مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (36) العدد (3) 2014
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (36) No. (3) 2014

نمذجة معامل الشكل لأشجار الصنوبر البروتي *Pinus brutia* Ten. في غابات ربيعة في شمال اللاذقية

الدكتور وائل علي*
الدكتور زهير الشاطر**

(تاريخ الإيداع 27 / 2 / 2014. قبل للنشر في 14 / 5 / 2014)

□ ملخّص □

يعتبر تقدير حجوم الأشجار والمجموعات الحرجية حجر الأساس في إدارة وتنظيم الغابات الإنتاجية (de Miguel *et al.*, 2012). إنّ التقدير الصحيح لحجوم الأشجار يحتاج إلى أخذ الاختلافات في شكل جذوع الأشجار بعين الاعتبار من خلال تقدير ما يدعى بمعامل الشكل Form Factor. تهدف هذه الدراسة إذاً إلى تصميم موديل (نموذج) رياضي لحساب معامل الشكل لأشجار الصنوبر البروتي في منطقة ربيعة في شمال اللاذقية ما يمكن أن يساعد الحراجيين في تقدير حجم الأشجار والمجموعات الحرجية بشكل أكثر دقةً.

خلال الفترة 2008–2011 تم قطع 72 شجرة صنوبر بروتي تتنوع في أعمارها وقياساتها وتقع في مجموعات حرجية طبيعية متنوعة في كثافتها وخصوبة مواقعها. تم قياس أقطار الأشجار المقطوعة على ارتفاعات مختلفة، كما تم حساب حجومها وحجوم الأسطوانات المكافئة لها ومن ثم الحصول على قيم معامل الشكل. تم استخدام 75% (55 شجرة) من البيانات الناتجة لتصميم موديل معامل الشكل و 25% (17 شجرة) منها لاختبار جودة الموديل.

تم الحصول على موديل معامل الشكل باستخدام معادلات الانحدار غير الخطي Nonlinear Regression في البرنامج الإحصائي SPSS وقد بلغت قيمة معامل التحديد المعدل (R^2adj = 0.81). بلغت قيمة المتوسط النسبي لخطأ الموديل أثناء اختبار جودة الموديل ($\bar{e}\%$ = 17.9%)، كما بلغت قيمة دقة الموديل ($m_x\%$ =22.9%). للحصول على قيمة خطأ أقل ودقة أعلى للموديل ينصح باستخدام قاعدة بيانات أوسع لتشمل جميع مناطق انتشار الصنوبر البروتي في سوريا.

الكلمات المفتاحية: الصنوبر البروتي – معامل الشكل – نموذج معامل الشكل – ربيعة

* مدرس – قسم الحراج و البيئة – كلية الزراعة – جامعة تشرين– اللاذقية– سورية.
** أستاذ مساعد – قسم الحراج و البيئة – كلية الزراعة – جامعة تشرين –اللاذقية– سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (36) العدد (3) 2014
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (36) No. (3) 2014

Modelling the Form Factor of *Pinus brutia* Ten. Trees Grown in Rabiaa Forests - Northern Lattakia

Dr. Wael Ali*
Dr. Zuheir Shater**

(Received 27 / 2 / 2014. Accepted 14 / 5 /2014)

□ ABSTRACT □

Estimation of tree and stand volume is a key calculation for productive forest management (de Miguel et al., 2012). A precise estimation of tree volume needs to take the variation in bole forms into account while calculation, this can be done by estimating tree form factor.

This study aims to construct a mathematical model to calculate the form factor of brutia pine trees grown in the regions of Rabiaa in northern Latakia. The form factor model can help foresters to precisely estimate the volume of tree and forest stands.

During the period 2008-2011, 72 pine trees of various ages and sizes, located in natural stands of different densities and site qualities, were felled.

Diameters at different heights of the felled trees were measured; trees volumes and volumes of equivalent cylinders were calculated, and consequently the values of tree form factor were computed. The dataset was randomly split into two parts, 75% (55 trees) of the data for constructing form factor model and 25% (17 trees) for model validation.

A form factor model was obtained using the non-linear regression equations in the statistical program SPSS. Value of the coefficient of determination adjusted (R^2adj) was about 0.81. The model has been validated using several statistical methods, the relative bias ($\bar{e}\%$) was ca. 17.9%, while the value of model accuracy ($m_x\%$) was 22.9 %. In order to obtain lower value of model relative bias and higher value of accuracy it's recommended to use a larger database comprising all distribution areas of pine in Syria.

Key Words: Brutia pine -Form factor – Form factor model – Rabiaa

*Assistant Professor, Department of Forestry and Ecology, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria.
**Associate Professor, Department of Forestry and Ecology, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

تعدّ غابات الصنوبر البروتي .*Pinus brutia* Ten من النظم البيئية الأساسية في شرقي المتوسط عامةً وفي سورية خاصةً (نحال، 1982)، وتعدّ مثالاً للغابات متعددة الوظائف، فهي تقوم بوظائف بيئية واقتصادية متنوعة (Panetsos, 1985; Boydak, 2004 ; Tolunay *et al*., 2008).

تبلغ المساحة التي يشغلها الصنوبر البروتي طبيعياً في سورية حوالي 50 ألف هكتار أغلبها في جبال البابر والبسيط (نحال، 2012)، وترتبط هذه الغابات بحياة الانسان بشكل وثيق من خلال تأمينها مورداً خشبياً للاستعمالات المختلفة ومساهمتها في المحافظة على التربة والمياه وتوفيرها ملجأً للاستجمام والراحة (نحال، 2012).

إن الاستفادة من الموارد التي تقدمها هذه الغابات يتطلب إدارتها بشكل فعّال ضمن خطط إدارة مستدامة تأخذ بعين الاعتبار ظروف هذه الغابات وإمكانياتها الحراجية المختلفة.

يعدّ تقدير حجم الأشجار والمجموعات الحرجية حجر الأساس في إدارة وتنظيم الغابات الإنتاجية فهو الخطوة الأولى في تقدير المخزون الخشبي والنمو وفي التخطيط لمستقبل الغابة بشكل عام (de Miguel *et al*., 2012).

يتم تقدير حجم الأشجار بواسطة الخصائص الأساسية للمجموعات الحرجية بشكل عام كالقطر والارتفاع ولكن هذا التقدير يترافق غالباً بأخطاء ناتجة عن الاختلاف في شكل جذوع الأشجار نتيجة التغيرات في معدل نمو القطر على ارتفاعات مختلفة من الساق والتغيرات في النمو الطولي للأشجار (Socha & Kulej, 2007). يمكن لهذه الاختلافات أن تنتج عن عوامل عديدة كالعوامل الوراثية والعوامل المناخية والارتفاع عن سطح البحر وخصوبة الموقع وكثافة المجموعة الحرجية (Muhairwe, 1994).

إنّ التقدير الصحيح لحجم الأشجار يتطلب إذاً أن يتم أخذ هذه الاختلافات في شكل جذوع الأشجار بعين الاعتبار من خلال تقدير ما يدعى بمعامل الشكل Form Factor أثناء تقدير حجم هذه الأشجار أو ما يدعى بمعامل الاستدقاق Tapering Factor الذي يمكّن من حساب تغيرات الشكل من خلال تقدير قطر الشجرة على ارتفاعات مختلفة منها.

إذا افترضنا بأن شكل الشجرة يشبه اسطوانة ارتفاعها يعادل ارتفاع الشجرة وقاعدتها تعادل المساحة القاعدية للشجرة على ارتفاع الصدر فإن معامل الشكل هو المعامل الذي يجب ضربه بحجم الاسطوانة للحصول على الحجم الحقيقي للشجرة (Pretzsch, 2009).

إن لتقدير معامل الشكل أهمية كبيرة في حساب حجوم الأشجار و بالتالي المخزون الخشبي للأشجار الواقفة في الغابة. للحصول على قيمة حسابية دقيقة لمعامل الشكل يتم عادة قطع مجموعة من الأشجار تتراوح أعدادها بين (100 و 1000) شجرة وإجراء قياسات خاصة لهذه الأشجار و من ثم حساب القيمة الحقيقية لمعامل الشكل.

أهمية البحث وأهدافه:

تعاني غابات الصنوبر البروتي في سورية من عدم توفر البيانات الأساسية التي تسمح بتقدير حجوم الأشجار والمجموعات الحرجية بشكل دقيق إذ غالباً ما يتم الاعتماد على بيانات وأرقام لمعامل الشكل تم حسابها لمناطق أخرى أو لدول مجاورة، و أحياناً يتم قطع الشجرة ذات القطر المتوسط أو عدد من الأشجار الوسطى (2 – 5) و تجزئتها إلى أجزاء متساوية و من ثم حساب حجمها ومعامل الشكل و اعتماد القيمة الناتجة لحساب حجوم الأشجار للغابة المدروسة. إن الطرق الكلاسيكية المعتمدة في بلادنا لتقدير معامل الشكل الذي يدخل بشكل مباشر في حساب المخزون

الخشبي للمجموعات الحرجية يمكن أن يؤثر في دقة التقدير بشكل كبير. تنبع أهمية هذه الدراسة من قيامها بوضع أول موديل (نموذج) رياضي لحساب معامل الشكل لأشجار الصنوبر البروتي في منطقتي ربيعة والفرنلق شمال اللاذقية حيث تغطي غابات هذا النوع مساحات واسعة هناك ما يسمح بالتقدير الدقيق لحجوم أشجار الصنوبر البروتي في تلك المنطقة.

تهدف هذه الدراسة إذاً إلى بناء موديل رياضي يسمح بحساب معامل الشكل في الصنوبر البروتي في منطقتي ربيعة والفرنلق ما يمكن أن يساعد الحراجيين في تقدير حجم الأشجار الحراجية والمجموعات الحرجية بشكل أكثر دقةً ويساهم بالتالي في الحصول على خطط تنظيم وإدارة أكثر واقعية و دقة لتلك الغابات.

طرائق البحث و مواده:

تم قطع 72 شجرة صنوبر بروتي تتنوع في أعمارها وحجومها في مجموعات حرجية طبيعية متنوعة في كثافتها وخصوبة مواقعها في غابات الفرنلق وربيعة شمال اللاذقية وذلك على ترب ناشئة على صخور اندفاعية خضراء تتكون من البيريدوتيت البيروكسينية والسربنتين.

تم اتباع الطريقة التالية في قياس الأشجار:

- وسم الشجرة على ارتفاع الصدر (1.30م) بواسطة مسمار صغير. تستخدم هذه العلامة على ارتفاع الصدر كمرجع حيث يتم تثبيت المتر عليها عند قياس الارتفاع الكلي والارتفاعات النسبية بعد القطع.
- قطع الشجرة وازالة الأغصان.
- قياس الارتفاع الكلي للشجرة بواسطة شريط قياس متري.
- قياس القطر أولا على ارتفاع الصدر (dbh) و من ثم على الارتفاعات النسبية التالية: 1%، 5%، 10%، 20%، 30%، 40%، 50%، 60%، 70%، 80%، 90% من الارتفاع الكلي، مع تجنب العقد والانتفاخات بإزاحة القياس قليلاً عند وجودها.

بعد الانتهاء من مرحلة تجميع البيانات تمت معالجة البيانات كما يلي:

1. حساب الحجم الفعلي (V_t) لكل شجرة من الأشجار المقطوعة وفق المراحل التالية:

✓ حساب حجم كل جزء من أجزاء الشجرة باستخدام معادلة سماليان:

$$v = \frac{g_b + g_t}{2} * l$$

حيث إنَّ (g_b و g_t) هما المساحة القاعدية للقطعة أو الجزء في القاعدة و القمة و (l) هو طولها.

✓ حجم الساق (المجزأة إلى قطع خشبية متعددة) هو:

$$V_t = v_1 + v_2 + v_3 + \dots\dots\dots v_n$$

حيث إنَّ (v_1 ، v_2 ..... v_n) هي حجوم أجزاء الشجرة المقطوعة

2. حساب حجم الاسطوانة المكافئة (V_c) لكل شجرة من الأشجار المقطوعة (الاسطوانة المكافئة هي الأسطوانة التي ارتفاعها يعادل ارتفاع الشجرة (h) وقاعدتها تعادل المساحة القاعدية للشجرة على ارتفاع الصدر):

$$V_c = h * \frac{\pi}{4} * d^2$$

3. حساب معامل الشكل على ارتفاع الصدر ($f_{1.3}$) للأشجار المقطوعة وفق المعادلة:

$$f_{1.3} = V_t / V_c$$

ومن أجل تصميم الموديل الرياضي الخاص بمعامل الشكل و من ثم اختبار جودة الموديل الناتج تم تقسيم البيانات الناتجة (أي قيم معامل الشكل f لـ 72 شجرة) إلى قسمين: حوالي 75% من البيانات لتصميم الموديل (Model Construction) و 25 % من أجل اختبار جودة الموديل (Model Validation).

باستخدام البرنامج الإحصائي SPSS تم تجريب عدد كبير من الموديلات الرياضية غير الخطية Nonlinear Regression للتنبؤ بقيمة معامل الشكل لأشجار الصنوبر البروتي بالاعتماد على متحولات يعتقد بتأثيرها الهام في معامل الشكل مثل القطر على ارتفاع الصدر وارتفاع الأشجار و هي الأكثر استخداماً عالمياً و الشكل العام لهذه الموديلات هو: $f_{1.3} = Function\ (dbh, h)$

وتم التعديل بعدد البارامترات (المتحولات أو العوامل) المستخدمة و بأشكال هذه المتحولات و أيضاً بأشكال النماذج المستخدمة أمثلة على ذلك (الأسية ، اللغاريتمية ، معادلات الدرجة الثانية والثالثة ... الخ). الانحدار الذي يملك أعلى قيمة لمعامل التحديد المعدل R^2adj هو الموديل الذي سيتم اختياره. وقد تم حساب قيمة معامل التحديد المعدل وفق المعادلة (Weisberg, 2005):

$$R^2_{adj} = R^2 - \frac{k*(1-R^2)}{n-k-1}$$

حيث إنَّ R^2 هي معامل التحديد و n عدد القيم المقاسة أو الفعلية أو الحقيقية لمعامل الشكل و k عدد المتحولات الداخلة في تركيب الموديل .

لقد تم اختبار جودة الموديل باستخدام العديد من المعايير والطرق الاحصائية المأخوذه عن بريتش (Pretzsch, 2001) كما يلي:

1. المتوسط المطلق لخطأ الموديل $\bar{e}$ (Model Bias):

$$\bar{e} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(\hat{Y}_i - Y_i)$$

2. المتوسط النسبي لخطأ الموديل % $\bar{e}$ (Model Bias %):

$$\bar{e}\% = \frac{\bar{e}*100}{\bar{Y}}$$

3. الانحراف المعياري المطلق لمتوسط خطأ الموديل S_e (Model Precision):

$$S_e = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(e_i - \bar{e})^2}{n-1}}$$

4. الانحراف المعياري النسبي لمتوسط خطأ الموديل $S_e\%$ (Model Precision %):

$$S_e\% = \frac{S_e*100}{\bar{Y}}$$

5. دقة الموديل m_x (Model Accuracy):

$$m_x = \sqrt{S_e^2 + \bar{e}^2}$$

6. النسبة المئوية لدقة الموديل $m_x\%$ (Model Accuracy %):

$$m_x\% = \frac{m_x * 100}{\bar{Y}}$$

حيث أن: n هي عدد القيم الفعلية، Y_i هي القيمة الفعلية لمعامل الشكل للشجرة التي ترتيبها (i)، $\hat{Y}_i$ القيمة المحسوبة أو المقدرة من خلال الموديل لمعامل الشكل للشجرة التي ترتيبها (i). $\bar{Y}_i$ المتوسط الحسابي للقيم الحقيقية

n ..... 1 = i

النتائج والمناقشة:

تصميم الموديل Model Construction:

لقد تم استخدام 55 شجرة لتصميم موديل معامل الشكل و قد تراوحت ارتفاعاتها (h) بين 3.3 و 26.9 متر (جدول 1)، كما غطت تباينات اقطارها (dbh) التباينات الموجودة في المجتمع الإحصائي المدروس (الغابة) حيث تراوحت بين 4.3 و 54.5 سنتمتر. وقد تراوحت القيم الفعلية لمعامل الشكل ($f_{1.3}$) بين 0.22 لإحدى الأشجار الضخمة و 0.69 لأقل الأشجار ارتفاعاً.

جدول (1) الإحصاءات الوصفية للمتحولات المدروسة اثناء تصميم موديل معامل الشكل

المتغير	عدد الأشجار	الحد الأدنى	الحد الأعلى	المتوسط
ارتفاع الأشجار [m]	55	3.30	26.90	17.30
القطر على ارتفاع الصدر [cm]	55	4.30	54.50	31.38
حجم الشجرة [m³] V_t	55	0.004	2.030	0.598
حجم الاسطوانة المكافئة [m³]V_c	55	0.01	4.97	1.95
معامل الشكل	55	0.22	0.69	0.32

في مراحل تصميم الموديل تم استخدام المتحولين: ارتفاع الأشجار (h) و أقطارها على ارتفاع الصدر (dbh) بأشكالهما البسيطة دون تعديل وأيضاً بعد التعديل (جدول 2) من خلال الجداء و القسمة و التربيع و إخضاعها للوغاريتم وغيرها من العمليات الرياضية.

جدول (2) المتحولات الهامة المستخدمة اثناء تصميم موديل معامل الشكل

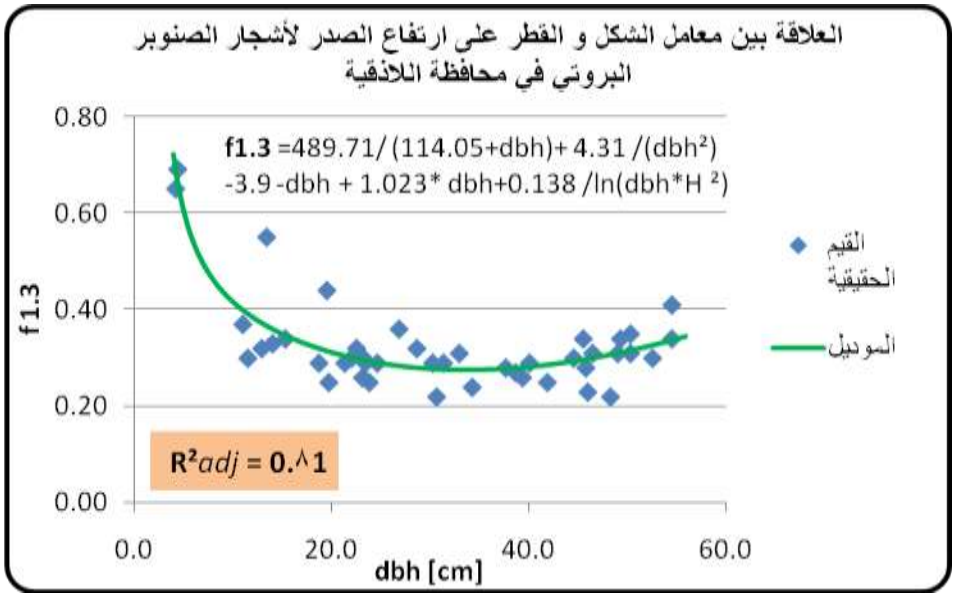
المتحول التابع		
$f_{1.3}$		
المتحولات المستقلة		
h	ln(h)	h/dbh
dbh	ln(dbh)	h*dbh
h^2	h^2/dbh^2	ln(h)*ln(dbh)
dbh^2	h^2*dbh^2	ln(h)/ln(dbh)
$ln(dbh/h^2)$	$ln(dbh*h^2)$	$ln(h/dbh^2)$

انطلاقاً من المتحولات المذكورة أعلاه (جدول 2) تم استخدام البرنامج الإحصائي SPSS لتجريب عدد كبير من الموديلات الرياضية غير الخطية Nonlinear Regression للتنبؤ بقيمة معامل الشكل لأشجار الصنوبر البروتي وقد تم عرض بعضها في الجدول (3). لقد حصل الموديل رقم (5) على أعلى قيمة لمعامل التحديد المعدل ($R^2adj = 0.81$) ولذلك تم اختياره ليكون الموديل الأفضل الذي يستطيع التنبؤ بقيم معامل الشكل ($f_{1.3}$).

جدول (3) بعض الموديلات التي تم تجريبها للتنبؤ بقيم معامل الشكل للصنوبر البروتي في غابات ربيعة – اللاذقية

Equation	Regression	R^2adj
(1)	$f_{1.3}$= a1 / (dbh) + a2 / (dbh²) + (a3 - dbh) / a4 * ln(dbh) + a5 / h	0.652
(2)	$f_{1.3}$=a1 / (a2+dbh) + a3 / (a4 + dbh²) + (a5 - dbh) / a6 * dbh + a7 / h	0.431
(3)	$f_{1.3}$= a1 / (a2+dbh) + a3 / (a4 + dbh²) + (a5 - dbh) / a6 * dbh + a7 / h + (a8 + dbh) / a9	0.246
(4)	$f_{1.3}$ = a1 / (a2+dbh) + a3 / (dbh²) + (a4 - dbh) / a5 * dbh + a6 / h	0.552
(5)	$f_{1.3}$=a1/ (a2+dbh)+ a3 /(dbh²) + (a4 -dbh)+ a5* dbh+a6 /ln(dbh*H²)	**0.81**

لقد تم تقدير ثوابت جميع الموديلات المجربة بالاعتماد على مبدأ مجموع المربعات الصغرى لأخطاء الموديل (**O**rdinary **L**east **S**quares, OLS) في البرنامج SPSS. يستطيع الموديل الذي تم اختياره و الموضح بيانياً في الشكل (1) تفسير 81 من التباين الموجود في القيم الحقيقية لمعامل الشكل.



الشكل (1) العلاقة بين معامل الشكل و القطر على ارتفاع الصدر لأشجار الصنوبر البروتي في غابات ربيعة – اللاذقية

تتناقص كل من القيم الفعلية و المنمذجة لمعامل الشكل مع ازدياد أقطار الأشجار. كما يبدو واضحاً في الشكل البياني بأن القيم الفعلية تتوزع حول القيم المقدرة (الموديل) بشكل متجانس و يمر الموديل بين القيم الفعلية ليحقق الحد الأدنى من الأخطاء.

اختبار جودة الموديل Model Validation:

و من أجل التأكيد على جودة الموديل المصمم تم اعتماد الطريقة المعتمدة من قبل الكثير من الباحثين في هذا المجال (Vanclay, 1994; Weisberg, 2005) حيث تم استخدام 25% من البيانات الحقيقية لمعامل الشكل لإجراء عدد من الاختبارات الإحصائية و هذه البيانات لم يتم استخدامها سابقاً في مرحلة تصميم الموديل. حيث أن ارتفاعات الأشجار (h) المستخدمة للاختبار قد تراوحت بين 10 و 32.5 متر (جدول 4) والأقطار (dbh) بين 12.2 و 56.8 سنتمتر، و كانت القيم الحقيقية لمعامل الشكل بين 0.25 و 0.73 .

جدول (4) الإحصاءات الوصفية للمتحولات المدروسة اثناء اختبار جودة موديل معامل الشكل

المتغير	عدد الأشجار	الحد الأدنى	الحد الأعلى	المتوسط
ارتفاع الأشجار [m]	17	10.00	32.50	18.73
القطر على ارتفاع الصدر [cm]	17	12.20	56.77	31.77
حجم الشجرة [m³] V_t	17	0.04	2.15	0.66
حجم الاسطوانة المكافئة [m³]V_c	17	0.12	6.25	2.10
معامل الشكل	17	0.25	0.73	0.34

تم إذاً تقدير قيم معامل الشكل لـ 17 شجرة باستخدام الموديل الذي تم تصميمه في هذا الدراسة و قد بلغ المتوسط النسبي لخطأ الموديل $\bar{e}\%$ قيمة 17.94 % (جدول 5) و هذا يعني أن الموديل بشكل عام ينحرف عن الحقيقة بمقدار 17.94 %.

جدول (5) النتائج الحسابية لاختبارات جودة موديل معامل الشكل

الموديل	Bias (ē)	Bias (ē %)	Precision (Se)	Precision (Se %)	Accuracy (mx)	Accuracy (mx %)
$f_{1.3}$	0.06	17.94	0.05	14.29	0.08	22.93

كما بلغت دقة الموديل $m_x\%$ قيمة 22.9 %، وهذا يعني أنه: على فرض أن توزع خطأ الموديل كان توزعاً طبيعياً فإن 95 % من القيم المقدرة لن ينحرف أكثر من 22.9 % عن القيم الحقيقية. إن انحراف أخطاء الموديل عن متوسطها ($S_e\%$) و التي بلغت 14.29 % يعتبر انحرافاً مقبولاً (Pretzsch, 2001).

الاستنتاجات و التوصيات:

الاستنتاجات

- يمكن نمذجة معامل الشكل لأشجار الصنوبر البروتي بالاعتماد على ارتفاع الأشجار و أقطارها على ارتفاع الصدر.
- إن استخدام الموديل المصمم في هذه الدراسة من أجل حساب معامل الشكل و بالتالي تقدير حجوم الأشجار يعتبر طريقة دقيقة و مرنة و يوفر الوقت و الجهد للدراسات اللاحقة حيث يمكن الاستغناء عن قطع الأشجار المتوسطة القطر بهدف حساب معامل الشكل.
- من أجل استخدام الموديل المصمم في هذه الدراسة يكفي أن نعرف ارتفاع الأشجار و أقطارها على ارتفاع الصدر.

التوصيات

ينصح باستخدام قاعدة بيانات أوسع لتشمل جميع مناطق زراعة الصنوبر البروتي في سوريا و ذلك للحصول على قيمة خطأ أقل و دقة أعلى للموديل.

المراجع:

1. نحال، ابراهيم، 1982. الصنوبر البروتي *Pinus brutia* Ten. وغاباته في سورية وبلاد شرقي المتوسط، منشورات جامعة حلب، 228ص.

2. نحال، ابراهيم، 2012. موسوعة الثروة الحراجية في سورية (ماضيها–حاضرها–آفاق مستقبلها)، FAO، 478.

3. BOYDAK, M. *Silvicultural characteristics and natural regeneration of* Pinus brutia Ten. – *a review*. Plant Ecology, Nº. 171, 2004, 153–163.
4. DE-MIGUEL, S. MEHTÄTALO, L. SHATER, Z. KRAID, B. & PUKKALA, T. *Evaluating marginal and conditional predictions of taper models in the absence of calibration data*. Canadian Journal of Forest Research, Nº. 42, 2012, 1383–1394.
5. MUHAIRWE, C.K. *Tree form and taper variation over time for interior lodgepole pine.* Canadian Journal of Forest Research, Nº. 24, 1994, 1904–1913.
6. PANETSOS, K.P. *Genetics and breeding in the group halepensis. In: CIHEAM, Le pin d'Alep et le pin brutia dans la sylviculture méditerranéenne, Options Méditerranéennes,* Série Etudes, Paris, Vol. 86, Nº. 1, 1985, 81-88.
7. PRETZSCH, H. *Forest dynamics, growth and yield. From Measurement to Model*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009, 664.
8. PRETZSCH, H. *Modellierung des Waldwachstums*. Parey Buchverlag Berlin, 2001, 341.
9. SOCHA, J. & KULEJ, M. *Variation of the tree form factor and taper in european larch of polish provenances tested under conditions of the beskid sądecki mountain range (southern poland).* Journal of Forest Science, Vol.53, Nº.12, 2007, 538–547
10. TOLUNAY, A. AKYOL, A. & ÖZCAN, M. *Usage of trees and forest resources at household level: a case study of Açagl Yumrutaç Village from the West Mediterranean Region of Turkey*. Res. J. Forest., Vol. 2, Nº.1, 2008, 1–14.
11. VANCLAY, J. K. *Modelling Forest Growth and Yield, Applications to Mixed Tropical Forests*, 1994, 329.
12. WEISBERG, S. *Applied Linear Regression*, Third Edition. Wiley Interscience. 2005, 310.