

## معايرة بعض معادلات (القطر-الارتفاع) في ماكي السنديان العادي *Quercus calliprinos* Webb على السفوح الشرقية للجبال الساحلية في سورية

الدكتور وائل علي\*

الدكتور سليم زهوة\*\*

الدكتور زهير الشاطر\*\*\*

فادي المحمود\*\*\*\*

(تاريخ الإيداع 9 / 8 / 2015. قبل للنشر في 10 / 12 / 2015)

### □ ملخص □

يهدف هذا البحث إلى اختبار بعض المعادلات الرياضية، المستخدمة في مناطق مختلفة وعلى أنواع حراجية متنوعة، في تقدير الارتفاع الكلي لأفرع (أخلاف) السنديان العادي *Quercus calliprinos* Webb اعتماداً على قطر هذه الأفرع، ما يسمح بتقدير حجمها دون قياس الارتفاع ويوفر بالتالي الكثير من الجهد والوقت والمال من قبل الحراجيين.

شملت الدراسة 102 عينة متوزعة على أهم الكتل الحراجية على السفوح الشرقي للجبال الساحلية في سورية ومنتوعة من حيث كثافة الأفرع التي تنمو على الأرومات وخصوبة الموقع والعمر. تم اختيار العينة على شكل مستطيل يحتوي على 50 أرومة من السنديان على الأقل بغض النظر عن مساحتها.

تم في كل عينة قياس القطر على ارتفاع 30سم والارتفاع الكلي لعدد يتراوح بين (10-20) من الأفرع المتنوعة في أقطارها (ضعيفة-متوسطة-سائدة) والمتوزعة على أرومات مختلفة على كامل مساحة العينة بحيث بلغ العدد الكلي للأفرع المقاسة 1818 فرعاً. تم استخدام 75% من الأفرع المقاسة لتجريب المعادلات الرياضية المختارة واستخدم الباقي لاختبار جودة هذه المعادلات.

تم انتقاء 11 معادلة رياضية يمكن من خلالها تقدير الارتفاع الكلي للأفرع بدلالة القطر على ارتفاع 30سم بدرجة مقبولة من الدقة وكانت قيم اختبارات جودة هذه المعادلات متقاربة فيما بينها بشكل عام، حيث تراوحت قيم معامل التحديد  $R^2$  بين 0.59-0.55، وتراوحت قيم المتوسط النسبي لخطأ الموديل بين 0.28-2.22% وتراوحت قيم الانحراف المعياري النسبي

لمتوسط خطأ الموديل بين 21.2-22.3%، في حين تراوحت قيم النسبة المئوية لدقة الموديل بين 21.22-22.3%. أظهرت الدراسة التأثير السلبي للأفرع الصغيرة في جودة المعادلات المختبرة إذ زادت جودة هذه المعادلات بشكل ملحوظ عند اختبار هذه المعادلات على الأفرع السائدة فقط في كل عينة وأظهرت إحدى المعادلات تفوقاً طفيفاً على باقي المعادلات المختبرة. يمكن استخدام المعادلات المقترحة بشكل تطبيقي في حساب ارتفاع الأفرع في ماكي السنديان العادي على السفوح الشرقي للجبال الساحلية ما يوفر كثيراً من الجهد والوقت.

**الكلمات المفتاحية:** سنديان عادي، ماكي، قطر، ارتفاع، السفوح الشرقي، سورية.

\* مدرس، قسم الحراج والبيئة، كلية الزراعة جامعة تشرين، اللاذقية، سورية

\*\* مساعد ممثل منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (FAO)، دمشق، سورية

\*\*\* أستاذ، قسم الحراج والبيئة، كلية الزراعة جامعة تشرين، اللاذقية، سورية

\*\*\*\* طالب دكتوراه، قسم الحراج والبيئة، كلية الزراعة جامعة تشرين، اللاذقية، سورية

## Calibration of some (height-diameter) Equations for *Quercus calliprinos* Webb. Maquis Grown on the Eastern Versants of the Syrian Coastal Mountains

Dr. Wael Ali\*  
Dr. Salim Zahoueh\*\*  
Dr. Zuheir shater\*\*\*  
Fadi Al-Mahmoud\*\*\*\*

(Received 9 / 8 / 2015. Accepted 10 / 12 / 2015 )

### □ ABSTRACT □

This research aims to test some equations, used in different regions and forest types, for assessing the total height of shoots in the oak (*Quercus calliprinos*) Maquis forests, depending on diameter, which enable the estimation of volumes without measuring the height of these shoots. This is very important to save efforts, time and money invested by foresters.

The study included 102 samples distributed within the most important oak forests on the eastern exposition of the coastal mountains. The plots have rectangular shape with 50 shoots at least. The plots vary in shoot density, soil fertility and Maquiage. In each sample we measured the diameter at a height of 30 cm, the total height of (10-20) shoots of various diameters (low-medium-dominant). The total number of measured shoots was 1818. 75% of the measured shoots were utilized for the equations calibration and the rest (ca. 25%) for testing the quality equations calibration. Eleven equations, with an acceptable degree of accuracy, were selected to estimate the total height of the shoots depending on diameter at 30 cm and the values of quality tests of these equations were similar. The coefficient of determination  $R^2$  ranged between 0.55-0.59, the relative Bias 0.28-2.22%, the relative Precision 21.2-22.3%, and the relative accuracy 21.2-22.4%. The study showed the negative impact of small shoots on the quality of the tested equations. This quality has been improved significantly when using the dominant shoots only. It is suggested to examine other factors which might also influence the relation, (diameter-height) in the oak Maquis like shoot density and site quality.

**Keywords:** *Quercus calliprinos*, Maquis, Diameter, Height, equations, Eastern versant, Syria.

---

\* Associate Professor, Department of Forestry and Ecology, Faculty of Agriculture, University of Tishreen, Latakia, Syria

\*\* Assistant FAO Representative, FAO Representation, Syria

\*\*\* Professor, Department of Forestry and Ecology, Faculty of Agriculture, University of Tishreen, Latakia, Syria

\*\*\*\* Postgraduate student, Department of Forestry and Ecology, Faculty of Agriculture, University of Tishreen, Latakia, Syria

## مقدمة:

تعد معرفة القطر على ارتفاع الصدر والارتفاع الكلي للأشجار الحراجية من الأمور الجوهرية في أبحاث تربية الغابات وإدارتها ولا سيما عند بناء وتطبيق العديد من موديلات النمو والانتاجية التي تستخدم للتنبؤ بتطور المجموعات الحرجية في المستقبل.

تعد العلاقة بين القطر على ارتفاع الصدر (DBH) والارتفاع الكلي من الخصائص البنوية للشجرة والتي تصف عناصر مفتاحية لشكل الجذع وبالتالي حجمه وتؤثر بنوعية المنتج وبنية الخشب كالمحتوى من الليجنين والسيلولوز (kroon *et al.*, 2008).

يمكن لقطر الشجرة أن يقاس بسرعة وسهولة ودقة ولكن قياس الارتفاع معقد نسبياً ويتطلب وقتاً وكلفاً مجهداً أكبر، بالإضافة لذلك فإن ظروف الشجرة والمجموعة الحرجية والموقع يمكن أن تمنع القياسات الدقيقة للارتفاع لكل الأشجار المقاس قطرها، إذ يصعب رؤية قمة الشجرة بشكل واضح في بعض الحالات (Sharma & Parton, 2007). لذلك فإن العديد من نظم الاعتيان يعتمد على قياس القطر لكل أشجار العينات، في حين يتم قياس الارتفاع على عدد محدد من الأشجار فقط يتم اختيارها بحيث تغطي صفوف الأقطار المقاسة، ثم يتم تقدير الارتفاع الكلي للأشجار بدلالة القطر المقاس من خلال تطوير معادلات رياضية للعلاقة (قطر-ارتفاع) تعرف بموديلات الارتفاع أو منحنيات الارتفاع (Larsen & Hann, 1987) (Height Curves).

يعد تطوير موديلات بسيطة ودقيقة للعلاقة (قطر-ارتفاع) من الأمور المطلوبة بشدة في الجرد الحراجي (Curtis, 1967)، كما أنّ تقدير حجوم الأشجار بدقة ووصف المجموعات الحرجية وتطورها عبر الزمن يستند بقوة على دقة موديلات العلاقة (قطر-ارتفاع) (Moore *et al.*, 1996).

بدأ تطوير موديلات لتقدير العلاقة (قطر-ارتفاع) منذ أواسط القرن الماضي حيث كان التركيز على الموديلات الخطية بشكل خاص ثم تطور استخدام الموديلات غير الخطية لينتشر استخدامها بشكل واسع في تسعينيات القرن الماضي (Huang *et al.*, 1992) ويتم الاهتمام بتطوير هذه الموديلات في نظم تربية مختلفة كالغابة العالية المنتظمة والمنسغة (Yevide *et al.*, 2014). يستند انتقاء هذه الموديلات بشكل عام على خصائصها الرياضية كشكل الخط البياني للمعادلة وعدد البارامترات المستخدمة من ناحية، وعلى إمكانية التفسير البيولوجي لهذه الموديلات من ناحية أخرى (Peng *et al.*, 2001).

تكمن الصعوبة الأكبر بنمذجة العلاقة (قطر-ارتفاع) في العدد الكبير من العوامل التي تؤثر فيها والتي تعيق بناء موديلات مرتكزة على طرائق تجريبية كالنمذجة الخطية وغير الخطية (Guimaraes *et al.*, 2009)، وبالتالي يؤخذ على هذه الموديلات أنها لا تأخذ الظروف البيئية وخصائص المجموعات الحرجية بعين الاعتبار وبالتالي عدم إمكانية تطبيقها بدقة خارج المواقع التي بنيت فيها، كما أن عمر الأشجار وحجمها يمكن أن يؤثر بشكل واضح في هذه الموديلات (Osman *et al.*, 2013a). بالرغم من ذلك، فقد دأب العديد من الأبحاث على دراسة إمكانية وشروط تعميم موديلات العلاقة (قطر-ارتفاع) خارج المواقع التي بنيت فيها وهناك الكثير من النتائج في هذا المجال (Fulton, 1999).

يعدّ إذاً تطوير الموديلات التي تقدر العلاقة بين القطر والارتفاع في منطقة حراجية ما من الخطوات الأساسية في حسابات النمو والانتاجية وبالتالي في خطط تنظيم وإدارة الغابات في هذه المنطقة.

## أهمية البحث وأهدافه:

تعدّ الدراسات التي اهتمت بتطوير موديلات للعلاقة (قطر-الارتفاع) نادرة جداً في سورية، إذ تناولت الدراسات القليلة في هذا المجال غابات الصنوبر البروتي *Pinus brutia* بشكل خاص، فقد قام (Shater *et al.*, 2011) بتطوير موديل رياضي لتقدير ارتفاع أشجار الصنوبر البروتي في الساحل السوري بدلالة القطر على مستوى الصدر (DBH). قام كذلك (ديوب، 2013) باختبار أربعة موديلات معروفة عالمياً لحساب الارتفاع بدلالة القطر في غابات الصنوبر البروتي في منطقة ربيعة في محافظة اللاذقية. كما قام سليمان (2013) باختبار سبعة موديلات معروفة عالمياً لحساب الارتفاع بدلالة القطر في غابات الصنوبر البروتي في نفس المنطقة حيث أظهرت الدراسات كفاءة جيدة في تقدير الارتفاع لأغلب الموديلات المختبرة. ولكن الدراسات المهمة بتطوير موديلات العلاقة (قطر-ارتفاع) في غابات السنديان *Quercus Sp.* بأنواعه كانت غائبة تماماً بالرغم من أهمية هذه الغابات. يهدف هذا البحث إذاً إلى اختبار عدد من المعادلات المستخدمة عالمياً في تطوير العلاقة (قطر-ارتفاع) ومعرفة إمكانية استخدامها في ماكي السنديان العادي على السفح الشرقي للجبال الساحلية في سورية.

## طرائق البحث ومواده:

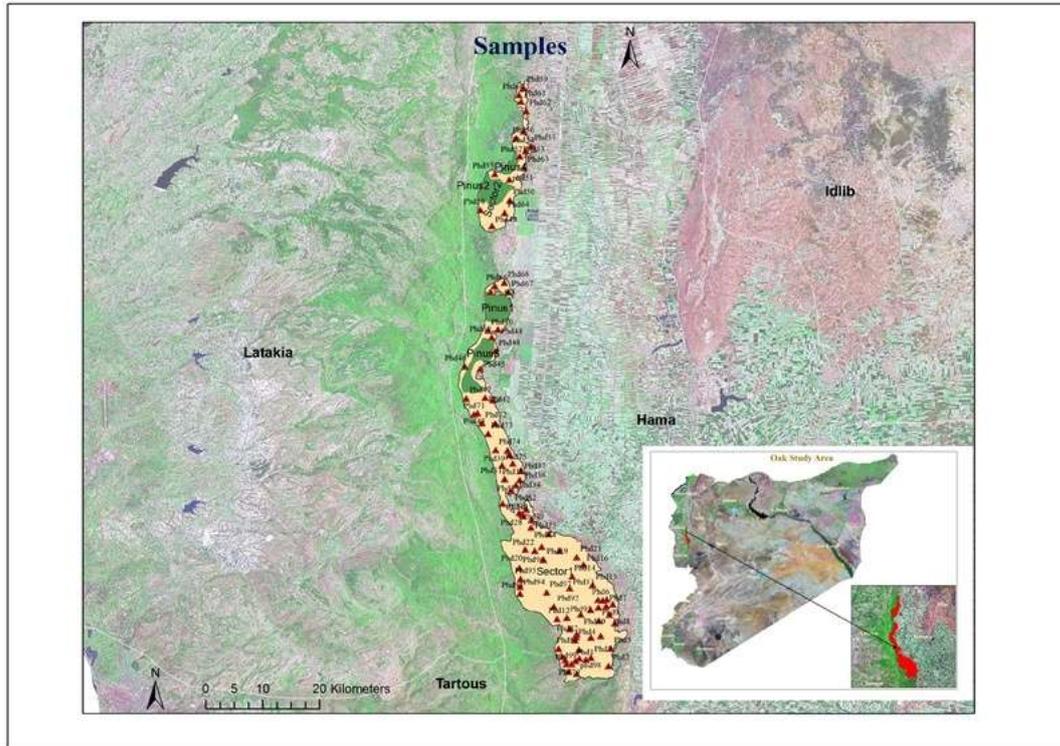
### 1 - موقع الدراسة

تم تنفيذ الدراسة على السفح الشرقي للجبال الساحلية السورية المطلّة على سهل الغاب من موقع جورين شمالاً (36,352-35,062) إلى حدود منطقة مصيف جنوباً (36,210-35,786) بامتداد حوالي 70 كم حيث تنتشر مجموعات السنديان العادي المتدهورة والمعروفة باسم "ماكي السنديان العادي" ضمن الطابق النباتي المتوسطي الحقيقي.

يسود الطابق البيومناخي المتوسطي الرطب والمعتدل في الموقع، ويمتدّ الموسم الماطر من شهر تشرين الأول (أكتوبر) إلى نهاية أيار (مايو)، وتبلغ الأمطار ذروتها في شهر كانون الأول (ديسمبر)، حيث تصل كمية الهطول المطري السنوي إلى 1000 ملم وترتفع في بعض السنين لتصل حتى 1600 ملم. يميّز الموقع بشتاء بارد نسبياً، وصيف حار وجاف حيث يصل متوسط حرارة أبرد الأشهر إلى 4 درجات مئوية تقريباً ومتوسط حرارة أحر شهر إلى 25 درجة مئوية وتبلغ قيمة عامل القارية 31 درجة مئوية (البيانات المناخية لمحطة أرصاد شطحة، 2012)

### 2 - اختيار العينات

تم اختيار 102 عينة خلال العام 2013 متوزعة على أهم الكتل الحرجية على السفح الشرقي للجبال الساحلية ومتنوعة من حيث كثافة الأفرع التي تنمو على الأرومات (ضعيفة، متوسطة وشديدة الكثافة) وخصوبة الموقع (ضعيفة، متوسطة وخصبة) والعمر (أعمار متنوعة بين 11 و 40 سنة). تم اختيار العينة على شكل مستطيل بحيث يحتوي 50 أرومة من السنديان على الأقل بغض النظر عن مساحته. تم في كل عينة قياس القطر على ارتفاع 30 سم والارتفاع الكلي لعدد يتراوح بين (10-20) من الأفرع المتنوعة في أقطارها (ضعيفة-متوسطة-سائدة) والمتوزعة على أرومات مختلفة على كامل مساحة العينة بحيث بلغ العدد الكلي للأفرع المقاسة 1818 فرعاً، يلخص الجدول (1) الخصائص الحرجية لهذه الأفرع. تم استخدام 1363 فرعاً منها (75% من مجموع الأفرع المقاسة) لتجريب المعادلات الرياضية المختارة (جدول 2) واستخدم الباقي (455 فرعاً) (جدول 3) لاختبار جودة هذه المعادلات.



الشكل (1) : توزع العينات على السفح الشرقي للجبال الساحلية (موقع الدراسة).

الجدول 1: ملخص للبيانات الكلية التي تم جمعها.

القيمة الأعلى	المتوسط	القيمة الأدنى	المتغير
30.3	$0.2 \pm 5.8$	1.7	القطر على ارتفاع 30 سم (سم)
7.62	$0.04 \pm 2.8$	1.06	الارتفاع الكلي (م)

الجدول 2: ملخص للبيانات المستخدمة في معايرة المعادلات.

القيمة الأعلى	المتوسط	القيمة الأدنى	المتغير
30.3	$0.16 \pm 5.8$	1.7	القطر على ارتفاع 30 سم (سم)
6.75	$0.05 \pm 2.8$	1.35	الارتفاع الكلي (م)

الجدول 3: ملخص للبيانات المستخدمة في اختبارات جودة المعادلات.

القيمة الأعلى	المتوسط	القيمة الأدنى	المتغير
28.7	$0.32 \pm 5.9$	2	القطر على ارتفاع 30 سم (سم)
7.43	$0.09 \pm 2.9$	1.33	الارتفاع الكلي (م)

### 3 - المعادلات المستخدمة في تقدير الارتفاع

تم إجراء اختبار مبدئي لحوالي 30 معادلة رياضية (خطية وغير خطية) مجربة في بلدان وغابات مختلفة لتقدير الارتفاع بالاعتماد على القطر على ارتفاع الصدر. تم استبعاد المعادلات التي أظهرت معاملات تحديد ( $R^2$ ) منخفضة جداً ومتابعة الاختبار فقط على المعادلات التي أظهرت قيماً تفوق 0.50 لهذا المعامل وهي إحدى عشرة معادلة

رياضية (جدول4). تم استبدال القطر على مستوى ارتفاع الصدر بالقطر على ارتفاع 30سم لكون المجموعات الحرجية جميعها على شكل ماكي منخفض الارتفاع ولكون قياسه أكثر سهولة من الناحية العملية.

الجدول4: المعادلات المعتمدة ومصادرها. (D: القطر على ارتفاع 30سم، H: الارتفاع الكلي).

	المعادلة	المصدر
1	$H = 1.3 + D^2 / (a + bD + cD^2)$	(Pretzsch, 2009)
2	$H = e^{a+b \text{ Ln}D + c \text{ Ln}D^2}$	(Pretzsch, 2009)
3	$H = 1.3 + aD^b$	(Schreuder et al., 1979)
4	$H = 1.3 + 10^a D^b$	(Larson, 1986)
5	$H = 1.3 + a / (1 + b e^{-cD})$	(Huang et al., 1992)
6	$H = 1.3 + a(1 - e^{-bD^c})$	(Yang et al., 1978)
7	$H = 1.3 + aD^{bD^{-c}}$	(Yang et al., 1978)
8	$H = 1.3 + a / (1 + b^{-1}D^{-c})$	(Ratkowsky & Reedy, 1986)
9	$H = 1.3 + a(1 - b e^{-cD})^d$	(Richards, 1959)
10	$H = 1.3 + a / (1 + 1/bD^c)$	(Yang et al., 1978)
11	$H = aD + b$	(Pretzsch, 2009)

تم تقدير ثوابت جميع الموديلات المجربة بالاعتماد على مبدأ مجموع المربعات الصغرى لأخطاء الموديل (Ordinary Least Squares, OLS) في برنامج Excel باستخدام الحلال (Solver).

#### 4 - اختبارات جودة الموديل

تم اختبار جودة الموديلات باستخدام العديد من المعايير والطرق الاحصائية والمأخوذة عن Pretzsch (2001) وهي:

المتوسط المطلق لخطأ الموديل  $\bar{e}$  : Model Bias =

$$(12) \quad \bar{e} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - Y_i)$$

المتوسط النسبي لخطأ الموديل  $\bar{e}\%$  : % Model Bias =

$$(13) \quad \bar{e}\% = \frac{\bar{e} * 100}{\bar{Y}}$$

الانحراف المعياري المطلق لمتوسط خطأ الموديل  $S_e$  : Model Precision =

$$(14) \quad S_e = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (e_i - \bar{e})^2}{n-1}}$$

الانحراف المعياري النسبي لمتوسط خطأ الموديل  $S_e$  % Model Precision :

$$(15) \quad S_e \% = \frac{S_e * 100}{\bar{Y}}$$

دقة الموديل  $m_x$  = Model Accuracy :

$$(16) \quad m_x = \sqrt{S_e^2 + \bar{e}^2}$$

النسبة المئوية لدقة الموديل  $m_x$  % Model Accuracy :

$$(17) \quad m_x \% = \frac{m_x * 100}{\bar{Y}}$$

حيث أن:  $n$  هي عدد القيم الفعلية،  $Y_i$  هي القيمة الفعلية لارتفاع الخلفة التي ترتيبها  $(i)$ ،  $\hat{Y}_i$  هي القيمة المحسوبة أو المقدر من خلال الموديل لارتفاع الخلفة التي ترتيبها  $(i)$ .  
 $\bar{Y}_i$  المتوسط الحسابي للقيم الحقيقية ( $i=1, \dots, n$ ).

### النتائج والمناقشة

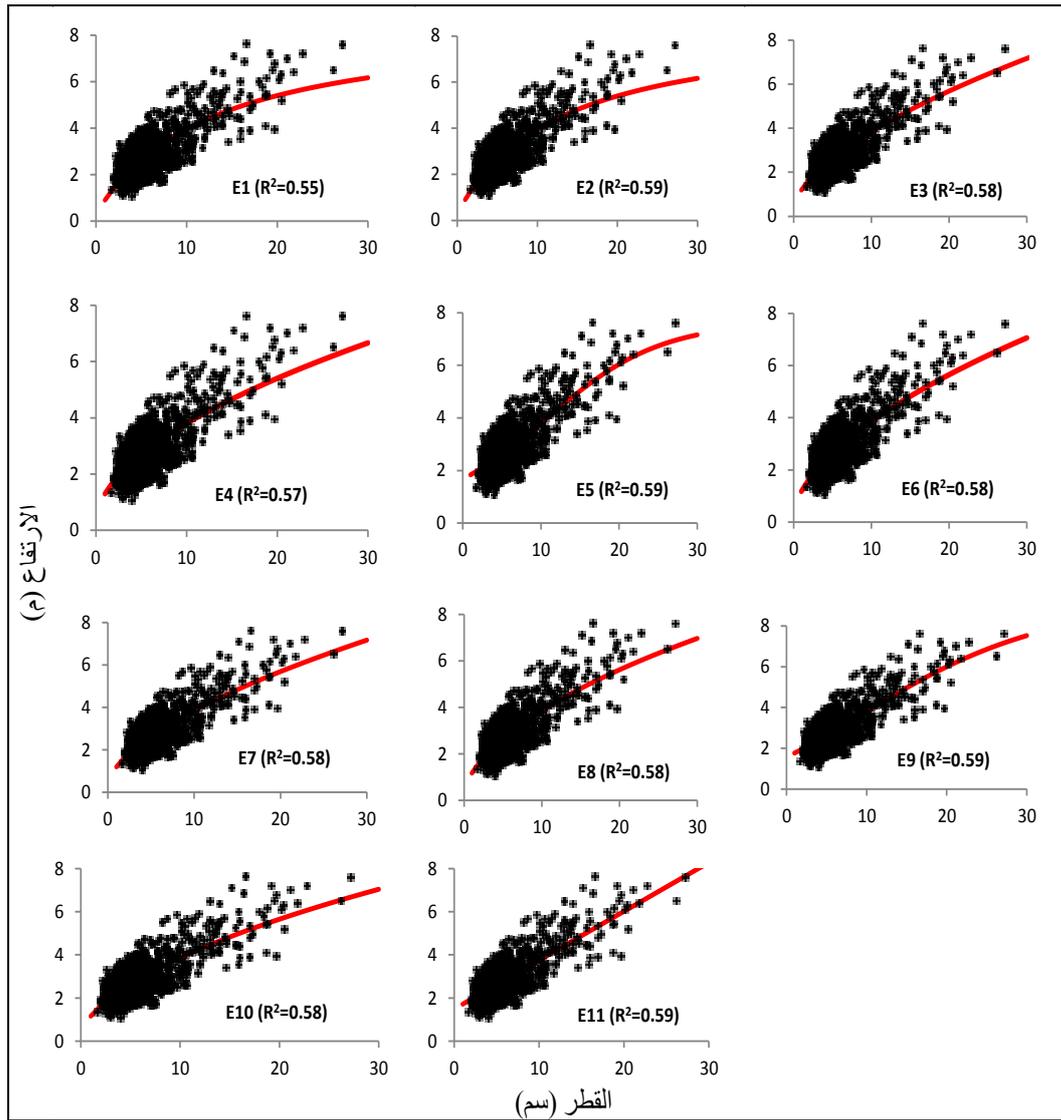
أظهرت المعادلات المختبرة تقارباً كبيراً في قيم معامل التحديد  $R^2$  إذ تراوحت قيمه بين 0.55-0.59، مع الإشارة إلى أن القيمة 0.55 كانت في معادلة واحدة والقيمة 0.57 في معادلة واحدة أيضاً في حين كانت قيم هذا المعامل في المعادلات التسع الباقية بين 0.58 و 0.59، أي يمكن القول بأن هذه المعادلات تفسر ما بين 55 و 59% من التباين الموجود في القيم الحقيقية للعينات الحراجية المدروسة (جدول 5). أظهر التمثيل البياني لجميع المعادلات المختبرة تقريباً شكلاً خطياً تقريباً باستثناء المعادلة الخامسة والعاشرة (الشكل 2) ما يمكن أن يفسر بسيادة الأفرع ذات الأرتفاعات الصغيرة التي لا تسمح برؤية الشكل الكامل للمعادلة.

أظهرت اختبارات جودة الموديل أن قيمة المتوسط المطلق لخطأ الموديل  $\bar{e}$  تراوحت بين 0.01 (في المعادلتين 4 و 5) و 0.06 (في المعادلة 1) وقيمة المتوسط النسبي لخطأ الموديل  $\bar{e}$  % تراوحت بين 0.28 (في المعادلة 7) و 2.22 % (في المعادلة 8) (جدول 6). في حين تراوحت قيمة الانحراف المعياري المطلق لمتوسط خطأ الموديل  $S_e$  بين 0.60 (في المعادلات 2 و 9 و 11) و 0.64 (في المعادلة 1)، وتراوحت قيمة الانحراف المعياري النسبي لمتوسط خطأ الموديل  $S_e$  % بين 21.2 % (في المعادلتين 9 و 11) و 22.3 % (في المعادلة 1). من ناحية أخرى، فقد كانت قيمة دقة الموديل  $m_x$  0.61 % في جميع المعادلات ما عدا المعادلة 1 التي بلغت فيها دقة

الموديل 0.64% وتراوحت قيمة النسبة المئوية لدقة الموديل mx % بين 21.22% (في المعادلة 2) و 22.3% (في المعادلة 1). (جدول 6).

الجدول 5: المعادلات المعتمدة وثوابتها.

	المعادلة	R2	الثوابت			
			a	b	c	d
1	$H = 1.3 + D^2 / (a + bD + cD^2)$	0.55	0.0001	1.54	0.55	
2	$H = e^{a+b \ln D + c \ln D^2}$	<b>0.59</b>	0.52	0.11	0.10	
3	$H = 1.3 + aD^b$	0.58	0.89	0.60		
4	$H = 1.3 + 10^a D^b$	0.57	0.00	0.54		
5	$H = 1.3 + a / (1 + b e^{-cD})$	<b>0.59</b>	7.34	4.33	0.14	
6	$H = 1.3 + a(1 - e^{-bD^c})$	0.58	44.77	0.02	0.62	
7	$H = 1.3 + aD^{bD^{-c}}$	0.58	0.89	0.60	0.00	
8	$H = 1.3 + a / (1 + b^{-1} D^{-c})$	0.58	46.60	0.02	0.64	
9	$H = 1.3 + a(1 - b e^{-cD})^d$	<b>0.59</b>	9.05	0.01	0.07	155.9
10	$H = 1.3 + a / (1 + 1/bD^c)$	<b>0.58</b>	53.92	0.02	0.64	
11	$H = a + bD$	0.59	1.49	0.23		



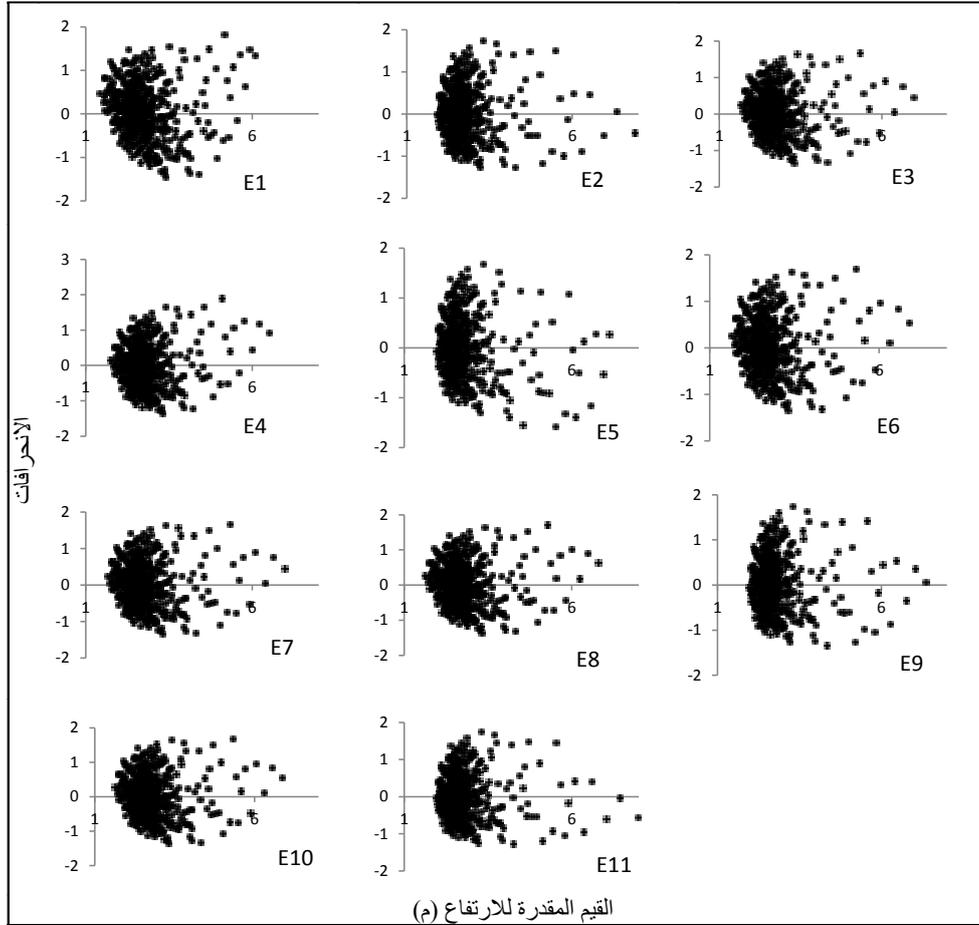
الشكل 2: تمثيل البيانات في المعادلات المدروسة

يمكن القول إذاً بأن جميع الموديلات المختبرة بشكل عام لا تتحرف عن الحقيقة بأكثر من 2.22%. كما أن انحراف أخطاء الموديل عن متوسطها والذي يمثل النسبة المئوية لدقة الموديل mx % لم يتجاوز 22.3% وهذا يعني أنه على فرض أن توزع خطأ الموديل كان توزعاً طبيعياً فإن 95% من القيم المقدرة لن تتحرف أكثر من 22.3% عن القيم الحقيقية وهو يعدّ انحرافاً مقبولاً وفق معايير (Pretzsch, 2009).

بالنسبة إلى توزع أخطاء الموديل تظهر أغلب المعادلات المختبرة (الشكل 3) توزعاً مقبولاً من حيث انتظامه بالنظر إلى العدد الكبير للبيانات باستثناء المعادلة 5 التي تتوزع الأخطاء فيها بشكل أقل تجانساً وانتظاماً من بقية المعادلات، كما أن هذه الأخطاء تتركز في الارتفاعات القليلة بشكل عام (الشكل 3).

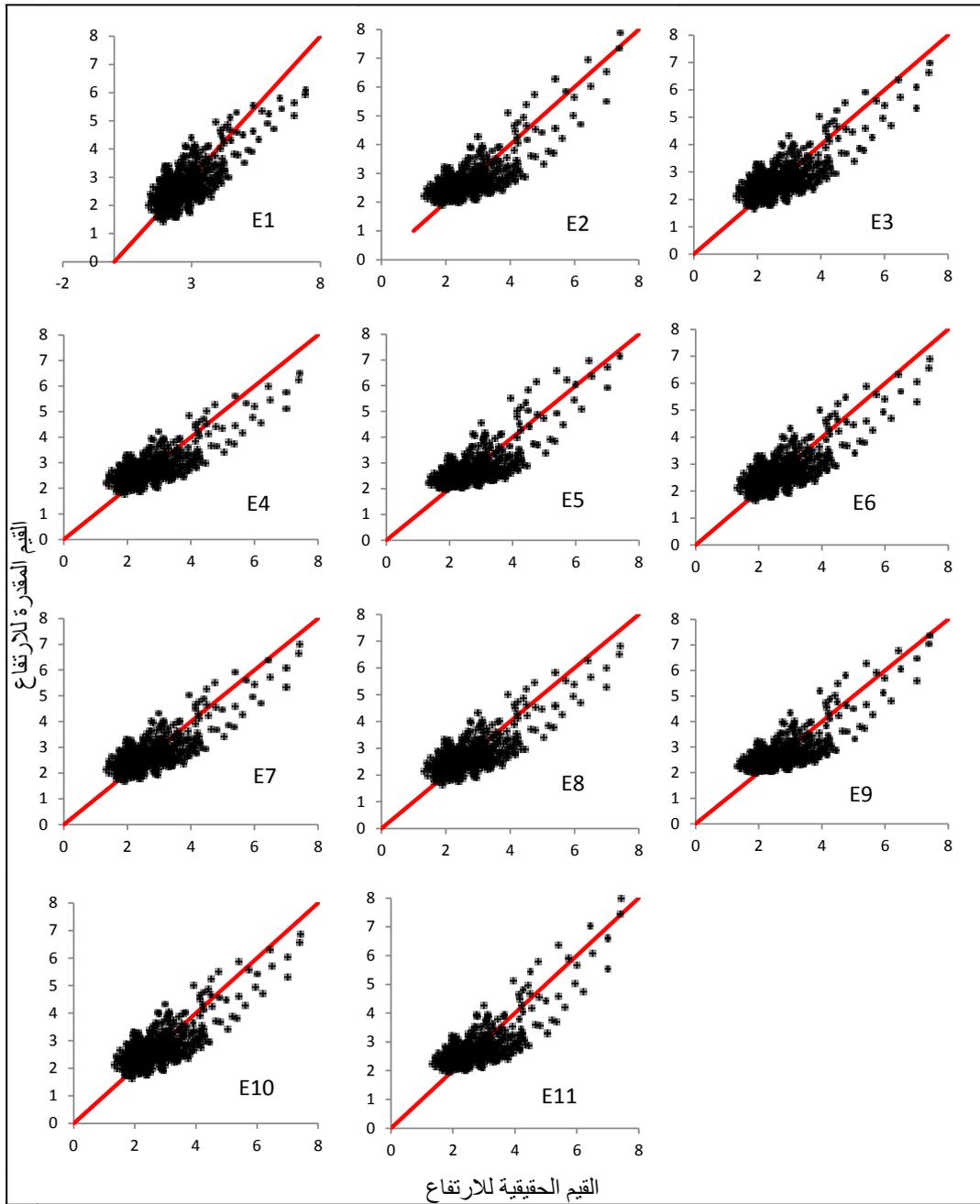
الجدول 6: اختبارات جودة المعادلات المستخدمة لاختبار العلاقة (قطر-ارتفاع).

	المعادلة	Model Bias	Model Bias%	Model Precision	Model Precision%	Model Accuracy	Model Accuracy %
1	$H = 1.3 + D^2 / (a + bD + cD^2)$	0.06	2.22	0.64	22.27	0.64	22.38
2	$H = e^{a+b \text{ Ln}D + c \text{ Ln}D^2}$	0.03	1.11	0.60	21.19	0.61	21.22
3	$H = 1.3 + aD^b$	0.04	1.49	0.61	21.41	0.61	21.46
4	$H = 1.3 + 10^a D^b$	0.01	0.28	0.61	21.52	0.61	21.52
5	$H = 1.3 + a / (1 + b e^{-cD})$	0.01	0.31	0.61	21.45	0.61	21.46
6	$H = 1.3 + a(1 - e^{-bD^c})$	0.05	1.58	0.61	21.45	0.61	21.51
7	$H = 1.3 + aD^{bD^{-c}}$	0.04	1.49	0.61	21.41	0.61	21.46
8	$H = 1.3 + a / (1 + b^{-1}D^{-c})$	0.04	1.51	0.61	21.48	0.61	21.53
9	$H = 1.3 + a(1 - b e^{-cD})^d$	0.03	1.17	0.60	21.21	0.61	21.24
10	$H = 1.3 + a / (1 + 1/bD^c)$	0.05	1.59	0.61	21.47	0.61	21.53
11	$H = aD + b$	0.03	1.08	0.60	21.21	0.61	21.23



الشكل 3: القيم المقدرة للارتفاع وانحرافاتهن عن القيم الحقيقية

يظهر توزع القيم الحقيقية والقيم المقدرة باستخدام المعادلات المختبرة حول الخط  $45^\circ$  تشابهاً نسبياً في توزيعها بالنسبة لأغلب المعادلات (الشكل 4)، كما يظهر عدم تطابق القيم الحقيقية مع المحسوبة حيث تنحرف القيم نحو الأسفل في أغلب المعادلات المختبرة خاصة في الارتفاعات الكبيرة مع الإشارة إلى أن توزع هذه القيم كان أفضل نسبياً في المعادلتين 5 و 11 بالمقارنة مع بقية المعادلات. يمكن القول إذاً بأن المعادلات المختبرة جميعها ذات جودة مقبولة بالرغم من تفوق بعضها على الآخر بشكل طفيف.



الشكل 4: توزيع القيم المقاسة والمقدرة حول خط الـ 45.

إن انخفاض قيم معامل التحديد وضعف جودة المعادلات المختبرة يمكن أن يعود إلى عاملين أساسيين الأول هو استخدام متغير واحد للتنبؤ بالارتفاع وهو القطر على ارتفاع 0.3م والثاني هو كون قسم كبير من البيانات يتعلق بأفرع صغيرة قليلة الارتفاع وليست لأشجار كما في أغلب المجموعات الحرجية التي تبني فيها علاقات (القطر-الارتفاع) وبالتالي فإن العلاقة بين القطر والارتفاع ليست واضحة. في الحقيقة، بالرغم من أن عدد كبير من المعادلات التي تنتبأ بالارتفاع قد تم تطويرها باستخدام القطر كمتغير وحيد لتقدير الارتفاع الكلي، فإن العلاقة بين قطر الشجرة وارتفاعها تختلف بين المجموعات الحرجية وتعتمد على بيئة

النمو وظروف المجموعة الحرجية (Sharma & Parton, 2007) كما يذكر (Curtis, 1967) بأن العلاقة (قطر - ارتفاع) ليست ثابتة عبر الزمن حتى ضمن المجموعة الحرجية الواحدة. هذه العوامل تدل على أن إضافة متغيرات (متحولات) إضافية مطلوب لتطوير موديل عام للعلاقة (قطر - ارتفاع) لتجنب بناء موديلات (قطر - ارتفاع) لكل مجموعة حرجية (Temesgen & Gadow, 2004). ذكر Calama & Montero (2004) تحسن العلاقة (قطر - ارتفاع) في الصنوبر الثمري *Pinus pinea* عند أخذ الكثافة الشجرية بعين الاعتبار كمتغير إضافي. قام كذلك (Larsen & Hann, 1987) و (Parresol, 1992) بتطوير موديل للعلاقة بين القطر والارتفاع ثم قاموا بتفسير نتائجهم بالاستناد على خصائص المجموعة الحرجية كالكثافة والمساحة القاعدية والارتفاع السائد والعمر والقطر السائد، فمن أجل ارتفاع محدد يكون للأشجار التي تنمو في مجموعات حرجية عالية الكثافة أقطار أصغر من تلك التي تنمو في كثافة أقل بسبب المنافسة الأكبر بين الأفراد (Lopez Sanchez *et al.*, 2003). لاحظ كذلك (Sharma & Zhang, 2004) تحسن جودة معادلات (القطر - الارتفاع) في عدة أنواع حرجية عند إدخال كثافة المجموعة الحرجية والمساحة القاعدية إضافة لمؤشر جودة الموقع في هذه المعادلات. وجد كذلك (Sharma & Parton, 2007) بأن الموديلات التي تقدم التنبؤ الأكثر دقة للارتفاع هي تلك التي تأخذ بعين الاعتبار المساحة القاعدية والكثافة والارتفاع السائد إضافة للقطر على ارتفاع الصدر. كما وجد (Osman *et al.*, 2013b) بأن إدماج عوامل أخرى في الموديلات التي تربط القطر بالارتفاع يمكن أن يحسن بشكل ملحوظ من نوعية الموديل.

أكد اختبار نفس المعادلات المدروسة أعلاه باستخدام بيانات الأفرع السائدة فقط (عددها الكلي 618 فرعاً: 465 لمعايرة المعادلات و 153 لاختبار جودة المعادلات) فرضية تأثير المعادلات المختبرة بالأفرع الصغيرة إذ أدى استبعاد هذه الأفرع إلى ارتفاع قيمة معامل التحديد لكل المعادلات المختبرة حيث تراوحت قيمة هذا المعامل بين 0.77 (في المعادلة 1) و 0.81 (في المعادلتين 6 و 8) (الجدول 7).

من ناحية أخرى فقد أظهرت المعادلات المختبرة جميعها تحسناً واضحاً في أغلب اختبارات جودة الموديل مع بقائها متقاربة جداً في جودتها حيث تراوحت قيمة المتوسط النسبي لخطأ الموديل  $\bar{e}$  بين 0.61% (في المعادلة 5) و 1.31% (في المعادلة 1) (جدول 5). في حين تراوحت قيمة الانحراف المعياري النسبي لمتوسط خطأ الموديل %Se بين 14% (في المعادلة 5) و 14.9% (في المعادلة 1)، كما تراوحت قيمة دقة الموديل mx بين 14% (في المعادلة 8) و 15% (في المعادلة 1) (جدول 8).

يبدو إذاً وبالرغم من تقارب المعادلات في جودتها بأن المعادلة 5 قد تفوقت بشكل طفيف على بقية المعادلات في جميع الاختبارات ما يمكن من اقتراحها لتستخدم في تقدير الارتفاع في ماكي السنديان العادي على السفح الشرقي للجبال الساحلية.

الجدول 7: ثوابت المعادلات المستخدمة بعد حذف بيانات الأفرع الصغيرة.

	المعادلة	R2	الثوابت			
			a	b	c	d
1	$H = 1.3 + D^2 / (a + bD + cD^2)$	0.77	0.00	1.20	0.10	
2	$H = e^{a+b \text{Ln}D + c \text{Ln}D^2}$	0.80	0.50	0.36	0.04	
3	$H = 1.3 + aD^b$	0.80	1.19	0.56		
4	$H = 1.3 + 10^a D^b$	0.80	0.08	0.56		

5	$H = 1.3 + a/(1 + b e^{-cD})$	0.81	7.60	3.65	0.16	
6	$H = 1.3 + a(1 - e^{-bD^c})$	0.80	54.05	0.02	0.59	
7	$H = 1.3 + aD^{bD^{-c}}$	0.81	6.83	1.11	0.01	
8	$H = 1.3 + a/(1 + b^{-1}D^{-c})$	0.80	98.62	0.01	0.59	
9	$H = 1.3 + a(1 - b e^{-cD})^d$	0.81	8.41	0.01	0.10	147.4
10	$H = 1.3 + a/(1 + 1/bD^c)$	0.80	94.85	0.01	0.59	
11	H=a D+b	0.79	1.97	0.25		

الجدول 8: اختبارات جودة المعادلات المختبرة بعد حذف بيانات الأفرع الصغيرة.

	المعادلة	Model Bias	Model Bias%	Model Precision	Model Precision%	Model Accuracy	Model Accuracy %
1	$H = 1.3 + D^2/(a + bD + cD^2)$	0.04	1.31	0.51	14.9	0.51	15.0
2	$H = e^{a+b \text{Ln}D + c \text{Ln}D^2}$	0.02	0.67	0.49	14.1	0.49	14.2
3	$H = 1.3 + aD^b$	0.03	0.74	0.49	14.2	0.49	14.2
4	$H = 1.3 + 10^a D^b$	0.03	0.74	0.49	14.2	0.49	14.2
5	$H = 1.3 + a/(1 + b e^{-cD})$	0.02	0.61	0.48	14.0	0.48	14.0
6	$H = 1.3 + a(1 - e^{-bD^c})$	0.03	0.80	0.49	14.2	0.49	14.2
7	$H = 1.3 + aD^{bD^{-c}}$	0.03	0.81	0.49	14.2	0.49	14.2
8	$H = 1.3 + a/(1 + b^{-1}D^{-c})$	0.03	0.74	0.49	14.2	0.49	14.2
9	$H = 1.3 + a(1 - b e^{-cD})^d$	0.02	0.64	0.48	14.0	0.48	14.0
10	$H = 1.3 + a/(1 + 1/bD^c)$	0.03	0.84	0.49	14.2	0.49	14.2
11	H=a D+b	0.02	0.67	0.49	14.3	0.49	14.3

### الاستنتاجات والتوصيات:

- بينت الدراسة امكانية استخدام العديد من المعادلات في تقدير ارتفاع الأخلاف في ماكي السنديان العادي على السفح الشرقي للجبال الساحلية بجودة مقبولة.
- بينت الدراسة تأثير جودة المعادلات المدروسة سلباً بالأفرع الصغيرة التي لا تتضح فيها علاقة القطر بالارتفاع.
- تقترح هذه الدراسة اختبار تأثير بعض العوامل الأخرى على العلاقة (قطر-ارتفاع) في ماكي السنديان العادي كالكتافة وخصوبة الموقع ومحاولة إدخالها في المعادلات المقترحة.

• تقترح الدراسة كذلك اختبار العلاقات المقترحة على ماكي السنديان العادي على السفح الغربي للجبال الساحلية.

### المراجع:

1. سليمان، تمام. نمذجة مؤشر جودة الموقع و تقدير الكتلة الحيوية لغابات الصنوبر البروتي *Pinus brutia Ten.* في منطقة ربيعة - اللاذقية. رسالة ماجستير، جامعة تشرين، 2013، 62 ص.
2. ديوب، رامي. دراسة النمو الطولي والقطري وتقدير المخزون الخشبي لغابات الصنوبر البروتي *Pinus brutia Ten.* الطبيعية في برادون لتحديد مدى الاستفادة منه اقتصاديا وبيئيا . رسالة ماجستير، جامعة تشرين، 2013، 65 ص.
1. CALAMA, R., MONTERO G. *Interregional nonlinear height-diameter model with random coefficients for stone pine in Spain.* Can. J. For. Res. 34, 2004, 150-163.
2. CURTIS, R.O. *Height-diameter and height-diameter-age equations for second growth Douglas-fir.* For. Sci. 13, 1967, 365-375.
3. FULTON, M.R. *Patterns in height-diameter relationship for selected treespecies and sites in eastern Texas.* Can. J. For. Res. 29, 1999, 1445-1448.
4. GUIMARAES, M. A. M., CALEGÁRIO, N., CARVALHO, L. M. T. TRUGILHO, P. F. *Height-diameter models in forestry with inclusion of covariates.* Cerne, Lavras, v. 15, n. 3, 2009, p. 313-321.
5. HUANG S. TITUS S.J. WIENS D.P. *Comparison of nonlinear height-diameter functions for major Alberta tree species.* Can. J. For. Res. 22, 1992, 1297-1304.
6. KROON, J., ANDERSSON, B. MULLIN, T. J. *Genetic variation in the diameter-height relationship in Scots pine (Pinussylvestris).* Canadian Journal of Forest Research, 38(6), 2008, 1493-1503.
7. LARSEN, D.R., HANN, D.W. *Height-diameter equations for seventeen tree species in southwest Oregon.* Oregon State Univ. For. Res. Lab. Pap. 1987, 4 pp.
8. LOPEZ SANCHEZ, C.A., VARELA, J.G., DORADO, F.C., ALBORECA, A.R., SOALLEIRO, R.R., ALVAREZ GONZALEZ, J.G., RODRIGUEZ, F.S. *A height-diameter model for PinusradiataD.Don in Galicia (Northwest Spain).* Ann. For. Sci. 60, 2003, 237-245.
9. MOORE, J.A., ZHANG, L., STUCK, D. *Height-diameter equations for ten tree species in the Inland Northwest.* West. J. Appl. For., 11, 1996, 132-137.
10. OSMAN, E. H., IDRIS, E. A. IBRAHIM, E. M. (b). *Modelling Height-Diameter Relationships of Selected Economically Important Natural Forests Species.* Journal of forest Products and industries, 2(1), 2013, 34-42.
11. OSMAN, E. H., IDRIS, E. A., IBRAHIM, E. M. (a). *Height-Diameter Prediction Models for Some Utilitarian Natural Tree Species.* Journal of Forest Products & Industries, 2(2), 2013, 31-39.
12. PARRESOL, B.R. *Baldcypress height-diameter equations and their prediction confidence interval.* Can. J. For. Res. 22, 1992, 1429-1434.
13. PENG, C., ZHANG, L., LIU, J. *Developing and validating nonlinear height-diameter models for major tree species of Ontario's boreal forests.* North. J. Appl. For. 18, 2001, 187-94.
14. PRETZSCH, H. *Forest dynamics, growth and yield. From Measurement to Model.* Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009, 664p.

15. PRETZSCH, H. *Modellierung des Waldwachstums*. PareyBuchverlag Berlin, 2001, 341 pp.
16. SHARMA, M. PARTON, J. *Height-diameter equations for boreal tree species in Ontario using a mixed-effects modelling approach*. Forest Ecology and Management 249, 2007, 187–198.
17. SHARMA, M., ZHANG, S.Y. *Height-diameter models using stand characteristics for Pinusbanksiana and Piceamariana*. Scand. J. For. Res. 19, 2004, 442–451.
18. SHATER, Z., DE MIGUEL, S., KRAID, B.; PUKKALA, T., PALAHI, M. *A growth and yield model for even-aged PinusbrutiaTen. stands in Syria*. Annals of Forest Science, 68, 2011, 149–157.
19. TEMESGEN, H., GADOW, K.V. *Generalized height-diameter models—an application for major tree species in complex stands of interior British Columbia*. Eur. J. Forest Res. 123, 2004, 45–51.
20. YÊVIDÉ, A., GANGLO1, J., GLÈLÈ KAKAÏ, R., DE CANNIÈRE, C., FONTON, G. *Growth modeling of short rotation coppice teak (TectonagrandisL.f) stands in Republic of Bénin*. Int. J. Adv. Agric. Res. 2, 2014, 58-66.