

تقدير الارتفاع لأشجار السرو دائم الاخضرار

Cupressus sempervirens L.) في منطقة مصياف باستخدام النمذجة

الرياضية

علي ثابت* (1)

(1). قسم الموارد الطبيعية المتجددة والبيئة، كلية الزراعة، جامعة حلب، حلب، سورية.

(*المراسلة: د. علي ثابت. البريد الإلكتروني: alithabt@yahoo.fr).

تاريخ القبول: 2018/09/24

تاريخ الاستلام: 2018/08/02

الملخص

هدف هذا البحث إلى تصميم واختبار منحنيات الارتفاع للسرو دائم الاخضرار، في منطقة مصياف في سورية. طبقت تقنيات النمذجة الرياضية على أربعة مقاسم مختارة من مناطق التوزيع الطبيعي للسرو دائم الاخضرار في منطقة مصياف. قيس الارتفاعات والأقطار على ارتفاع الصدر لـ 84 شجرة. أختيرت أشكال مختلفة من النماذج الرياضية (Michailoff, Parabel, Prodan,) القطر على ارتفاع الصدر (dbh) كمتغير مستقل. أختيرت هذه النماذج باستخدام مجموعة من الاختبارات الإحصائية (المتوسط المطلق لخطأ النموذج، المتوسط النسبي لخطأ النموذج، الانحراف المعياري المطلق لمتوسط خطأ النموذج، دقة النموذج، والنسبة المئوية لدقة النموذج، ومعامل التحديد R^2)، والتي تُظهر نسبة التباين الكلي المُفسر من قبل النموذج. أُجريت هذه الاختبارات لانتقاء النموذج الأفضل لتقدير ارتفاع أشجار السرو دائم الاخضرار في منطقة مصياف. أظهرت اختبارات كفاءة النماذج أن المعادلة الأنسب لتمثيل البيانات كانت معادلة Parabel، حيث أعطى هذا النموذج أعلى قيمة لمعامل التحديد ($R^2 = 60.8$) وأدنى قيمة للخطأ (0.21)، وأفضل قيمة لدقة النموذج (19%). يمكن أن تكون نتائج هذا البحث وسيلة جيدة في إدارة مواقع السرو دائم الاخضرار، ويمكن أن تساعد إداريي الغابة في الدراسات الحقلية المستقبلية.

الكلمات المفتاحية: السرو دائم الاخضرار، العلاقة: قطر/ارتفاع، النمذجة الرياضية، سورية.

المقدمة:

تعود معرفة شجرة السرو لفترات زمنية قديمة، فقد عرف منذ الترياسي في الحقب الثاني حيث وجد شكل قريب من السرو دائم الاخضرار سمي *Cupressus sempervirens succina* على شكل مستحاثات في طبقات من العنبر في شمال بولونيا (نحال، 2003). يغطي السرو دائم الاخضرار جزءاً كبيراً من أوروبا وهو معروف على نطاق واسع فيها منذ العهد الإغريقي القديم (Baumann, 1982). ينتشر شرقي المتوسط وشمال ليبيا وجنوب شرق اليونان "جزيرة كريت" وجنوب تركيا وقبرص وشمال مصر وفي لبنان وفلسطين وغرب الأردن، وبكثافة قليلة في إيران. يوجد في سورية على شكل بقع من الغابات الطبيعية مبعثرة في سلسلة

الجبال الساحلية وفي الطابق الرطب وشبه الرطب في القدموس على ارتفاع 600 م، وفي قره دوران (السمره) وعين حلاقيم جنوب مصياف، ومنطقة الزينة في شمال مصياف، وبين مصياف وأبو قبيس، وكذلك في جوية برغال (نحال وآخرون، 1996). يتميز السرو دائم الاخضرار بكونه من الأنواع المتعددة الأغراض، والتي يمكن الاستفاة منه في التشجير الحراجي الوقائي (مصدات أو واقيات رياح)، وفي الصناعات الخشبية (نحال، 2003).

تفيد القياسات الحراجية في تصميم خطط الإدارة والتنظيم وعمليات الجرد الحراجي لبقايا غابات السرو دائم الاخضرار، كونها توفر الأدوات اللازمة للحصول على البيانات المطلوبة عند صياغة الخطط بأسلوب علمي. لذلك فإن استخدام طرائق القياسات الحديثة (مثل النمذجة الرياضية) بدلاً من طرائق القياس التقليدية عند التخطيط لإدارة الغابات وتنظيمها، يُعد خطوة هامة تهدف إلى اختصار الوقت والجهد وبالتالي ضمان المراقبة والحفاظ على هذه التجمعات من السرو. يعد ارتفاع الأشجار من أهم البارامترات الحراجية التي يجب قياسها ضمن الغابة لأنه يعطي توصيفاً كميّاً على مستوى الشجرة وعلى مستوى المجموعة الحرجية. تُعد النماذج التي تصف العلاقة بين ارتفاع الأشجار وقطرها على ارتفاع الصدر بمثابة أدوات ذات قيمة عالية جداً في عمليات تخطيط وإدارة الغابة (Uzoh, 2017). فمثلاً خلال عمليات الجرد الحراجي، فإنه من الممكن لوضع الأشجار ضمن المجموعة الحراجية ولظروف الموقع أن تُعيان القياس الدقيق لارتفاع الأشجار، في هذه الحالة يُقاس القطر على ارتفاع الصدر لجميع الأشجار بينما يُقاس الارتفاع فقط لبعض من الأشجار المختارة ضمن صفوف من الأقطار الممثلة للعينة (Huang et al., 1992; Vibrans et al., 2015). بعد ذلك تُستخدم هذه العلاقات (قطر - ارتفاع) لتقدير ارتفاع الأشجار التي ليس لديها قياس للارتفاع، بينما تم قياس قطرها على ارتفاع الصدر (Sharma and Parton, 2007). عموماً تُصبح هذه النماذج هامة جداً عندما يكون من الصعب قياس الارتفاع، لوجود بعض العوامل التي تُعيق القياس المباشر (مثل الكثافة العالية أو جود طبقة تحت الغابة).

من خلال كل ما ذكر سابقاً فإن اعتماد أسلوب علمي متبع في كثير من دول العالم، وهو نمذجة ارتفاع أشجار السرو دائم الاخضرار *Cupressus sempervirens* L. بدلالة القطر في تجمعاته الطبيعية في منطقة مصياف، يساهم في تقديم المعلومات الكمية للحراجيين والتي تُساهم بدورها في وضع الخطط المناسبة لإدارة هذه التجمعات. تأتي أهمية البحث من أهمية النوع المدروس وهو السرو دائم الاخضرار الذي يعد نوعاً أساسياً من الأنواع المميزة للفلورا المتوسطية، وكنوع أثبت نجاحه في عمليات التحريج الاصطناعي في جميع المواقع، لذا كان لا بد من أن يعطى هذا النوع أهمية خاصة كونه من الأنواع المتعددة الأغراض والتي أثبتت قدرة عالية على التأقلم، ونظراً لقلة الدراسات التي تتعلق بنمذجة النمو لمواقع السرو دائم الاخضرار، فإن هذه الدراسة تشكل حلقة أساسية لسلسلة أبحاث مستقبلية بهدف الحصول على نموذج رياضي لتقدير ارتفاع أشجار هذا النوع على مستوى جغرافي أوسع. كما تشجع هذه الدراسة استخدام الأسلوب العلمي واختيار أساليب جديدة في تقدير الارتفاع لتوفير الجهد والوقت. يتجلى الهدف الرئيسي للبحث في تقدير كفاءة بعض النماذج الرياضية في تقدير الارتفاع لأشجار السرو دائم الاخضرار في منطقة الدراسة واختيار الأفضل.

مواد البحث وطرائقه:

موقع الدراسة:

تمت الدراسة في منطقة مصياف الواقعة غرب محافظة حماه بحوالي 50/كم. حيث تم اختيار موقعين، الموقع الأول شمال مدينة مصياف بحوالي 3 كم (موقع الشيخ محمد)، أما الموقع الثاني في جنوب مدينة مصياف بحوالي 12 كم (المجوي). تخضع منطقة الدراسة للمناخ المتوسطي الذي يتميز بأمطاره الشتوية والصيف الجاف، حيث يبلغ معدل الهطل السنوي في مصياف 1275.6

مم، أما متوسط درجة الحرارة العظمى (Tmax) فهو 21.5 درجة مئوية ومتوسط درجة الحرارة الصغرى (Tmin) يصل إلى 13.5°م وذلك للفترة الممتدة من عام 1969 وحتى 2010 (محطة مصيف المناخية). تتميز التربة في مواقع السرو دائم الاخضرار المدروسة بأنها تربة ناشئة من صخرة أم مارنية (مارتيني، 1999).

أخذ العينات واختيار الأشجار:

تم اختيار 84 شجرة من أشجار السرو دائم الاخضرار من أربع مقاسم مختلفة في منطقة مصيف، يبلغ ارتفاع هذه المقاسم عن سطح البحر حوالي 572 م، تراوح الانحدار فيها بين 0 وحتى 18 درجة. تتميز الأشجار المكونة لهذه المواقع بكونها أشجار ذات مظهر سليم وخالية من الأمراض. بلغ القطر المتوسط للأشجار المقاسة 22.07 سم وانحراف معياري 6.4 سم. كما بلغ متوسط الارتفاع المقاسة 11.38 م مع انحراف معياري 3.18. أستخدم جهاز Blume-Leiss لقياس الارتفاع والميل، كما أستخدم الشريط المتر القماشي لقياس القطر على ارتفاع الصدر. تتميز مجموعات السرو دائم الاخضرار المدروسة بإنها تجمعات طبيعية، إذ يبلغ متوسط العمر لأشجار هذه المجموعات حوالي 111 سنة .

العلاقة قطر - ارتفاع:

تُستنتج هذه العلاقة من خلال العلاقة بين ارتفاعات الأشجار وما يقابلها من الأقطار على ارتفاع الصدر، يمكن التعبير عن هذه العلاقة بوظائف رياضية باستخدام البرنامج الإحصائي SPSS. تتغير العلاقة بين الأقطار والارتفاعات من غابة لأخرى، كما أنها ليست ثابتة كل الوقت ضمن الغابة الواحدة لذلك نقوم بتعديل وتطوير هذه العلاقة بهدف تحسينها وذلك عن طريق حساب المتغيرات الخاصة بها. أستخدم في هذه الدراسة حوالي ثلثي الأشجار المقاسة (56 شجرة) لمعايرة النماذج الرياضية الأكثر شيوعاً لمنحنيات الارتفاع (الجدول 1)، فُدرت ثوابت هذه النماذج في البرنامج الإحصائي SPSS.

الجدول 1. النماذج الرياضية المستخدمة في الدراسة. حيث يمثل dbh: القطر على ارتفاع الصدر، H: الارتفاع الكلي للشجرة، a0, a1, a2: ثوابت المعادلات.

| اسم النموذج | المعادلة |
|-------------|---|
| Michailoff | $H = 1.3 + a_1 * EXP\left(\frac{a_2}{dbh}\right)$ |
| Parabel | $H = a_1 + a_2 * dbh + a_2 * dbh^2$ |
| Prodan | $H = 1.3 + dbh^2 / (a_0 + a_1 * dbh + a_2 * dbh^2)$ |
| Petterson | $H = 1.3 + (dbh / (a_0 + a_1 * dbh))^2$ |
| Korsun | $H = EXP(a_0 + a_1 * \ln(dbh) + a_2 * \ln(dbh)^2)$ |
| Logarithmic | $H = a_0 + a_1 * \ln(dbh)$ |

كما تم حساب معامل التحديد R² لجميع المعادلات السابقة كما يلي:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y}_i)^2}$$

حيث أن: \hat{Y}_i تمثل القيمة المقدرة من خلال النموذج لارتفاع الشجرة i ، Y_i هي القيمة المقاسة لارتفاع الشجرة i ، \bar{Y}_i هي المتوسط الحسابي للقيم الحقيقية المقاسة ($i = 1, \dots, n$). يُعد النموذج الذي يملك أعلى قيمة لمعامل التحديد بأنه المرشح الأقوى ليمت اختياره والاعتماد عليه من أجل تقدير ارتفاع الأشجار في العينة.

اختبار جودة النماذج الرياضية المستخدمة:

أُجريت مجموعة من الاختبارات للنماذج التجريبية لحوالي ثلث الأشجار المقاسة (28 شجرة) من أجل منحنيات الارتفاع من غير الأشجار المأخوذة لتصميم نماذج الارتفاع، حيث تم قياس أقطار وارتفاعات كل شجرة وذلك بهدف تحديد النموذج الأكثر استخداماً في تقدير ارتفاع الأشجار. تم استخدام المعايير والطرق الإحصائية التالية لاختبار جودة النموذج (Pretzsch, 2009).

$$\bar{e} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - Y_i) \quad \text{- المتوسط المطلق لخطأ النموذج:}$$

$$\bar{e}\% = \frac{\bar{e} * 100}{\bar{Y}} \quad \text{- المتوسط النسبي لخطأ النموذج:}$$

- الانحراف المعياري المطلق لمتوسط خطأ النموذج:

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

$$S_e\% = \frac{S_e * 100}{\bar{Y}} \quad \text{- الانحراف المعياري لمتوسط خطأ النموذج النسبي:}$$

$$m_x = \sqrt{(S_e^2 + \bar{e}^2)} \quad \text{- دقة النموذج:}$$

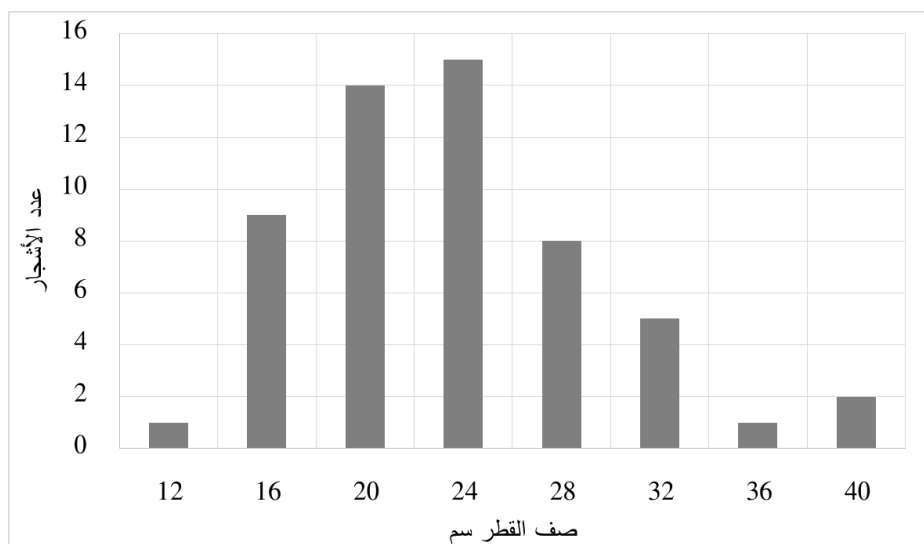
$$m_x\% = \frac{m_x * 100}{\bar{Y}} \quad \text{- النسبة المئوية لدقة النموذج:}$$

حيث أن n تمثل عدد القيم المقاسة أو الحقيقية، \hat{Y}_i تمثل القيمة المقدرة من خلال النموذج لارتفاع الشجرة i ، Y_i هي القيمة المقاسة لارتفاع الشجرة i ، \bar{Y}_i هي المتوسط الحسابي للقيم الحقيقية أو المقاسة ($i = 1, \dots, n$). كما تم حساب معامل التحديد R^2 لجميع معادلات النماذج المختبرة وذلك وفقاً للعلاقة المذكورة سابقاً.

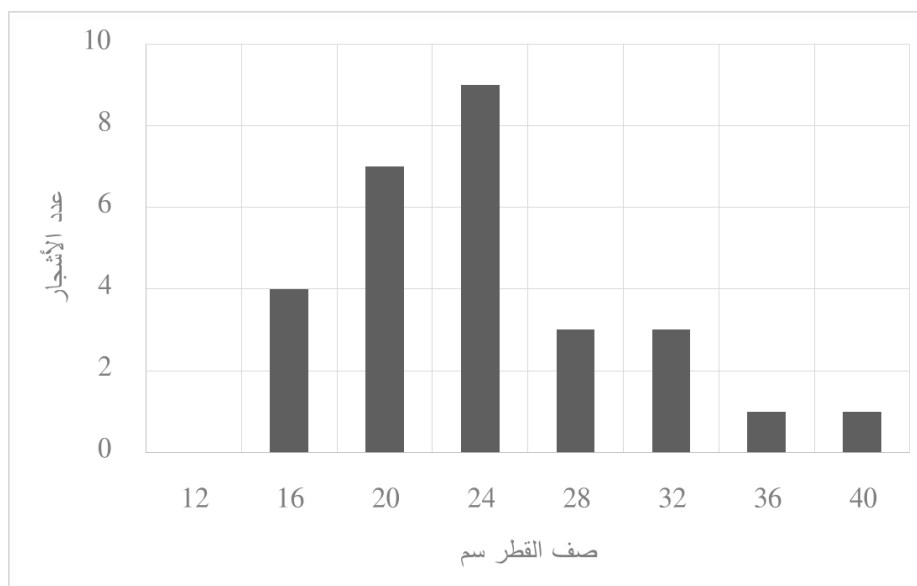
النتائج والمناقشة:

1- توزيع أقطار الأشجار المستخدمة في معايرة واختبار كفاءة نماذج منحنيات الارتفاع:

يبين الشكل (1) انتظام الأشجار التي بلغ عددها (56) والمستخدم في معايرة النماذج ضمن صفوف الأقطار، لوحظ أن معظم هذه الأشجار تنتمي إلى صف القطر 24، ثم صف القطر 20، تلاه صف القطر 16، ثم صفوف الأقطار 28، 32، 40، على التوالي، وهو ما يتوافق في مجمله مع صفوف الأقطار المتضمنة توزيع الأشجار التي بلغ عددها (28) الأخرى المستخدمة في اختبار كفاءة النموذج (الشكل 2).



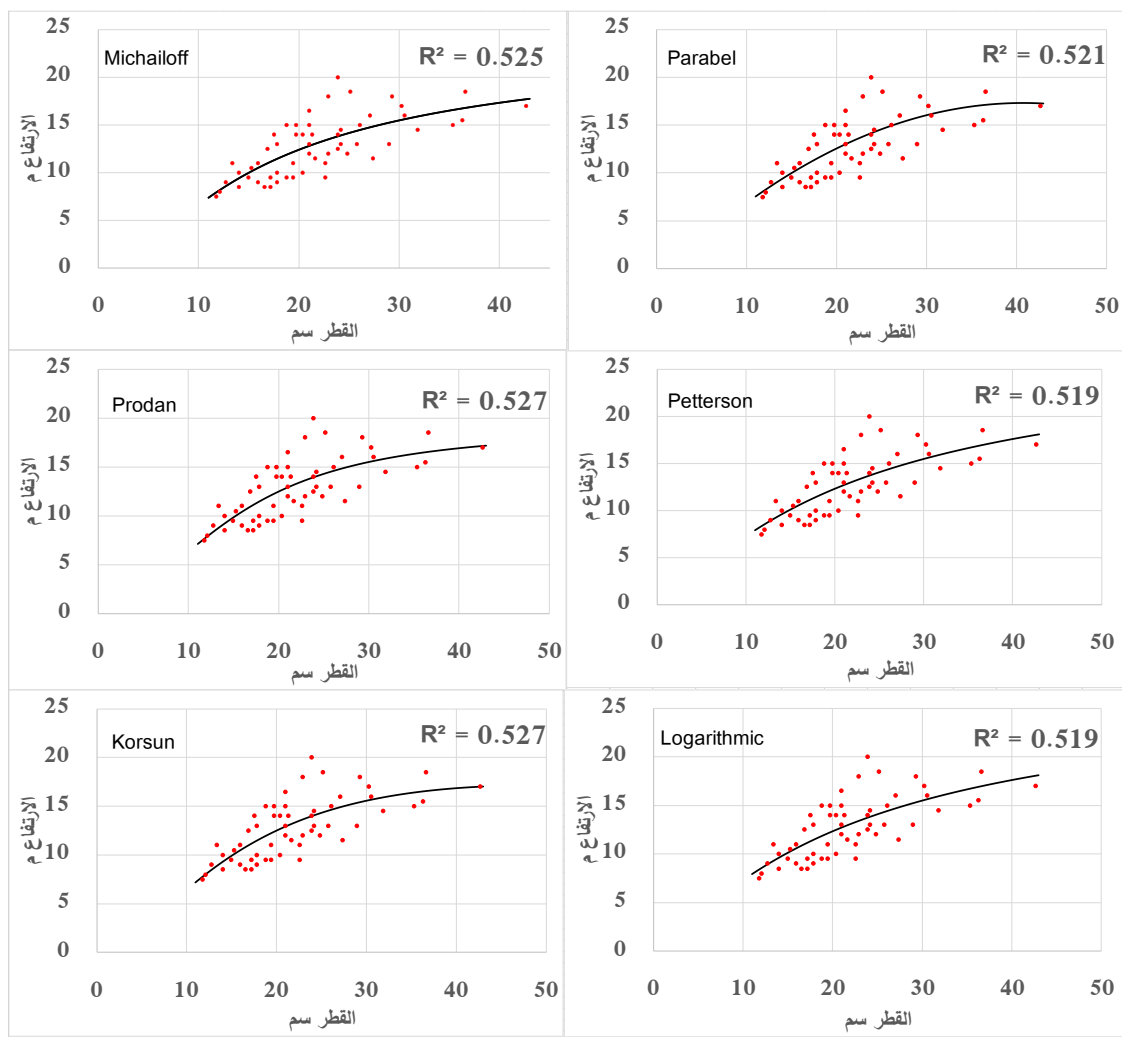
الشكل 1. توزيع أقطار الأشجار المستخدمة في معايرة النماذج ضمن صفوف أقطار.



الشكل 2. توزيع أقطار الأشجار المستخدمة في اختبارات كفاءة النماذج ضمن صفوف أقطار.

2-منحنيات الارتفاع المجربة على أشجار العينة:

تم الحصول على منحنيات الارتفاع من خلال تجريب النماذج الرياضية الأنفة الذكر على 56 شجرة. يبين الشكل (3) منحنيات الارتفاع بدلالة القطر لكل نموذج رياضي، إذ نلاحظ وجود فروق قليلة بين تلك المنحنيات في تمثيلها للبيانات، كما نلاحظ أن قيم معامل التحديد لهذه النماذج متقاربة جداً فيما بينها. حيث لوحظ أن قيمة معامل التحديد لجميع النماذج المجربة تتراوح بين 51.9 % و 52.7 %.

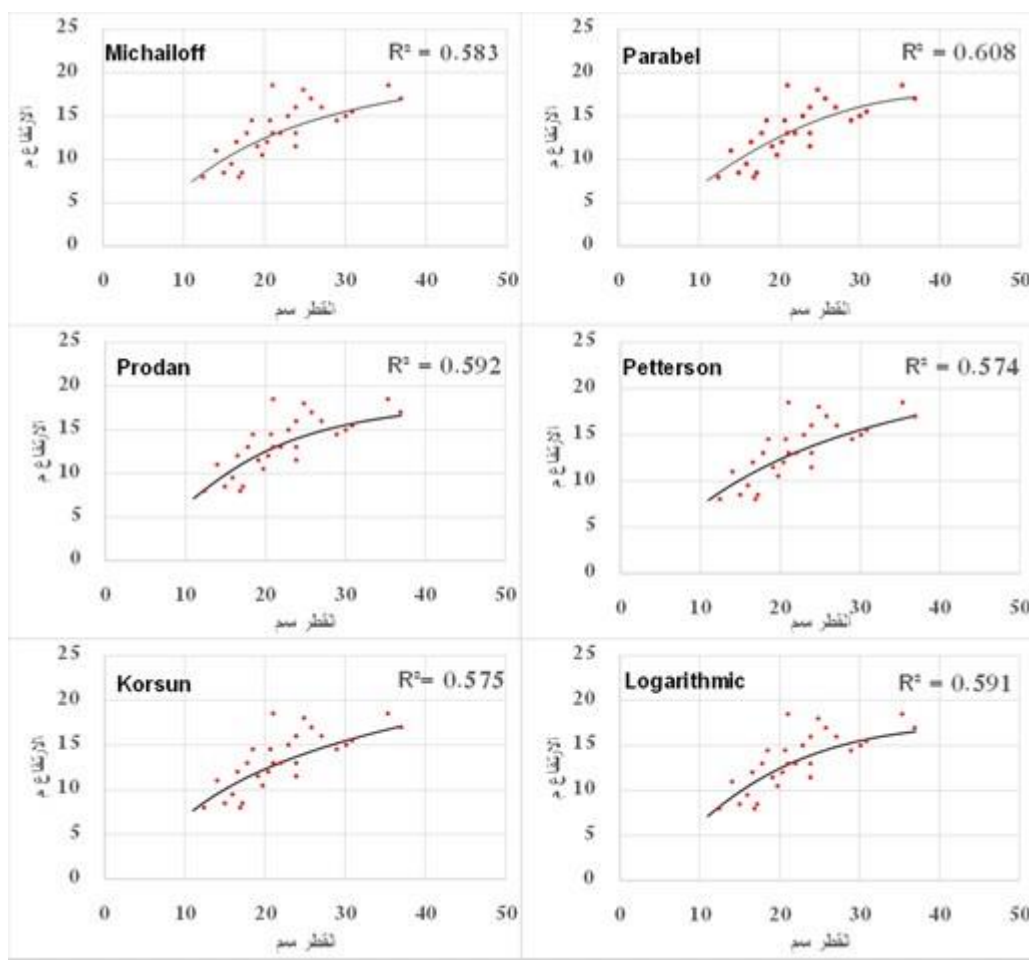


الشكل 3. منحنيات الارتفاع الناتجة عن النماذج المجربة للسرو دائم الاخضرار بدلالة القطر.

قام (Tsega *et al.*, 2018) بتجريب 10 من النماذج الرياضية لتقدير ارتفاع أشجار السرو في أثيوبيا، حيث لاحظ وجود فروق قليلة جداً بين منحنيات الارتفاع الناتجة عن هذه النماذج في تمثيل البيانات مع تقارب كبير في قيم معامل التحديد والتي تراوحت بين 0.83 و 0.89. تتوافق هذه النتائج مع نتائج هذه الدراسة من حيث التقارب الموجود بين النماذج المجربة في تمثيل البيانات.

3- اختبار كفاءة منحنيات الارتفاع المجربة على أشجار العينة:

تم تجريب النماذج السابقة على 28 من الأشجار المأخوذة عشوائياً والمقاس قطرها على ارتفاع الصدر وارتفاعها، من غير الـ 56 شجرة التي استخدمت في تصميم منحنيات الارتفاع وذلك من أجل التأكد من جودة النموذج.



الشكل 4. منحنيات الارتفاع الناتجة عن النماذج المستخدمة للتأكد من النموذج الأنسب.

يبين الشكل (4) وجود اختلاف طفيف في أشكال المنحنيات مع تحسن واضح في تمثيل البيانات من قبل جميع النماذج. سُجّلت أقل قيمة لمعامل التحديد في النموذجين Petterson مع قيمة لمعامل التحديد $R^2 = 57.4\%$ و Korsun مع قيمة لمعامل التحديد $R^2 = 75.5\%$ ، بينما كان التمثيل الأفضل للبيانات من نصيب النموذج Parabel مع قيمة لمعامل التحديد $R^2 = 60.8\%$. وتراوح قيم معامل التحديد للنماذج المتبقية Michailoff و Prodan و Logarithmic بين 58.3% وحتى 59.2% (الشكل 4). جاءت قيم معامل التحديد للنماذج المجربة في هذه الدراسة قريبة من مثيلاتها في دراسة للباحث برهوم (2014) لتقدير ارتفاع أشجار بعض الأنواع المخروطية المستخدمة في التحريج الاصطناعي في منطقة الغاب، إذ أن أعلى قيمة لمعامل التحديد في النماذج المجربة في دراسته لم تتجاوز 0.61 وكانت لنموذج Parabel. نظراً لكون قيم معامل التحديد للنماذج متقاربة فيما بينها، فإن ذلك استوجب إجراء المزيد من الاختبارات بهدف تحديد النموذج الأفضل من بين هذه النماذج. يوضح الجدول (2) أن النماذج المجربة تفسر بين 51.9% و 52.7% من القيم الحقيقية لارتفاع أشجار العينة المدروسة.

الجدول 2. الثوابت المحسوبة ومعامل التحديد للنماذج المستخدمة

| اسم النموذج | $a0$ | $a1$ | $a2$ | R^2 |
|-------------|---------|-------|---------|-------|
| Michailoff | - | 23.11 | -14.642 | 0.525 |
| Parabel | -0.992 | 0.897 | -0.011 | 0.521 |
| Prodan | 15.054 | -120 | .058 | 0.527 |
| Petterson | 2.133 | .194 | - | 0.519 |
| Korsun | -2.992 | 2.986 | -.382 | 0.527 |
| Logarithmic | -11.029 | 7.798 | - | 0.519 |

كما أظهرت الاختبارات لهذه النماذج أن متوسط الخطأ للنماذج المدروسة كان قد تراوح بين 0.21 للنموذج Parabel وحتى 0.443 للنموذج Logarithmic، كما تراوحت النسبة المئوية لخطأ النموذج بين 1.579 % للنموذج Parabel وحتى 3.23 % للنموذج اللوغاريتمي Logarithmic. بينما تراوحت قيم النسبة المئوية لدقة النماذج المجربة بين 19.007 % للنموذج Parabel وحتى 29.208 % للنموذج اللوغاريتمي Logarithmic. استناداً إلى نتائج اختبارات جودة النماذج هذه، فإن النموذج الأفضل لنمذجة ارتفاع الأشجار في المنطقة المدروسة هو النموذج Parabel، جاءت النسبة المئوية لدقة النموذج ومتوسط الخطأ والنسبة المئوية للخطأ للنموذج Parabel أفضل ما يمكن مقارنة مع بقية النماذج الأخرى (الجدول 3)، وبالتالي أعتبر هذا النموذج (Parabel) بأنه النموذج الأنسب لتقدير الارتفاع لأشجار السرو دائم الاخضرار في منطقة الدراسة. تأخذ معادلة هذا النموذج الشكل التالي:

$$H = -0.992 + 0.897 * dbh - 0.011 * dbh^2$$

أعطى هذا النموذج أعلى قيمة لمعامل التحديد ($R^2 = 60.8$)، وبالتالي فإن هذا النموذج يفسر 60.8% من توزع القيم الحقيقية للعينة المدروسة حيث بلغ خطأ النموذج 0.21 ودقة مقدارها 2.532 وقيمة 1.579% للنسبة المئوية لخطأ النموذج و 1.979 للانحراف المعياري لخطأ النموذج، تُعد هذه القيم هي الأقل مقارنة مع مثيلاتها للنماذج المتبقية (الجدول 3).

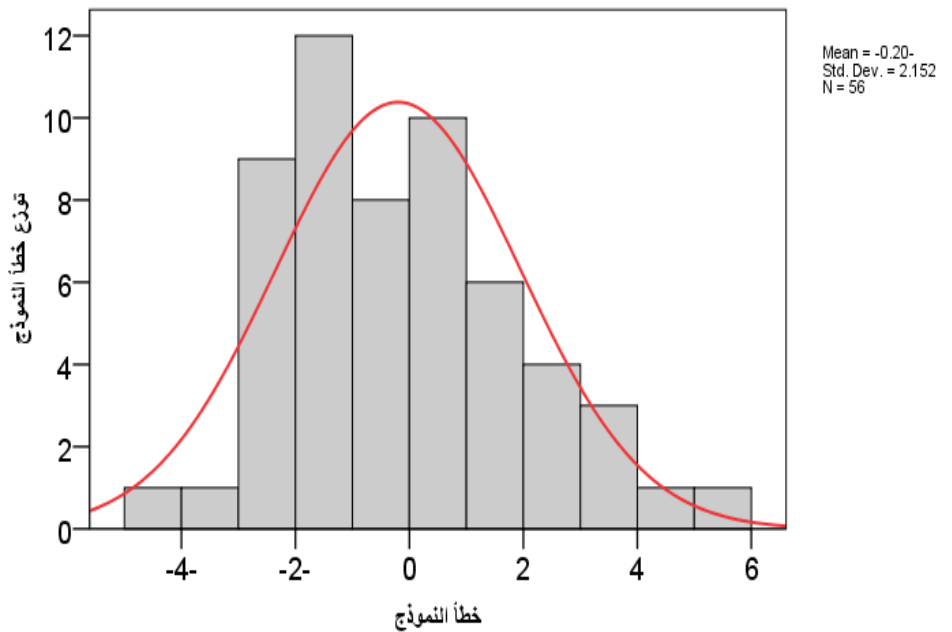
الجدول 3. نتائج الاختبارات المُجرّاة لتقييم جودة النماذج المستخدمة

| النسبة المئوية لدقة النموذج $m_x\%$ | دقة النموذج m_x | % للانحراف المعياري لخطأ النموذج $Se\%$ | الانحراف المعياري لخطأ النموذج Se | النسبة المئوية لخطأ النموذج $e\%$ | خطأ النموذج e | R^2 | النموذج |
|-------------------------------------|-------------------|---|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|-------|-------------|
| 28.431 | 3.787 | 15.059 | 2.006 | 3.213 | 0.428 | 0.583 | Michailoff |
| 19.007 | 2.532 | 14.857 | 1.979 | 1.579 | 0.210 | 0.608 | Parabel |
| 27.902 | 3.717 | 14.918 | 1.988 | 3.141 | 0.419 | 0.592 | Prodan |
| 28.942 | 3.856 | 15.221 | 2.028 | 3.279 | 0.437 | 0.574 | Petterson |
| 27.740 | 3.696 | 14.927 | 1.989 | 3.115 | 0.415 | 0.591 | Korsun |
| 29.208 | 3.891 | 15.193 | 2.024 | 3.323 | 0.443 | 0.575 | Logarithmic |

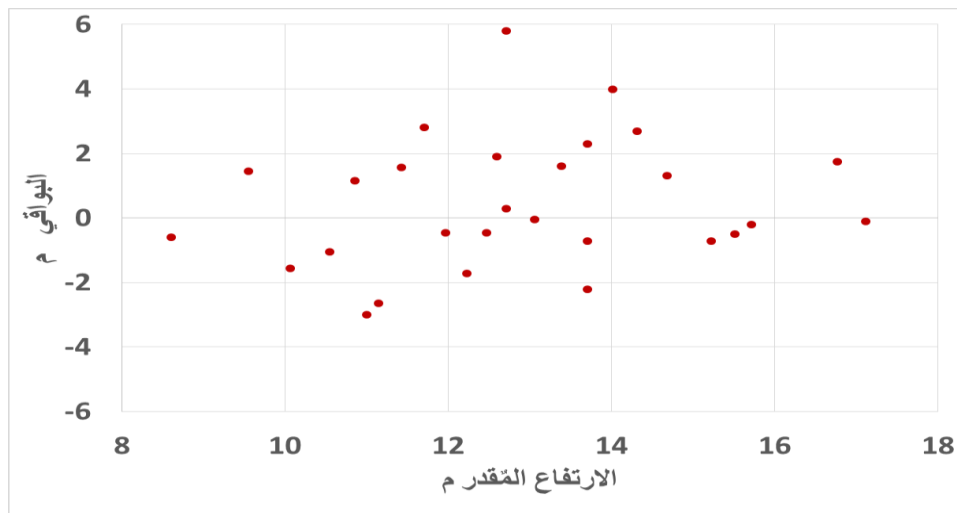
أظهر اختبار Shapiro-Wilk أن خطأ النموذج المعتمد (Parabel) يتبع التوزيع الطبيعي ($P < 0.05$)، وأن متوسط وانحرافات خطأ هذا النموذج كانت قريبة من الصفر (الشكلين 5 و 6). وبالتالي وبما أن توزع خطأ النموذج المعتمد كان توزعاً طبيعياً وبما

أن النسبة المئوية لدقة هذا النموذج كانت 19.007، فإن 95% من القيم المقدرة لارتفاع أشجار السرو المدروسة لن تتحرف أكثر من 19.007 % عن القيم الحقيقية لهذه الارتفاعات (الجدول 3).

أظهرت نتائج دراسة لتقدير الارتفاع لأشجار *Cupressus lusitanica* في المكسيك، أن معادلة Bertalanffy-Richards أعطت أعلى قيمة لمعامل التحديد ($R^2 = 0.69$) وأقل خطأ مرتكب، وهي عبارة عن معادلة أسية لتقدير الارتفاع بدلالة القطر على ارتفاع الصدر (Corral-Rivas *et al.*, 2014). بينما كانت المعادلة من نوع Weibull وهي أيضاً معادلة أسية، الأفضل لتقدير ارتفاع نفس النوع في اثيوبيا (Tsega *et al.*, 2018). عند مقارنة هذه النتائج مع نتائج دراستنا نستنتج أن النموذج الخطي كان الأنسب في للسرو دائم الاخضرار في منطقة الدراسة، غير أن النموذج غير الخطي كان الأنسب للسرو في مناطق أخرى. تشير هذه الاختلافات في النموذج الأنسب إلى أن كل منطقة يمكن أن يكون لها نموذج مختلف ولا يصلح تطبيقه إلا في المنطقة ذاتها أو في الموقع الذي جُمعت منه المعطيات لبناء النموذج.



توزيع الخطأ
Parabel.



الشكل 5.
للنموذج

الشكل 6. تشتت البواقي للنموذج Parabel.

الاستنتاجات:

أظهرت هذه الدراسة أن النموذج الأنسب والذي يعطي أفضل النتائج لتقدير ارتفاع أشجار السرو دائم الاخضرار في منطقة الدراسة، كان نموذج Parabel. حيث بلغت قدرة هذا النموذج في تفسير التباينات في القيم الحقيقية لارتفاع الأشجار 60.8% وتعد هذه القيمة جيدة مقارنة مع نتائج دراسات سابقة في هذا المجال ومن أجل نفس النوع المدروس. كما بينت نتائج هذه الدراسة من خلال مقارنتها مع نتائج الدراسات الأخرى، أن النموذج الأفضل والأنسب لتقدير ارتفاع أشجار السرو دائم الاخضرار يختلف من موقع لأخرى مما يعزز فرضية خصائص الموقع وتأثيرها في خصائص النمو للسرو دائم الاخضرار. جاءت نتائج هذه الدراسة غير منسجمة مع نتائج الدراسات السابقة في مجال النمذجة الرياضية لنمو جنس السرو، إذ أن كل منطقة يمكن أن يكون لها نموذج مختلف ولا يصلح تطبيقه إلا في المنطقة ذاتها أو في الموقع الذي جُمعت منه المعطيات لبناء النموذج.

التوصيات:

استناداً إلى نتائج هذه الدراسة فإنه يوصى باستخدام نموذج Parabel لتقدير ارتفاع الأشجار في مواقع السرو دائم الاخضرار المشابهة لمنطقة الدراسة. من الأفضل زيادة عدد المواقع وبالتالي عدد الأشجار الداخلة في تصميم النموذج وذلك بهدف الحصول على نتائج يمكن تعميمها بالنسبة للنوع المدروس. كما يوصى بتشجيع استخدام تقنيات النمذجة الرياضية في مجال الغابات مما يسهل على القائمين على إدارة الغابة اتخاذ القرارات السليمة والتي تُحقق الإدارة المستدامة لغاباتها.

المراجع:

- برهوم، أنس (2014). تقييم نجاح بعض مواقع التحريج الاصطناعي في سهل الغاب في سورية. أطروحة ماجستير في الهندسة الزراعية، اختصاص علوم الغابات، كلية الزراعة، جامعة تشرين، 80 صفحة.
- مرتيني، عالية (1999). تحاليل بيئية واجتماعية نباتية لغابات السفح الشرقي في سلسلة الجبال الساحلية. رسالة دكتوراه. قسم الحراج والبيئة، كلية الزراعة، جامعة حلب، سورية. 192 صفحة.
- نحال، إبراهيم (2003). علم الشجر (الندردولوجيا). منشورات مديرية الكتب والمطبوعات جامعة حلب. كلية الزراعة. 630 صفحة.
- نحال، إبراهيم وأديب رحمة ومحمد نبيل شلبي (1996). الحراج والمشاتل الحراجية. كلية الزراعة. منشورات مديرية الكتب والمطبوعات جامعة حلب. سورية. 600 صفحة.
- Baumann, H. (1982). Die Grieschische Pflanzenwelt in Mythos, Kunst und Literature, Himer Verlag, München. 179 Seiten.
- Corral-Rivas, S.; J.G. Álvarez-González.; F. Crecente-Campo.; and J.J. Corral-Rivas (2014). Local and generalized height-diameter models with random parameters for mixed, uneven-aged forests in Northwestern Durango, Mexico. Forest Ecosystems, 1:6.

- Huang, S.; S.J. Titus; and D.P. Wiens (1992). Comparison of nonlinear height-diameter functions for major Alberta tree species. *Can J For Res.*, 22:1297–1304.
- Pretzsch, H. (2009). *Forest dynamics, growth and yield. From Measurement to Model*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 671.
- Sharma, M.; and J. Parton (2007). Height–diameter equations for boreal tree species in Ontario using a mixed-effects modeling approach. *For Ecol Manage.* 249:187–198.
- Tsega, M.; G. Awoke.; L.T. Zebene.; B. Yigez; and Dongjie Niu (2018). Development and Validation of Height-Diameter Models for *Cupressus lusitanica* in Gerged Forest, Ethiopia. *Forest Science and Technology*. E-ISSN 2158-0715, 7.
- Uzoh, F.C.C. (2017). Height-diameter model for managed even-aged stands of Ponderosa Pine for the Western United States using hierarchical nonlinear mixed-effects model. *Aust J Basic Appl Sci.*, 11:69–87.
- Vibrans, A.C.; P. Moser; and L.Z. Oliveira (2015). Generic and specific stem volume models for three subtropical forest types in Southern Brazil. *Ann For Sci.*, 72:865–874.

Estimation of the Trees Height of *Cupressus sempervirens* L. Using the Mathematical Modelling in Misiaf Region

Ali Thabit^{*(1)}

(1). Natural Renewable Resources and Environment Department, Faculty of Agriculture, Aleppo University, Aleppo, Syria.

(*Corresponding author: Dr. Ali Thabit. E-Mail: alithabt@yahoo.fr).

Received: 02/08/2018

Accepted: 24/09/2018

Abstract

The aim of this research was to design and test height-diameter models of *Cupressus sempervirens* in Misiaf, Syria. Modelling techniques were applied at four sampling plots that were selected throughout the natural distribution area of *Cupressus sempervirens* in Misiaf region. The tree height (h) and diameter at breast height (dbh) of eighty-four trees (84) were measured. Different forms of mathematical models (Michailoff, Parabel, Prodan, Petterson, Korsun, and Logarithmic) were selected to estimate the trees height of *Cupressus sempervirens* using diameter at breast height (dbh) as independent variable. Models were examined using different statistical tests i.e. absolute mean of the model error, relative mean of the model error, standard error of the absolute mean of the model error, model accuracy, model accuracy % and coefficient of determination R^2 , which showed the proportion of the total variance that is explained by model. These statistical tests were done to select the best model to estimate the trees height of *Cupressus sempervirens* in Misiaf region in Syria. The results of model's efficiency tests showed that the best function was Parabel equation, this model had a high R-squared value ($R^2 = 60.8\%$), less error value (0.21), and best accuracy value ($m_x = 19\%$). The results of this research could be a good tool in management of *Cupressus sempervirens* sites and could help forest managers in the future studies in the field.

Keywords: *Cupressus sempervirens*, Height-Diameter relationships, Mathematical modelling, Syria.