

نمذجة معامل الشكل لماكي السنديان العادي *Quercus calliprinos* Webb. النامي على السفوح الشرقية للجبال الساحلية - سورية

الدكتور وائل علي*

فادي المحمود**

(تاريخ الإيداع 23 / 3 / 2015. قبل للنشر في 9 / 8 / 2015)

□ ملخص □

تهدف هذه الدراسة إلى تصميم موديل (نموذج) رياضي لحساب معامل الشكل للأخلاف السنديان العادي الموجود على السفوح الشرقية للجبال الساحلية، مما يساعد الحراجيين في تقدير حجم الأشجار والمجموعات الحرجية بشكل أكثر دقة. تم خلال العام 2014 قطع 129 خلفة من أخلاف السنديان العادي تنتوع في أعمارها وقياساتها وتقع في مجموعات حرجية طبيعية موزعة على كامل السفوح الشرقي للجبال الساحلية متنوعة في كثافتها وخصوبة مواقعها. تم قياس أقطار الأخلاف المقطوعة على ارتفاعات مختلفة، كما تم حساب حجومها وحجوم الأسطوانات المكافئة لها ومن ثم الحصول على قيم معامل الشكل. تم استخدام 70% (90 خلفة) من البيانات الناتجة لتصميم موديل معامل الشكل و 30% (39 خلفة) منها لإجراء عدد من الاختبارات الإحصائية للموديلات الناتجة. تم الحصول على عدد من الموديلات الرياضية لحساب معامل الشكل باستخدام معادلات الانحدار غير الخطي Nonlinear Regression في البرنامج الإحصائي SPSS حيث تم اختيار أفضلها. بلغت قيمة معامل التحديد المعدل لأفضل الموديلات ($R^2_{adj} = 0.77$). كما بلغت قيمة المتوسط النسبي لخطأ الموديل أثناء اختبارات الجودة للموديل الأفضل ($\bar{e} = -3.6\%$) و قيمة دقة الموديل ($m_x = 15\%$). للحصول على قيمة خطأ أقل ودقة أعلى للموديل ينصح باستخدام قاعدة بيانات أوسع لتشمل جميع مناطق انتشار ماكي السنديان العادي في سورية.

الكلمات المفتاحية: السنديان العادي- معامل الشكل - نمذجة معامل الشكل-السفوح الشرقية للجبال الساحلية

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

** مدير محمية أبو قبیس -وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي - حماه - سورية.

Modelling the Form Factor of Palestine Oak Maquis “*Quercus calliprinos* Webb.”, Grown on the Eastern Versants of Coastal Mountains-Syria

Dr. Wael Ali*
Fadi Al Mahmoud**

(Received 23 / 3 / 2015. Accepted 9 / 8 / 2015)

□ ABSTRACT □

This study aims to construct a mathematical model to calculate the form factor of Palestine Oak Maquis grown on the eastern versants of coastal mountains. The form factor model can help foresters to precisely estimate the volume of tree and forest stands.

In the year 2014, 129 oak shoots of various ages and sizes, located in natural stands of different densities and site qualities covering all conditions of region grown on, were felled.

Diameters at different heights of the felled shoots were measured; shoots volumes and volumes of equivalent cylinders were calculated, and consequently the values of shoot form factor were computed. The dataset was randomly split into two parts, 70% (90 shoots) of the data for constructing form factor model and 30% (39 trees) for model validation.

Several form factor models were developed using the non-linear regression equations in the statistical program SPSS. Best fit to the data was selected and value of the coefficient of determination adjusted (R^2_{adj}) was about 0.77. The model has been validated using several statistical methods, the relative bias of the best model ($\bar{e}\%$) was ca. -3.6 %, while the value of model accuracy ($m_x\%$) was 15%. 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 oak Maquis in Syria.

Key Words: Palestine Oak -Form factor – Form factor modelling – Eastern versants of coastal mountains-Syria

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

**Managar Abou-Qbeis Protected Area Ministry of Agriculture, Hama, Syria.

مقدمة:

يعدّ تقدير حجوم الأشجار والمجموعات الحرجية من المواضيع المهمة في إدارة وتنظيم الغابات، فقياس نمو الأشجار وحساب حجومها تزوّد الحراجيين بفهم أفضل للإنتاجية الحراجية ويقاعدة بيانات مهمة لعمليات تنظيم وإدارة الغابات (Shater *et al.*, 2011; de Miguel *et al.*, 2012)، كما يعدّ تقدير حجوم المجموعات الحرجية الخطوة الأساسية في عملية اتخاذ القرار Decision Making في إدارة الغابات سواء على مستوى المجموعة الحرجية والغابة أو على المستوى الوطني (Altriell *et al.*, 2010)، ومن خلال المعلومات الدقيقة والمحدّثة عن حجوم الخشب يمكن للإداريين أن يتخذوا قرارات مناسبة تضمن تحقيق معايير الإدارة المستدامة للغابات (Tonolli *et al.*, 2011).

من ناحية أخرى، فإن قياس كمية الموارد الحراجية مطلوب حالياً لتحديد كمية الخدمات التي يقدمها النظام البيئي كتنشيط الكربون وصون التنوع الحيوي (Adekunle *et al.*, 2013)، كما يفيد تقدير حجم الجذوع الواقعة عند الجرد الحراجي في تقدير القيمة النقدية للمنتجات التي تقدمها الغابة للمجتمع (Chaidez, 2009).

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

يتطلب التقدير الصحيح لحجم الأشجار إذا أخذ الاختلافات في شكل جذوع الأشجار بعين الاعتبار من خلال تقدير ما يدعى بمعامل الشكل Form Factor أثناء تقدير حجم هذه الأشجار.

يعدّ معامل الشكل إحدى الطرائق التي تعكس العلاقة والتناغم بين شكل الشجرة وحجمها (Kalantari *et al.*, 2012)، ويعرّف بأنه حجم الشجرة أو الجذع معبّراً عنه كنسبة من حجم أسطوانة لها نفس الارتفاع وذات قطر مساوٍ لقطر الساق على نقطة مرجعية محددة (Van Laar and Akca, 2007). يؤدي اختلاف النقاط المرجعية المستخدمة إلى وجود أشكال مختلفة من معامل الشكل، فهناك معامل الشكل المطلق الذي يركز على قياس القطر عند قاعدة الشجرة كنقطة مرجعية، ومعامل الشكل الكاذب الذي يعتمد القطر على ارتفاع الصدر، ومعامل الشكل الحقيقي الذي يعتمد نقطة مرجعية تتوافق مع ارتفاع 10% من الارتفاع الكلي للشجرة فوق سطح الأرض (Garcia, 2004).

بالرغم من كون معامل الشكل من البيانات الأساسية اللازمة لحساب حجوم الأشجار بشكل دقيق فإن هناك نقصاً في الدراسات التي تقدر معامل الشكل لأنواع الحراجية في سورية وقد اقتصرَت الأعمال القليلة التي تناولت هذا الموضوع على الصنوبر البروتي *Pinus brutia* (علي وشاطر، 2014)، في حين أن هناك غياباً تاماً للأبحاث التي تناولت تقديره في ماكي السنديان العادي *Quercus calliprinos* وغالباً ما يتم الاعتماد على بيانات وأرقام لمعامل الشكل تم حسابها لمناطق أخرى أو لدول مجاورة، أو قطع الشجرة ذات القطر المتوسط أو عدد من الأشجار الوسطى (2 - 5) وتجزئتها إلى أجزاء متساوية و من ثم حساب حجمها ومعامل الشكل واعتماد القيمة الناتجة لحساب حجوم الأشجار للغابة المدروسة ما يبرز ضرورة الاهتمام بهذا الموضوع.

أهمية البحث وأهدافه:

يتعرض ماكي السنديان العادي على السفح الشرقي للجبال الساحلية خاصة في السنوات الأخيرة لضغط بشري كبير يتمثل بالقطع العشوائي للخشب والرعي الجائر بشكل أساسي، ويتزافق بغياب كامل للمعلومات الأساسية المتعلقة بنمو وإنتاجية هذه المجموعات الحرجية ومخزونها الخشبي وبالتالي عدم فعالية أية خطط يمكن أن توضع من أجل تنظيمها وإدارتها ما يهدد من حرمان المجتمع من ثروة أساسية يعتمد عليها في حياته اليومية. تتبع أهمية هذه الدراسة من قيامها بوضع أول موديل (نموذج) رياضي لحساب معامل الشكل للأخلاف في ماكي السنديان العادي على السفح الشرقي للجبال الساحلية.

تهدف هذه الدراسة إذاً إلى بناء موديل رياضي لحساب معامل الشكل للأخلاف في ماكي السنديان العادي على السفح الشرقي للجبال الساحلية حيث تغطي غابات هذا النوع مساحات واسعة، ما يسمح بالتقدير الدقيق للمخزون الخشبي في هذه المجموعات في المنطقة المدروسة ويساعد الحراجيين في وضع خطط تنظيم وإدارة أكثر واقعية واستدامة لتلك الغابات.

طرائق البحث و مواده:

تم خلال العام 2014 قطع 129 خلفه من أخلاف السنديان العادي تنتوع في أعمارها وقياساتها وتقع في مجموعات حرجية طبيعية متنوعة في كثافتها وخصوبة مواقعها موزعة على كامل السفح الشرقي للجبال الساحلية. تم قياس أقطار الأخلاف المقطوعة على ارتفاعات مختلفة، كما تم حساب حجومها وحجوم الأسطوانات المكافئة لها ومن ثم الحصول على قيم معامل الشكل.

تم قياس قطر كل خلفه من الأخلاف على ارتفاع 0.3 م من سطح الأرض هذا الارتفاع يمثل 10% من الارتفاع المتوسط لماكي السنديان العادي من جهة كما أنه أكثر واقعية من الارتفاع التقليدي (1.3م) بسبب الارتفاع القليل لهذه المجموعات. تم بعد ذلك قطع الأخلاف وإزالة الأغصان ثم قياس الارتفاع الكلي لكل خلفه بواسطة شريط قياس متري ومن ثم قياس القطر على الارتفاعات التالية: 0.8، 1.3، 1.8، 2.3، 2.8، 3.3 متر أي كل 0.5 متر وهكذا حتى قمة الخلفة، مع تجنب العقد والانتفاخات بإزاحة القياس قليلاً عند وجودها.

بعد الانتهاء من مرحلة جمع البيانات تمت معالجتها كما يلي:

1. حساب الحجم الفعلي (V_t) لكل خلفه من الأخلاف المقطوعة كما يلي:

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

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

✓ الحجم الفعلي للخلفة (المجزأة إلى قطع خشبية متعددة) هو:

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

حيث أن (v_1, v_2, \dots, v_n) هي حجوم أجزاء الخلفة المقطوعة.

2. حساب حجم الاسطوانة المكافئة (V_c) لكل خلفه من الأخلاف المقطوعة (الاسطوانة المكافئة هي

الأسطوانة التي ارتفاعها يعادل طول الخلفة (l) وقاعدتها تعادل المساحة القاعدية للخلفة على ارتفاع 0.3 متر):

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

3. حساب معامل الشكل على ارتفاع 0.3 متر ($f_{0.3}$) للأخلاف المقطوعة وفق المعادلة:

$$f_{0.3} = V_t/V_c$$

4. نمذجة معامل الشكل لماكي السنديان العادي: تم تصميم الموديل الرياضي الخاص بمعامل الشكل ومن ثم اختبار جودة الموديل الناتج بتقسيم البيانات الناتجة (أي قيم معامل الشكل f لـ 129 خلفاً) إلى قسمين: استخدم 70% من البيانات لتصميم الموديل (Model Construction) و 30% من أجل اختبار جودة الموديل (Model Validation).

تم تجريب عدد كبير من الموديلات الرياضية غير الخطية Nonlinear Regression باستخدام البرنامج الإحصائي SPSS وذلك للتنبؤ بقيمة معامل الشكل لأخلاف السنديان العادي بالاعتماد على متحولات يعتقد بتأثيرها الهام في تقدير معامل الشكل وهي القطر على ارتفاع الصدر ($d_{1.3}$)، و القطر على ارتفاع 0.3 متر ($d_{0.3}$)، والارتفاع الكلي المقاس للأخلاف (h)، بالإضافة للارتفاع المقدر باستخدام ($d_{0.3}$) والرمز ($h_{0.3}$) والارتفاع المقدر مرة أخرى باستخدام ($d_{1.3}$) والرمز ($h_{1.3}$) وتعتبر هذه العوامل الأكثر استخداماً عالمياً لهذا الغرض و الشكل العام لهذه الموديلات هو:

$$f_{0.3} = \text{Function} (d_{0.3}, d_{1.3}, h, h_{0.3}, h_{1.3})$$

للحصول على الارتفاع ($h_{0.3}$) والارتفاع ($h_{1.3}$) تم استخدام معادلة متعدد الحدود من الدرجة الثانية ذات

الشكل:

$$h_{0.3} = b_0 + b_1 * d_{0.3} + b_2 * d_{0.3}^2$$

$$h_{1.3} = b_0 + b_1 * d_{1.3} + b_2 * d_{1.3}^2$$

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)، ويعد الانحدار الذي يملك أعلى قيمة لمعامل التحديد المعدل R^2_{adj} هو الموديل المرشح لتقدير معامل الشكل حيث تم اختيار مجموعة من المعادلات التي امتلكت قيمة R^2_{adj} أكثر من 0.60. 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 أن R^2 هي معامل التحديد و n عدد القيم المقاسة أو الفعلية أو الحقيقية لمعامل الشكل و k عدد المتحولات الداخلة في تركيب الموديل.

و باعتبار أن قيم معامل التحديد لا تستطيع بمفردها تحديد الموديل الأفضل الذي يمكن اعتماده لتقدير معامل الشكل لأخلاف السنديان، فقد تم استخدام الطريقة المعتمدة من قبل العديد من الباحثين في هذا المجال (Vanclay, 1994; Weisberg, 2005; Pretzsch, 2009) حيث تم استخدام 30% من البيانات المقاسة (39 خلفاً) لإجراء عدد من الاختبارات الإحصائية والبيانات هذه لم يتم استخدامها سابقاً في مرحلة تصميم الموديل. تم اختبار جودة الموديلات المطورة باستخدام العديد من المعايير والطرق الإحصائية المأخوذة عن (Pretzsch, 2001) كما يلي:

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

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

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 المقاسة أو الفعلية، Y_i هي القيمة الفعلية لمعامل الشكل للخلفة التي ترتيبها (i) ، \hat{Y}_i القيمة المحسوبة أو المقدرة من خلال الموديل لمعامل الشكل للخلفة التي ترتيبها (i) . \bar{Y}_i المتوسط الحسابي للقيم الحقيقية

$$n \dots 1 = i$$

بالإضافة للاختبارات السابقة تم إجراء اختبارات أخرى مثل الاختبار البياني لزوج المتحولات: القيم المقاسة والقيم المحسوبة للوقوف على مدى التطابق أو التقارب بين القيم المحسوبة وفق الموديل والقيم المقاسة حقلياً. وأيضاً تم الاختبار البياني لأخطاء الموديل وعلاقتها مع معامل الشكل المقدر أو المحسوب للأخلاف.

النتائج والمناقشة

1 - البيانات المستخدمة في تصميم الموديل:

تراوحت أقطار الأخلاف المقاسة $(d_{0.3})$ المستخدمة في نمذجة معامل الشكل بين 2.1 - 27.5 سنتمتراً (جدول 1) و بالتالي فقد تباينت الارتفاعات المحسوبة للأخلاف $(h_{0.3})$ بين 1.94 - 9.33 متراً وكذلك تراوحت الأقطار المقاسة $(d_{1.3})$ بين 1 - 23.2 سنتمتراً و بالتالي الارتفاعات المحسوبة $(h_{1.3})$ بين 1.8 - 9.18 متراً. في حين كانت الارتفاعات المقاسة (h) بين 1.8 - 8.8 م.

جدول (1): خصائص الأخلاف المقاسة والمستخدمة في نمذجة معامل الشكل للسنديان العادي

المتحول	عدد الأخلاف	الحد الأدنى	الحد الأقصى	المتوسط	الانحراف المعياري
$d_{0.3}$ [cm]	90	2.10	27.50	7.10	4.22
$d_{1.3}$ [cm]	90	1.00	23.20	5.24	3.57
h [m]	90	1.80	8.80	3.82	1.37
$h_{0.3}$ [m]	90	1.94	9.33	3.92	1.39
$h_{1.3}$ [m]	90	1.85	9.18	3.91	1.39

2 - البيانات المستخدمة في اختبار جودة الموديل:

استخدم 30% من البيانات المقاسة (39 خلفه جدول 2) لإجراء عدد من الاختبارات الإحصائية كما ورد أعلاه، وقد تراوحت أقطار الأخلاف المقاسة ($d_{0.3}$) بين 2.8 - 26.5 سنتمتر، كذلك تراوحت الأقطار المقاسة ($d_{1.3}$) بين 2 - 21.7 سنتمتر. في حين كان مجال الارتفاعات المقاسة للأخلاف (h) بين (2.3 - 6.8 م).

جدول (2): خصائص الأخلاف المقاسة والمستخدمة في اختبارات موديلات معامل الشكل للسنديان العادي

المتحول	عدد الأخلاف	الحد الأدنى	الحد الأقصى	المتوسط	الانحراف المعياري
$d_{0.3}$ [cm]	39	2.80	26.50	20.00	4.47
$d_{1.3}$ [cm]	39	2.00	21.70	4.93	3.71
h [m]	39	2.30	6.80	3.36	0.98
$h_{0.3}$ [m]	39	1.43	5.92	3.81	1.35
$h_{1.3}$ [m]	39	1.41	5.90	3.81	1.35

3 - تصميم الموديل Model Construction:

تم الحصول في البداية على المعادلات المستخدمة لتقدير ارتفاع الأخلاف ($h_{0.3}$) و ($h_{1.3}$) باستخدام البرنامج الإحصائي SPSS من خلال علاقات الانحدار غير الخطي Nonlinear Regression وكانت قيم ثوابت هذه المعادلات كما في الجدول (3).

جدول (3): ثوابت المعادلات المستخدمة في حساب ارتفاع أخلاف السنديان

المتحول	b_0	b_1	b_2	R^2
$h_{0.3}$	0.9618	0.4777	-0.0063	0.874
$h_{1.3}$	1.2784	0.5819	-0.0104	0.924

وتم الحصول أيضاً من خلال علاقات الانحدار غير الخطي Nonlinear Regression على أربعة موديلات رياضية تملك قيم مرتفعة لمعامل التحديد (R^2) Coefficient of Determination وبالتالي معامل التحديد المعدل

($R^2_{adj} > 0.6$) و تستطيع جميعها تقدير معامل الشكل لأخلاف السنديان العادي (جدول 5). عملية معايرة الثوابت أجريت بالاعتماد على مبدأ مجموع المربعات الصغرى لأخطاء الموديل (Ordinary Least Squares, OLS) باستخدام البرنامج الإحصائي SPSS (جدول 4).

جدول (4): ثوابت الموديلات المرشحة لتقدير معامل الشكل لأخلاف السنديان العادي

رقم الموديل	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
1	-53.635	-54.253	0.004	2.985	-0.046	-2.563
2	-	-	-	-	-	-
3	0.436	-1.330	1.657	-0.683	47.635	13.868
4	0.240	-0.406	0.093	-	-	-

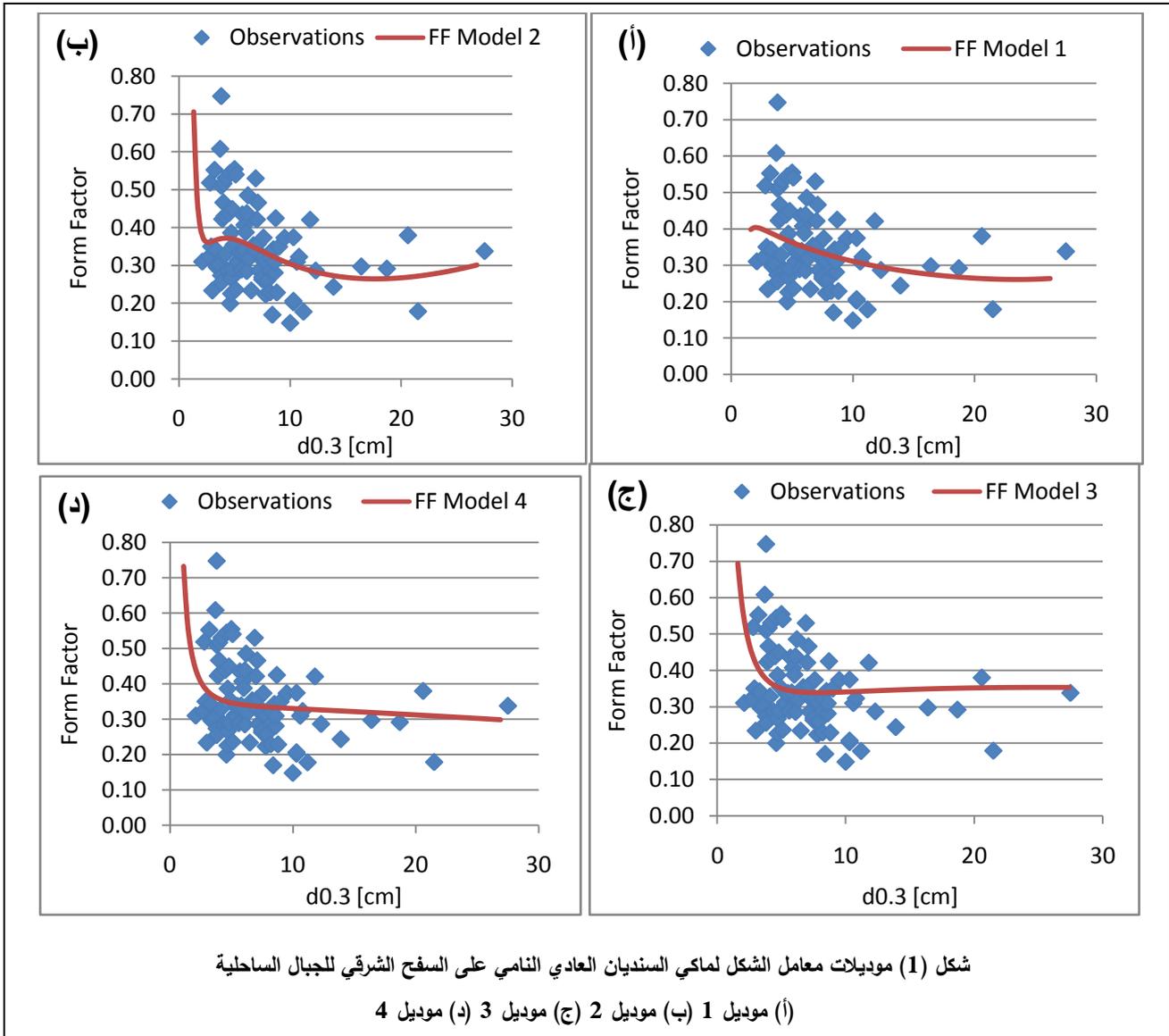
لقد حصل الموديل رقم (4) على أعلى قيمة لمعامل التحديد المعدل ($R^2_{adj} = 0.765$) أي أنه يستطيع تفسير حوالي 77% من التباين الإحصائي الموجود في القيم المقاسة لمعامل الشكل.

جدول (5): معلومات حول الموديلات المرشحة لتقدير معامل الشكل لأخلاف السنديان العادي

رقم الموديل	صيغة الموديل	R^2	R^2_{adj}
1	$f_{0.3} = a_1 / (a_2 + d_{1.3}) + a_3 * h_{1.3}^2 + a_4 / d_{0.3} + a_5 * d_{0.3} + a_6 / \ln(h_{0.3} * h_{1.3})$	0.665	0.657
2	$f_{0.3} = (a_1 + d_{1.3} + a_2 / h_{1.3}^2 + a_3 / h_{0.3} + a_4 * d_{0.3} + a_5 / \ln h_{1.3}^2) / a_6$	0.704	0.697
3	$f_{0.3} = a_1 + a_2 / h + a_3 / d_{0.3}$	0.686	0.679
4	$f_{0.3} = a_1 * \exp(1 / d_{0.3} * h) + a_2 / h + a_3 / d_{0.3}$	0.770	0.765

نلاحظ من خلال الشكل (1) أن الموديل الأول (أ) يستطيع تقدير معامل الشكل للأقطار التي تراوحت بين 2 - 30 سم تقريباً على ارتفاع 0.3 م و قد تراوحت قيم معامل الشكل بين 0.26 و 0.40. بينما تتراوح تقديرات الموديل

الثاني (ب) لنفس قيم الأقطار بين 0.26 - 0.71. وتقع تقديرات الموديلين الثالث (ج) و الرابع (د) بين 0.3 - 0.70.



4 - اختبار جودة الموديل Model Validation:

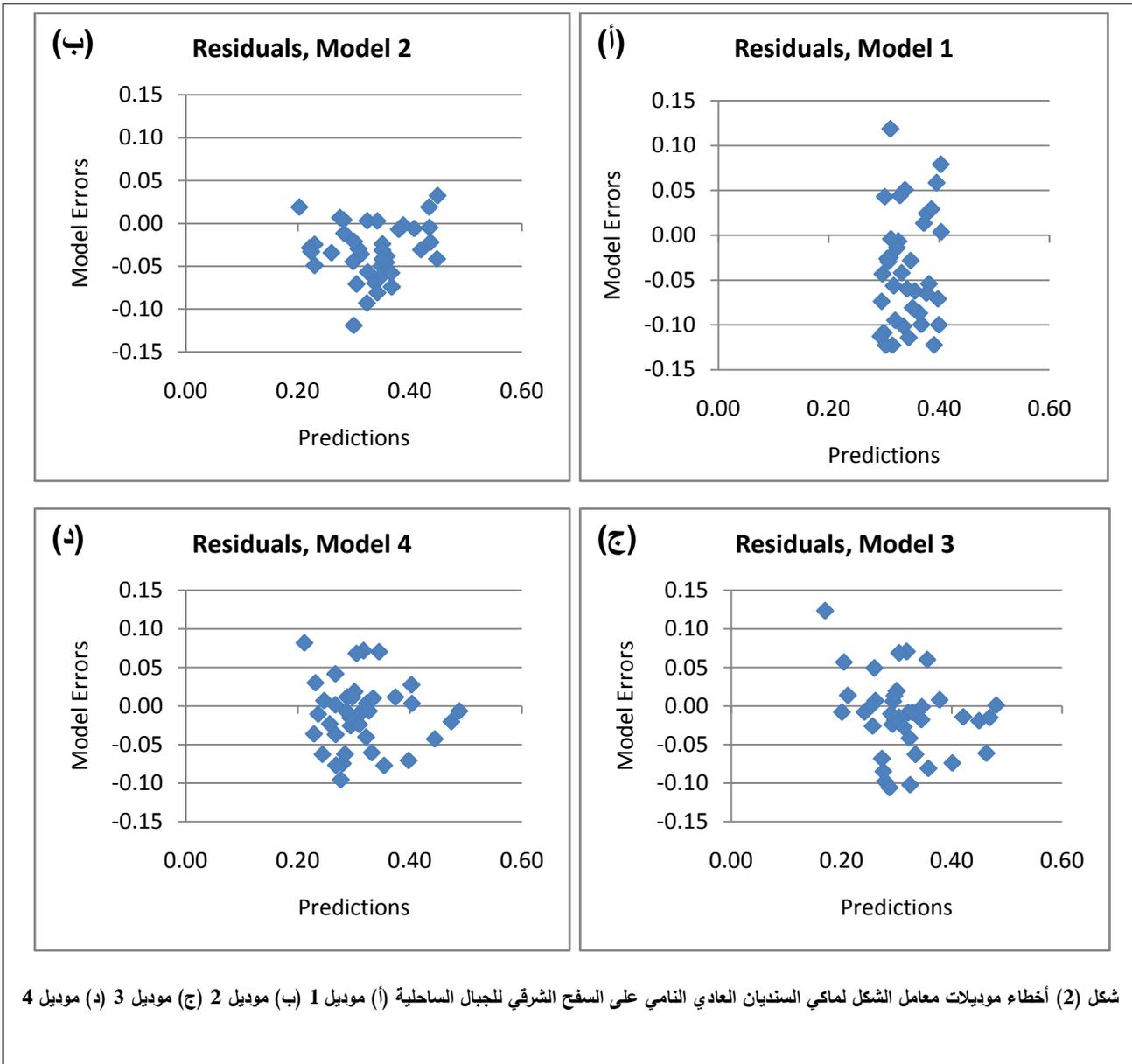
أظهرت اختبارات الجودة (جدول 6) للموديلات الأربعة المصممة أن أقل قيمة للمتوسط المطلق لخطأ الموديل \bar{e} (-0.011)، والمتوسط النسبي لخطأ الموديل \bar{e} % (-3.603)، وقد سجلت لدى الموديل الرابع وهذا يعني أن هذا الموديل ينحرف عن الحقيقة بشكل عام بمقدار 3.603% وهذا الانحراف يعتبر انحرافاً صغيراً. كما بلغت دقة الموديل m_x % أدنى قيمة لها لدى الموديل (4) أيضاً وكانت 14.980%، وهذا يعني: على فرض أن توزع خطأ الموديل كان توزعاً طبيعياً فإن 95% من القيم المقدرة لن ينحرف أكثر من 14.980% عن القيم الحقيقية وهذه القيمة تعبر عن انحراف مقبول (Pretzsch, 2001).

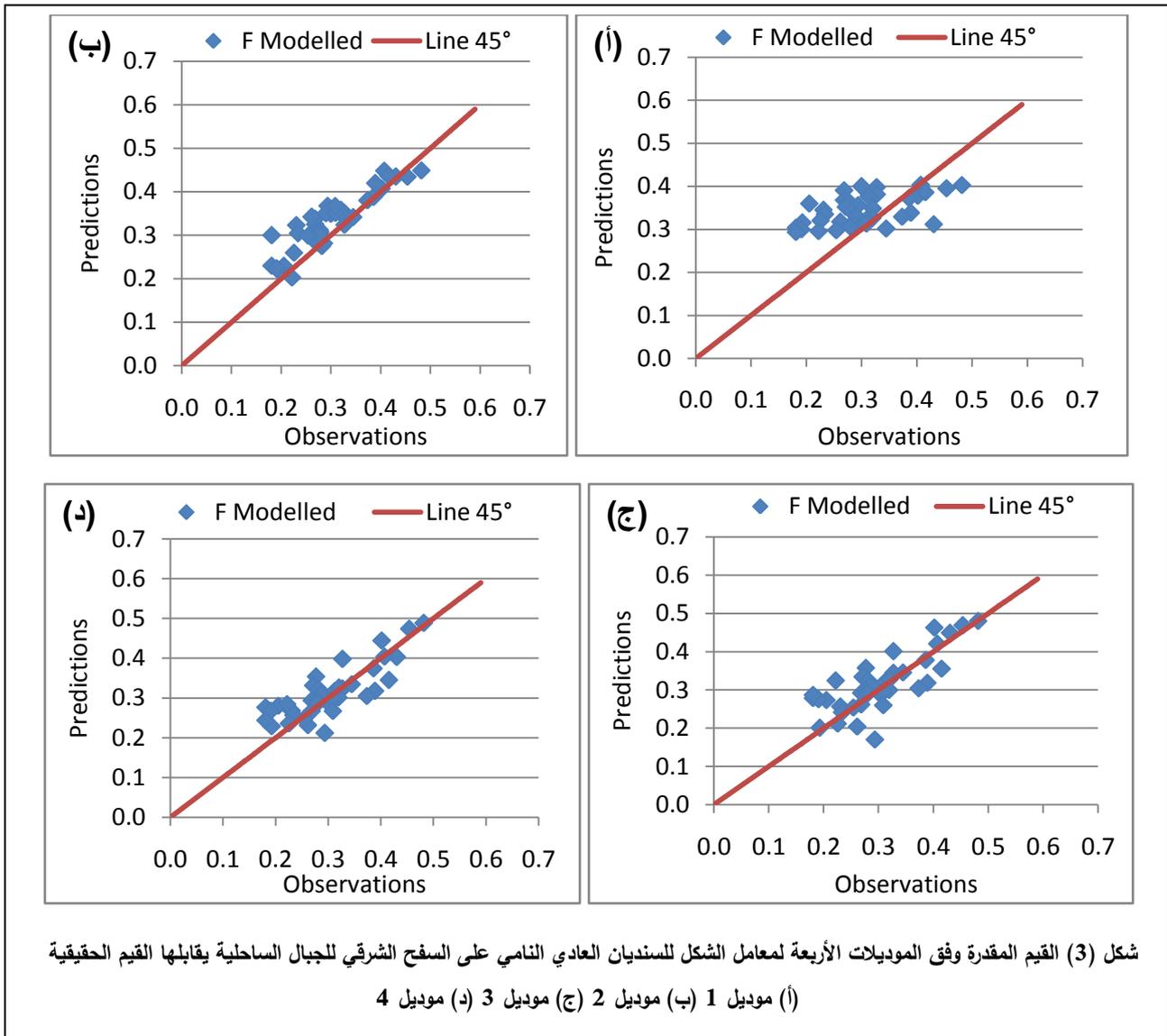
جدول (6) النتائج الحسابية لاختبارات جودة موديلات معامل الشكل لماكي السنديان العادي

رقم الموديل	Bias	Bias%	Precision	Precision %	Accuracy	Accuracy%
1	-0.042	13.775	0.065	21.447	0.077	25.489
2	-0.032	10.600	0.032	10.738	0.046	15.089
3	-0.013	-4.261	0.051	16.744	0.052	17.277
4	-0.011	-3.603	0.044	14.540	0.045	14.980

أما الاختبار البياني لأخطاء الموديل وعلاقتها مع معامل الشكل المحسوب لأخلاف السنديان فقد لوحظ بأنه يتوافق بشكل كامل مع الاختبارات الإحصائية أعلاه حيث يظهر الانحراف بقيمته الكبرى لدى الموديل الأول (أ) مقارنة مع الانحراف القليل لدى الموديل الرابع (د) (شكل 2).

و الذي يظهر جلياً في الشكل (2) أيضاً هو الانحراف المعياري النسبي لمتوسط خطأ الموديل %Se الذي يبدو بحدوده الدنيا لدى الموديل الثاني (10.738%)، إذ يتمركز جزء كبير من النقاط بشكل متقارب و بقيم سالبة، بينما بلغت قيمته (21.447%) لدى الموديل الأول (أ) حيث تتباعد النقاط بشكل واضح عن بعضها البعض. إن دقة الموديل الرابع (د) هي الأفضل بين الموديلات الأربعة وهذا يبدو جلياً في الشكل (2) أيضاً، إذ تتوزع النقاط بشكل متجانس و منتظم حول المحور (X) و نلاحظ بأن عدد النقاط التي تقع فوق المحور أي عدد القيم الموجبة يساوي تقريباً عدد تلك الواقعة تحت المحور أي عدد القيم السالبة، وأن تلك الواقعة أعلى المحور تبعد عن المحور بأبعاد تساوي تقريباً أبعاد النقاط الواقعة أدناه وهذا يعتبر جيداً وكلما اقتربت النقاط من المحور (X) كلما كانت النتيجة أفضل.





الاستنتاجات و التوصيات

الاستنتاجات

- يمكن نمذجة معامل الشكل لأخلاف السنديان العادي بالاعتماد على ارتفاع الأخلاف وأقطارها على ارتفاع 0.3 متر.
- إن استخدام الموديل المصمم في هذه الدراسة من أجل حساب معامل الشكل وبالتالي تقدير حجوم الأخلاف يعتبر طريقة دقيقة ومرنة ويوفر الوقت والجهد للدراسات اللاحقة حيث يمكن الاستغناء عن قطع الأخلاف المتوسطة القطر بهدف حساب معامل الشكل.
- من أجل استخدام الموديل المصمم في هذه الدراسة يكفي أن نعرف ارتفاع الأخلاف وأقطارها على ارتفاع 0.3 متر.

التوصيات

ينصح باستخدام قاعدة بيانات أوسع لتشمل جميع مناطق نمو السنديان العادي في سورية و ذلك للحصول على قيمة خطأ أقل و دقة أعلى للموديل.

المراجع

1. علي، و. شاطر، ز. نمذجة معامل الشكل لأشجار الصنوبر البروتي *Pinus brutia* Ten. في غابات الفرنلق وريبعة في محافظة اللاذقية. مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات، 2014 (موافقة نشر).
2. ADEKUNLE V. A. J, NAIR K. N., SRIVASTAVA A. K., SINGH N. K. *Models and form factors for stand volume estimation in natural forest ecosystems: a case study of Katarniaghat Wildlife Sanctuary (KGWS), Bahraich District, India.* Journal of Forestry Research, 24(2), 2013: 217–226.
3. ALTRIELL D, BRANTHOMME A, TAVANI R. Assessing growing stock and stock changes through multi-purpose national forest monitoring and assessment, FAO Forest Resources Assessment Programme Working paper, Rome, 2010.
4. CHÁIDEZ J. N. *Allometric equations and expansion factors for tropical dry forest trees of Eastern Sinaloa, Mexico.* Tropical and Subtropical Agro-ecosystems, 10, 2009, 45–52.
5. 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, N^o. 42, 2012, 1383–1394.
6. KALANTARI H. FALLAH A. HODJATI S.M. PARSAKHOO. *Determination of the most appropriate form factor equation for Cupresus sempervirence L. var horizontalis in the north of Iran.* Advances in Applied Sciences Research, 3(2), 2012: 644-648.
7. GARCIA, O. Notes on Forest Mensuration. Institute of Forest Management, Universidad Austral de Chile, 2004, 74p.
8. MENENDEZ-MIGUELEZ, M. CANGA, E. ALVAREZ-ALVAREZ, P. MAJADA J. *Stem taper function for sweet chestnut (Castanea sativa Mill.) coppice stands in northwest Spain.* Annals of Forest Science, 71, 2014, 761–770.
9. MUHAIRWE, C.K. *Tree form and taper variation over time for interior lodgepole pine.* Canadian Journal of Forest Research, N^o. 24, 1994, 1904–1913.
10. PRETZSCH, H. *Modellierung des Waldwachstums.* Parey Buchverlag Berlin, 2001, 341 pp.
11. PRETZSCH, H. *Forest dynamics, growth and yield. From Measurement to Model.* Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009, 664p.
12. SHATER, Z., DE MIGUEL, S., KRAID, B.; PUKKALA, T., PALAHÍ, M. *A growth and yield model for even-aged Pinus brutia Ten. stands in Syria.* Annals of Forest Science, 68, 2011, 149–157
13. TONOLLI S, RODEGHIERO M, GIANELLE D, DALPONTE M, BRUZZONE L, VESCOVO L. Mapping and modeling forest tree volume using forest inventory and airborne laser scanning. European Journal of Forest Research, 130, 2011, 569–577 .
14. VANCLAY, J. K. *Modelling Forest Growth and Yield, Applications to Mixed Tropical Forests,* 1994, 329 pp.
15. Van LAAR A., Akca A. Forest Mensuration. Published by Springer, 2007, 383p.
16. WEISBERG, S. *Applied Linear Regression,* Third Edition. Wiley Interscience. 2005, 310 pp.