق الخالية من الغطاء النباتي فإن النباتات الخضراء تمتص اللون الأحمر بشدة، وتعكس الأشعة تحت الحمراء القريبة. ويحدث ذلك بواسطة الصبغات (الكلوروفيل) الموجودة في الأوراق الخضراء، وبالتالي فإن المناطق ذات الغطاء النباتي الكثيف تختلف خصائصها الطيفية في نطاق الأشعة الحمراء وتحت الحمراء بالمقارنة مع المناطق ذات الغطاء النباتي الأقل كثافة أو تلك الخالية تماماً من النباتات (Karaburun, 2010). ويحسب مؤشر الـ NDVI بالاعتماد على فرق كمية الأشعة المنعكسة في القناتين الحمراء وتحت الحمراء القريبة مقسوماً على حاصل جمع الانعكاس في القناتين المذكورتين. وتتراوح قيمة مؤشر الـ NDVI بين (-1 و +1)، إذ تكون قيمته قريبة من الـ 1 أي بين (0.8 - 0.3) عند وجود غطاء نباتي كثيف، وحوالي 0.1 في حالة التربة العارية، وبين (0.2 - 0.3) بوجود الشجيرات والأعشاب، أما القيم السلبية للمؤشر فتسجل في حالة الغيوم والمناطق المغطاة بالثلج (Weier and Herring, 1999).

يمكن حساب مؤشر الـ NDVI انطلاقاً من أنواع مختلفة من المستشعرات مثل: Landsat, Spot, MODIS.... الخ، وذلك بدقات مكانية وزمنية مختلفة، فمثلاً يمكن حساب هذا المؤشر لموقع ما انطلاقاً من صور Landsat TM، بدقة مكانية 30 م، وذلك مرة واحدة كل 16 يوم، أو يومياً من صور MODIS ذات الدقة المكانية 250 م (Lie and Bian, 2010). وقد أظهرت العديد من الدراسات تأثير مؤشر الـ NDVI بالدقة الزمنية والمكانية للصورة المحسوب باستخدامها (Wenwen, 2011)، وذلك لتأثره بالعمليات الفيزيولوجية للغطاء النباتي كعملية التمثيل الضوئي (Piao *et al.*, 2003)، التي تتأثر بدورها بالأطوار الفينولوجية والظروف البيئية التي تتغير على مدار العام (Moulin *et al.*, 1997) من جهة، ولتأثر هذا المؤشر بالمساحة التي يغطيها البكسل الواحد من جهة أخرى. زيادة هذه المساحة يعني أن بكسلاً واحداً يغطي أسطحاً مختلفة (Busetto and Meroni, 2008). وجدت الدراسات أن قيم الـ NDVI لغطاء حراجي معين (كالمخروطيات مثلاً) تتأثر بالخصائص الحراجية لهذا الغطاء من كثافة وعمر وتغطية شجرية.... الخ، مما يجعل قيم هذا المؤشر تختلف من موقع لآخر حسب خصائص المواقع الحراجية، كما أشار بعض الباحثين إلى أن التغيرات الفصلية والسنوية التي تطرأ على الغطاء الحراجي والتي تنتج عن تبادل فترات السكون والنمو للغطاء الحراجي ستفقد أيضاً إلى تغير في قيم مؤشر الـ NDVI (Bochenek *et al.*, 2015)، ولذلك يؤكد الباحثون على حساسية المؤشر للظروف المناخية من هطول وحرارة (Piao *et al.*, 2006)، وهناك الكثير من الدراسات التي درست التغيرات في القيم الشهرية والفصلية للمؤشر المدروس في مناطق مختلفة من العالم

(Lukasova *et al.*, 2014; Lei and Bian, 2010) لفهم سلوك هذا المؤشر، وبالتالي توظيفه في دراسة الغطاء النباتي بشكل أدق.

أهمية البحث وأهدافه:

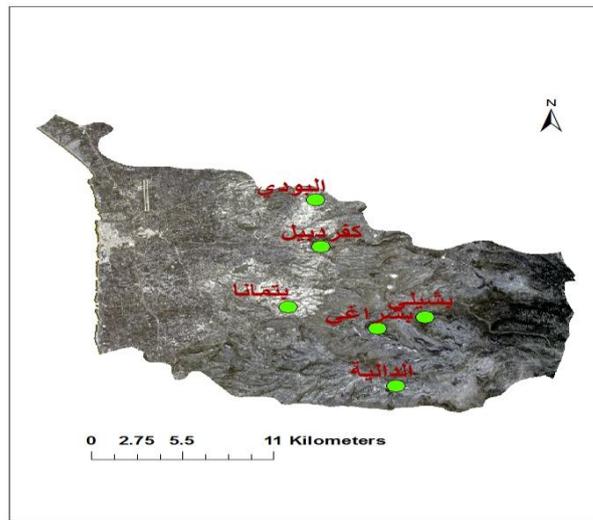
تتبع أهمية هذه الدراسة من الاستخدام المتزايد مؤخراً لمؤشر الـ NDVI في الدراسات الحرجية التي تغطي الساحل السوري، فقد تم استخدامه في تقدير المخزون الخشبي ومؤشر المسطح الورقي ونمو بعض المجموعات الحرجية (محمد، 2015؛ علي، 2014؛ اسماعيل، 2014)، واعتمدت هذه الدراسات على حساب المؤشر في مواقع مختلفة وخلال أشهر محدودة (أشهر الصيف)، علماً أن الكثير من الدراسات تشير إلى حساسية هذا المؤشر لمختلف الظروف الحرجية والبيئية التي يتعرض لها الغطاء الحرجي، مما يتطلب محاولة فهم سلوك المؤشر عند اختلاف المستويات الزمنية والمكانية التي يتم حسابه عندها. يعد الصنوبر البروتي *Pinus brutia* Ten. أكثر الأنواع الحرجية انتشاراً في الغابات السورية بشكل عام (منطقة البايير والبسيط بشكل خاص)، فضلاً عن تشجيره في مناطق متفرقة من الساحل السوري، إذ تستدعي الأهمية الحرجية والبيئية للصنوبر البروتي دراسته باستخدام مؤشر الـ NDVI. وبالتالي تهدف هذه الدراسة إلى حساب قيم مؤشر الاختلاف النباتي المعدل (NDVI) لمواقع تشجير الصنوبر البروتي في جبله ومعرفة سلوك هذا المؤشر على المستويين الزمني والمكاني.

طرائق البحث و مواد:

1- بعض الخصائص الطبوغرافية والحرجية للمواقع المدروسة:

1-1 الخصائص الطبوغرافية:

شملت الدراسة عدد من مواقع التحريج الاصطناعي للصنوبر البروتي في منطقة جبله التابعة لمحافظة اللاذقية، الناشئة في أغلب الأحيان على ترب من المارن والكلس المارني (نحال، 1982)، وتشمل الدراسة 6 مواقع وهي كفربيل، بتماننا، بشيلي، بشراعي، البودي والدالية (الشكل 1).



الشكل (1): مواقع الدراسة ضمن منطقة جبله على صورة لاندسات 8

وقد تم تنفيذ هذه الدراسة في الفترة الواقعة بين شهر تشرين الأول 2014 وأيلول 2015. تتوزع المواقع المدروسة على ارتفاعات تتراوح بين (195- 1028) م، ضمن الطوابق البيومناخية شبه الرطبة والرطبة (وفقاً لمعامل امبرجيه المحسوب للمواقع المدروسة) وضمن الطوابق النباتية المتوسطة الحرارية والعلوية، وتتراوح مساحة هذه المواقع بين 15 هـ (البودي) و130 هـ (بشيلي) (الجدول 1).

الجدول (1): بعض الخصائص الطبوغرافية لمواقع التحريج الاصطناعي للصنوبر البروتي (سجلات حراج جبلة، 2012)

موقع التحريج	الاحداثيات الجغرافية (X , Y)	الارتفاع عن سطح البحر (م)	مساحة الموقع (هـ)	الطابق البيومناخي	الطابق النباتي
البودي	36.064 - 35.4	300-350	15	شبه الرطب الحار	المتوسطي الحراري
الدالية	36.12 - 35.24	1000 - 1200	20	الرطب البارد	المتوسطي العلوي
بتماننا	36.046 - 35.307	190 - 250	50	شبه الرطب الحار	المتوسطي الحراري
بشراغي	36.107 - 35.291	800 - 1000	85	الرطب البارد	المتوسطي العلوي
كفرديبل	36.068 - 35.361	250 - 300	114	شبه الرطب الحار	المتوسطي الحراري
بشيلي	36.141 - 35.302	700 - 1000	130	الرطب البارد	المتوسطي العلوي

2-1 الخصائص الحراجية للمواقع المدروسة:

بدأت حملات التشجير بالصنوبر البروتي في منطقة جبلة في عام 1975، وقد تم العودة إلى المواقع المشجرة عدة مرات خلال الثمانينات من القرن الماضي للقيام بعمليات الترقيع في المساحات التي لم يفشل فيها نمو الغراس. تراوح عمر مجموعات الصنوبر في المواقع المدروسة بين 40 سنة في الدالية و 27 سنة في بتماننا. تواجدت أعلى كثافة شجرية في موقع البودي (3500 شجرة/هـ)، أما الكثافة الشجرية الأدنى فكانت في موقع الدالية (1350 شجرة/هـ)، أما القطر المتوسط فتتراوح بين 11سم (البودي) و 16.1 سم (الدالية)، و الارتفاع بين 7.6 (بتماننا) و 10.4 (كفرديبل) (الجدول 2). تميزت معظم المواقع بمجموعات نقية من الصنوبر البروتي و بغياب طبقة تحت الغابة باستثناء موقعي بشيلي وبشراغي، إذ ترافق وجود الصنوبر البروتي ببعض الأنواع العريضة الأوراق مثل *Laurus* ، *Phillyrea media* ، *Quercus calliprinos* ، *nobilis*

الجدول (2): الخصائص الحراجية للمواقع المدروسة (محفوظ ، 2015)

الموقع	العمر (سنة)	الكثافة (شجرة/هـ)	القطر المتوسط (سم)	الارتفاع (م)
البودي	30	3500	11	8.4
الدالية	40	1350	16.3	9.1
بتماننا	27	2030	11.9	7.6
بشراغي	35	1590	14.7	8.8
كفرديبل	35	1740	13.01	10.4
بشيلي	35	1630	15.9	9.24

2- الصور الفضائية واستخراج قيم الـ NDVI:

1-2 الصور الفضائية للمواقع:

استخدمت في هذه الدراسة صور فضائية من النوع (MODIS MOD13Q1) والتي تمثل مؤشر الـ NDVI لمواقع الدراسة، وقد تم الحصول عليها من المستشعر (MODIS)، الذي يعد المستشعر الأساسي لمراقبة الأنظمة البيئية العالمية Earth Observing System (EOS) التابعة لوكالة (NASA). جرى تحميل 92 صورة نصف شهرية تمثل 4 سنوات (2004، 2008، 2012، 2014) وذلك من مركز بيانات USGS: <http://earthexplorer.usgs.gov/>، تتميز هذه الصور بدقة مكانية (250*250 م)، وقد تم اختيار 65 عينة للصنوبر البروتي توزعت على جميع المواقع المدروسة الممثلة بهذه الصور بهدف الحصول على قيمة الـ NDVI الموافقة لها.

2-2 استخراج قيم الـ NDVI:

في البداية، خضعت الصور إلى معالجة أولية، من خلال تغيير امتداد الصور من الصيغة (hdf) إلى الصيغة (img) باستخدام برنامج (ArcGIS9.3)، تم اختيار 65 عينة صنوبر بروتي غطت جميع مواقع الدراسة (الجدول 3)، ثم استخرجت قيم الـ NDVI الموافقة لهذه العينات. حسبت بعد ذلك قيم المؤشر المدروس الشهرية والفصلية لكل عينة، ثم تمت مقارنة قيم المؤشر في مواقع الدراسة على المستويات الزمنية المشار إليها باستخدام برنامج Excel. كما تمت دراسة سلوك المؤشر على المستوى المكاني من خلال دراسة الاختلافات في قيم المؤشر على مستوى المواقع المدروسة من جهة، ومن ثم على مستوى الطوابق النباتية المتوسطة التي تتواجد فيها هذه المواقع من جهة أخرى. إذ تتواجد مواقع البودي وكفردبيل وبتمانا في الطابق الحراري، في حين تتواجد مواقع بشيلي وبشراغي والدالية في الطابق العلوي. وقد تم حساب قيم المؤشر على المستوى المكاني باستخدام برنامج Excel أيضاً.

الجدول (3): توزيع العينات حسب المواقع

عدد العينات	الموقع
10	البودي
3	الدالية
10	بتمانا
10	بشراغي
20	كفردبيل
12	بشيلي
65	المجموع

كما تم استخدام اختبار ANOVA- Single Factor، لاختبار معنوية الفروق في قيم الـ NDVI بين المستويات المكانية (المواقع والطوابق النباتية المتوسطة) والزمنية.

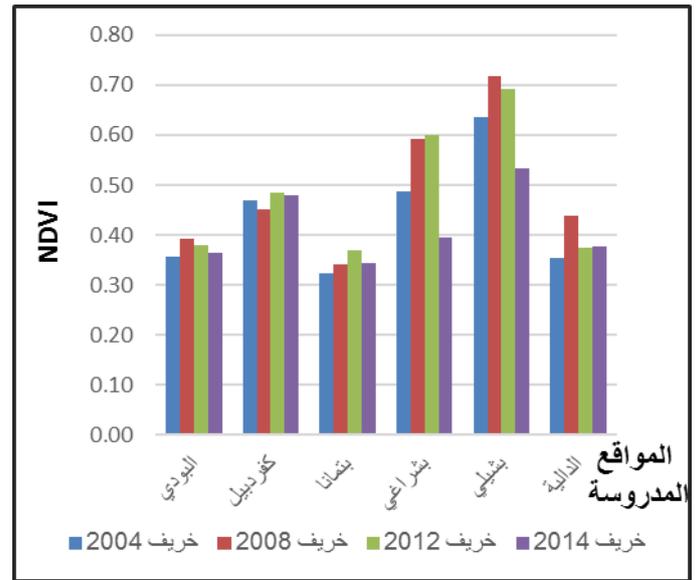
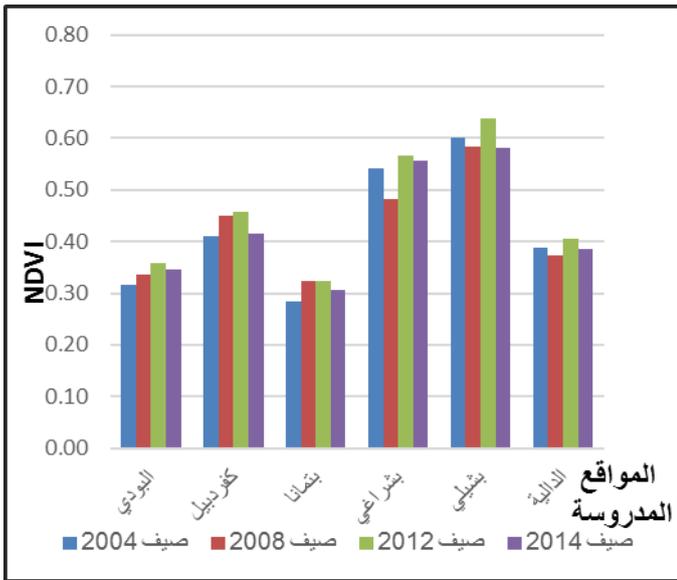
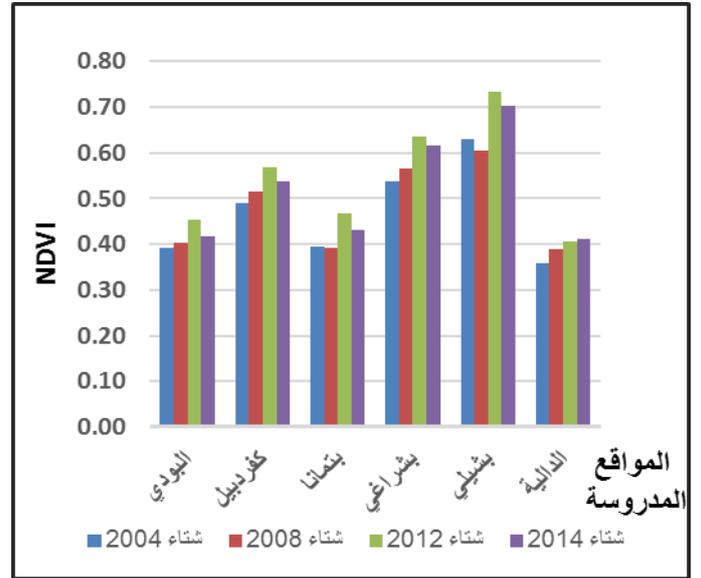
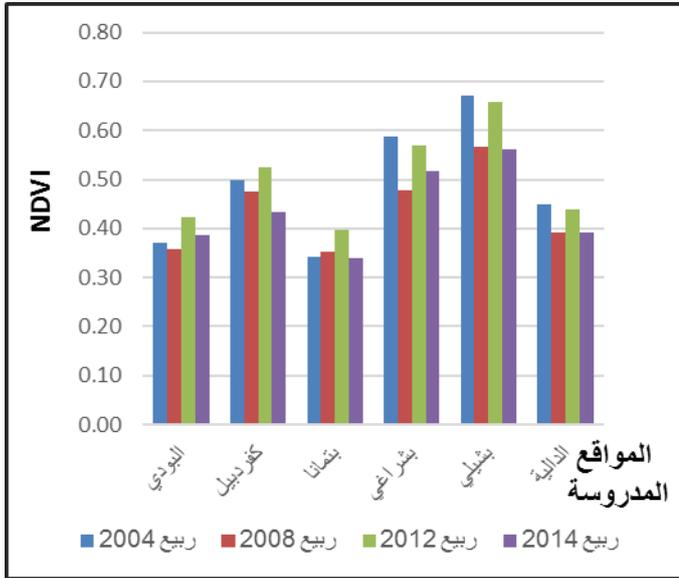
النتائج والمناقشة

1 - دراسة سلوك مؤشر الـ NDVI على المستوى المكاني:

سجل مؤشر الـ NDVI المحسوب لمجموعات الصنوبر البروتي أعلى قيمة له في موقع بشيلي في جميع الفصول وفي كل السنوات وقد تراوح بين 0.53 و 0.73 (الشكل 2)، إلا أن قيمة هذا المؤشر في دراسة سابقة والمحسوب لمجموعات الصنوبر البروتي في منطقة جبلة باستخدام صورتي لاندسات 8 (تموز 2013، شباط 2014) تراوحت فقط بين (0.05 ± 0.21) (محمد، 2015)، وقد يعود هذا التباين الكبير في قيمة المؤشر بين الدراستين إلى نوع الصور المستخدمة في كل منهما ودقتها المكانية، إذ أن أصغر مساحة يحسب فيها المؤشر في صور موديس المستخدمة في هذه الدراسة تبلغ 6 هـ يقابلها 900 م² في صور لاندسات 8، مما قد يسمح بالحصول على قيم أعلى للمؤشر. أكد Lie و Bian (2010) أن استخدام صور بدقةات مكانية مختلفة في حساب الـ NDVI سيؤدي إلى فروق واضحة في القيم المحسوبة وذلك بسبب تنوع الأسطح التي يمثلها البكسل الواحد في الصور ذات الدقة المكانية المنخفضة مثل صور موديس، واعتبر الباحثان صورة موديس بدقة (250 * 250) م ملائمة لحساب مؤشر الـ NDVI. تشير بشكل عام الكثير من الدراسات إلى قيم عالية لمؤشر الـ NDVI المحسوب لأنواع الصنوبر نذكر منها دراسة Cristiano وزملاؤه (2014) فقد توصلوا إلى قيمة تراوحت بين 0.3-0.9 للمؤشر المحسوب لمجموعات الـ *Pinus tedeae*.

لوحظ أيضاً بأن قيمة المؤشر المدروس بلغت ثاني أعلى قيمة له في موقع بشرافي (0.40-0.63) وذلك في جميع الفصول والسنوات المدروسة (الشكل 2)، وقد يعود ارتفاع قيم المؤشر في موقعي بشيلي وبشرافي لخصائصهما الحراجية والتمثلة بارتفاع قيم أقطار الأشجار فيهما مترافقاً بكثافة شجرية مهمة (الجدول 2)، مما يوحي بأن تيجان الأشجار في هذين الموقعين سمحت بتغطية شجرية مهمة أدت إلى رفع في قيمة المؤشر من جهة، من جهة أخرى ربما ساهمت الأنواع المرافقة من عريضات الأوراق الدائمة الخضرة المتواجدة في هذين الموقعين في رفع قيمة المؤشر، لأن كمية الانعكاس في القناة تحت الحمراء الناتجة عن أوراق العريضات أكثر أهمية من الأشعة المنعكسة عن الأوراق الابرية. كما قد تلعب الظروف المناخية في هذين الموقعين دوراً هاماً في ارتفاع قيم المؤشر وفقاً للمستويات الزمنية المدروسة، وهذا ما أشار إليه Lei و Bian (2010) عندما أوضحوا وجود علاقة ارتباط قوية بين قيم مؤشر الـ NDVI الشهرية وعنصري الهطول وحرارة الهواء. سجلت بتماناً أدنى قيم المؤشر والتي تراوحت بين 0.28 و 0.47 تبعاً للفصل والسنة المدروسة (الشكل 2)، وهذا قد يعود إلى التغطية المنخفضة لمجموعة الصنوبر البروتي في هذا الموقع بسبب انخفاض أقطار وارتفاعات أشجار هذا الموقع الناتج عن انخفاض العمر مقارنة بالمواقع الأخرى (الجدول 2).

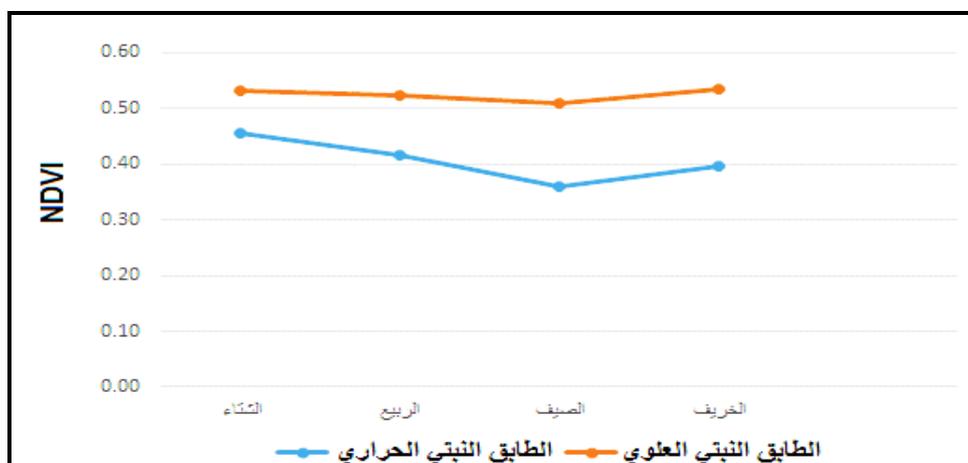
عند توزيع المواقع إلى الطوابق النباتية التي تنتمي إليها، لوحظ بأن قيمة المؤشر كانت أعلى للمجموعات التي تنتمي إلى الطابق العلوي مقارنة مع الطابق الحراري في جميع الفصول (الشكل 2)، مما يشير إلى إمكانية تأثر هذا المؤشر بالظروف المناخية (الهطول، الحرارة)، على الرغم من أن قيمة الـ NDVI في موقع الدالية الذي ينتمي إلى الطابق العلوي كانت منخفضة مقارنة بموقعي بشيلي وبشرافي وقريبة من قيم المواقع الأخرى الموجودة في الطابق النباتي المتوسطي الحراري (باستثناء فصل الصيف)، وهذا قد يعود إلى الخصائص الحراجية لموقع الدالية الذي تميز بكثافة شجرية أقل من موقعي بشيلي وبشرافي (الجدول 2)، والتي ربما جعلت تأثير الظروف المناخية في هذا الموقع أقل أهمية مقارنة بالموقعين المذكورين.



الشكل (2): متوسط قيمة مؤشر الاختلاف النباتي المعدل (NDVI) في مواقع الدراسة

إن الفروق في قيم مؤشر الـ NDVI المحسوبة على مستوى المواقع والطوابق النباتية التي تنتمي إليها هذه المواقع، والنتيجة عن الاختلاف في الخصائص الحرجية والظروف المناخية سواء بين المواقع المدروسة أو الطوابق النباتية كانت معنوية (الجدول 4)، إذ بلغت F المحسوبة عند مستوى معنوية (0.05) 82.23 على مستوى المواقع، و 65.83 على مستوى الطوابق النباتية والتي تجاوزت إلى حد كبير قيم F الجدولية (2.32، 4.17) على التوالي والمشار إليها في الجدول 4. كما يلاحظ بأن معنوية الفروق ازدادت عند حساب الـ NDVI على مستوى المواقع مقارنة

بالطوابق النباتية، وقد يعود هذا الى أن اختلاف الخصائص الحراجية على مستوى المواقع يكون أكثر أهمية من مستوى الطوابق النباتية.



الشكل (3): متوسط قيمة مؤشر الاختلاف النباتي المعدل (NDVI) للسنوات المدروسة في الطوابق النباتية للمواقع المدروسة

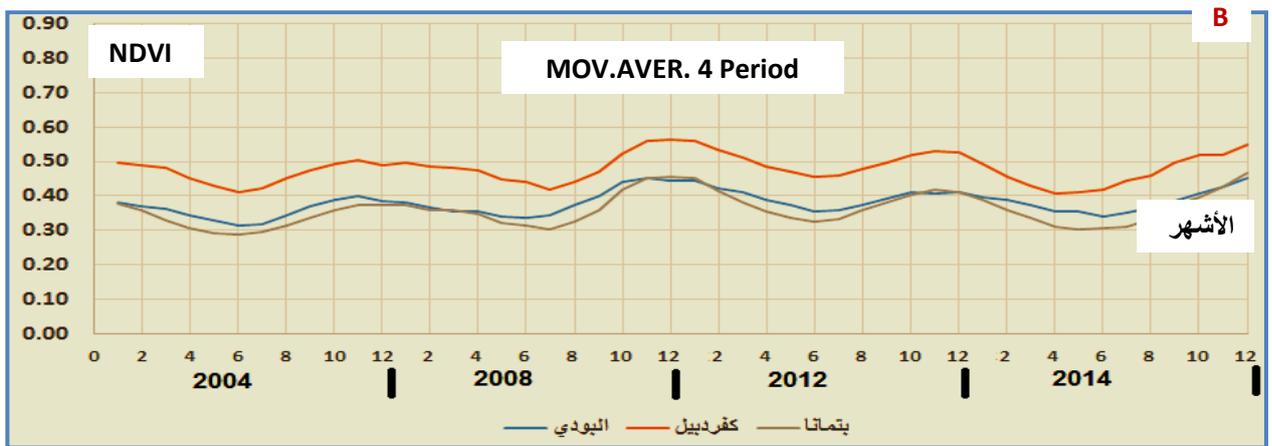
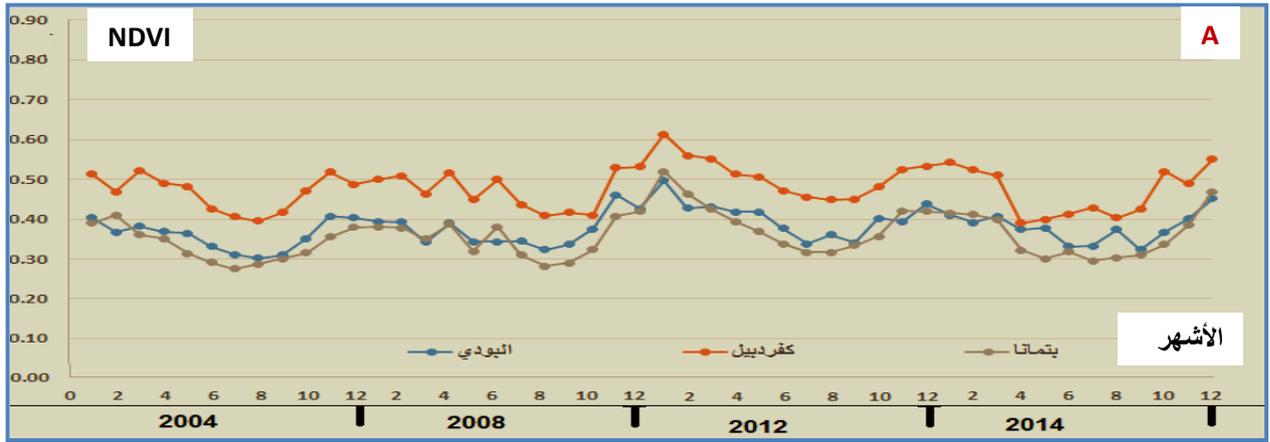
الجدول (4): اختبار فرق المعنوية (ANOVA- SIGNLE FACTOR) لمؤشر الـ NDVI المحسوب للمواقع والطوابق النباتية المدروسة

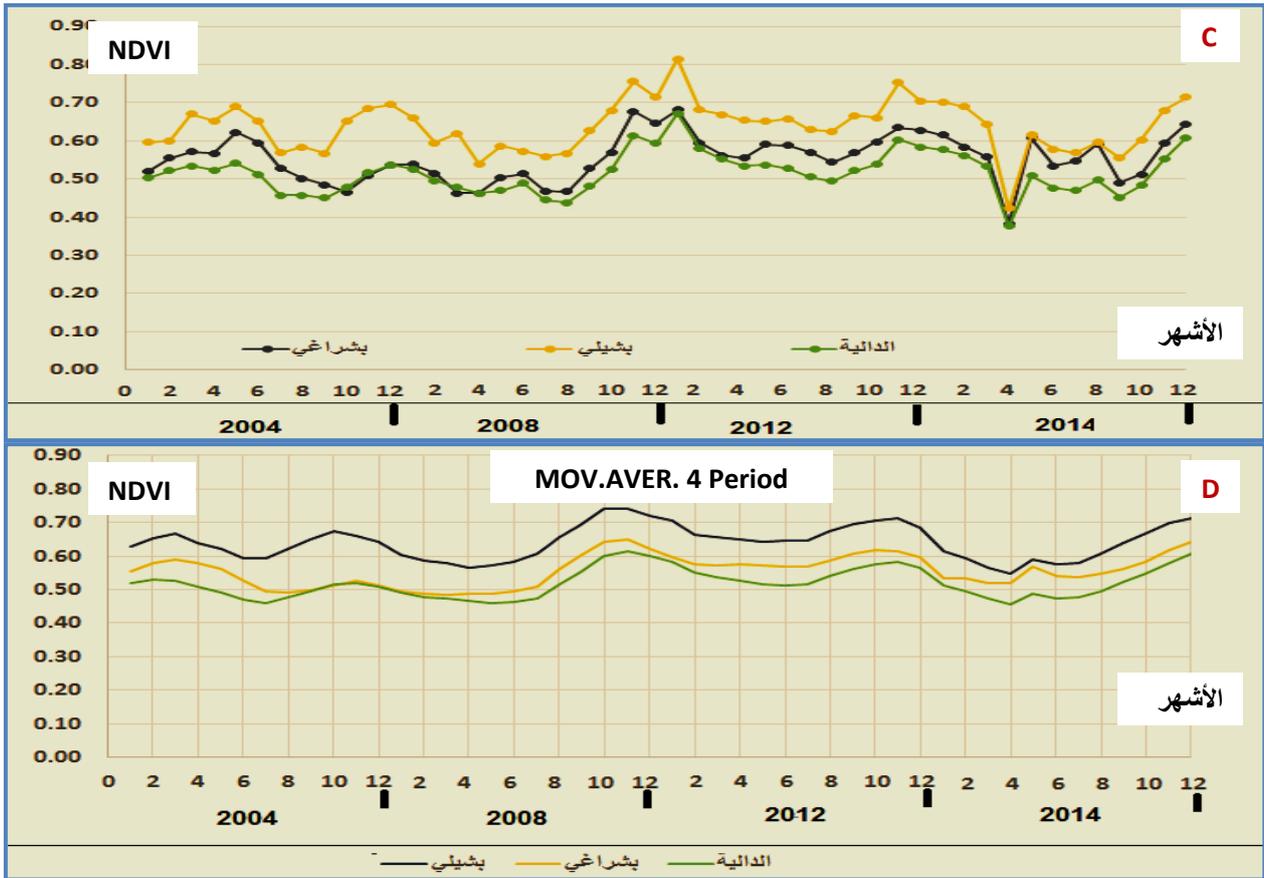
F cri	P-value	F	المدرسة
2.315689	4.91E-32	82.22856	مستوى المواقع
4.170877	4.67E-09	65.83659	مستوى الطوابق النباتية

2 - دراسة سلوك مؤشر الـ NDVI على المستوى الزمني:

1-2 دراسة سلوك المؤشر على المستوى الشهري:

يوضح الشكل 4 (A و C) متوسط القيم الشهرية لمؤشر الـ NDVI و (B و D) المتوسط المتحرك للقيم الشهرية للمؤشر في مواقع الدراسة خلال السنوات المدروسة. إذ لوحظ أن متوسط القيم الشهرية للمؤشر سجل أدنى قيمه في شهري تموز وأب، ثم في شهر أيلول وحزيران، وتشرين الاول ونيسان على التوالي، في حين سجل المؤشر أعلى قيمه في شهر كانون الأول، يليه شهرا تشرين الثاني وكانون الثاني، فـشهر شباط ثم آذار انتهاءً بشهر أيار. تراوحت قيمة مؤشر الـ NDVI الشهرية لمواقع الدراسة بين 0.28 في شهري تموز وأب و0.76 في شهري كانون الأول وتشرين الثاني خلال أعوام الدراسة. تشير النتيجة السابقة إلى أن قيمة المؤشر كانت ترتفع في أشهر الشتاء والخريف والربيع وتنخفض في أشهر الصيف وقد يكون هذا ناتجاً عن محتوى المجموع الخضري من المياه الذي يرتفع في أشهر الشتاء والخريف والربيع وينخفض صيفاً تحت تأثير الهطولات المطرية وارتفاع الحرارة صيفاً وما قد تتسبب عنه من إجهاد مائي. في الواقع أكدت الدراسات على تأثير العوامل المناخية (الهطول والحرارة) على القيم الشهرية لمؤشر الـ NDVI (Piao *et al.*, 2003; Allatorre and Begueria, 2003)، إذ تؤثر العوامل المناخية على نشاط الغطاء النباتي وعملياته الفيزيولوجية وخاصة التركيب الضوئي وكذلك على الأطوار الفينولوجية للنبات (Hicke *et al.*, 2002).





الشكل (4): القيمة الشهرية لمؤشر الاختلاف النباتي المعدل (NDVI) في مواقع الدراسة خلال السنوات المدروسة (A, C) وكذلك المتوسط المتحرك للقيم الشهرية للمؤشر المدروس (D, B).

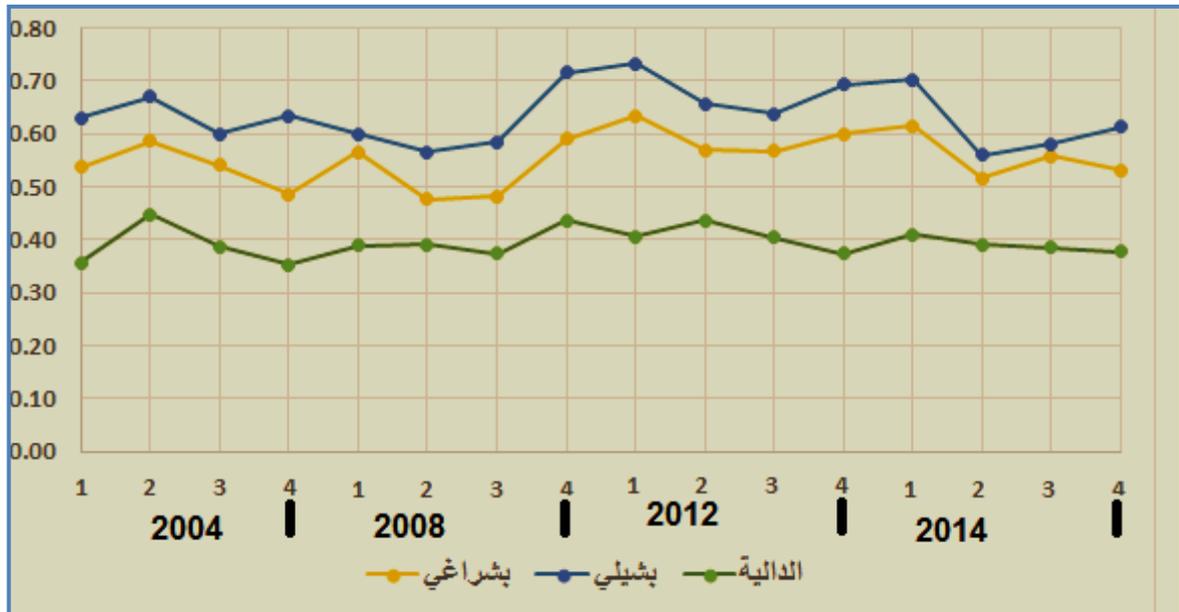
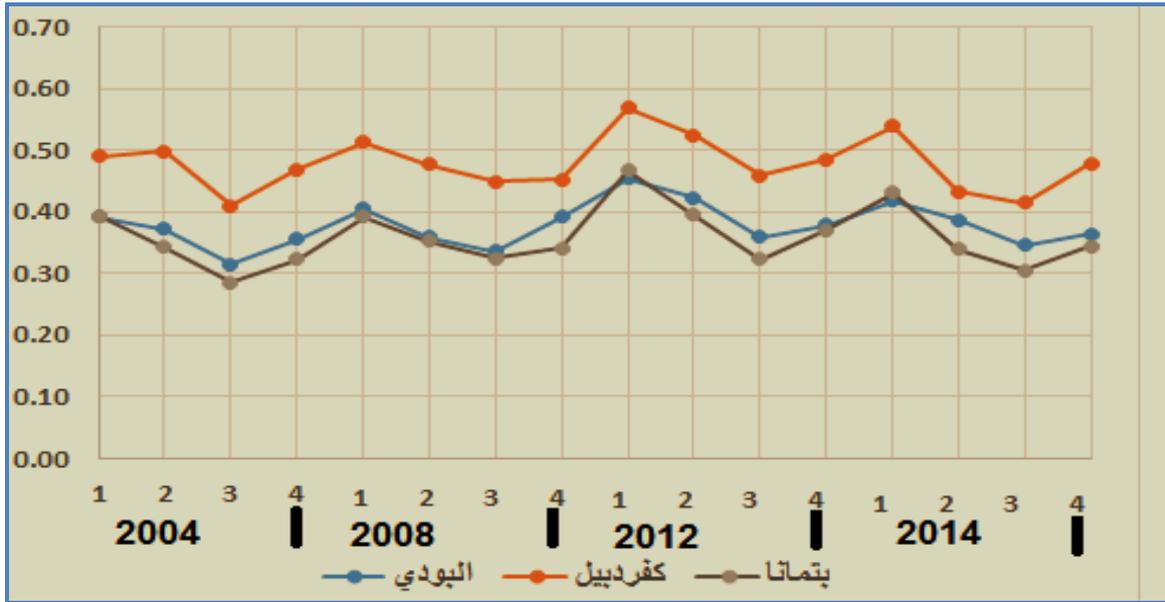
حسب المتوسط المتحرك للقيم الشهرية لمؤشر الـ NDVI باستخدام نافذة من 4 أشهر بهدف تنعيم حدة الفروق بين القيم الدنيا والعظمى لقيم المؤشر والملاحظة في الشكلين A و C (الشكل 4)، وبالتالي يوضح الشكلان B و D السلوك الشهري للمؤشر المدروس والذي كان متشابهاً في جميع السنوات المدروسة، إذ تنخفض قيم المؤشر في أشهر حزيران وتموز وأب، وترتفع في الأشهر الأخرى. إن الفروق الشهرية في قيم الـ NDVI كانت معنوية في جميع المواقع والسنوات المدروسة عند مستوى معنوية (0.05)، كما لوحظ بأن الفروق الشهرية في قيم المؤشر زادت معنويتها مع الزمن في جميع مواقع الدراسة، إذ على سبيل المثال ارتفعت قيمة F المحسوبة للفروق الشهرية خلال عام 2004 لموقع كفرنديل من 4.99 إلى 5.15 (2008)، 9.82 (2012)، 13.83 (2014)، علماً أن F الجدولية كانت في جميع السنوات ثابتة وبلغت 1.83. كما لوحظ أن موقع بتماننا سجل فروقاً شهرية في قيم الـ NDVI أكثر معنوية مقارنة مع المواقع الأخرى لنفس العام، فمثلاً في عام 2004، بلغت قيمة F المحسوبة للفروق الشهرية 13.07، 3.51، 4.99، 5.31، 9.51، 10.66 لكل من المواقع التالية على التوالي: بتماننا، البودي، كفرنديل، بشلي، بشراغي، الدالية علماً أن F الجدولية كانت على التوالي: 1.89، 1.88، 1.83، 1.86، 1.88، 2.21. ينطبق هذا المثال على سنوات 2008، 2012 و 2014، ويمكن تفسير هذه الحالة بأن مجموعات الصنوبر البروتي في بتماننا تعد فتيحة بالمقارنة مع المواقع الأخرى

(حيث كانت بعمر 17 سنة في عام 2004) مما يجعل النمو فيها سريعاً على مدار العام مقارنة بغيرها وبالتالي الفروقات الشهرية أكثر أهمية.

2-2 دراسة سلوك المؤشر على المستوى الفصلي:

يوضح الشكل 5 متوسط القيم الفصلية لمؤشر الـ NDVI خلال السنوات المدروسة، إذ لوحظ تفاوت في قيم المؤشر المدروس تبعاً للفصل وقد سجل أعلى قيمة له في فصل الشتاء في معظم المواقع والسنوات المدروسة، مع الإشارة إلى أن قيمه كانت في فصلي الربيع والخريف كانت تتفوق على قيمه في الشتاء في بعض الحالات (حسب الموقع والعام). أما أدنى قيم المؤشر فقد سُجلت في فصل الصيف في غالبية المواقع والسنوات المدروسة، كما لوحظ أن انخفاض القيم إلى الحد الأدنى كان يحدث أحياناً في فصل الخريف. إن انخفاضها صيفاً وارتفاعها شتاءً كان واضحاً في مواقع الطابق النباتي الحراري، وهذا يتوافق مع نتائج الدراسة التي نفذت من قبل محمد (2015)، والتي لاحظت ارتفاع قيم المؤشر المحسوب باستخدام صور لاندسات 8 لمجموعات الصنوبر الموجودة في الطابق النباتي الحراري شتاءً وانخفاضه صيفاً، ويعتقد أن سلوك المؤشر في هذا الطابق تأثر بمحتوى المجموع الخضري من الماء والذي اختلف بين الفصول تحت تأثير الهطول المطري. أشارت بعض الدراسات إلى أن قيمة المؤشر المحسوب للغطاء الحرجي في مرتفعات الصين ترتفع صيفاً وتتناقص شتاءً (Piao *et al.*, 2003)، حيث أوجد Lei و Bian (2010) وجود علاقة ارتباط قوية بين مؤشر الـ NDVI ومعدلات الهطول ودرجات الحرارة في إحدى المقاطعات الصينية، وبالتالي فإن العوامل المناخية (هطول وحرارة) السائدة في مكان أو زمن ما هي قد تؤثر بدرجة كبيرة على ارتفاع أو انخفاض في قيمة الـ NDVI. أما بالنسبة لسلوك المؤشر المحسوب لمواقع الطابق النباتي العلوي على المستوى الفصلي فإنه لم يكن محسوماً تماماً، إذ تتناوب ارتفاع قيم المؤشر بين فصول الشتاء والربيع والخريف، وانخفاض قيمه في فصل الصيف بشكل رئيسي وأحياناً في فصلي الربيع والخريف حسب الموقع والعام، إذ أن هناك صعوبة في تحديد فيما إذا كانت الخصائص الحرجية (وخاصة الأنواع المرافقة في بشيلي وبشراغي) أو الظروف المناخية مسؤولة عن هذا السلوك.

إن الفروق الفصلية في قيم الـ NDVI كانت معنوية في جميع المواقع والسنوات المدروسة عند مستوى معنوية (0.05) باستثناء مواقع البودي وبشراغي وكذلك الدالية خلال الأعوام 2004، 2008، 2012 على التوالي. كما لوحظ وكما في المرة السابقة أن موقع بتماننا سجل فروقاً فصلية في قيم الـ NDVI أكثر معنوية مقارنة مع المواقع الأخرى لنفس العام، وقد يعود هذا إلى عمر مجموعات الصنوبر البروتي في بتماننا والتي تعد فتية بالمقارنة مع المواقع الأخرى، حيث يتسارع النمو في المراحل العمرية الفتية وهذا بدوره يؤثر على قيم المؤشر الفصلية.



الشكل (5): القيمة الفصلية لمؤشر الاختلاف النباتي المعدل (NDVI) في مواقع الدراسة خلال السنوات المدروسة وكذلك المتوسط المتحرك للقيم الفصلية للمؤشر المدروس (1=الشتاء، 2= الربيع، 3= الصيف، 4= الخريف)

الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات

- اختلفت قيم مؤشر الـ NDVI حسب المواقع المدروسة وفقاً للاختلاف في الخصائص الحرجية (الكثافة، التغطية الشجرية، الأنواع المرافقة...الخ).
- اختلفت قيم المؤشر حسب الطوابق النباتية المدروسة، إذ ارتفعت في الطابق النباتي العلوي مقارنة بالحراري على الرغم من الأعمار المتقاربة، مما يوحي بأن العوامل المناخية وخاصة الهطول المطري قد أثر في قيم المؤشر.
- ارتفعت القيم الشهرية لمؤشر الـ NDVI المحسوبة لمجموعات الصنوبر في شهري كانون الأول وكانون الثاني، وانخفضت في شهري تموز وآب.
- اختلف سلوك مؤشر الـ NDVI على المستوى الفصلي حسب الطابق النباتي، إذ ارتفعت قيمة المؤشر شتاء وانخفضت صيفاً بالنسبة لمواقع الطابق الحراري، في حين كان سلوك المؤشر غير واضحاً بالنسبة لمواقع الطابق العلوي، إذ ارتفعت قيمة المؤشر في فصول الشتاء والربيع والخريف، وانخفضت في فصول الصيف والربيع والخريف وفقاً للسنوات والمواقع المدروسة.

التوصيات

- ينصح بحساب مؤشر الـ NDVI للمواقع المدروسة باستخدام صور من مستشعرات مختلفة ودقات مختلفة لمعرفة تأثير نوع المستشعر والدقة المكانية للصور على قيم المؤشر المحسوب لمجموعات الصنوبر في منطقة جبلة.
- يوصى بدراسة تأثير معدلات الامطار ومتوسطات درجات الحرارة الشهرية والفصلية في المواقع المدروسة على مؤشر الـ NDVI.
- ينصح بدراسة سلوك المؤشر على المستوى الزمني باستخدام سلسلة زمنية متواصلة وذلك لدعم النتائج التي تم توصل إليها في هذا البحث.

المراجع:

1. إسماعيل، فاطمة. دراسة تأثير التغيرات المناخية على مجموعات السنديان شبه العزري في اللاذقية . أطروحة ماجستير، كلية الزراعة، جامعة تشرين، 2014، ص 55 .
2. علي، حسان. تقدير المخزون الخشبي للصنوبر البروتي *Pinus brutia Ten.* في منطقة القدموس - محافظة طرطوس باستخدام الصور الفضائية . أطروحة ماجستير، كلية الزراعة، جامعة تشرين، 2014، ص 57 .
3. محفوظ، ايلين. اختبار أحد موديلات تقدير المخزون الخشبي للصنوبر البروتي (*Pinus brutia Ten.*) على بعض مواقع التشجير الاصطناعي في منطقة جبلة (سورية) . المجلة العربية للبيئات الجافة (أكساد)، 2015، (موافقة نشر).
4. محمد، ريم. تقدير مؤشر المسطح الورقي لمجموعات الصنوبر البروتي في جبلة باستخدام الصور الفضائية. أطروحة ماجستير، كلية الزراعة، جامعة تشرين، 2015، ص 61 .
5. نحال، إبراهيم. الصنوبر البروتي *Pinus brutia* وغاباته في سورية وبلاد شرق المتوسط . منشورات جامعة حلب، كلية الزراعة، 1982، ص 228.

1. ALATORRE, L.C.; BEGUERIA, S. Analysis of spatial and temporal evolution of the NDVI on vegetated and degraded areas in the central Spanish pyrenees. In: WANGER, W. AND SZEKELY, B. (eds.): ISPRS TC VII Symposium – 100 Years ISPRS, Vienna, Austria, July 5–7, 2010, IAPRS, Vol. XXXVIII, Part 7A. 7-11.
2. BOCHENEK, Z. ; ZIOLKOWSKI, D. ; BARTOLD, M.; Forest Condition Assessment through analyzing relations between meteorological parameters describing changes and vegetation indices derived from low –resolution satellite data. IGARSS, 26-31 July 2015, Milan Italy, 3341- 3344.
3. BUSETTO, L.; MERONI, M. *Combining medium and coarse spatial resolution satellite data to improve the estimation of sub-pixel NDVI time series*. Remote Sensing of Environment, Vol. 1121, 2008, 118 -131.
4. CRISTIANO, P.M. ; MADANES, N. ; CAMPANELLO, P.I. ; FRANCESCANTONIO, D. ; RODRIGUEZ, S.A.; ZHANG, Y.J.; CARRASCO, L.O.; GOLDSTEIN, G. *High NDVI and Potential Canopy Photosynthesis of South American Subtropical Forests despite Seasonal Changes in Leaf Area Index and Air Temperature*. Forests5, 2014, 287-308.
5. FREITAS, S.R.; MELLO, M.C.; CRUZ, C.B. *Relationships between forest structure and vegetation indices in Atlantic Rainforest*. Forest Ecology and Management. N° 218, 2005, 353–362
6. GHORBANI, A. ; MOSSIVAND, A. M.; OURI, A. E. *Utility of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) for land/canopy cover mapping in Khalkhal County (Iran)*. Annals of Biological Research, VOL. 3, N° 12, 2012, 5494-5503.
7. GUO, L.; WU, S.; ZHAO, D.; YIN, Y.; LENG, G.; ZHANG, Q. *NDVI-Based Vegetation Change in Inner Mongolia from 1982 to 2006 and Its Relationship to Climate at the Biome Scale*. Hindawi Publishing Corporation. V. (2014), 2014, 12 Pages.
8. HICKE, J. A.; ASNER, G. P.; RANDERSON, J. T.; TUCKER, C.; LOS, S.; BIRDSEY, R. ; JENKINS, J. C.; FIELD C., HOLLAND E. *Satellite-derived increases in net primary productivity across North America, 1982–1998*. Geophysical Research Letters, VOL. 29, N° 10, 2002, doi: 10.1029/2001GL013578.
9. KARABURUN, A. *Estimation of C factor for soil erosion modeling using NDVI in Buyukceknece Watershed*. Ozean Journal of Applied Sciences, VOL. 3, N° 1, 2010, 77-85.
10. KIMES, D.S.; HOLBEN, B.; TUCKER, C.J; NEWCOMB, W. *Optimal directional view angles for remote sensing mission*. International Journal of Remote Sensing, 5, 1984, 887-908.
11. LEI, S.; BIAN, Z. Analysis of spatiotemporal difference of NDVI in an arid coal mining region using remote sensing, In: Wagner W., Székely, B. (eds.): ISPRS TC VII Symposium – 100 Years ISPRS, Vienna, Austria, July 5–7, 2010, 112-116.
12. LUKASOVA, V.; LANG, M.; SKVARENINA, J. Seasonal Changes in NDVI in relation to Phenological Phases, LAI and PAI of Beech Forests. Baltic Forestry, VOL. 20, N° 2, 2014, 248-262.
13. MAHFOUD, I. Cartographie et mesure de la biodiversité du Mont Ventoux Approche par Système d'Information Géographique et Télédétection, préconisations méthodologiques et application pour l'aménagement forestier. Thèse de doctorat , University d'Avignon, France, 2009, 217 Pages.
14. MOULIN, S.; KERGOAT, L.; VIOVY, N.; DEDIEU, G. *Global scale assessment of vegetation phenology using NOAA/AVHRR satellite measurements*. Journal of Climate, 10, 1997, 1154–1170.

15. PIAO, S.; FANG, J.; ZHOU, L.; GUO, Q.; HENDERSON, M.; JI, W.; LI, Y.; TAO, S. Interannual variations of monthly and seasonal *normalized difference vegetation index (NDVI) in China from 1982 to 1999*. Journal of Geophysical Research, VOL. 108, N^o. D14, 4401, 2003, 1-1_1-13.
16. PIAO, S.; MOHAMMAT, A.; FANG, J.; CAI, Q.; FENG, J. *NDVI-based increase in growth of temperate grasslands and its responses to climate changes in China*. Global Environmental Change, N^o. 16, 2006, 340–348.
17. SKIDMORE A., 2002. Environmental Modelling with GIS and Remote Sensing. Taylor & Francis, London, 259 pages.
18. SOENEN, A.S.; PEDDLE, D. R.; HALL, R. J.; COBURN C. A.; HALL, F. G. *Estimating aboveground forest biomass from canopy reflectance model inversion in terrain*. Remote Sensing of Environment, N^o 114, 2010, 1325–1337.
19. TAGESSON, T. Indirect estimations and spatial variation in leaf area index of coniferous, deciduous and mixed forest stands in Forsmark and Laxemar. Technical Report, 2006, 1 -34
20. WEIER, J.; HERRING, D. Measuring Vegetation (NDVI & RVI). 1999, 2/09/2015. <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation/>
21. WENWEN, C.; JINLING, S.; JINDI, W.; ZHIQIANG, X. *High spatial and temporal resolution NDVI produced by the assimilation of MODIS and HJ-1 data*. Canadian Journal of Remote Sensing, VOL. 37, N^o 6, 2011, 1-16.