



## تقدير العمر والكثافة للمجموعات الحرجية من الصنوبر البروتي *Pinus brutia* Ten. في جوبة برغال (اللاذقية / سورية) باستخدام صور Landsat ETM

### Estimating Age and Tree Density for Jobet Berghal *Pinus brutia* Ten. Forest Stands Using Landsat ETM Images

زياد الجبوي<sup>(3)</sup>

أحمد جيرودية<sup>(2)</sup>

روزة قرموقة<sup>(1)</sup>

ROSA Karmoka<sup>(1)</sup>

Ahmad Jiroudieh<sup>(2)</sup>

Zyad AL-Jbawi<sup>(2)</sup>

[karmokarosa@hotmail.com](mailto:karmokarosa@hotmail.com)

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

(1) General Organization of Remote Sensing, Syria.

(2) قسم الموارد الطبيعية المتجددة والبيئة، كلية الزراعة، جامعة دمشق، سورية.

(2) Department of Renewable Natural Resources and Environment, Faculty of Agriculture, Damascus University, Syria.

(3) وزارة الزراعة والاصلاح الزراعي، دمشق، سورية.

(3) Ministry of Agriculture and Agrarian reform, Syria.

#### الملخص

تم في هذا البحث استخدام صور Landsat ETM لتقدير عمر وكثافة مجموعات حرجية من الصنوبر البروتي *Pinus brutia* Ten. في جوبة برغال في محافظة اللاذقية (سورية)، إذ تم خلال عام 2010 قياس متوسطات الأعمار، والكثافة الشجرية لـ 52 موقعاً ضمن غابات منطقة الدراسة. استخدم لتنفيذ البحث صورة فضائية مرجعة مكانياً، وتم تحويل القيم الرقمية لبيكسلاتها إلى قيم الانعكاسية (Reflectance) لاستخلاص نسب ومؤشرات نبت مختلفة (Vegetation indices)، ومؤشرات نبت أخرى لتخفيض أثر التربة، بالإضافة إلى منتجات تحليل المكونات الأساسية (PCA)، ومنتجات تحويل Tasseled Cap، وتحديد الغطاء النباتي Vegetation Suppression لتوظيفها في تحليلات البحث. ومن ثم اختبار علاقة الارتباط بين نسب النطاقات والتحويلات ومؤشرات النبت المباشرة ومؤشرات النبت المخفضة لأثر التربة، وبين متغيري العمر والكثافة الشجرية، ومن ثم أُجري تحليل انحدار متعدد بين متغيرات مواقع العينات وقيم البيكسلات الموافقة لها بالنسبة لكل النسب والمؤشرات المستخدمة. أظهرت مجمل المتغيرات المدروسة علاقة ارتباط معنوية (R) تجاوزت 0.55 مع العمر، بينما كانت الاستجابة للكثافة أعلى، إذ تراوحت قيم الارتباط (R). لمعظم المتغيرات بين 0.51 و0.75. أنتج باستخدام تحليل الانحدار معادلتان لتقدير العمر والكثافة:

$$\text{Age} = -0.427 + (0.43 * R1) + (3.48 * 7EVI) + (46.35 * TSAVI) + (11.69 * Greenness)$$

$$\text{Density} = -1763 + (163.3 * R1) + (1388.91 * EVI) + (2017.5 * MSAVI) + (4439.856 * Greenness)$$

وأنتجت بموجب المعادلتين خرائط صفوف الأعمار والكثافة الشجرية، وكانت الدقة بالنسبة للصفوف 72.7% و90% لأنموذجي تقدير الأعمار والكثافة على التوالي، وبالنسبة لدقة الأنموذج المقدرة للقيم الحقلية المقاسة، فقد بلغت قيمة متوسط انحراف قيم الأعمار المقدرة بالمعادلة عن المقاسة حقلياً 6.08% و14.44% لأنموذجي تقدير الأعمار والكثافة على التوالي.

**الكلمات المفتاحية:** الصنوبر البروتي، الكثافة الشجرية، متوسط العمر، صور لاندسات، سورية.

## Abstract

Landsat ETM images were used to estimate age and tree density of Jobet Berghal *Pinus brutia* Ten. forest stands (Lattakia governorate/Syria), where average ages and tree density have measured for 52 field survey sites in 2010-summer season. An orthorectified Landsat image has analyzed after pixel reflectance correction has been applied, band ratios, vegetation and vegetation soil adjusted indices, principal component analysis PCA, Tasseled Cap transformation and vegetation suppression were extracted in order to be employed in farther processes. The correlation between variables has studied and showed coefficient correlation R exceeds 0.55 for age, while density achieves higher correlation coefficient R ranged between 0.51 and 0.75. Regression equations derived to estimate average age and tree density:

$$\text{Age} = -0.427 + (0.43 * R1) + (3.48 * 7EVI) + (46.35 * TSAVI) + (11.69 * Greenness)$$

$$\text{Density} = -1763 + (163.3 * R1) + (1388.91 * EVI) + (2017.5 * MSAVI) + (4439.856 * Greenness)$$

Then Maps representing average age classes and tree density classes produced using regression equations. Accuracy assessment showed 72.2% and 90% accuracy for average age class and tree density class respectively, and for site measurements value accuracy estimation, the deviation of the predicted to measured average values were 6.08% and 14.44% for average age and tree density respectively.

**Keywords:** *Iris nigricans*, *in vitro* conservation, Absisic acid, Genetic stability, ISSR.

## المقدمة

تسهم الغابات في حفظ التوازن البيئي ودفع النبات فيها باتجاه الأوج، وتعمل على حفظ التربة ومنعها من الانجراف وتدعم تغذية المياه الجوفية، لذلك فإن التنمية المستدامة والاستخدام الرشيد للموارد الغابية يعد أساس الإدارة المتكاملة لها، والذي يعتمد على المعلومات الصحيحة بشكل دوري، وضمن فترات زمنية محدودة حول توزعها المكاني ومعاملات النمو الخاصة بها، كالكتلة الحية والكثافة والعمر، الأمر الذي يصعب تحقيقه عبر الطرائق التقليدية، مما يجعل توظيف تقانات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية الطريقة الأمثل، بكلفتها المعقولة والدقة المقبولة لنتائجها، إضافة إلى التكرارية الزمنية العالية لبياناتها، والرؤية الشمولية التي تقدمها، والجهد الممكن بذله لتقدير معاملات النمو للموقع (Xu وزملاؤه، 2003؛ Maselli وزملاؤه، 2005؛ Sivampillari وزملاؤه، 2006؛ Ripple وزملاؤه، 2013)، كما أجريت بحوث لتقدير الكثافة والتغطية للغابات في حدائق وطنية ومناطق تغطيتها غابات واسعة الامتداد (Satterwhite و Henely، 1987؛ Hurcom و Harison، 1998).

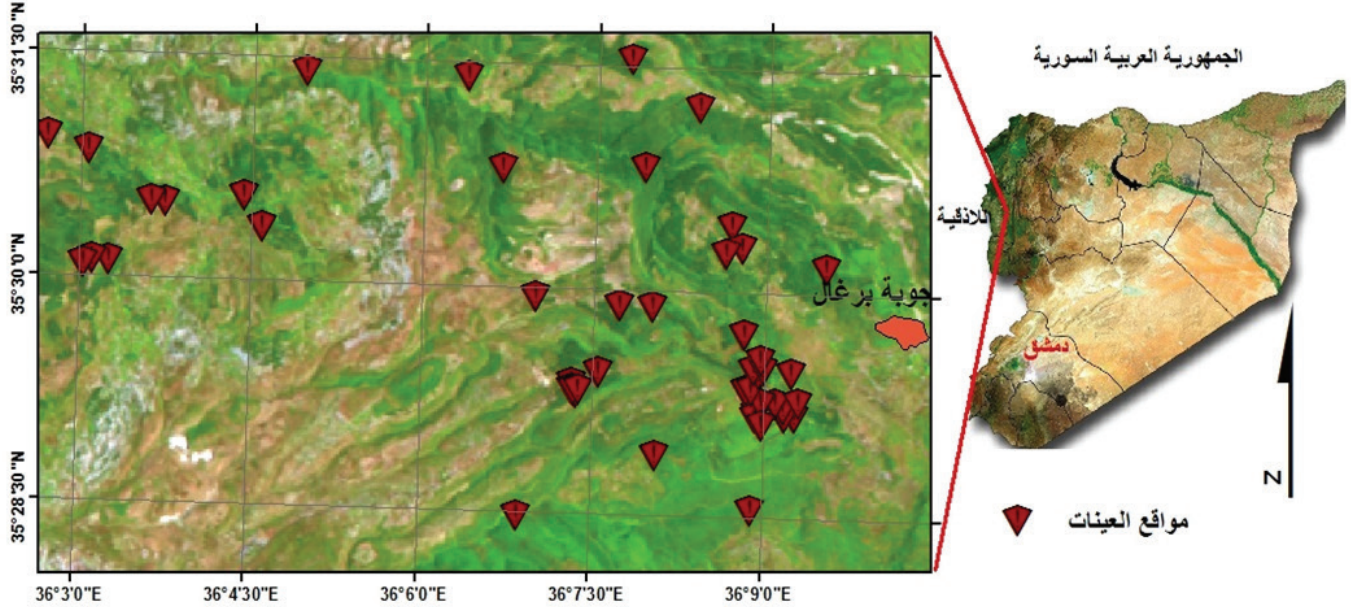
## هدف البحث

تم في هذا البحث تقدير عمر وكثافة مجموعات حرجية وقائية تغطي مناطق جبلية غربي بلدة جوبة برغال (اللاذقية/سورية)، باستخدام نسب نطاقات ومؤشرات نبت وتحويلات لصورة فضائية من نوع Landsat ETM، بهدف اعتماد طرائق لتقدير بعض مؤشرات النمو كالعمر، والكثافة في مواقع غابية في حيز مكاني محدد غربي بلدة جوبة برغال في الجبال الساحلية في سورية، باستخدام إمكانيات تحليل الصور الفضائية، وذلك على مستوى البيكسل، وتقييم دقة النتائج، ومقارنتها بقيم المسوح الحقلية.

## مواد البحث وطرائقه

### 1. منطقة الدراسة:

تغطي الدراسة الغابات المنتشرة غربي بلدة جوية برغال والممتدة بين خطي عرض  $35^{\circ}28'00''$  -  $35^{\circ}31'30''$  وخطي طول  $36^{\circ}10'00''$  -  $36^{\circ}01'00''$  بمساحة تبلغ نحو 100 كم<sup>2</sup>، تشغل الغابات منها مساحة تبلغ 50 كم<sup>2</sup> تقريباً، وتباين ارتفاعاتها بين 500م و1130م عن سطح البحر (الشكل 1).



الشكل 1. منطقة الدراسة ومواقع العينات.

تشكل غابات الصنوبر البروتي *Pinus brutia* Ten. الغطاء الغابي السائد في منطقة الدراسة، وتوجد ضمن الطوابق البيومناخية شبه الرطبة والرطوبة اعتباراً من الطابق النباتي السفلي حتى العلوي، ويصادف في أغلب الأحيان على ترب ناشئة على المارن والكلس المارني، وتشغل بشكل أساس ترب المنحدرات، وتكون تغطيتها متقطعة تتخللها أراضٍ زراعية وتكشافات صخرية، وتحقق نسبة تغطية عالية جداً قد تصل إلى 95 %، وتتكون طبقة تحت الغابة من مجموعة من شجيرات البطم الفلسطيني *Pistacia palaestina*، والأصطرك *Styrax officinalis*، والبقص *Rhus cotinus*، والسنديان العادي *Quercus calliprinos*، والسنديان البلوطي *Quercus infectoria*، والزرود *Phillyrea media*، والقطب *Arbutus andrachne*، والأس الشائع *Myrtus communis*، والقريضة *Cistus* sp. وتختلف هذه الأنواع في نسب وجودها وتكرارها تبعاً لشروط الموقع (نحال، 1982).

### 2. الصورة الفضائية:

استخدم لتنفيذ البحث صورة Landsat ETM ملتقطة بتاريخ 12/ 07/ 2010، كما تم استخدام خرائط طبوغرافية مقياس 1/50000 للاستدلال على مناطق العمران وشبكة الطرق. أجريت عمليات معالجة الصور الفضائية وإخراجها ضمن برمجيات (Intergraph) ERDAS Imagen (2013)، و (ENVI) (Research Systems، 2013)، و (Arc GIS -ESRI) (Johnston و Mc Coy، 2013).  
المسوح الحقلية: نُفذت أعمال حقلية (مسوحات) خلال موسم صيف 2010 لـ 52 موقعاً بأبعاد 30\*30 م معبرة عما حولها، وسُجلت إحدائيات مراكزها باستخدام جهاز تحديد المواقع العالمي GPS، وقيست فيها كثافة الأشجار في الموقع، كما أُخذت سبرات لقياس الأعمار من خمس أشجار معبرة عن الموقع، ثم حُسب متوسط الأعمار لكل موقع.

### 3. طرائق البحث:

اعتمد البحث على صورة Landsat ETM ذات قدرة التمييز المكاني 30 م، إذ تم تنفيذ عملية إرجاع مكاني لها (Orthorectifying)، وجمعت النطاقات الطيفية لها بصورة واحدة (Layer stack)، باستثناء النطاق السادس الحراري (ذو قدرة التمييز المكاني المنخفضة)، ثم تم تحويل القيم

الرقمية لبيكسلاتها إلى قيمة تعبر عن الانعكاسية الطيفية (Spectral reflectance)، واقتطع الجزء الممثل لمنطقة الدراسة، واستخلصت مجموعة من نسب النطاقات (Band ratios) (Harrison و Hurcom، 1998)، وتحليل المكونات الأساسية (Principal Component Analysis) (PCA)، وتحويل Tasseled Cap (Hoffer و Todd، 1998)، ومجموعة من المؤشرات (الأدلة) النباتية، وتلك المتعلقة بتقليل أثر انعكاسية التربة (Karteris، 1990)، وتم استخلاص قيم البيكسلات الموافقة لمواقع العينات الحقلية باستخدام برنامج معالجة الصور الفضائية ERDAS Imagine، ودرس الارتباط بين المتغيرات المدروسة وباقي النطاقات والمؤشرات الطيفية، ومن ثم استخلصت معادلة الانحدار الأكثر تعبيراً عن المتغيرات المدروسة (العمر والكثافة)، وأخيراً طبقت المعادلات على الصورة، وتم تنفيذ اختبار دقة ضمن برنامج ERDAS Imagine، وأنتجت الخرائط المعبرة عن الأعمار والكثافة للمجموعات الحرجية في منطقة الدراسة. اشتملت نسب النطاقات والتحويلات والمؤشرات التي تم استخلاصها وتوظيفها في البحث على الآتي:

#### a- نسب النطاقات Band Ratios

نسب النطاقات هي الصور الناتجة عن قسمة قيم البيكسلات في أحد النطاقات الطيفية على قيم البيكسلات المقابلة لها في نطاق آخر (Lillesand و Kieffer، 1987)، وتتميز بأنها تحافظ على الخصائص الطيفية لسمات الصورة مهما تغيرت ظروف إضاءة المشهد، وتسهم في تصحيح التداخل الناتج عن عوامل الطبوغرافيا، وتعزز المحتوى اللوني للمعطيات.

#### b- مؤشرات النبات Vegetation Indices

⊗ مؤشر النبات التفاضلي (NDVI) Normalized Difference Vegetation Index

$$NDVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R)}$$

حيث R: الانعكاسية في النطاق الطيفي الأحمر، NIR: الانعكاسية في النطاق الطيفي تحت الأحمر القريب. ويستند هذا المؤشر إلى أن النبات يميل إلى الامتصاص العالي للأطوال الموجية الحمراء (0.63 - 0.69 μm) من الإشعاع الشمسي (منطقة الامتصاص الكلوروفيلي للنبات)، ويعكس الأطوال الموجية تحت الحمراء القريبة (0.76 - 0.90 μm)، إذ تتناسب الانعكاسية طردياً مع المحتوى المائي وحجم الخلايا في النبات (Deering، 1975)، وتتراوح القيم الرقمية لبيكسلات صورة NDVI بين +1 و -1، وتنحصر قيم النبات في المجال الموجب دائماً (Lillesand و Kieffer، 1987).

⊗ مؤشر النبات المحول (TVI) Transformed Vegetation Index

$$TVI = \sqrt{0.5 + \frac{(NIR - R)}{(NIR + R)}} \quad (2014, Weicheng)$$

يتفاعل هذا المؤشر بشكل أفضل مع التغيرات في محتوى اليخضور، وكمية الكتلة الحية في النبات.

⊗ مؤشر النبات المحسن (EVI) Enhanced Vegetation Index:

يدخل في حسابه المجال الطيفي الأزرق بهدف تحسين أثر الغلاف الجوي وأثر الظلة النباتية، ويتفاعل بشكل جيد مع فيزيولوجية النبات، ومع بنية وتركيب التاج (Lillesand و Kieffer، 1987).

$$EVI = 2.5 * \frac{(NIR - R)}{(NIR + 6 * R - 7.5 * Blue + 1)}$$

حيث Blue: الإنعكاسية في النطاق الطيفي الأزرق.

#### c- مؤشرات تخفيف أثر التربة Soil Indices

⊗ مؤشر النبات المضبوط على التربة (SAVI) Soil Adjusted Vegetation Index

وهي قرينة نباتية عدلت عن قرينة NDVI، إذ تمت معايرتها على أساس تأثير انعكاسية التربة في إنتقال الأشعة الحمراء وتحت الحمراء القريبة عبر تيجان النبات (Huete، 1988).

$$SAVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R + L)} * (1 + L)$$

حيث L: معامل المعايرة Adjusted Factor، ويحدد ضمن المعادلة بالقيمة (0.5).

⊗ مؤشر النبات المحسن المضبوط على التربة (OSAVI) Other Soil Adjusted Vegetation Index

وعدلت هذه القرينة عن القرينة النباتية SAVI (Huete، 1988):

$$OSAVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R + 0.16)}$$

❖ مؤشر النبات المعدل على التربة (MSAVI) Modified Soil Adjusted Vegetation Index

$$\text{MSAVI} = \frac{2 * \text{NIR} + 1 - \sqrt{(2 * \text{NIR} + 1)^2 - 8 * (\text{NIR} - \text{R})}}{2}$$

وتتراوح قيمته بين 1- و +1 (Qi وزملاؤه، 1994)، ويسمح بتخفيض أكثر فعالية لأثر التربة، ويرفع المدى الفعال للمؤشر.

❖ مؤشر النبات المحول على التربة (TSAVI) Transformed Soil Adjusted Vegetation Index

$$\text{TSAVI} = \frac{\text{NIR} - \text{R} - 0.1}{\text{NIR} + \text{R} - 0.09} \quad (\text{Baret وزملاؤه، 1989})$$

#### d- التحويلات Transformations

❖ تحويل: Tasseled Cap وهو تحويل متعامد تتجلى أهميته في أنه يساهم في تحييد جزئي لتأثير الغلاف الجوي، ويقوم بضغط البيانات في عدد أقل من النطاقات مرتبطة مع خصائص الصورة (Kauth و Thomas، 1976)، وينتج أربعة مؤشرات جديدة، استخدم منها في الدراسة مؤشران هما:

- خضرة النبات (Vegetation greenness): ويتم اعتماده بشكل أساس لفهم حيوية السمات الخضرية وتطورها في المجالات الطيفية، وله تطبيقات لتحقيق فهم أفضل للغطاء الغابي بما يخص الأنواع، وبنى المجموعة الحرجية. ويُحسب لصور Landsat ETM حسب معادلة Crist و Cicone (1984):

$$G (\text{greenness}) = -0.334 * b_1 - 0.354 * b_2 - 0.456 b_3 + 0.6966 * b_4 - 0.024 * b_5 - 0.263 * b_7$$

- سطوع التربة (Soil brightness): ويحسب لـ Landsat ETM بمعادلة Crist و Cicone (1984):

$$B (\text{brightness}) = -0.3561 * b_1 + 0.3972 * b_2 + 0.3904 b_3 + 0.6966 * b_4 - 0.2286 * b_5 - 0.1596 * b_7$$

❖ تحييد النبات Vegetation Suppression: تعتمد الطريقة على تحييد مكونات الانعكاسية المتعلقة بتغطية النبات لسطح الأرض (Crippen و Blom، 2001) استناداً إلى تقانة Spectral Unmixing، التي تحدد بموجبها نسبة مشاركة كل مكون من السمات الأرضية في إنعكاسية البيكسل، ومن ثم عزله أو إزالته، وبالتالي الحصول على سمات الصورة الفضائية بمعزل عن الغطاء النباتي.

❖ تحليل المكونات الأساسية (ACP) Principal Component Analysis: وهي طريقة خطية لاخترال أبعاد البيانات (Dimensionality reduction) واستخلاص السمات، هدفها تحويل كمية البيانات الكبيرة والمبعثرة الخصائص إلى بيانات تحتوي على المكونات الأساسية للصورة، وبشكل مرتب، في مجموعة جديدة من الصور تدعى بالمركبات غير المترابطة، وفيما يتعلق بمقدار التباين (SU) Variance (Wolfe، 2008) فإن النطاق الأول يحوي على أكبر نسبة تباين بين المعلومات ويحوي الأخير على ضوضاء (Noise)، ويشتمل على أقل نسبة تباين بين النطاقات الجديدة (Jensen، 1986).

### النتائج والمناقشة

تم باستخدام برنامج Arc GIS تحضير شريحة نقطية تعبر عن مواقع وبيانات المسوح الحقلية، كما تم استخلاص مؤشرات النبات وتناسب النطاقات، ومن ثم استُخلصت قيم البيكسلات الموافقة لمواقع المسوح الحقلية، وسُجلت ضمن الشريحة النقطية ضمن بيئة برنامج ERDAS Imagine.

تم استخلاص نسب النطاقات الأكثر استخداماً في دراسات النبات (الجدول 1)، إذ ترتبط النطاقات 3 و4 بوجود النبات وشدته، وتظهر النطاقات 1 و5 و7 استجابةً عاليةً لحيوية النبات ولمحتواه الرطوبي.

الجدول 1. نسب النطاقات المستخلصة.

رمز النسبية	العلاقة
R1 النسبة 1	(نسبة النطاق الرابع إلى الثالث) Band4/Band3
R2 النسبة 2	(نسبة النطاق الثالث إلى الأول) Band3/Band1
R3 النسبة 3	(نسبة النطاق السابع إلى الخامس) Band7/Band5
(Band 1,3,4,5,7): النطاقات 1 و3 و4 و5 و7 للصورة الفضائية)	

كما تم استخلاص الصور المعبرة عن مؤشرات النبات والتربة المذكورة أعلاه، وفيما يخص التحويلات فقد وُظف النطاق الثاني (PCA2) من تحويل تحليل المكونات الأساسية، والذي يشكل النطاقان الأحمر وتحت الأحمر القريب أكبر مصادر بياناته، وبالتالي فهو وثيق الارتباط مع كثافة وحيوية المكون النباتي في الصورة (Ramdani وزملاؤه، 2015)، ويُعد مؤشر نبت فعّال، كما تم استخلاص نسبة النطاق الثاني إلى الأول من التحويل على اعتبار أن النطاق الأول من التحويل (PCA1) يشتمل عموماً على ما نسبته نحو 90% من تباين بيانات الصورة الأصلية. وفيما يتعلق بتحديد الغطاء النباتي، فقد تم تنفيذ التحويل، واستُخلصت الصورة المعبرة عن السمات الأرضية بمعزل عن تأثير انعكاسية النبات فيها، ومن ثم طُرحت قيم بيكسلات الصورة الناتجة من الأصلية للحصول على صورة تمثل أثر نسبة الانعكاسية الصافية للنبت فقط (Neat vegetation)، واستُخلص مؤشر NDVI لها. وبالنسبة لتحويل Tasseled Cap، فقد استخدم من نطاقاته فقط تلك المعبرة عن الخضرة (Greenness)، والمعبرة عن سطوع التربة (Brightness). وتم استخدام البرنامج الإحصائي SPSS لدراسة قيم الارتباط بين الأعمار والكثافة لمواقع العينات والقيم الموافقة لها من النطاقات الناتجة عن المؤشرات والأدلة، وتم اعتماد المؤشرات التي بلغت قيمة معامل الارتباط فيها 0.5 على الأقل (الجدول 2).

الجدول 2. معاملات الارتباط بين قيم المسوح الحقلية والبيكسلات المقابلة لها من منتجات الصورة الفضائية.

العمر (سنة) Age (year)	كثافة الموقع (شجرة/هكتار) Density (Tree/ha)	معاملات الصورة	
(R) معامل الارتباط	(R) معامل الارتباط		
0.583**	0.733**	R1=B4/B3	نسبة النطاق الرابع إلى الثالث
-0.283**	0.333*	R2=B3/B1	نسبة النطاق الثالث إلى الأول
-0.380*	-0.555**	R3=B7/B5	نسبة النطاق السابع إلى الخامس
0.558**	0.680**	NDVI	مؤشر النبات التفاضلي
-0.439**	-0.614**	NDVI (Neat vegetation)	مؤشر النبات التفاضلي للنبت الصافي
0.562**	0.737**	EVI	مؤشر النبات المحسّن
0.552**	0.672**	TVI	مؤشر النبات المحول
0.558**	0.680**	SAVI	مؤشر النبات المضبوط على التربة
0.572**	0.748**	MSAVI	مؤشر النبات المعدّل على التربة
0.575**	0.730**	OSAVI	مؤشر النبات المحسّن المضبوط على التربة
0.576**	0.721**	TSAVI	مؤشر النبات المحوّل على التربة
0.582**	0.728**	Greenness (Tasseled cap)	خضرة النبات
0.321*	0.511**	Brightness (Tasseled cap)	سطوع التربة
0.582**	0.723**	PCA2	النطاق الثاني من تحليل المكونات الأساسية
0.566**	0.641**	PCA2/PCA1	نسبة المكونات الأساسية

استخدمت طريقة الانحدار الخطي المتعدد (Multiple Linear Regression) ضمن برنامج التحليل الإحصائي SPSS لبناء أنموذج رياضي لكل من العمر والكثافة باستخدام قيم النسب ومؤشرات النبات والتحويلات التي تمت الإشارة إليها سابقاً مع قيم المسوح الحقلية، وللتعامل مع عدد العوامل الداخلة في معادلة الانحدار المتعدد (والتي يمكن أن تتسبب في إنتاج أنموذج غير قادر على تنبؤ صحيح) (Sauerbrei و Royston، 2008)، وللتغلب على موضوع تحديد العوامل المؤثرة بشكل أكبر فيها، فقد تم استخدام طريقة Stepwise Regression في برنامج التحليل الإحصائي SPSS، لتحديد أفضل المتغيرات التي تفسر أكبر ما يمكن التغيرات في قيم متغيري العمر والكثافة (الجدول 3).

الجدول 3 . معادلات الانحدار المتعدد للعمر والكثافة حسب مجموعات العوامل.

المتغيرات	معادلات الانحدار
Ratios (النسب)	Age (عمر المجموعة الحرجية) = $1.709*(B4/B3) + 39.938$
	Density (كثافة المجموعة الحرجية) = $653.195*(B4/B3) - 1076.099$
Vegetation Indices (مؤشرات النبات)	Age (عمر المجموعة الحرجية) = $13.951*EVI + 39.84$
	Density (كثافة المجموعة الحرجية) = $5555.670*EVI - 1204.383$
Soil Adjusted Vegetation Indices (مؤشرات النبات المعدلة على التربة)	Age (عمر المجموعة الحرجية) = $185.407* TSAVI - 132.634$
	Density (كثافة المجموعة الحرجية) = $8070.142*MSAVI - 5073.950$
Transformations (التحويلات)	Age (عمر المجموعة الحرجية) = $46.766*Greenness + 43.531$
	Density (كثافة المجموعة الحرجية) = $17759.424*Greenness + 302.339$

يلاحظ من الجدول 3 أن معادلات الانحدار بالنسبة للعمر والكثافة أدخلت النسبة (B4/B3)، ومؤشري (EVI و TSAVI)، وتحويل Greenness في معادلاتها، واستُبعدت باقي المتغيرات، ودخلت المتغيرات (B4/B3) و EVI، وتحويل Greenness في معادلات الانحدار للعمر والكثافة، إذ تعبر النسبة (B4/B3) مباشرة عن الغطاء النباتي عموماً، وبالتالي فهي انعكاس مباشر لحالة النبات، وتنضوي تحتها باقي مؤشرات النبات بنسب مختلفة، لأن النطاقين يعدان أساسيان في حساب مؤشرات النبات المختلفة. كما يُعد مؤشر EVI مؤشراً نباتياً محسناً عبر ضبطه باستخدام النطاق الأول، ما يضمن تحسين أثر الغلاف الجوي وأثر الظلة النباتية، وهو يعكس بشكل عام فيزيولوجية النبات، وبنية وتركيب التاج للشجرة، الأمر الذي يمكن أن يسهم بشكل أساسي في تمييز المجموعات العمرية لأشجار الصنوبر البروتي في منطقة الدراسة. وبالنسبة لتحويل الاخضرار Greenness فهو عادة متوسط إلى عالي الارتباط مع تغطية (تداخل) التيجان (Canopy closer)، ومؤشر المساحة الورقية (Leaf Area Index)، والكتلة الحية الفتية (Bauer وزملاؤه، 1980)، ما قد يفسره زيادة الكتلة الحية للأشجار مع ارتفاع الكثافة وزيادة العمر، وما تنضوي عليه من زيادة في المساحة الورقية، واتساع التغطية التاجية، وبالتالي التداخل بين التيجان. أما فيما يتعلق بمؤشرات النبات المضبوطة على التربة فإن مؤشر النبات المحوّل على التربة TSAVI، هو الذي عبّر عن خلال معادلة الانحدار عن متغير العمر، وهو الذي شكل أعلى قيمة ارتباط معنوي (0.756) عند مستوى دلالة 0.05، وقد يفسر تأثيره بأن أكثر المجموعات الغابية غير مغلقة التيجان، وتخللها فراغات تسمح بوصول الضوء إلى أرض الغابة، إضافة إلى أن الأعمار في المواقع المدروسة تراوحت بين 43 و 50 عاماً، وهي تتبع لصف عمر واحد. وفيما يتعلق بتفسير مؤشر النبات المعدّل على التربة MSAVI لمتغير الكثافة، فقد شكل أعلى قيمة لمعامل التحديد بين كل المتغيرات ( $R^2=0.75$ )، وهو تعديل يرفع من كفاءة مؤشر النبات، ويوسع المدى الفعال له، ولا سيما أن الكثافة في المواقع كانت متباينة، وتراوحت بين 500 إلى 2330 شجرة/هكتار. ويمكن تفسير غياب مشاركة تحويل تحييد الغطاء النباتي، غالباً لكون طريقة استخلاصه معتمدة بشكل أساسي على خصائص النطاقين الأحمر وتحت الأحمر القريب، ومدى مشاركتها في حساب أثر الغطاء النباتي في انعكاسية كل بيكسل، وبالتالي ولوجود النطاقين ضمن التحويل الخطي لـ Tasseled cap Greenness فقد تراجع أثره المفرد.

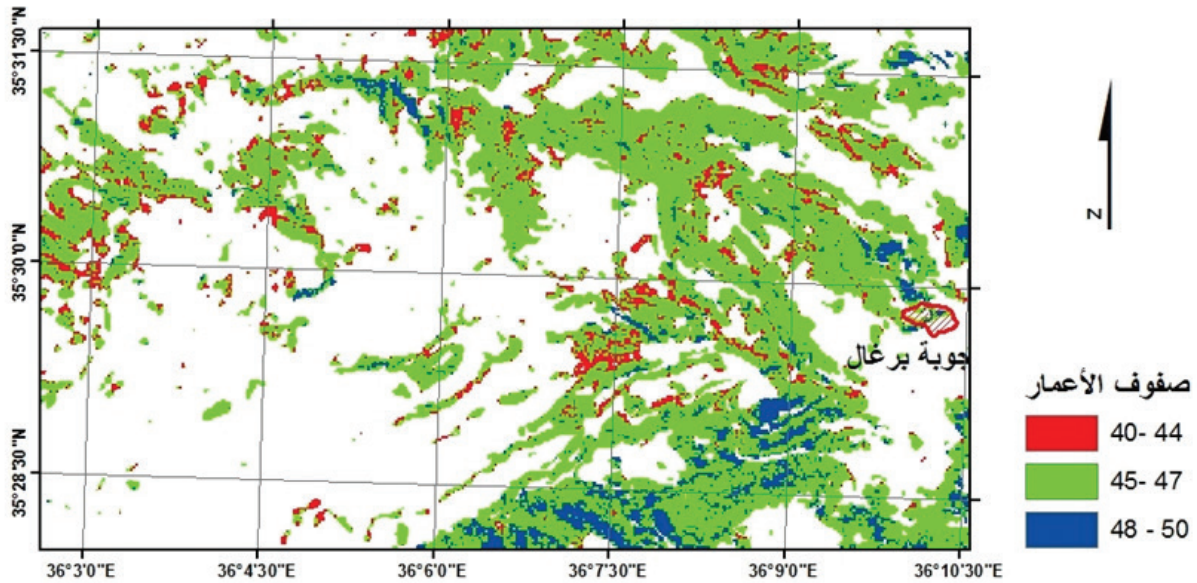
تم الحصول على معادلة عامة تلخص معادلات المتغيرات الأربعة لكل من العمر والكثافة، فكانت المعادلة المعبرة عن متوسط العمر على مستوى البيكسل (المعادلة 1):

$$(1) \quad \text{Age} = -0.427 + (0.43 * R1) + (3.48 * 7EVI) + (46.35 * TSAVI) + (11.69 * Greenness)$$

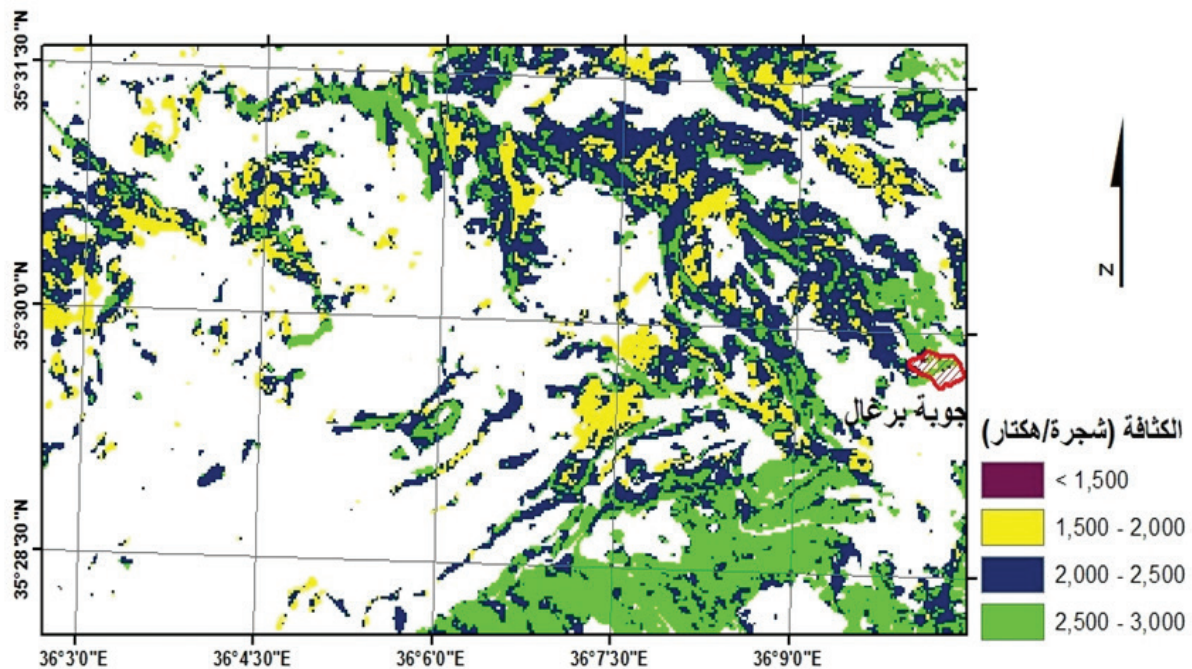
والمعادلة المعبرة عن الكثافة على مستوى البيكسل (المعادلة 2):

$$(2) \quad \text{Density} = 1763 + (163.3 * R1) + (1388.91 * EVI) + (2017.5 * MSAVI) + (4439.86 * Greenness)$$

تم تطبيق المعادلتين على الصورة الفضائية، وتم تصنيف الصورة المعبرة عن الأعمار إلى ثلاثة صفوف (الشكل 2)، كما صُنفت الصورة المعبرة عن الكثافة إلى أربعة صفوف (الشكل 3)، وذلك لتحسين إظهارها وللتمكن من إجراء التحقق من مدى ملاءمة المعادلة، وتم تقدير الدقة للصورة الناتجة عبر عملية تحقق (Accuracy assessment) ضمن برنامج ERDAS باستخدام بيانات 11 موقعاً للتحقق الحقلية، فبلغت الدقة الكلية بالنسبة للصفوف 72.7% و 90% لأنموذجي تقدير الأعمار والكثافة على التوالي.



الشكل 2. خارطة تبين صفوف الأعمار حسب المعادلة (1).



الشكل 3. خارطة تبين صفوف الكثافة حسب المعادلة (2).



كما تمت مقارنة القياسات الحقلية المباشرة على مستوى البيكسل بالقيمة المقدرة حسب المعادلتين 1 و 2 مباشرة، وحُسبت النسبة المئوية لانحراف القيم المقدرة عن المقاسة (الجدول 4).

الجدول 4. دقة أنموذجي الانحدار للعمر والكثافة الشجرية.

الكثافة الشجرية للمجموعة الحرجية			العمر للمجموعة الحرجية		
المقاسة	المقدرة بالمعادلة (2)**	مقدار الانحراف %	المقاس	المقدر بالمعادلة (1)*	مقدار الانحراف (%)
500	466	6.77	47	40	14.89
800	565	29.34	50	42	20.00
700	573	18.10	44	40	9.09
725	792	-9.25	46	45	2.17
1550	910	41.29	47	50	-6.38
950	899	5.36	45	46	-2.22
1400	1009	27.90	50	48	4.00
1150	1070	6.93	50	48	4.00
1650	1475	10.58	48	42	14.58
2400	2097	12.63	43	41	4.54
2330	2115	9.23	46	45	2.17
		المتوسط: 14.44			المتوسط: 6.08
** المعادلة (2) المعبرة عن الكثافة الشجرية على مستوى البيكسل			المعادلة (1) المعبرة عن متوسط العمر على مستوى البيكسل*		

ويبين الجدول السابق أن متوسط نتائج معادلة تقدير متوسط العمر على مستوى البيكسل انحراف بنسبة 6.08 % عن القياسات الحقلية، وحقق بالتالي 93.92 % من قيم الأعمار المقاسة حقلياً، وقد تفسر القيمة المرتفعة لتقديرات الدقة بهذه الطريقة قياساً على تقديرات الدقة للصفوف بضيق مدى البيانات المقاسة حقلياً للأعمار، وكونها تعبر فعلياً عن صف عمر واحد من وجهة نظر استثمارية، وبالتالي إذا نُظر للتحقق من دقة البيانات من حيث تحقيقها للتبعية لصف العمر من 40 إلى 50 سنة فإنها تحقق دقة 100 %.

كما وانحرف متوسط قيم الكثافة المقدرة بالمعادلة بنسبة 14.44 %، وحقق ما نسبته 85.56 % من قيمة الكثافة الشجرية المقاسة حقلياً، وقد يعزى ذلك للمدى الواسع لقيم القياسات الحقلية للكثافة الشجرية.

## الاستنتاجات

1. بينت النتائج العلاقة المعنوية بين متغيري العمر والكثافة الشجرية مع نطاقات الصورة الفضائية Landsat، وكان أنموذج الانحدار بالنسبة للكثافة الأكثر كفاءة قياساً على أنموذج الانحدار للعمر، من حيث معامل التحديد (R2) الذي تجاوز 0.52 لكل المتغيرات التي دخلت في تشكيل المعادلة، بينما تراوحت حول القيمة 0.34 بالنسبة للمتغيرات الداخلة في أنموذج الانحدار المعبر عن العمر.
2. حققت معادلة العمر دقة بلغت 81.27 %، ووصلت دقة معادلة الكثافة إلى 85.56 % على مستوى البيكسل، كما بلغت دقة معادلة الكثافة بالنسبة للصفوف 72.7 % و 90 % لأنموذجي تقدير صفوف الأعمار والكثافة على التوالي، ويعزى ذلك إلى أن الاستجابة الطيفية للغطاء الغابي متعلقة بشكل كبير بتيجان أشجاره (De Wulf و Goosens، 1990)، إن من حيث البنية والكثافة، أو الحيوية، أو نمط النبت من حيث شكل الورقة، الأمر الذي يمكن ضمن ظروف منطقة الدراسة أن يظهر مع متغير الكثافة بشكل أوضح بسبب ارتباط التغطية وتداخل التيجان إلى حد معين مع زيادة عدد الأشجار في وحدة المساحة، وارتباطه بانعكاسية التربة في أرض الغابة في حالات الكثافة المتوسطة إلى المنخفضة، ويمكن تفسير قيم الارتباط المنخفضة نسبياً مع متغير العمر إلى انتماء المجموعات الشجرية في منطقة الدراسة إلى صف عمر واحد، وبالتالي انخفاض التباين الذي قد يساعد على تحري تقديرات العمر من الصورة الفضائية.
3. يمكن التوصل إلى إمكانية تحري علاقة معنوية بين الكثافة الشجرية للموقع وقيم الانعكاس الطيفي المقابلة لها في صورة Landsat

ETM، وبالتالي كفاءة توظيف هذه الصور في تقدير معاملات النمو الغابية.

## المقترحات

1. يقترح توظيف نتائج البحث لتقدير الكثافة الشجرية، وللحصول على تقديرات دليلية لمتوسطات الأعمار على مستوى البيكسل، ما يمكن من إرساء أساليب جديدة لعمليات المسوح الغابية، وتقدير معاملات النمو الخاصة بها، وبالتالي تسهيل اتخاذ القرارات، ورفع كفاءة إدارة الموارد الغابية.
2. يمكن اقتراح دراسة تقديرات لمعاملات نمو أخرى كالأقطار، والارتفاعات، وحساب المخزون الخشبي، والنمو السنوي.
3. قد يكون من المجدي اختبار صور ذات قدرة تمييز مكاني أو طيفي أعلى لتحسين قيم الدقة المتحصل عليها.

## المراجع

- نحال، ابراهيم 1982. الصنوبر البروتي وغاباته في سورية وبلاد شرقي المتوسط 222 صفحة.
- Baret, F., G. Guyot and D. J. Major. 1989. TSAVI: A vegetation index that minimizes soil brightness effects on LAI and APAR estimation. In Geoscience and Remote Sensing Symposium, 1989. IGARSS'89. 12<sup>th</sup> Canadian Symposium on Remote Sensing. 1989 International Vol. 3:1355- 1358. IEEE.
  - Bauer, M.E., L. L. Biehl and B.F. Robinson. 1980. Field research on the spectral properties of crops and soils.
  - Crippen, R.E., and Blom, R.G., 2001, Unveiling the lithology in vegetated terrains in remotely sensed imagery photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 67: 935- 943.
  - Crist, E.P. and R.C. Cicone. 1984. A physically-based transformation of Thematic Mapper data - The TM Tasseled Cap, IEEE Trans. on Geosciences and Remote Sensing, GE-22: 256- 263.
  - De Wulf, R.R. and R.E. Goossens. 1990. Extraction of forest stand parameters from panchromatic and multispectral SPOT-1 data, International Journal of Remote Sensing, 11(9): 1571- 1588.
  - Deering, D. 1975. Measuring Forage Production of Grazing Units from Landsat MSS Data. In Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Symposium of Remote Sensing of Environment Ann Arbor MI USA; Volume II: 1169- 1178.
  - Huete, A. R. 1988. Remote Sensing of the Environment, Vol. 25, No. 3, 1988: 295- 309.
  - Hurcom, S.J. and A.R. Harrison. 1998. The NDVI and spectral decomposition for semi-arid vegetation abundance estimation, International Journal of Remote Sensing, 19 (16):3109- 3125.
  - Intergraph Corporation. 2013. ERDAS Imagine. Atlanta, Georgia.
  - Jensen, J.R. 1986. Introductory Digital Image Processing, A Remote Sensing Perspective, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
  - Karteris, M.A. 1990. The utility of digital Mapper data for natural resources classification, International Journal of Remote Sensing, 11(9):1589- 1598.
  - Kauth, R.J. and G.S. Thomas . 1976 The tasseled cap – a graphic description of the spectral temporal development of Agricultural Crops as Seen by LANDSAT Proceedings of the Symposium on Machine Processing of Remotely Sensed Data West Lafayette, Indiana:41 -51.
  - Lillesand, R and T Kiefer. 1987. Remote sensing and Image Interpretation. 750P.
  - Maselli, F., G. Chirici, L. Bottai, P. Corona and M. Marchetti. 2005. Estimation of Mediterranean forest attributes by the application of KNN procedures to multitemporal Landsat ETM+ images, International Journal of Remote Sensing, 26:3781- 3797.
  - Mc Coy, J., and K Johnston. 2013. Using Arc GIS Spatial Analyst. ESRI.
  - Qi, J., Kerr, Y. H. and Chehbouni. 1994. A. External Factor Consideration in Vegetation Index Development. Proc. of Physical Measurements and Signatures in Remote Sensing ISPRS: 723- 730.
  - Ramdani, F., S. Rahman and P. Setiani. 2015. Inexpensive method to assess mangroves forest with open-source software and data available freely in public domain. Journal of Geographic Information System, 7(01), 43.

- Research Systems, Inc.2013.ENVI User's GUIDE. ENVI on-line software user's manual.
- Ripple W.J., S. Wang, D.L. Isaacso and D.P. Paine .2013. A Preliminary comparison of Landsat Thematic Mapper and SPOT-1 HRV multispectral data for estimating coniferous forest volume, International Journal of Remote Sensing, 109:1971- 1977.
- Royston, P., and W. Sauerbrei. 2008. Multivariable model building: a pragmatic approach to regression analysis based on fractional polynomials for modelling continuous variables Vol. 777. John Wiley and Sons.
- Satterwhite, M.B., and J.P. Henle. 1987. Spectral characteristics of selected soils and vegetation in northern Nevada and their discrimination using band ratio techniques, Remote Sensing of Environment, (23):155- 175.
- Sivampillari, R., C. T. Smith, R. Srinivasan, M.G. Messina and X. B. Wu .2006. Estimation of managed loblolly pine stand age and density with Landsat ETM+ data, Forest Ecology and management, 223:247- 255.
- Su, Hongjun. Sheng. Yehua and Du. Peijun. 2008. a new band selection algorithm for hyperspectral data based on fractal dimension." Int. Arch. Photogramm. Remote Sensing. Spatial Inf. Sci 37: 279- 283.
- Todd, S.W. and R.M. Hoffer.1998. Responses of spectral indices to variation in vegetation cover and soil background, photogrammetric engineering & Remote sensing (PE and RS),643(9): 915- 921.
- Weicheng, Wu. 2014 The Generalized Difference Vegetation Index (GDVI) for Dryland Characterization, journal of Remote Sensing.
- Xu, B., P. Gong and R. Pu. 2003. Crown closure estimation of oak savannah in a dry season with Landsat TM imagery; comparison of various indices through correlation analysis. International Journal of Remote Sensing 24(9):1811- 1822.

**N° Ref:820**