



جامعة الموصل
كلية الزراعة والغابات

تطبيقات التحسس النائي لتقدير إنتاجية مشاجر
الصنوبر *Pinus brutia*
في شمال العراق

أحمد بهجت خلف غاوي

رسالة ماجستير
علوم الغابات

بإشراف

الدكتور
محمد يونس العلاف
أستاذ مساعد

الدكتور
مزاحم سعيد يونس
أستاذ مساعد

٢٠٠٩ م

١٤٣٠ هـ

تطبيقات التحسس النائي لتقدير إنتاجية مشاجر
الصنوبر *Pinus brutia*
في شمال العراق

رسالة تقدم بها
أحمد بهجت خلف غاوي

إلى
مجلس كلية الزراعة والغابات في جامعة الموصل وهي جزء
من متطلبات نيل شهادة ماجستير
في علوم الغابات

بإشراف

الدكتور
محمد يونس العلاف
أستاذ مساعد

الدكتور
مزاحم سعيد يونس
أستاذ مساعد

٢٠٠٩ م

١٤٣٠ هـ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

أَلَمْ تَرَ كَيْفَ ضَرَبَ اللَّهُ مَثَلًا كَلِمَةً طَيِّبَةً كَشَجَرَةٍ طَيِّبَةٍ أَصْلُهَا ثَابِتٌ
وَفَرْعُهَا فِي السَّمَاءِ ﴿٢٤﴾ تُوْتِي أُكْلَهَا كُلَّ حِينٍ بِإِذْنِ رَبِّهَا وَيَضْرِبُ اللَّهُ
الْأَمْثَالَ لِلنَّاسِ لَعَلَّهُمْ يَتَذَكَّرُونَ ﴿٢٥﴾ وَمَثَلُ كَلِمَةٍ خَبِيثَةٍ كَشَجَرَةٍ
خَبِيثَةٍ اجْتُثَّتْ مِنْ فَوْقِ الْأَرْضِ مَا لَهَا مِنْ قَرَارٍ ﴿٢٦﴾ يُثَبِّتُ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا بِالْقَوْلِ
الثَّابِتِ فِي الْحَيَاةِ الدُّنْيَا وَفِي الْآخِرَةِ وَيُضِلُّ اللَّهُ الظَّالِمِينَ وَيَفْعَلُ اللَّهُ مَا يَشَاءُ ﴿٢٧﴾

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

سُورَةُ الرَّحْمَنِ (الرَّحْمَانِ) (٢٧-٢٤)

الإهداء

إلى شفيقنا ومعلمنا الأول محمد (صلى الله عليه وسلم) ... فخراً
إلى روح والدي الطاهرة أدخله الله فسيح جناته والوالدة الكريمة...براً
إلى زوجتي... عرفاناً
إلى أولادي...حباً
إلى إخوتي وأخواتي... إكراماً
وإلى كل من يدعو لنا بالخير....

شكر وتقدير

الحمد لله والصلاة والسلام على رسول الله محمد صلى الله عليه وسلم.
بعد أن وفقني الله تعالى في إنجاز البحث وكتابة الرسالة، لايسعني إلا أن أسجل شكري وتقديري إلى جامعة الموصل وكلية الزراعة والغابات اللتين أتاحتا لي الفرصة لإكمال دراستي، وأتوجه بالشكر الجزيل إلى قسم الغابات ممثلاً بالأساتذة الأفاضل والتدريسيين وجميع منتسبي القسم.
وعرفاناً مني أتوجه بالشكر والتقدير إلى السيدين المشرفين الدكتور مزاحم سعيد يونس والدكتور محمد يونس العلاف لما بذلاه معي من جهد ووقت في إتمام البحث وكتابة الرسالة . وأخص بالشكر منتسبي مركز التحسس النائي في جامعة الموصل لما أبدوه من مساعدة في إنجاز بعض مراحل البحث.
كما يطيب لي أن أشكر زملائي طلبة الدراسات العليا في قسم الغابات ، وإلى زملائي في القسم الداخلي.

والله ولي التوفيق

الباحث

أحمد بهجت خلف

٢٠٠٨/ م

١٤٢٩/ هـ

إقرار المشرف

نشهد بان إعداد هذه الرسالة جرى بإشرافنا في جامعة الموصل وهي جزء من متطلبات نيل شهادة ماجستير في علوم الغابات.

التوقيع: _____

المشرف: أ.م. د. مزاحم سعيد يونس

التاريخ: ٢٠٠٨/ /

المشرف: أ.م. د. محمد يونس العلاف

التاريخ: ٢٠٠٨/ /

إقرار المقوم اللغوي

اشهد بان هذه الرسالة الموسومة بـ " تطبيقات التحسس النائي لتقدير إنتاجية مشاجر الصنوبر pinus brutia " في شمال العراق تمت مراجعتها من الناحية اللغوية وتصحيح ما ورد فيها من أخطاء لغوية وتعبيرية وبذلك أصبحت الرسالة مؤهلة للمناقشة بقدر تعلق الأمر لسلامة الأسلوب وصحة التعبير.

التوقيع: _____

الاسم: د. عمار إسماعيل أحمد

التاريخ: ٢٠٠٨/ /

إقرار رئيس لجنة الدراسات العليا

بناءً على التوصيات التي تقدم بها المشرفان والمقوم اللغوي أشرح هذه الرسالة للمناقشة

التوقيع: _____

الاسم: أ.م. د. إسماعيل نجم المعروف

التاريخ: ٢٠٠٨/ /

إقرار رئيس القسم العلمي

بناءً على التوصيات التي تقدم بها المشرفان والمقوم اللغوي ورئيس لجنة الدراسات العليا، أشرح هذه الرسالة للمناقشة.

التوقيع: _____

الاسم: أ.م. د. مزاحم سعيد يونس

التاريخ: ٢٠٠٨/ /

قرار لجنة المناقشة

نشهد بأننا أعضاء لجنة التقويم والمناقشة قد اطلعنا على الرسالة وناقشنا الطالب في محتوياتها وفيما يتعلق بها بتاريخ ٢ / ٣ / ٢٠٠٩ ونرى أنها جديرة لنيل شهادة الماجستير في اختصاص (علوم الغابات).

الأستاذ المساعد	الأستاذ
الدكتور مظفر عمر عبدالله	الدكتور إبراهيم أنور إبراهيم
كلية الزراعة والغابات / قسم الغابات	كلية الزراعة والغابات / قسم الغابات
عضو لجنة المناقشة	رئيس لجنة المناقشة

الأستاذ المساعد	الدكتور بسمان يونس حميد
الدكتور مزاحم سعيد يونس	مركز التحسس النائي
كلية الزراعة والغابات / قسم الغابات	عضو لجنة المناقشة
عضو المشرف	

الأستاذ المساعد
الدكتور محمد يونس العلاف
مركز التحسس النائي
عضو المشرف

اجتمع مجلس كلية الزراعة والغابات بجلسته (المنعقدة في / / ٢٠٠٩)
وقرر التوصية بمنح طالب الدراسات العليا أحمد بهجت خلف شهادة الماجستير في علوم الغابات.

الأستاذ الدكتور	الأستاذ الدكتور
ناهل محمد علي سليمان	عمار عمر الأطرقجي
العميد وكالة	مقرر مجلس الكلية

الخلاصة

أجريت الدراسة على مشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق لثلاث مناطق هي عقرة، أتروش وزاويتا بهدف تقدير دليل المساحة الورقية LAI والكتلة الحية والحجم لهذه المشاجر التي تقع بين دائرتي عرض (°٣٦ ٤٣ - °٣٦ ٥٤) وخطي طول (°٤٣ ٠٢ - °٤٤ ٠٠) وارتفاع عن مستوى سطح البحر (٦٨١ - ١٠١٤) م.

اعتمدت طريقة البحث في جمع البيانات على المعاينة المتعددة الأطوار Mult-phase sampling التي يكون البيان الفضائي الطور الأول والبيان الجرد الأرضي الطور الثاني، فالجرد الأرضي تم في صيف عام ٢٠٠٧ إذ تم جمع البيانات الأساسية للدراسة والمتمثلة بمتغيرات الشجرة والمشجر من (٣٠) عينة أو موقع، أما البيان الفضائي المستخدم في الدراسة فكان للقمر الصناعي لاندسات ٧ من خلال المتحسس راسم البيانات الموضوعي المحسن ETM+ باستخدام القنوات (١، ٢، ٣، ٤، ٥، ٧). وتضمنت هذه الدراسة إيجاد مجموعة من المعادلات لتقدير دليل المساحة الورقية، فضلاً عن معادلات تخمين الوزن لأجزاء الشجرة والمشجر وكذلك تقدير الحجم للشجرة والمشجر من خلال مجموعة من المعادلات الانحدارية وباستخدام طرائق الانحدار الخطي وغير الخطي المتاحة في برنامج Statgraf في الحاسب الآلي، ولأجل المفاضلة بين المعادلات التي اعتمدت لكل مجموعة من محاور الدراسة المختلفة واختيار أفضلها التي تمثل البيانات، تم استخدام مقاييس الدقة وهي معامل التحديد المصحح والخطأ القياسي والانحراف المتوسط فضلاً عن اختبار Othomo وكانت النتائج كالآتي:

١- معادلات تقدير دليل المساحة الورقية LAI:

أ- معادلات تقدير LAI من الجرد الأرضي : إذ تم اختيار معادلتين الأولى تستخدم المساحة التي تشغلها اشجار العينة كمتغير مستقل بطريقة الانحدار غير الخطي، والثانية باستخدام متوسط القطر التربيعي والكثافة كمتغيرات مستقلة وبطريقة الانحدار غير الخطي واعتماداً على مقاييس الدقة المستخدمة في الدراسة:

$$LAI = -1.16417 + 0.1351SCL^{0.4068}$$

$$R^2_{adj} = 0.9996 \quad S.E = 0.0007 \quad n = 0.0004 \quad m = 09999 \quad Bais = 0.0012$$

$$LAI = 0.6865 + 0.000015DG^{0.3897}N^{2.2115}$$

$$R^2_{adj.} = 0.9342 \quad S.E = 0.0012 \quad n = -0.0001 \quad m = 1.0004 \quad Bais = 0.0047$$

ب- معادلة تقدير LAI من البيان الفضائي بدلالة القنوات (٣ ، ٤) واشتقت المعادلة بطريقة الانحدار غير الخطي:

$$LAI = 0.0079B_3^{0.3131}B_4^{0.6955}$$

$$R^2_{adj.} = 0.9992 \quad S.E = 0.0001 \quad n = -0.0008 \quad m = 1.0001 \quad Bais = -0.0001$$

ج- معادلة تقدير LAI من دمج البيانات الارضية مع البيان الفضائي وبدلالة المساحة التي تشغلها الأشجار و SR:

$$LAI = -1.1662 + 0.13449SCL^{0.4089}SR^{0.0029}$$

$$R^2_{adj.} = 0.9993 \quad S.E = 0.0003 \quad n = -0.0019 \quad m = 1.0025 \quad Bais = 0.0012$$

٢- معادلات تقدير الوزن الرطب للساق للمشجر بدلالة متغيراته والبيان الفضائي:

أ- معادلة تقدير الوزن الرطب للساق بدلالة متوسط القطر التربيعي ومتوسط الارتفاع والكثافة:

$$WGS = 65.4143 + 0.0297DG^2Hm^{0.8242}N$$

$$R^2_{adj.} = 0.9815 \quad S.E = 454.97 \quad n = 0.0099 \quad m = 0.9999 \quad Bais = -0.0311$$

ب- معادلة تقدير الوزن الرطب للساق بدلالة متوسط القطر التربيعي ومتوسط الارتفاع والقناة ٤ (B₄):

$$WGS = -27198.5 + 406.064DG + 720.443Hm + 156.414B_4$$

$$R^2_{adj.} = 0.9257 \quad S.E = 929.93 \quad n = -0.0008 \quad m = 1.0 \quad Bais = 0.05$$

٣- معادلات تقدير الوزن الرطب للأفرع للمشجر بدلالة متغيراته والبيان الفضائي:

أ- معادلة تقدير الوزن الرطب للأفرع بدلالة متوسط القطر التربيعي ومتوسط الارتفاع والكثافة:

$$WGB = -848.933 + 2.2529DG^2 + 0.5940Hm^{0.3626}N$$

$$R^2_{adj.} = 0.9621 \quad S.E = 141.51 \quad n = 0.0238 \quad m = 1.0001 \quad Bais = 4.1933$$

ب- معادلة تقدير الوزن الرطب للأفرع بدلالة متوسط القطر التربيعي ومتوسط الارتفاع و B₄:

$$WGB = -3291.88 + 2.1554DG^2 + 12.3424Hm^{0.4232}B_4$$

$$R^2_{adj.} = 0.9255 \quad S.E = 198.44 \quad n = 0.032 \quad m = 1.0002 \quad Bais = 1.5900$$

٤- معادلات تقدير الوزن الرطب للأوراق بدلالة متغيرات المشجر والبيان الفضائي:

أ- معادلة تقدير الوزن الرطب للأوراق بدلالة متوسط القطر التربيعي ومتوسط الارتفاع والكثافة:

$$WGL = -166.504 + 0.03654DG^2 Hm^{1.10986} + 3.25036N$$

$$R^2_{adj.} = 0.9565 \quad S.E = 23.43 \quad n = 0.0001 \quad m = 0.9999 \quad Bais = 0.0008$$

ب- معادلة تقدير الوزن الرطب للأوراق بدلالة متوسط القطر التربيعي ومتوسط الارتفاع والقناة
(٤):

$$WGL = -480.222 + 1.0DG^{0.3635} Hm^{0.2624} B_4^{1.0331}$$

$$R^2_{adj.} = 0.9449 \quad S.E = 18.45 \quad n = 0.2971 \quad m = 0.9987 \quad Bais = 0.0508$$

٥- معادلات تقدير الوزن الرطب الكلي بدلالة البيانات الحقلية والبيان الفضائي :

أ- معادلة الوزن الرطب بدلالة متوسط القطر التربيعي ومتوسط الارتفاع والكثافة:

$$WGT = 209.586 + 0.01049DG^2 / 0.4278Hm^{0.8595} N^{1.074}$$

$$R^2_{adj.} = 0.9872 \quad S.E = 458.01 \quad n = -0.004 \quad m = 1.0 \quad Bais = 0.0052$$

ب- معادلة الوزن الرطب الكلي بدلالة B_4 و SR :

$$WGT = -20621.4 + 263.387 B_4 - 2584.56SR$$

$$R^2_{adj.} = 0.3582 \quad S.E = 2588 \quad n = -0.7128 \quad m = 1.0001 \quad Bais = -0.1180$$

ج- معادلة الوزن الرطب الكلي بدلالة متوسط القطر التربيعي ومتوسط الارتفاع و SR:

$$WGT = -40145.5 + 571.409DG + 949.826Hm + 11952.8SR$$

$$R^2_{adj.} = 0.8764 \quad S.E = 1517 \quad n = 0.0058 \quad m = 0.9999 \quad Bais = -0.0590$$

٦- معادلات الوزن الجاف للساق بدلالة متغيرات المشجر والبيان الفضائي:

أ- معادلة الوزن الجاف للساق بدلالة الكثافة ومتوسط القطر التربيعي ومتوسط الارتفاع:

$$WDS = -1314.2 + 67.564N + 413.13DG + 592.838Hm$$

$$R^2_{adj} = 0.9128 \quad S.E = 856.18 \quad n = -0.043 \quad m = 1.0001 \quad Bais = -0.011$$

ب- معادلة الوزن الجاف للساق بدلالة القناة (٤) ومتوسط القطر التربيعي ومتوسط الارتفاع:

$$WDS = -16411.4 + 142.06B_4 + 1.0DG^{1.8557}/Hm^{-1.3074}$$

$$R^2_{adj} = 0.9625 \quad S.E = 561.41 \quad n = 2.090 \quad m = 0.9999 \quad Bais = 0.5026$$

٧- معادلات الوزن الجاف للأفرع بدلالة متغيرات المشجر والبيان الفضائي:

أ- معادلة الوزن الجاف للأفرع بدلالة متوسط القطر التربيعي ومتوسط الارتفاع والكثافة:

$$WDB = -893.88 + 2.10712DG^2 + 1.0Hm^{1.2667}N$$

$$R^2_{adj} = 0.9514 \quad S.E = 146.005 \quad n = 0.6418 \quad m = 0.9993 \quad Bais = -0.0109$$

ب- معادلة الوزن الجاف للأفرع بدلالة متوسط القطر التربيعي ومتوسط الارتفاع والقناة (٤):

$$WDB = -1447.21 + 1.874DG^2 + 1.8293B_4 Hm$$

$$R^2_{adj} = 0.9024 \quad S.E = 213.73 \quad n = -0.0233 \quad m = 1.0002 \quad Bais = -0.0739$$

٨- معادلات الوزن الجاف للأوراق بدلالة متغيرات المشجر والبيان الفضائي:

أ- معادلة الوزن الجاف للأوراق بدلالة متوسط القطر التربيعي والكثافة ومتوسط الارتفاع:

$$WDL = -138.26 + 0.2958DG^2 + 0.64491N \times Hm^{0.7456}$$

$$R^2_{adj} = 0.9620 \quad S.E = 19.72 \quad n = -0.0005 \quad m = 1.0 \quad Bais = 0.0134$$

ب- معادلة الوزن الجاف للأوراق بدلالة متوسط القطر التربيعي ومتوسط الارتفاع والقناة (٤):

$$WDL = -818.714 + 0.2560DG^2 + 23.943Hm + 6.1172B_4$$

$$R^2_{adj} = 0.9480 \quad S.E = 23.08 \quad n = -0.0002 \quad m = 1.0 \quad Bais = -0.001$$

٩- معادلات تقدير الوزن الجاف الكلي بدلالة متغيرات المشجر والبيان الفضائي:

أ- معادلة الوزن الجاف الكلي بدلالة متوسط القطر التربيعي ومتوسط الارتفاع والكثافة:

$$WDT = -11.3349 + 0.032963DG^2 Hm^{0.755262} N^{1.09409}$$

$$R^2_{adj.} = 0.9885 \quad S.E = 412.063 \quad n = 0.0043 \quad m = 1.0 \quad Bais = 0.993$$

ب- معادلة الوزن الجاف الكلي بدلالة القنوات (٧، ٥، ٤):

$$WDT = -29982.9 + 235.785B_4 + 206.266B_5 - 188.135B_7$$

$$R^2_{adj.} = 0.4651 \quad S.E = 2821 \quad n = 0.0049 \quad m = 0.9999 \quad Bais = -0.047$$

ج- معادلة الوزن الجاف الكلي بدلالة متوسط القطر التربيعي ومتوسط الارتفاع والقناة (٤):

$$WDT = -30736.3 + 463.979DG + 808.684Hm + 176.392B_4$$

$$R^2_{adj.} = 0.9289 \quad S.E = 1028 \quad n = 0.0058 \quad m = 0.9999 \quad Bais = -0.059$$

١٠- معادلات تقدير حجم الساق بدلالة متغيرات المشجر والبيان الفضائي:

أ- معادلة حجم الساق بدلالة متوسط القطر التربيعي والكثافة:

$$VS = 0.2096 + 0.00004DG^{2.8897}/N^{-1.07778}$$

$$R^2_{adj.} = 0.9855 \quad S.E = 0.33 \quad n = 0.0007 \quad m = 0.9998 \quad Bais = -0.0141$$

ب- معادلة حجم الساق بدلالة متوسط القطر التربيعي والكثافة والقناة (٤):

$$VS = 0.000003DG^{2.6944}N^{0.66602}B_4^{1.11173}$$

$$R^2_{adj.} = 0.9910 \quad S.E = 0.28 \quad n = 0.0075 \quad m = 0.9995 \quad Bais = 0.1671$$

١١- معادلات تقدير حجم الأفرع بدلالة متغيرات المشجر والبيان الفضائي:

أ- معادلة حجم الأفرع بدلالة متوسط القطر التربيعي والكثافة:

$$VB = 0.396747 + 0.000051DG^{1.95863}N^{1.17125}$$

$$R^2_{adj.} = 0.9796 \quad S.E = 0.23 \quad n = 0.0007 \quad m = 0.9999 \quad Bais = -0.005$$

ب- معادلة حجم الأفرع بدلالة متوسط القطر التربيعي والكثافة والقناة (٤):

$$VB = -0.033208 + 0.0000089DG^{1.66072}N^{0.7104}B_4$$

$$R^2_{adj.} = 0.9814 \quad S.E = 0.20 \quad n = 0.0002 \quad m = 1.0008 \quad Bais = 0.0889$$

١٢- معادلات تقدير الحجم الكلي بدلالة متغيرات المشجر والبيان الفضائي:

أ- معادلة الحجم الكلي بدلالة متوسط القطر التربيعي والكثافة:

$$VT = 0.74006 + 0.00002DG^{2.55213}N^{1.12446}$$

$$R^2_{adj.} = 0.9814 \quad S.E = 0.57 \quad n = 0.0002 \quad m = 0.9999 \quad Bais = -0.0041$$

ب- معادلة الحجم الكلي بدلالة القنوات (٣، ٤، ٥، ٧):

$$VT = -59.101 + 0.6653B_3 + 0.1484B_4 + 8.7999(B_5/B_7)$$

$$R^2_{adj.} = 0.5123 \quad S.E = 3.22 \quad n = -0.0001 \quad m = 1.0001 \quad Bais = -0.0014$$

ج- معادلة الحجم الكلي بدلالة متوسط القطر التربيعي والكثافة والقناة (٤):

$$VT = 0.4560 + 0.00001DG^{2.39891}N^{0.75594}B_4$$

$$R^2_{adj.} = 0.9883 \quad S.E = 0.49 \quad n = 0.0001 \quad m = 0.9999 \quad Bais = -0.0014$$

المحتويات

رقم الصفحة	الموضوع	التسلسل
أ- و	الخلاصة	-
I	المحتويات	-
III	الجداول	-
VII	الإشكال	-
XI	الرموز	-
	الفصل الأول	-
٦-١	المقدمة	-
	الفصل الثاني	-
٣٤-٧	استعراض المراجع	-
	الفصل الثالث	-
	مواد وطرائق البحث	
٣٨-٣٥	الموقع	١-٣
٣٩	المناخ	٢-٣
٤٠-٣٩	درجة الحرارة	١-٢-٣
٤٣-٤١	الأمطار	٢-٢-٣
٤٣	التربة	٣-٣
٤٥-٤٤	اختيار العينات	٤-٣
٤٩-٤٥	البيان الفضائي	٥-٣
٥٢-٥٠	البيانات الأرضية	٦-٣
٥٥-٥٢	الوزن الرطب لأشجار العينة	٧-٣
٥٨-٥٦	الوزن الجاف لأشجار الصنوبر البروتي	٨-٣
٥٩	المساحة السطحية للأوراق	٩-٣
٥٩	دليل المساحة الورقية	١٠-٣
٥٩	كثافة المشجر	١١-٣
٦٠-٥٩	عمر المشجر	١٢-٣
٦٠	متوسط القطر التريبيعي	١٣-٣
٦٠	متوسط الارتفاع	١٤-٣
٦١-٦٠	متوسط طول التاج وقطره	١٥-٣
٦١	متوسط دليل الضوء	١٦-٣
٦١	حجم المشجر	١٧-٣
٦١	الوزن الرطب والجاف لعناصر الشجرة في المشجر	١٨-٣
٦٣-٦١	مقارنة المعادلات واختيار افضلها	١٩-٣
	الفصل الرابع	-
٦٤	النتائج والمناقشة	-
٨٠-٦٤	دليل المساحة الورقية	١-٤

المحتويات

رقم الصفحة	الموضوع	التسلسل
٨١	معادلات الوزن للمشجر	٢-٤
٨١	إعداد وتركيب معادلات الوزن الرطب للمشجر بدلالة متغيراته والبيان الفضائي	١-٢-٤
٨٨-٨٢	إعداد معادلات الوزن الرطب للساق للمشجر باستخدام متغيراته والبيان الفضائي	١-١-٢-٤
٩٤-٨٨	إعداد معادلات الوزن الرطب للأفرع بدلالة متغيرات المشجر والبيان الفضائي	٢-١-٢-٤
١٠١-٩٥	معادلات تقدير الوزن الرطب للأوراق بدلالة متغيرات المشجر والبيان الفضائي	٣-١-٢-٤
١١٢-١٠١	إعداد وتركيب معادلات الوزن الرطب الكلي	٤-١-٢-٤
١١٣	إعداد وتركيب معادلات الوزن الجاف	٢-٢-٤
١١٩-١١٤	معادلات الوزن الجاف للساق باستخدام متغيرات المشجر والبيان الفضائي	١-٢-٢-٤
١٢٤-١١٩	إعداد معادلات الوزن الجاف للأفرع بدلالة متغيرات المشجر والبيان الفضائي	٢-٢-٢-٤
١٣٠-١٢٤	إعداد معادلات تقدير الوزن الجاف للأوراق من متغيرات المشجر والبيان الفضائي	٣-٢-٢-٤
١٣٩-١٣٠	معادلات تقدير الوزن الجاف الكلي من متغيرات المشجر والبيان الفضائي	٤-٢-٢-٤
١٤٠-١٣٩	تقدير الحجم	٣-٤
١٤٦-١٤٠	معادلات تقدير حجم الساق	١-٣-٤
١٥١-١٤٦	معادلات تقدير حجم الأفرع	٢-٣-٤
١٥٩-١٥١	تقدير الحجم الكلي	٣-٣-٤
	الاستنتاجات والتوصيات	-
١٦١-١٦٠	الاستنتاجات	-
١٦٢-١٦١	التوصيات	-
١٦٤-١٦٣	المصادر العربية	-
١٧٤-١٦٥	المصادر الاجنبية	-
١٩٨-١٧٥	الملاحق	-
A-G	الخلاصة باللغة الانكليزية	-

الجدول

رقم الصفحة	العنوان	رقم الجدول
٣٦	مواقع الدراسة	١-٣
٤٠	معدلات درجات الحرارة الشهرية للمدة (١٩٧٥-٢٠٠٧) في منطقة الدراسة	٢-٣
٤٢	معدل كمية الأمطار الساقطة في منطقة الدراسة للمدة (١٩٧٥-٢٠٠٧)	٣-٣
٤٧	قيم الانعكاسية للقنوات (١، ٢، ٣، ٤، ٥، ٧) في العينة (٣٠ × ٣٠) م ^٢	٤-٣
٤٩	النسبة البسيطة ودليل الاختلاف الخضري الطبيعي وتحليل الغطاء ألقمي (١ ، ٢ ، ٣) في العينة (٣٠ × ٣٠) م ^٢	٥-٣
٥٥	الوزن الرطب للشجرة وعناصرها المختلفة لمواقع الدراسة وللعينة (٣٠ × ٣٠) م ^٢	٦-٣
٥٨	الوزن الجاف الكلي ولعناصر الشجرة المختلفة لمواقع الدراسة وللعينة (٣٠ × ٣٠) م ^٢	٧-٣
٦٦	معادلات دليل المساحة الورقية LAI بدلالة البيانات الارضية، الفضائية، الموقع	١-٤
٦٩	دليل المساحة الورقية للعينة بدلالة المساحة السطحية التي تشغلها الأشجار لمشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق	٢-٤
٧١	دليل المساحة الورقية بدلالة متوسط القطر وعدد الاشجار في العينة الواحدة لمشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق	٣-٤
٧٤	دليل المساحة الورقية بدلالة القناة الرابعة من البيان الفضائي في العينة لمشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق	٤-٤
٧٥	دليل المساحة الورقية بدلالة قناتي (٣ ، ٤) في العينة لمشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق	٥-٤
٨٠	دليل المساحة الورقية في العينة بدلالة المساحة التي تشغلها الأشجار و SR	٦-٤
٨٣	معادلات الوزن الرطب للساق للمشجر بدلالة متغيراته وكل من NDVI و B ₄	٧-٤

الجدول

رقم الصفحة	العنوان	رقم الجدول
٨٥	الوزن الرطب للساق بدلالة متوسط قطر وارتفاع المشجر وبكثافة (٧٩/ شجرة) في العينة (٣٠×٣٠)م ^٢	٨-٤
٨٧	الوزن الرطب للساق بدلالة متوسط القطر والقناة (٤) B ₄ عند متوسط ارتفاع (7.5 / م) في العينة (٣٠×٣٠)م ^٢	٩-٤
٨٩	معادلات الوزن الرطب للأفرع للمشجر بدلالة متغيراته وكل من NDVI و B ₄	١٠-٤
٩١	الوزن الرطب للأفرع لمشاجر الصنوبر البروتي عند متوسط أقطار وارتفاعات مختلفة وكثافة (٧٩/ شجرة) في العينة (٣٠×٣٠)م ^٢	١١-٤
٩٣	الوزن الرطب للأفرع بدلالة متوسط القطر و B ₄ عند ارتفاع ٧,٥ (م) في العينة (٣٠×٣٠)م ^٢	١٢-٤
٩٦	معادلات الوزن الرطب للأوراق بدلالة متغيرات المشجر والبيان الفضائي	١٣-٤
٩٨	الوزن الرطب للأوراق للعينة بدلالة متوسط القطر والارتفاع عند كثافة (١79/ شجرة)	١٤-٤
١٠٠	الوزن الرطب للأوراق بدلالة متوسط القطر و B ₄ عند متوسط ارتفاع (7.5) م في العينة	١٥-٤
١٠٣	معادلات الوزن الرطب الكلي بدلالة البيانات الحقلية، المناخية والبيان الفضائي	١٦-٤
١٠٦	العلاقة بين الكتلة الحية للمشجر وكل من متوسط الارتفاع والقطر وعند كثافة (٧٩/ شجرة) في العينة (٣٠×٣٠)م ^٢	١٧-٤
١٠٨	الوزن الرطب الكلي بدلالة B ₄ و SR في العينة (٣٠×٣٠)م ^٢	١٨-٤
١١١	الوزن الرطب الكلي بدلالة متوسط القطر و SR عند متوسط ارتفاع (٧,٥) م في العينة (٣٠×٣٠)م ^٢	١٩-٤

الجدول

رقم الصفحة	العنوان	رقم الجدول
١١٤	معادلات الوزن الجاف للساق بدلالة متغيرات المشجر والبيان الفضائي	٢٠-٤
١١٦	الوزن الجاف للساق لمشاجر الصنوبر البروتي بدلالة متوسط القطر والارتفاع عند كثافة (٧٩/ شجرة) في العينة (٣٠ × ٣٠) م ^٢	٢١-٤
١١٨	الوزن الجاف للساق لمشاجر بدلالة متوسط القطر والقناة (٤) وعند متوسط ارتفاع (٧,٥) م في العينة (٣٠ × ٣٠) م ^٢	٢٢-٤
١٢٠	معادلات الوزن الجاف للأفرع بدلالة متغيرات المشجر والبيان الفضائي	٢٣-٤
١٢١	الوزن الجاف للأفرع بدلالة متوسط القطر والارتفاع وعند كثافة (٧٩/ شجرة) في العينة (٣٠ × ٣٠) م ^٢	٢٤-٤
١٢٣	الوزن الجاف لأفرع أشجار الصنوبر البروتي للعينة بدلالة متوسط القطر والقناة (٤) عند متوسط ارتفاع (٧,٥) م	٢٥-٤
١٢٥	معادلات الوزن الجاف للأوراق بدلالة متغيرات المشجر والبيان الفضائي	٢٦-٤
١٢٧	الوزن الجاف للأوراق بدلالة متوسط القطر والارتفاع وعند كثافة (٧٩/ شجرة) في العينة (٣٠ × ٣٠) م ^٢	٢٧-٤
١٢٩	الوزن الجاف للأوراق في العينة بدلالة القناة (٤) ومتوسط القطر وعند متوسط ارتفاع (7.5) م	٢٨-٤
١٣١	معادلات تقدير الوزن الجاف الكلي لمشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق	٢٩-٤
١٣٤	الوزن الجاف الكلي بدلالة متوسط القطر والارتفاع وعند كثافة (٧٩/ شجرة) في العينة (٣٠ × ٣٠) م ^٢	٣٠-٤

الجدول

رقم الصفحة	العنوان	رقم الجدول
١٣٦	الوزن الجاف الكلي بدلالة القنوات B_5, B_4 وعند B_5 (46) في العينة (٣٠ × ٣٠) م ^٢	٣١-٤
١٣٨	الوزن الجاف الكلي للعينة بدلالة كل من متوسط القطر والقناة (٤) وعند متوسط ارتفاع (7.5) م	٣٢-٤
١٤١	معادلات حجم الساق الرئيسي بدلالة متوسط القطر والكثافة والقناة (٤) (B_4)	٣٣-٤
١٤٣	حجم الساق الرئيس/م ^٣ لمشاجر الصنوبر البروتي بدلالة كل من متوسط القطر والكثافة في العينة (٣٠ × ٣٠) م ^٢	٣٤-٤
١٤٥	تقدير حجم الساق الرئيس للعينة بدلالة متوسط القطر والقناة (٤) وعند كثافة (٧٩/شجرة)	٣٥-٤
١٤٧	معادلات حجم الأفرع بدلالة متوسط القطر والكثافة والقناة (٤) (B_4)	٣٦-٤
١٤٨	حجم الأفرع/م ^٣ للعينة لمشاجر الصنوبر البروتي بدلالة متوسط القطر والكثافة	٣٧-٤
١٥٠	حجم أفرع الأشجار (م ^٣) للعينة لمشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق بدلالة متوسط القطر والقناة (٤) وعند كثافة (٧٩/شجرة)	٣٨-٤
١٥٢	معادلات الحجم الكلي بدلالة متوسط القطر والكثافة والقناة (٤) (B_4)	٣٩-٤
١٥٤	الحجم الكلي (م ^٣) لأشجار الصنوبر البروتي في العينة (٣٠ × ٣٠) م ^٢ بدلالة متوسط القطر والكثافة	٤٠-٤
١٥٦	الحجم الكلي (م ^٣) للعينة (٣٠ × ٣٠) م ^٢ بدلالة B_4, B_3 وعند B_5 (٧٧) و $(٤٦) B_7$	٤١-٤
١٥٨	الحجم الكلي (م ^٣) للعينة لمشاجر الصنوبر البروتي بدلالة متوسط القطر/سم والقناة (٤)	٤٢-٤

الأشكال

رقم الصفحة	العنوان	رقم الشكل
٣٧	جزء من البيان الفضائي ملتقط بالمتحسس ETM+ للقمر الصناعي (LANDSAT 7) لمنطقة عقرة مبينا فيها مواقع الدراسة	١-٣
٣٨	جزء من بيان فضائي ملتقط بالمتحسس ETM+ للقمر الصناعي (7 LANDSAT) لمنطقة زاويتا وأتروش مبينا فيها مواقع الدراسة	٢-٣
٦٨	توزيع الانحرافات العشوائية بين القيم الحقيقية والمقدرة لدليل المساحة الورقية للمعادلة a_2	١-٤
٧٢	مدى التطور الحاصل في دليل المساحة الورقية عند مختلف الكثافة ومتوسط أقطار المشاجر	٢-٤
٧٦	مدى التطور الحاصل في دليل المساحة الورقية عند مختلف قيم (B_4, B_3) لمشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق	٣-٤
٧٩	توزيع الانحرافات العشوائية بين القيم المقدرة والحقيقية لدليل المساحة الورقية للمعادلة C_3	٤-٤
٨٤	توزيع الانحرافات العشوائية بين القيم الحقيقية والمقدرة للوزن الرطب للساق للمعادلة a_4	٥-٤
٨٦	مدى التطور الحاصل بالوزن الرطب للساق بدلالة متوسط القطر والارتفاع وعند كثافة (٧٩ / شجرة)	٦-٤

الأشكال

رقم الصفحة	العنوان	رقم الشكل
٨٨	العلاقة بين الوزن الرطب للساق وقناة (٤) ولمتوسط قطر مختلف عند متوسط ارتفاع (٧,٥ م) لمشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق	٧-٤
٩٠	توزيع الانحرافات العشوائية بين القيم المقدرة والحقيقية للوزن الرطب للأفرع للمعادلة a.2	٨-٤
٩٢	الوزن الرطب للأفرع بدلالة متوسط القطر والارتفاع وعند كثافة (٧٩ / شجرة)	٩-٤
٩٣	توزيع الانحرافات العشوائية بين القيم الحقيقية والمقدرة للمعادلة b.1	١٠-٤
٩٥	مدى التطور الحاصل بالوزن الرطب للأفرع بدلالة متوسط القطر و NDVI عند متوسط ارتفاع (٧,٥ م)	١١-٤
٩٨	توزيع الانحرافات العشوائية بين القيم الحقيقية والمقدرة للمعادلة a.3	١٢-٤
١٠٠	مدى التطور الحاصل بالوزن الرطب للأوراق بدلالة متوسط القطر والارتفاع وعند كثافة (٧٩ / شجرة)	١٣-٤
١٠٢	مدى التطور الحاصل بالوزن الرطب للأوراق بدلالة متوسط القطر و B ₄ وعند متوسط ارتفاع (7.5) م	١٤-٤
١٠٦	توزيع الانحرافات العشوائية بين القيم الحقيقية والمقدرة للمعادلة a.4	١٥-٤
١٠٨	مدى التطور الحاصل في الوزن الرطب الكلي عند مختلف متوسط قطر وارتفاع وعند كثافة (٧٩ / شجرة)	١٦-٤
١١٠	الوزن الرطب الكلي بدلالة B ₄ و TCA.2 وعند TCA.1 (161.5)	١٧-٤
١١٣	مدى التطور الحاصل بالكتلة الحية عند مختلف متوسط القطر و NDVI عند متوسط ارتفاع (7.5) م	١٨-٤

الاشكال

رقم الصفحة	العنوان	رقم الشكل
١١٧	توزيع الانحرافات العشوائية بين القيم المقدرة والحقيقية للمعادلة a.1	١٩-٤
١١٩	العلاقة بين الوزن الجاف للساق ومتوسط القطر والارتفاع لمشاجر الصنوبر البروتي	٢٠-٤
١٢١	الوزن الجاف للساق عند مختلف متوسط القطر والقناة (٤) وعند متوسط ارتفاع (7.5) م	٢١-٤
١٢٤	مقدار الزيادة في الوزن الجاف لأفرع الأشجار لمشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق عند مختلف متوسط قطر وارتفاع وعند كثافة (٧٩/ شجرة)	٢٢-٤
١٢٦	مقدار الزيادة الحاصلة بالوزن الجاف لأفرع الأشجار لمشاجر الصنوبر البروتي عند مختلف متوسط القطر و B_4 وعند متوسط ارتفاع (٧,٥) م	٢٣-٤
١٢٨	توزيع الانحرافات العشوائية بين القيم الحقيقية والمقدرة للمعادلة a.3	٢٤-٤
١٣٠	مدى التطور الحاصل في الوزن الجاف للأوراق عند مختلف متوسط قطر وارتفاع عند كثافة (٧٩/ شجرة)	٢٥-٤
١٣٢	الوزن الجاف للأوراق في العينة بدلالة متوسط القطر والقناة (٤) وعند متوسط ارتفاع (7.5) م	٢٦-٤
١٣٥	توزيع الانحرافات العشوائية بين القيم الحقيقية والمقدرة للوزن الجاف الكلي للمعادلة a.4	٢٧-٤
١٣٧	مدى الزيادة الحاصلة بالوزن الجاف الكلي عند مختلف متوسطات القطر والارتفاع وعند كثافة (٧٩/ شجرة)	٢٨-٤

الاشكال

رقم الصفحة	العنوان	رقم الشكل
١٣٩	مدى الزيادة الحاصلة بالوزن الجاف الكلي للعينه بدلالة القناة (٤) والقناة (٥) وعند قناة ٧ (٤٦)	٢٩-٤
١٤١	مدى التطور الحاصل بالوزن الجاف الكلي عند مختلف متوسطات القطر والقناة (٤) وعند متوسط ارتفاع (٧,٥) م	٣٠-٤
١٤٤	توزيع الانحرافات العشوائية بين القيم الحقيقية والمقدرة لحجم الساق للمعادلة a.3	٣١-٤
١٤٦	مدى الزيادة الحاصلة في حجم الساق الرئيس عند مختلف متوسطات القطر ومختلف الكثافات	٣٢-٤
١٤٨	مدى التطور الحاصل في حجم الساق عند مختلف متوسطات قطر والقناة (٤) وعند كثافة (٧٩ / شجرة)	٣٣-٤
١٥١	مدى الزيادة الحاصلة في حجم الأفرع بدلالة متوسط القطر والكثافة	٣٤-٤
١٥٣	مدى التطور الحاصل في حجم الأفرع للعينه بدلالة متوسط القطر والقناة (٤) وعند كثافة (٧٩)	٣٥-٤
١٥٧	مدى الزيادة الحاصلة في الحجم الكلي بزيادة متوسط القطر والكثافة	٣٦-٤
١٥٩	مدى الزيادة الحاصلة في الحجم الكلي عند مختلف انعكاسيات القنوات ٣ و ٤ وعند انعكاسية للقناة ٥ (٧٧) وللقناة ٧ (٤٦)	٣٧-٤
١٦١	مدى الزيادة الحاصلة في الحجم الكلي للعينه بدلالة متوسط القطر والقناة (٤) وعند كثافة (٧٩ / شجرة)	٣٨-٤

الرموز

الرمز	المعنى
S	رقم الموقع أو العينة
N	الكثافة (شجرة)
A	العمر (سنة)
DG	متوسط القطر التربيعة (سم)
Hm	متوسط الارتفاع (م)
LC	متوسط طول التاج (م)
CW	متوسط قطر التاج (م)
LI	متوسط دليل الضوء
SCL	المساحة التي تشغلها أشجار العينة (م ²)
SC	المساحة السطحية للتاج (م ²)
SL	المساحة السطحية للأوراق (م ²)
LAI	دليل المساحة الورقية
VS	حجم الساق (م ³)
VB	حجم الأفرع (م ³)
VT	الحجم الكلي (م ³)
WGS	الوزن الرطب للساق (كغم)
WDS	الوزن الجاف للساق (كغم)
WGB	الوزن الرطب للأفرع (كغم)
WDB	الوزن الجاف للأفرع (كغم)
WGL	الوزن الرطب للأوراق (كغم)
WDL	الوزن الجاف للأوراق (كغم)
WGT	الوزن الرطب الكلي (كغم)
WDT	الوزن الجاف الكلي (كغم)
B ₁	القناة (١)
B ₂	القناة (٢)
B ₃	القناة (٣)
B ₄	القناة (٤)
B ₅	القناة (٥)
B ₇	القناة (٧)
NIR	الأشعة تحت الحمراء القريبة
SR	النسبة البسيطة
NDVI	دليل الاختلاف الخضري الطبيعي
TCA - 1	تحليل الغطاء القمي (١)
TCA - 2	تحليل الغطاء القمي (٢)
TCA - 3	تحليل الغطاء القمي (٣)
b ₀ , b ₁ , b ₂ , b ₄	ثوابت النموذج الرياضي

الفصل الأول : المقدمة

تعد الغابات من الثروات الطبيعية المتجددة التي تقدم الكثير من المواد الأولية والخدمية والبيئية للمجتمعات ، لذا فالمحافظة على توازنها من حيث الإنتاج والتجديد وأداء واجباتها المختلفة بصورة دائمية يتطلب منا معرفة الظروف الكاملة التي تنمو فيها الأشجار وما تحتاجه من المواد الأولية والبيئية لكي تنمو وتنتج بصورة مثالية ، فالغابات تغطي مساحة واسعة من اليابسة على سطح الأرض تقدر بحدود (٢٦%) من مساحتها (منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة ، ١٩٩٥)

فالغابات تحتوي على الكثير من الأشجار الغابية التي تتميز بصفات متباينة في النوعية والكمية لتكوين مختلف الأغطية النباتية ، ولما كانت الأشجار التي تعود إلى صنف عاريات البذور Gymnosperm الأكثر أهمية في عمليات الإنتاج وتقديم الخدمات المختلفة ، لذا يجب علينا معرفة مقدار الإنتاج الكمي الحي لهذا الصنف الذي يتضمن أربع رتب أهمها وأكبرها رتبة المخروطيات Coniferales التي يتركز وجودها في النصف الشمالي من الكرة الأرضية إذ تنمو هذه الرتبة في الترب الفقيرة فضلاً عن قابليتها على التكيف للظروف الطبيعية القاسية ، ولهذه الأسباب نجد أن هناك اهتماماً واسعاً بهذه ولاسيما في الدراسات البايومترية المختلفة .

ومن أكبر العوائل لهذه الرتبة هي عائلة الصنوبريات Pinacea التي تضم (٩) أجناس، ويعد جنس الصنوبر Pinus L. الأكثر أهمية وانتشاراً ويضم أكثر من (٩٠) نوعاً تتواجد في مختلف المناطق الباردة والمعتدلة ومن أنواع هذا الجنس هو الصنوبر البروتي *Pinus brutia* . Ten0 ينتشر هذا النوع في منطقة البحر المتوسط الذي يكون غابات نقية ولاسيما في تركيا وقبرص واليونان والعراق (الداوودي ، ١٩٧٩) ، أما في العراق فينتشر ما بين زاويتا واتروش التي تعد امتداداً طبيعياً لخط انتشار هذا النوع في شبه جزيرة الأناضول في تركيا وساحل المتوسط في سوريا.

إن للصنوبر البروتي أهمية اقتصادية في عدة مجالات إذ يستخدم في مجال الصناعات الخشبية المختلفة والتشجير في الأراضي الفقيرة والقاحلة في شمال العراق، وكذلك في التقليل من حركة الرمال في مناطق الكثبان الرملية ومصدات الرياح وتشجير جوانب الطرق ، فتشكل غابات الصنوبر البروتي ثروة خشبية كبيرة من الناحية الكمية والنوعية لما تقدمه من مواد أولية لكثير من الصناعات تمكننا من الحصول من خشبه على الألواح المنشورة والأعمدة القصيرة واكساء الأرضيات للمنازل والجدران (الملاح ، ١٩٩٨) ، فضلاً عن استخدامه مادة أولية لصناعة الورق (Fengel و Wegener ، ١٩٨٩) ونتيجة للتطور الحضاري السريع وزيادة سكان العالم مما أدى إلى زيادة كبيرة في الطلب على هذه المنتجات أو الخدمات بشكل واسع تطلب منا الاهتمام بأجزاء الشجرة كافة وعلى النحو الأمثل .

إن تقدير الكتلة الحية Biomass تحت سطح الأرض وفوقه يعد اليوم من الضروريات الأساسية للإداري في تقييم المنتج والعمليات التربوية التي يجريها في الغابة ، لذا نرى أن كثيراً من الدراسات التي تحدد الإنتاج والنمو فضلاً عن الدراسات البيئية تهتم بمقدار الإنتاج الكمي من الكتلة الحية للأشجار فهي تستخدم كدليل أولي للإنتاج أو لتحديد دورات العمر البيولوجية.

فالكتلة الحية Biomass للغابات هي الأجزاء الحية من الأشجار فوق سطح الأرض وتحتها في وحدة المساحة ، فضلاً عن ذلك فإنها تستخدم على نطاق واسع في تقدير نماذج الكربون أو ثاني أكسيد الكربون الممتص من الغلاف الجوي ، فهناك مدى واسع للاستخدامات للكتلة الحية للأشجار ، فمن خلالها نستطيع تقدير صفات الغابة ومدى التغير فيها من فترة إلى أخرى وكذلك تقدير النمو والإنتاج فيها ، فضلاً عن إعداد نماذج البيئة المختلفة ومنها يمكننا تحديد التغيرات في الكتلة الحية نتيجة تطبيق مختلف الفعاليات واستخدامات الأراضي الغابئية .

ولما كانت الكتلة الحية في الغابات تغطي مساحات واسعة ، لذا فإن تقديرها يتم عادة بطرائق مختلفة اعتماداً على الإمكانيات المتاحة للقائمين في العمل ويمكن تحديد أهم مصادر البيانات لتقدير الكتلة الحية التي تتمثل بكل من عينات الجرد الأرضي ، البيان الفضائي ، وبيانات إضافية يمكن الحصول عليها من استخدام قاعدة المعلومات الجغرافية GIS . إن استخدام مصدر واحد للبيانات أو الجمع بين أكثر من مصدر يمكننا من تقدير الكتلة الحية لأي غطاء نباتي ، فنظام الجرد المستخدم في جمع البيانات هو الذي يحدد نوع مصدر البيانات للمستخدم .

ففي الماضي والحاضر ، يعد نظام الجرد الأرضي المصدر الرئيس للبيانات الحقيقية الدقيقة للكتلة الحية ، معتمدين على قياسات حقلية لعينات مختلفة للغابة ، إذ تتضمن هذه الطريقة قياس بعض المتغيرات للشجرة والمشجر لعينات الدراسة كأن يكون المساحة القاعدية ، القطر عند مستوى الصدر ، قطر التاج ، فمن هذه البيانات يقاس الوزن الكلي ، في حين بيانات أخرى يمكن إعدادها عن طريق استخدام نماذج رياضية كتقدير الحجم والوزن لمختلف عناصر الشجرة وهذا يتضمن اخذ عينات من الأشجار بعد قطعها .

مما تقدم نرى أن هناك متغيرات يمكن قياسها مباشرة من عينات الدراسة حقلياً في حين متغيرات أخرى لا يمكن تقديرها مثل الكتلة الحية بصورة مباشرة من الحقل بسبب احتياجها إلى نماذج للقطع من الأشجار التي تكون ذات صعوبة في الحصول عليها ، ولهذا فإنها يتم اشتقاقها من متغيرات أخرى مستخدمين طريقة المعادلات المترية . فعلى كل حال فإن الأساس العلمي للجرد الأرضي يكون محدوداً ، لذلك يمكن استخدام أكثر من طريقة كالبيان الفضائي في تقدير الكتلة الحية (Salvador و Pons ، ١٩٩٨) كذلك يجب الإشارة إلى أن الكتلة الحية المقاسة عن طريق جرد الغابات يستخرج للأنواع ذات الأهمية الاقتصادية المكلفة وكذلك للساق الرئيس في معظم الأحيان،

في حين الأنواع غير التجارية عناصر الشجرة الأخرى مثل الأفرع الصغيرة والأوراق ٠٠٠ الخ ، لا يتم قياسها (Brown وآخرون ، ١٩٩٩) ومما تقدم نرى أن للبيان الفضائي مميزات جعلته يستخدم على نطاق واسع في تقدير الكتلة الحية فوق سطح الأرض وتحت (Bortolot و Wynne ، ٢٠٠٥) وهي تتضمن إمكانية الحصول على قياسات لأي موقع من مواقع الغابة وحسب ما نرغب بتحديدته وبذلك فإن إعداد وجمع البيانات تكون سهلة وسريعة ، ويمكننا جمع البيانات عن بعض المواقع التي لا يمكن الوصول إليها أو هناك صعوبة في جمعها حقلياً فضلاً عن أن كلفة البيان الفضائي تكون قليلة جداً مقارنة مع المصادر الأخرى للجمع.

إن وجود المتحسسات أمثال المتحسس MSS (Multispectral Scanner) ، TM (Thematic mapper) و ETM+ (Enhanced thematic mapper plus) قد فتحت المجال واسعاً لاستخدام البيان الفضائي وذلك من خلال عمليات التحسين الرقمي التي نستطيع من خلالها أو نتمكن من قياس بيانات عن مستوى المشجر ومتغيراته .

إن زيادة قوة التمييز في البيان الفضائي ووصوله إلى (١) م أو اقل أعطى البيان الفضائي أهمية خاصة ، إذ أمكننا من قراءة الكثير من المعلومات التفصيلية عن المشاجر أو الغطاء النباتي بصورة عامة ، ومن خلاله يمكننا تقدير عرض التاج في المشاجر وارتفاع الأشجار (Culvenor ، ٢٠٠٣) ، وللحصول على معلومات إضافية جيدة عادة يستخدم قاعدة المعلومات GIS بوصفها بيانات مساعدة للحصول على بعض القياسات المهمة التي تؤثر في نمو وإنتاجية الكتلة الحية ومن هذه البيانات عوامل المناخ المختلفة ، طبوغرافية المنطقة ، فمنها نستطيع إعداد خرائط مختلفة للموقع، لذلك فإن برامج GIS يستخدم بشكل متكامل مع بيانات الجرد الأرضي والفضائي .

إن متوسط مساحة المشجر في الغابات تتباين حسب نوع الغابة وطبيعة تقسيماتها الإدارية فهي تتراوح من (١-١٥) هكتار ، ولما كانت الكتلة الحية للغابة تشمل مساحات واسعة وطبوغرافيات مختلفة ، فإن استخدام الجرد الأرضي التقليدي في تقدير الكتلة الحية يكون ذا كلفة عالية فضلاً عن احتياجه إلى الوقت لإنجازه لهذا السبب فإن الجمع بين الجرد الأرضي والبيان الفضائي والمعلومات الإضافية التي يتم الحصول عليها من قاعدة المعلومات GIS بشكل متكامل معتمدين لهذا الغرض المعاينة المتعددة الأطوار Multi- phase sampling التي يكون فيها البيان الفضائي هو الطور الأول والأكثر شمولاً بينما الطور الثاني يمثل بالجرد الأرضي وهو عينات ثانوية من الطبقة الأولى من الطور الأول للبيان الفضائي ، ولما كان البيان الفضائي يعتمد على الصفات الإشعاعية نتيجة سقوط الضوء على الغطاء النباتي وانعكاسه حول المساحة الورقية للغطاء النباتي من ذلك جاء أهمية تقدير دليل المساحة الورقية Leaf Area Index (LAI) للأشجار لوحدة المساحة الورقية للغطاء النباتي .

لذا يعد □ دليل المساحة الورقية ذات أهمية بالغة بسبب الدور المهم الذي تلعبه الأوراق الخضراء في السيطرة على الكثير من العمليات البيولوجية والفيزيائية وتعود إليها الكثير من التغيرات بالمادة العضوية الحية وكذلك الطاقة المنبعثة (Cannell ، ١٩٨٩) ، فدليل المساحة الورقية هي المساحة التي تغطيها أوراق الأشجار إلى المساحة الكلية لوحدة المساحة وهو يمثل ثابت تركيب مهم ومقياس للطاقة ، فضلاً عن كونه دليلاً للبناء الضوئي والتنفس والتبخر والمحتوى الكربوني (Chen و Cihlar ، ١٩٩٧) وتفسير ذلك إن LAI له ارتباطاً عالياً بالجزء الممتص في عملية البناء الضوئي وتفاعلات الإشعاعات ، كذلك فإن LAI يكون مسؤولاً عن سرعة التغيرات الحاصلة في الشجرة نتيجة لتأثره بالعوامل المؤثرة المختلفة الخارجية التي تؤثر في نمو المشاجر ولاسيما العوامل البيئية ، مما تقدم نرى أن LAI أحد الكواشف للصفات والظروف البيئية المختلفة للغابة فمن خلاله نستطيع تقدير التغيرات البيئية في الغابة (Myneni وآخرون ، ١٩٩٧).

إن المعطيات الفضائية تزودنا بمعلومات عن مختلف الفترات الزمنية التي مرت بها الشجرة والمشجر فمنها نستطيع تقدير الكتلة الحية للغطاء أثناء الفترات الزمنية للغابة منذ نشؤها ولغاية الفترة التي وصلت إليها، وذلك من خلال وجود بيان فضائي لفترات زمنية متتالية لكون البيان الفضائي البصري صفة فيزيائية موجودة في الكتلة الحية والتي هي في حالة تغير مستمر وتفاعل مع الظروف البيئية المختلفة وتعتمد على العلاقة بين LAI وانعكاس الضوء الناتج من الأشجار لموقع ما ، وان معظم الانعكاسات في الغابة تأتي من تيجان الأشجار والقليل منها يأتي من الطيف الذي يعود للغطاء النباتي السفلي أو سطح الأرض (Pinty و Verstraete ، ١٩٩٦) .

ولتقدير الغطاء النباتي قد تستخدم قيم الانعكاسية الطيفية لقناة واحدة أو أكثر من قنوات أي متحسس أو تستخدم دلائل نباتية مختلفة ناتجة عن قسمة أو طرح أو إضافة أكثر من قناة مثل SR أو NDVI، وهناك طرائق مختلفة لقياس LAI إذ إن هذه الطرائق تختلف باختلاف الوسيلة المتبعة في التقدير ، فتعد □ الطريقة المباشرة في حساب LAI وتمثل مساحة التغطية الورقية للأشجار إلى المساحة الكلية التي تشغلها هذه الأشجار وتعد □ من أدق الطرائق في التقدير، ولكن عندما يكون التقدير لمساحات واسعة مختلفة الطبوغرافيات فإننا نواجه الكثير من المعوقات أثناء عملية التقدير لذا نستعمل طريقة التحسس النائي بأعداد معادلات رياضية يكون فيها LAI متغيراً معتمداً مقاساً من خلال الجرد الأرضي والبيان الفضائي الذي يعتمد على قيم DN ، SR ، NDVI... الخ متغيرات مستقلة وقد يضاف بيان المناخ لتحسين أداء النموذج الرياضي لتقدير LAI وذلك لوجود علاقة بين المساحة الورقية للأشجار وعوامل المناخ (Bonan ، ١٩٩٣) .

إن تحديد الوزن الرطب والجاف للشجرة أو المشجر ولمساحات واسعة لدراسة التغيرات البيئية أو لتقدير الإنتاج للغابة ، يمكننا تحديده من خلال البيان الفضائي الذي يعتمد بشكل أساسي

على بعض الصفات الانعكاسية التي يظهرها الغطاء النباتي، وإن الخلط بين البيان الفضائي والجرد الأرضي والمعلومات المناخية للموقع منها نستطيع كذلك تقدير الكتلة الحية للمشاجر وللغابات سواء كانت على نطاق محلي أو إقليمي أو عالمي. وإن تقدير الكتلة الحية للشجرة أو المشجر خلال الجرد الأرضي باشتقاق نموذج رياضي يمكننا تحديده من خلال طريقتين :

الأولى : تعتمد على قياس وتحديد الكتلة الحية بالاعتماد على الحجم لوحدة المساحة أو للشجرة ثم تحويله بعد ذلك إلى كتلة حية رطبة أو جافة من خلال استعمال عوامل تحويل تعتمد بشكل رئيس على نوع الأشجار .

الثانية : تعتمد على التمثيل المباشر للكتلة الحية من خلال معادلات الانحدار المختلفة ، وإن هذه المعادلات ما هي إلا دوال رياضية بين الكتلة الحية أو الجافة لعناصر الشجرة أو المشجر بوصفها متغيرات معتمدة مع متغيرات سهلة القياس يمكن الحصول عليها من خلال البيان الفضائي .

مما تقدم نرى أن تقدير LAI والوزن الرطب والجاف لمختلف عناصر الشجرة يعد ذا أهمية بالغة للإداري في تقييم مختلف العمليات الإدارية التي تجرى في الغابة ، فضلاً عن تقدير الإنتاج والنمو لمختلف عناصر الشجرة أو المشجر (Nixon و آخرون ٢٠٠٠) ، لذا تهدف هذه الدراسة لمشاجر الصنوبر البروتي النامية في مناطق عقرة، اتروش وزاويتا للوصول إلى :

١- تقدير دليل المساحة الورقية (LAI) عن طريق :

- أ - معطيات التحسس النائي
- ب - بيانات الجرد الأرضي

٢ - تقدير إنتاجية مشاجر الصنوبر البروتي من حيث :

- أ - إنتاجية المادة الخشبية للساق الرئيس لوحدة المساحة
- ب - إنتاجية المادة الخشبية للأفرع لوحدة المساحة
- ج - إنتاجية المادة الخشبية للأوراق لوحدة المساحة
- د - تقدير الكتلة الحية لوحدة المساحة

٣- تقدير الحجم لوحدة المساحة عن طريق :

- أ - معطيات التحسس النائي
- ب - بيانات الجرد الأرضي

الفصل الثاني : استعراض المراجع

الغابة تزودنا بخدمة إزالة ثاني أكسيد الكربون من الجو عبر عملية التركيب الضوئي التي تحدث في الأشجار، وعندما يثبت الكربون من الجو يحول إلى مادة عضوية يمكن الاستفادة منها لمختلف الأغراض الإنسانية وبذلك يعود الكربون مرة ثانية إلى الجو عن طريق تنفس النبات أو حرق المادة العضوية (الكتلة الحية النباتية).

هناك اهتمام عالمي في العمليات البيولوجية التي تحدث في الغابات بشكل عام وفي الشجرة خاصة بهدف السيطرة على غاز ثاني أكسيد الكربون المنبعث من مختلف الفعاليات الإنسانية الذي بدوره يشكل أحد عناصر التغير المناخي في البيئة وتغيراتها، وما الانحباس الحراري إلا نتيجة تأثير الغازات المنبعثة الذي يشكل الكربون أحد أهم عناصره.

إن عملية تحديد LAI والحجم والكتلة الحية وتقدير قيمتهما تعد ضرورياً في إدارة الغابات للسيطرة على الخزين الكربوني في أقصى مدى ممكن ووفق أفضل مدة زمنية منتجة لذا يتطلب منا إجراء الجرد الدوري لهذه الكميات بصورة دقيقة، وإن الجرد الفضائي يعد أحد الوسائل الضرورية للوصول إلى هذا الغرض وهناك العديد من الدراسات في هذا المجال:

١-٢- دليل المساحة الورقية (LAI) Leaf Area Index

إن دليل المساحة الورقية هو متغير بايوفيزيائي ذو تأثير مهم في عدة عمليات مثل التركيب الضوئي، النتج، توازن الطاقة، وهو يحتاج إلى بيانات لغرض عمل نماذج بيئية مختلفة للمساحة المسقطة للأوراق في وحدة المساحة، توجد عدة تقنيات لتقدير LAI إذ يقدم التحسس النائي إمكانية تقديرات دقيقة نسبياً لـ LAI بكلفة معقولة لمعظم المشاريع الإقليمية، ومن الباحثين في هذا المجال:

ما قام به ROY وآخرون (١٩٩٦) بدراسة حول استخدام بيانات التحسس النائي لتقدير LAI في غابات المناطق الجافة في الهند إذ تشكل هذه الغابات نسبة مقدارها (٥٣%) من إجمالي مساحة الغابات في الهند وشملت منطقة الدراسة الغابات المتواجدة في مناطق Shivpuri وسط الهند، وهذه الغابات تتضمن عدة أنواع من أشجار الغابة، وهي:

Anogeissut pendula, Boswelia serrata, Acacia cutchu, Butea monoserma

اختيرت (١٨) عينة وأخذت القراءات لهذه العينات عن طريق راسم البيانات الموضوعي (ETM+) للقمر الصناعي لاندسات ٧ (Landsat 7) في كانون الثاني ١٩٩٠ مع خرائط مسح الغابات الطبوغرافية وتم حساب LAI وكذلك الاشعاعات الفعالة للبناء الضوئي Interecepted Photosynthetically Active Radiaiton (IPAR) لتقديم معلومات عن الغطاء النباتي إذ استخدم LAI و IPAR للإشارة إلى ظروف الإقفال للمظلة التاجية في الغابات إذ تم حساب IPAR من العلاقة الآتية:

$$IPAR = I_0 - T_c$$

$$R^2 = 0.79$$

أما LAI فتم حسابه من النموذج الآتي:

$$LAI = \ln(Q_1 / Q_0) / K$$

$$R^2 = 0.77$$

إذ إن :

- I_0 = الإشعاع المنعكس من أعلى التاج
- T_c = الإشعاع المنبعث من قاعدة التاج
- Q_1 = معدل الإشعاع الحادث في أعلى التاج
- Q_0 = الطاقة المنبعثة أسفل التاج
- K = معامل الضوء

وقام Knyazikhin وآخرون (١٩٩٨) بدراسة لتقدير LAI للغطاء النباتي والإشعاعات الفعالة للبناء الضوئي عن طريق بيانات MODIS (بيانات الراديو متر الطيفي ذات التصميم المتوسط) و MISR (بيانات الراديو متر الطيفي المتعدد الزوايا)، إذ ذكر أن LAI مؤشر جيد يصف تبادل تدفقات الطاقة بين المياه وثنائي أوكسيد الكربون و سطح الأرض وان وجود CO_2 في الغلاف الجوي نتيجة للنشاطات والفعاليات الصناعية والبيئية والذي أصبح سبباً للتغيرات المناخية لذا فإن جزء من الإشعاع الفعال للبناء الضوئي قد امتص من قبل الغطاء النباتي ويعدّ المفتاح لتفسير التغير في معظم الأنظمة الرئيسية والنماذج العالمية للمناخ، وتم حساب LAI من النماذج الآتية:

$$LAI = \frac{1}{(x_s \cdot y_s)}$$

$$LAI = \sum_{i=1}^n PK \frac{1}{SK} = \sum_{i=1}^n PK \cdot LAI_k$$

$$LAI = g - LAI_0$$

$$g = \sum_{i=1}^n PK$$

$$LAI_0 = \frac{1}{g} \sum_{i=1}^n PK \cdot LAI_k$$

إذ إن:

$$x_s \cdot y_s = \text{هي إبعاد التاج (م)}$$

$$\bullet \text{ SK} = \text{المساحة التي تشغلها الشجرة (م}^2\text{)}$$

$$\bullet \text{ SK} / x_s \cdot y_s = \text{PK}$$

$$\bullet \text{ LAI}_K = \text{دليل المساحة الورقية للأشجار المفردة}$$

$$\bullet \text{ LAI}_0 = \text{متوسط دليل المساحة الورقية للغابة}$$

أما Jian وآخرون (٢٠٠١) فقد قاموا بدراسة لتقدير LAI في الغابات الصينية مستخدمين ٦٩٠ شجرة وكانت هذه العينات موزعة على ٢٩ مقاطعة في هذه الغابات، مساحة عينات الدراسة تراوحت بين (١٠٠-٤٠٠) م^٢ للغابات الشمالية و(٤٠٠-١٠٠٠) م^٢ للغابات شبه الاستوائية في حين ان معظم الأشجار المنتشرة في هذه الغابات هي من الأنواع الآتية:

Pinus sylvestril, Picea wilsonis, Larix gmelini, Abies georgei

وجرى حساب LAI باستخدام نماذج من الأوراق أخذت ابعاد هذه الأوراق (الطول، العرض) و استخدمت النماذج الآتية وحسب نوع الأشجار:

$$S = (a + b) \times L \quad (\text{Picea, Pinus})$$

$$S = (a + b) \times L/2 \quad (\text{Abies, Larix})$$

إذ إن :

$$\bullet \text{ S} = \text{مساحة الورقة (سم}^2\text{)}$$

$$\bullet \text{ a, b} = \text{عرض الورقة في الأعلى والأسفل على التوالي (سم)}$$

$$\bullet \text{ L} = \text{طول الورقة (سم)}$$

جمعت البيانات من عدد من الأشجار في كل عينة على ضوء النوع والكثافة من كل شجرة ، ثم اخذ ثلاث أفرع من التاج (أعلى، وسط، أسفل) و ثم فصل الأوراق ووزنها، بعد ذلك استخدم النموذج الآتي لحساب LAI:

$$\text{LAI} = (S / \text{WL}) \times \text{TLB}$$

إذ إن :

$$\bullet \text{ LAI} = \text{دليل المساحة الورقية}$$

$$\bullet \text{ S} = \text{مساحة الأوراق (م}^2\text{)}$$

$$\bullet \text{ WL} = \text{وزن الأوراق (كغم)}$$

$$\bullet \text{ TLB} = \text{الكتلة الحية الكلية للأوراق (كغم/م}^2\text{)}$$

كذلك قام Gregore وآخرون (٢٠٠٢) بدراسة لتقدير LAI للنظم البيئية للغابات والصحاري والتندرا (Tundra) والأراضي الرطبة إذ قاموا بتقدير LAI العالمي عن طريق ٤٠٠ عينة مأخوذة للفترة من ١٩٣٢ - ٢٠٠٠ من مواقع ميدانية، وشملت الدراسة الأراضي الزراعية والغابات والمزارع والصحاري وأراضي الشجيرات والتندرا والأراضي الرطبة، وإن ما يقارب ٤٠% من البيانات جمعت بين عامي ١٩٨١ و ١٩٩٠، إذ تراوحت قيم LAI بين (٠,٣-٠,٩) للصحاري و(٤,٣-٨,٧) للمشاجر والغابات دائمة الخضرة المعتدلة (الابرية والعريضة الأوراق) وأعلى قيمة LAI كان (٦,٧-٥,١) للغابات الطبيعية.

إن بيانات LAI جمعت من جميع أنحاء العالم وما يقارب ٥٥% أخذت من الولايات المتحدة الأمريكية واليابان ومعظمها من الأشجار العريضة الأوراق الدائمة الخضرة إذ عدد العينات كانت للأراضي العشبية والمراعي والأراضي الرطبة ٦ والصحاري ٦ وبحودود ٠,١١ من النباتات هي للسنوبريات، الانحراف المعياري تراوح بين ١,٣ للصحاري إلى ٨,٧ للمزارع، وذكر الباحثون بأنه يمكن تقدير LAI بواسطة التحسس النائي لمناطق صغيرة ١٠م^٢ أو لمناطق واسعة ١٠٠م^٢ وتم تقدير LAI بالطرائق المباشرة باستخدام النموذج الآتي:

$$LAI = \frac{S}{G}$$

إذ إن :

$$S = \text{المساحة الورقية (م}^2\text{)}$$

$$G = \text{مساحة الأرض (م}^2\text{)}$$

وبالطريقة غير المباشرة باستخدام جهاز LAI 2000 إذ تم تقدير LAI بالطرائق المباشرة لابرية الأوراق، أما عريضة الأوراق فإن الطرائق غير المباشرة هي الأفضل .

وفي دراسة قام بها كل من John و Alistair (٢٠٠٢) حول LAI والكتلة الورقية لأشجار البلوط Blue Oaks في كاليفورنيا إذ تم اختيار (١٤) شجرة من أشجار البلوط *Quercus douglasii* في سفوح سلسلة جبال نيفادا Nevada غرب كاليفورنيا مستخدمين جهاز GPS لتحديد مواقع الأشجار إذ كان الارتفاع ٩٧٥م فوق سطح البحر، أخذت قياسات الارتفاع لجميع الأشجار وكذلك قطر التاج، طول التاج، القطر عند مستوى الصدر، ومن ثم قطعت هذه الأشجار وأخذت مقاطع من الساق والأفرع بقطر (٢-١٠) سم، أما مقاطع الساق الأكبر من ١٠سم تم وزنها في الحقل وحُسب عدد الحلقات السنوية، أما الأوراق فقد تم وزنها وهي رطبة ومن ثم وزنها وهي جافة إذ تم تجفيف الأوراق لمدة أسبوعين وبدرجة حرارة ٦٠ م°، وحُسبت المساحة الورقية النوعية SLA (م^٢/غم) عن طريق وزنها، وكذلك تم وزن الأفرع والمقاطع للساق لمعرفة الوزن الجاف

والرطب لها، أما أعمار هذه الأشجار فكانت من (٧٠-٨٠) عاما إذ تم حسابها من خلال حساب عدد الحلقات السنوية، أما كثافة كتلة الأوراق (LMD) فتم حسابها عن طريق النموذج الآتي:

$$LMD = \text{Total Leaf mass} / \text{Sum of Area of Crown}$$

إذ كانت قيمته ٣,٠ غم / م^٢، ومساحة الأوراق LA تم حسابها في النموذج الآتي:

$$LA = LM \times SLA$$

إذ إن LM هو وزن الأوراق (غم)، SLA قيمتها ٦,٠٣ × ١٠^{-٣} (م^٢ / غم) وتراوح LA لهذه الأشجار بين (١١-١٧٧) م^٢، أما LAI فتم حسابه من النموذج:

$$LAI = \sum_{i=1}^n LA / \text{Sum of Areas of Crown Projection}$$

أي مساحة الأوراق الكلية مقسومة على مجموع مساقط التاج (مساحة دائرية)، وكانت قيمة LAI تتراوح بين (٥-٤-٨)، أما المعادلة المستخدمة لربط وزن الأوراق مع القطر عند مستوى الصدر فهي:

$$LM = 108.5 + 1.78D^2 - 12.4D$$

$$R^2 = 0.98$$

معادلة وزن الأوراق مع متوسط نصف قطر التاج هي:

$$Y = 1270 + 2562.31(X)^2 - 1485.8D(X)^2$$

$$R^2 = 0.96$$

إذ إن :

• LM = وزن الأوراق (غم)

• Y = وزن الأوراق (غم)

• X = متوسط نصف قطر التاج (م)

• D = القطر عند مستوى الصدر (سم)

قام Luo وآخرون (٢٠٠٢) بدراسة حول تنظيم نموذج لدليل المساحة الورقية ودراسة تطبيقاته في الغابات الصينية، إذ تم إعداد نماذج لـ LAI وفقاً للمبادئ البيولوجية لنمو الأوراق، البيانات الحقلية جمعت من ٧٩٤ قطعة من مشاجر وغابات بأعمار ناضجة أو قريبة من النضج في الصين وأخذت قياسات لأعلى قيمة لـ LAI من ١٦ موقع لغابات طبيعية لنتيبت أعلى LAI، وتم استخدام بيانات التحسس النائي عن طريق القمر الصناعي لاندسات ٧ ولمساحة (١) كم ولـ ٩ مواقع للغابات تم بالاعتماد على NDVI وباستخدام المتحسس ETM+ وكانت أعلى قيمة LAI هي ٦

وعند إيجاد العلاقة بين NDVI و LAI عن طريق بيانات الأقمار الصناعية كانت قيمة LAI ٦,١٥ إذ وجد أن قيمة LAI الموسمي تكون ثابتة مع تغيرات NDVI ما عدا الغابات الموسمية والغابات المطرية في جنوب الصين عندما تم الاكتشاف بوساطة الأقمار الصناعية التغيرات الموسمية في المساحة الورقية أقل ما يمكن بالمقارنة مع الغابات العالمية، بصورة عامة فإن LAI للغابات الصينية عموماً أكبر من ٦، لاسيما في الغابات الاستوائية المطرية والغابات دائمة الخضرة عريضة الأوراق والغابات المختلطة المعتدلة وغابات الصنوبر *Pinus silvestris* أما النماذج التي تم التوصل إليها باستخدام طرائق الانحدار المختلفة هي:

$$LAI = 1.70828 + 0.0000229906WI - P$$

$$R^2 = 0.7468$$

$$LAI = \exp(2.5062 - 0.0897T)$$

$$R^2 = 0.4996$$

$$LAI = 0.615 \ln(MI) - 0.0448(MI)$$

$$R^2 = 0.9035$$

$$LAI = 1.2815 + 0.00344572T - P$$

$$R^2 = 0.5601$$

إذ إن :

$$T = \text{معدل درجات الحرارة (م}^\circ\text{)}$$

$$P = \text{السواقط السنوية(ملم)}$$

$$WI = \text{دليل الحرارة (مجموع الأشهر التي تكون فيها درجات الحرارة أكثر من ٥ م}^\circ\text{)}$$

$$MI = \text{دليل الرطوبة} = P(WI + 20) \text{ عندما تكون MI أقل من ١٠٠ و } (WI + 140)$$

$$2P \text{ عندما يكون MI أكثر من ١٠٠}$$

أما علاقة NDVI مع LAI توصل إلى النموذج الآتي:

$$LAI = -1.7374 + 1.0148NDVI$$

$$R^2 = 0.2524$$

وفي دراسة قام بها Daniel (٢٠٠٣) لتقدير LAI في جبال الألب بهدف رسم خرائط لـ

LAI ، وأجريت الدراسة في منطقة Glacir التي تقع على الحدود الدولية الأمريكية الكندية وأنواع

الأشجار الموجودة في منطقة الدراسة هي *Populus tremuloides, Pinus contrata var,*

Abies lasio, Picea engelmanni

وأخذت البيانات الحقلية من (٣٨) عينة أثناء الصيف (١٩٩٨-١٩٩٩) وبأبعاد (٨٠ × ٥٠) م واستخدمت البوصلة وجهاز GPS لحساب LAI باستخدام جهاز LAI 2000، أما البيان الفضائي المستخدم فكان باستخدام راسم البيانات الموضوعي (Thematic Mapper (TM) للقمر الصناعي لاندسات ٧ عن طريق تفسير البيان الفضائي، وحسب الدليل الخضري Vegetation Index (VI) ومن خلاله تم تقدير NDVI،SR والنتائج الخاصة التي توصل إليها أن استخدام NDVI في تقدير LAI افضل من استخدام SR، أما النماذج التي تم التوصل إليها فهي:

$$LAI = 0.2273e^{4.9721(NDVI)}$$

$$R^2 = 0.90$$

$$LAI = 0.0069 + 1.2565(SR)$$

$$R^2 = 0.74$$

قام Midori وآخرون (٢٠٠٣) بدراسة LAI على السفح الشمالي لجبل Naeba جنوبي ولاية Niigata على ارتفاع ١٥٥٠-٥٥٠ م فوق مستوى سطح البحر في اليابان وعلى غابات الزان، إذ تم تحديد ١٤ موقعا مقسماً إلى ثلاث طبقات من مشجر الزان القديم، مشجر الزان الحديث، الأنواع المختلطة ... وتم تقدير LAI بطريقتين هما:

١- طريقة مباشرة لتقدير LAI وتشمل:

أ- جمع طبقة (Litter) إذ تم استخدام (١٠-٥) مصائد أوراق متساقطة بشكل عشوائي في ٨ مواقع، وجمعت في فصل الخريف، مساحة المصائد ٠,٢٥ م^٢ وبارتفاع ١ م فوق سطح الأرض ثم تجفيف الأوراق بالهواء ووزنها، وتم حساب LAI باستخدام النموذج الآتي:

$$SLA = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

إذ أن SLA هي المساحة المحددة للورقة، A_i هي مساحة وجه واحد للورقة i ، w_i هو الوزن

الجاف وتم حساب LAI بضرب SLA بالوزن الجاف.

ب- عن طريق المعادلات الرياضية:

إذ تم حساب LAI عن طريق علاقة مساحة الورقة بـ D^2H أو $D\pi$:

$$\text{Log } F = K + h \text{ 109 } (D^2H)$$

$$F = 0.0006(D\pi)^2 + 0.456(D\pi)$$

إذ إن :

$$F = \text{المساحة الكلية لأوراق الأشجار (م}^2\text{)}$$

$$D = \text{القطر عند مستوى الصدر (سم)}$$

$$H = \text{ارتفاع الشجرة (م)} \cdot$$

$$K, h = \text{معاملات الارتباط المتلائمة مع المعادلة} \cdot$$

وتم حساب LAI بقسمة المجموع الكلي لمساحة الأوراق في جميع الأشجار على المساحة التي تشغلها تلك الأشجار، استخدمت المعادلة الأولى لحساب LAI لأشجار الزان القديمة والمختلطة بينما المعادلة الثانية لأشجار الزان الحديثة وكان معامل التحديد (0,95) .

٢- أما الطريقة غير المباشرة لتقدير LAI : فهذه الطريقة تعتمد على استخدام عدة أجهزة منها LAI 2000 و SunScan و Fish – Eye وتقيس هذه الأجهزة الاشعاع الساقط والاشعاع النافذ عن طريق التاج. إذ تم قياس أو تقدير (PAI دليل مساحة النبات) أثناء فصل النمو (اب، ايلول) ، ومن ثم قياس WAI (دليل مساحة الخشب) بعد سقوط الأوراق، من ثم حساب LAI من النموذج الآتي :

$$LAI = PAI - WAI$$

وكان معامل التحديد باستخدام 2000 LAI يساوي (0,7) وباستخدام Sunscam (0.59) وباستخدام Fish – eye (0,09) ، وخلصت الدراسة إلى أن تقدير LAI باستخدام جهاز 2000 LAI هو الأدق.

قام Eric وآخرون (٢٠٠٤) بدراسة لتقدير LAI لأشجار القوغ Populus باستخدام الصور الفوتوغرافية بجهاز Fish – eye الثلاثية الأبعاد إذ ذكر بأن قياس LAI مباشرة هي عملية صعبة بسبب العدد الكبير من الأوراق فضلاً عن حجم الشجرة الكبير إذ تم قياس LAI لنوعين من القوغ *Populus deltoides* و *Populus tremuloides* في خمسة مواعيد ابتداءً من أيار إلى أيلول في السنة الثانية من النمو إذ كان LAI (0.5) لـ *P. deltoides* و (0.8) لـ *P. tremuloides*

قام Stenberg وآخرون (٢٠٠٤) بدراسة لتقدير LAI باستخدام SR و NDVI لمشاجر الصنوبر pine والتنوب spruce في فنلندا ، وجرت الدراسة في موقعين الأول في منطقة Puumala والثاني في منطقة suonenjoki ومن أهم أنواع الأشجار الموجودة في مناطق الدراسة هي *Pinus sylvestris* و *Pices abies* ، وعدد من الأشجار والشجيرات الأخرى مثل *Vaccinium myrtillus* إذ تم اختيار ٦٨٣ قطعة ، إذ اشتملت القياسات الحقلية على تحديد الأنواع، الكثافة ، المساحة القاعدية ، الارتفاع ، القطر عند مستوى الصدر، وطول التاج واجريت القياسات في تموز ٢٠٠٠ وتموز ٢٠٠١.

أما البيانات الفضائية فقد تم استخدام (٢) من البيانات الفضائية (ETM+) للقمر الصناعي لاندسات ٧ وكانت أبعاد الوحدة الصورية pixel (٣٠ × ٣٠م) واستخدمت القنوات ٣، ٤، ٥. فضلاً

عن استخدام نظام GPS لتحديد المواقع وكذلك استخدم جهاز LAI 2000 لحساب LAI ، واعتمد على مؤشرات الغطاء النباتي الطيفي (SVI_s) في تقدير LAI إذ تم حساب كل من SR و NDVI و RSR كما يأتي :

$$SR = \frac{B_4}{B_3}$$

$$NDVI = \frac{B_4 - B_3}{B_4 + B_3}$$

$$RSR = \frac{B_4}{B_3} \times \frac{B_{5max} - B_{5min}}{B_{5max} - B_{5min}}$$

إذ ان B_3 ، B_4 ، B_5 = قنوات ETM+

وتراوحت قيمة LAI بين ٠,٣٦ - ٣,٣٨ في منطقة puumala وبين ٠,٧٤ - 3.72 في منطقة suonenjoki وكان معامل التحديد (0,55) عند استخدام NDVI بينما R^2 (٠,٥٢) عند استخدام SR ، أما عند استخدام النسبة البسيطة المنخفضة RSR (Reduced Simple Ratio) كان معامل التحديد (٠,٦٣) والنسبة المئوية للخطأ القياسي المنسوب للمعدل (٠,٤٣) أما النماذج المستخدمة فهي:

$$LAI = 6.17 + 10.36 NDVI$$

$$R^2 = 0.55 \quad S.E\% = 0.49$$

$$LAI = 0.24 + 0.1935 SR$$

$$R^2 = 0.52 \quad S.E\% = 0.48$$

$$LAI = 0.49 + 0.23RSR$$

$$R^2 = 0.63 \quad S.E\% = 0.43$$

قام الباحث Solberg وآخرون (٢٠٠٥) بدراسة حول تقدير LAI والكلورفيل بوساطة التحسس النائي ، منطقة الدراسة تقع بالقرب من اوسلو في جنوب شرق النرويج بين دائرة عرض 54 : 50 و طول 02 : 11 وارتفاع ١٩٠ - ٣٧٠م فوق مستوى سطح البحر، وأهم أنواع الأشجار الموجودة في منطقة الدراسة هي *Picea abies* وأنوع قليلة من *Pinus sylvestris* ، مساحة الدراسة ٦ كم^٢ وعدد المواقع كان ١٦ موقع، وجمعت البيانات بثلاثة مستويات: البيانات الأرضية، المحمولة جواً، الأقمار الصناعية. عدد الأشجار لكل موقع ١٦ شجرة وقُسمت إلى أربع

فئات عمرية هي (١) الأشجار الشابة (٢) مرحلة التخفيف (٣ و٤) الغابات القديمة، وارتفاعات الأشجار كانت (٥,٥ - ٦) ، (٦ - ١٤) ، (١٥ - ٢٠) ، (٢١ - ٣٥) م على التوالي وتضمنت القياسات الأرضية نوع الأشجار، الارتفاع، القطر عند مستوى الصدر، طول وعرض التاج، وأخذت ثلاثة أفرع من التاج (قاعدة التاج، وسط التاج، أعلى التاج) وتم خزنها في درجة حرارة صفر مئوي وقيس تركيز الكلوروفيل في الأوراق الخضراء. باستخدام جهاز GPS وكذلك جهاز LAI.2000 لحساب LAI ، أما البيانات المحمولة جواً فقد تم الحصول عليها في تشرين أول ٢٠٠٣ بواسطة طائرات هليكوبتر تحمل نظام مسح ليزري.

والبيانات الفضائية كانت في اب ٢٠٠٣ باستخدام القمر الصناعي spot وبتميز مكاني (١٠ م × ١٠ م) مع أربع قنوات هي Green ، Red ، NIR ، SWIR وكذلك استخدم بيان فضائي بتميز مكاني (٣٠ م × ٣٠ م) ، إذ تم حساب NDVI ٠ وتم الربط بين هذه البيانات لحساب LAI وحساب تركيز الكلوروفيل باستخدام البيانات الطيفية العالية التي تم الحصول عليها في حزيران ٢٠٠٤ من قبل طائرة Cessna إذ كان هناك انعكاس عالٍ لـ NIR. وتم تحديد LAI وكانت قيمته تتراوح بين (٨٥,٣-٥,٣) للشباب ولمرحلة التخفيف (١ - ٥) بينها القديمة (٣) إذ كان معامل التحديد (٩٥,٠) أما علاقة LAI مع NDVI فكان معامل التحديد (٨٥,٠) .

قام الباحث Doo وآخرون (٢٠٠٧) بتقدير LAI باستخدام المتحسس LIDAR (كشاف ضوئي) ، تقع منطقة الدراسة في جبل Yumyeon في كوريا الجنوبية على ارتفاع (٣٢١-٥٧٣)م فوق مستوى سطح البحر مساحة الدراسة ٣١٢ هكتار وعدد العينات (٣٠) قطعة، وأنواع الأشجار الموجودة في منطقة الدراسة هي *Pinus korniensis* و *Larix Leptolepis* و *Quercus SPP*. حيث أخذت مساحة كل عينة ٤٠٠م^٢.

البيانات الضوئية تم الحصول عليها في نيسان ٢٠٠٤. وجرى حساب LAI عن طريق LPI (دليل اختراق الليزر) و LII (دليل انعكاس الليزر) وحسب النماذج الآتية :

$$LAI = -54.561(LPI) + 7.3411$$

$$R^2 = 0.81 \quad RMSE = 0.31$$

$$LAI = 50.184(LII) - 42.573$$

$$R^2 = 0.88 \quad RMSE = 0.24$$

هذه المعادلات كانت لـ *Pinus korniensis* أما *Larix leptolepis* فكانت النماذج هي:

$$LAI = -8.3405(LPI) + 3.5776$$

$$R^2 = 0.75 \quad RMSE = 0.25$$

$$LAI = 8.2604(LII) - 4.6359$$

$$R^2 = 0.85 \quad RMSE = 0.24$$

أما *Quercus Spp.* فكانت نماذج تقدير LAI هي:

$$LAI = -1.7043(LPI) + 1.2168$$

$$R^2 = 0.81 \quad RMSE = 0.09$$

$$LAI = 1.8422(LII) - 0.6043$$

$$R^2 = 0.86 \quad RMSE = 0.08$$

٢-٢- الكتلة الحية Biomass

نتيجة زيادة عدد سكان العالم وانحسار مساحة الغابات أدى إلى زيادة في الطلب على المنتجات الخشبية وارتفاع أسعارها ، مما أدى إلى الاهتمام بباقي أجزاء الشجرة (الأفرع الصغيرة الحية ، الأفرع الميتة ، الأوراق) التي لم تكن مستخدمة على نطاق واسع فاصبحت الشجرة اليوم تستغل بشكل كامل فوق سطح الأرض وتحتته وهذا ما يعرف بالكتلة الحية Biomass.

في السنوات الأخيرة وبسبب تغير المناخ العالمي زاد الاهتمام بدراسة الكتلة الحية باعتبارها أحد مصادر الكربون في العالم ، وأن تقدير هذه الكتلة الحية من القياسات الحقلية تحتاج إلى وقت وكلفة، كما أنها تكون لمساحات محدودة، لذا فإن تقدير الكتلة الحية عن طريق وسائل التحسس النائي قد استحوذت على اهتمام الباحثين وهناك العديد منهم في هذا المجال :

قام كل من Eshete و Stahi (١٩٩٨) بإعداد معادلات لتقدير الكتلة الحية لأشجار الاكاسيا *Acacia sp.* في أثيوبيا باستخدام المعاينة المتعددة الأطوار multi – phase ، وكان عدد أشجار العينة (٨٥) شجرة تتراوح أقطارها بين ٥ – ٣٥ سم اختيرت بشكل عشوائي من خمسة أنواع من الأشجار الساندة في المنطقة وهي:

Acacia seyal Del, Acacia senval L., Acacia tokilis, Balantiacal aegyptical L., Acacia etbacia .

لقد حدد مواقع الدراسة بواسطة خرائط مثبتة عليها خطوط الطول والعرض ومع استخدام البيانات الفضائية أخذت قياسات ارتفاع الأشجار والقطر عند ارتفاع (٠,٨)م وكذلك مساحة التاج لكل للأشجار في العينة وقدم تم تطوير أربع دوال رياضية وهي الدوال التي تستخدم بيانات فضائية عالية الوضوح والدقة بالاعتماد على مساحة التاج وحسب النموذج الآتي :

$$Y = b_0 + b_1(CA)$$

والدوال التي تستخدم البيانات الفضائية فضلاً عن مساحة التاج إذ تم قياس ارتفاع الأشجار مستخدمين الطريقة الستروسكوبية وحسب النموذج الآتي :

$$Y = b_0 + b_1 CA(1 - \exp^{-b_2 H})$$

وكذلك استخدام القطر لتقدير الكتلة الحية وحسب النموذج الآتي :

$$Y = b_0 + b_1 D$$

فضلاً عن دوال تؤخذ متغيرات الشجرة كافة سهلة القياس لإعداد معادلات تقدير الكتلة الحية وكما في النموذج الآتي :

$$Y = b_0 + b_1 CA + b_2 D(1 - \exp^{-b_3 H})$$

ولحساب الوزن الجاف أخذت عينات ثانوية عن طريق قطع قرص من الساق وقرص من الأفرع بشكل عشوائي وعن طريقها تم حساب الوزن الجاف للساق وللأفرع بطريقة النسب أما الأوراق فأخذت منها عينات ثانوية أيضاً وجففت لحساب الوزن الجاف للأوراق وبالطريقة نفسها وقد وضعوا المعادلة الآتية لتقدير الكتلة الحية :

$$\ln DW = b_0 + b_1 \sum_{i=1}^n \ln X_i$$

إذ إن :

• $Y =$ الكتلة الحية (كغم/م²)

• $CA =$ مساحة التاج (م²)

• $H =$ ارتفاع الأشجار (م)

• $D =$ القطر (سم)

$DW =$ الوزن الجاف لمكونات الشجرة (كغم)

$X_i =$ المتغيرات المستقلة

• $b_1, b_0 =$ ثوابت النموذج الرياضي

• $\ln =$ اللوغاريتم الطبيعي

قام Martin وآخرون (1998) بدراسة لتقدير الكتلة الحية فوق سطح الأرض في الولايات

المتحدة الأمريكية في منطقة كارولينا الشمالية، وإن أنواع الأشجار الموجودة هي *Betula*

leuta و *Quercus alba* و *Quercus coccinea* و *Oxydmdrum arboretum* وتضمنت

الدراسة المتغير المعتمد الساق الرئيس للشجرة ، الأفرع ، الكتلة الحية فوق الأرض ، المساحة

الورقية مع قياس القطر عند مستوى الصدر لجميع الأشجار بعده متغيراً مستقلاً. وكان أعلى معامل تحديد بين القطر عند مستوى الصدر وكتلة الشجرة الكلية هو (٠,٩٨) لأشجار *Oxydm drum* و (٠,٩٩٩) لأشجار *Quercus coccinea*. أما كتلة الأوراق فكان معامل التحديد لها أوطأ وبلغ (٠,٥٥٥, ٠,٩٦٢) لأشجار *Quercus alba* و *Betula leuta* على التوالي. أما النموذج الرياضي المستعمل في حساب الكتلة الحية فهو :

$$\text{Log } Y = a + b \text{ Log } x$$

إذ أن :

- $Y =$ الكتلة الحية لأجزاء الشجرة (كغم)
- $X =$ القطر عند مستوى الصدر (سم)
- $a, b =$ ثوابت النموذج الرياضي

قام Steininger (٢٠٠٠) بدراسة لتقدير الكتلة الحية فوق سطح الأرض باستخدام بيانات الاقمار الصناعية للغابات الاستوائية في كل من البرازيل وبوليفيا Bolivia. إذ اختيرت ثلاث عينات الأولى في منطقة Manaus والثانية في Laye والثالثة في Surutu مساحة العينات تراوحت بين (٠,٠٧ - ٠,١) هكتار. وشملت القياسات الحقلية القطر عند مستوى الصدر، الارتفاع، ارتفاع مركز التاج، العمر. وكان عدد المشاجر المستخدمة في الدراسة (٣٤) مشجراً موزعاً على العينات الثلاث. البيان الفضائي المستخدم كان لرسم البيانات الموضوعي (TM) الملتقط من قبل وكالة الفضاء الأمريكية NASA في ١٩٩٥، كذلك استخدام نظام GPS لتحديد المواقع. أما النماذج الرياضية المستخدمة لتقدير الكتلة الحية من القياسات الحقلية فهي :

$$Wt = (0.134(\text{dbh}^2H) + 0.464H) / 1000$$

$$R^2 = 0.97$$

$$Wt = \exp\left(2.4751 \ln(\text{dbh})^{-2.40}\right)$$

$$R^2 = 0.79$$

إذ أن:

- $Wt =$ الوزن الجاف (كغم / م^٢)
- $\text{dbh} =$ القطر عند مستوى الصدر (سم)
- $H =$ الارتفاع الكلي للشجرة (م)

أما النموذج المستخدم لتقدير الكتلة الحية باستخدام البيان الفضائي فكان :

$$Y = 4.166 + 5e(-73.396X)$$

$$R^2 = 0.714 \quad S.E\% = 0.10$$

$$Y = 50.77 - 287.62X$$

$$R^2 = 0.854 \quad S.E\% = 0.08$$

إذ أن :

$$Y = \text{الوزن الجاف فوق سطح الأرض} / (\text{كغم} / \text{م}^2)$$

$$X = \text{انعكاسية القناة (e) من قنوات TM}$$

$$e = \text{للوغاريتم الطبيعي}$$

قام Jian وآخرون ٢٠٠١ بدراسة حول تجميع وتحليل الكتلة الحية في الغابات الصينية. إذ تم اختيار ٦٩٠ مشجر تضم ١٧ نوعاً غاباتياً ومن أهمها:

و *Picea wilsonij* و *Pinus armandij* و *P. taiwanensis* و *P. densata* و *Abies georgei* و *Larix Sibirica* موزعة في ثلاث غابات هي الغابات الشمالية المعتدلة والغابات الاستوائية والغابات شبه الاستوائية، كانت مساحة العينات (١٠٠ - ٤٠٠ م^٢) و (١٠٠٠ - ٢٠٠٠ م^٢) للغابات الشمالية المعتدلة والاستوائية وشبه الاستوائية على التوالي القياسات الحقلية تضمنت القطر عند مستوى الصدر والارتفاع الكلي إذ اختيرت عدد من الأشجار القياسية في كل عينة قطعت هذه الأشجار ووزن جميع عناصرها (الساق، القشرة، الأفرع، الأوراق .. الخ) وباستخدام طرائق الانحدار المختلفة قدرت الكتلة الحية فوق سطح الأرض وكما يلي :

$$BM = a \times (DBH)^b$$

$$BM = a \times (DBH \times H)^b$$

إذ أن:

$$BM = \text{الكتلة الحية الكلية للشجرة (كغم} / \text{م}^2)$$

$$DBH = \text{القطر عند مستوى الصدر (سم)}$$

$$H = \text{ارتفاع الشجرة (م)}$$

$$a, b = \text{ثوابت النموذج الرياضي}$$

وكذلك درست العلاقة بين الكتلة الحية والعوامل البيئية فوجد أن في شرق الصين تزداد الكتلة الحية من الشمال إلى الجنوب، أما في جنوب الصين فهناك تناقص على خط الطول من الشرق إلى الغرب ووجود ارتباط إيجابي بين الكتلة الحية ودرجات الحرارة والسواقي السنوية أي إن درجات الحرارة والرطوبة تتحكم في التوزيع المكاني للكتلة الحية، وكان متوسط الكتلة الحية ٨,٨٤ طن /

هكتار للغابات الشمالية المعتدلة و ١٨٥,٤١ طن / هكتار للغابات الاستوائية و ١٤,٤ طن / هكتار للغابات الاستوائية.

قام Cleemput وآخرون (٢٠٠٢) بدراسة لتقدير الكتلة الحية في شمال اثيوبيا، أجريت الدراسة على شجيرات نوع *Hyperhertia hirta* البيانات الحقلية تضمنت القطر على ارتفاع (٠,٣) م إذُ جمع نوعان من البيانات، النوع الأول بيانات أخذت من شجيرات واقفة والنوع الثاني بيانات أخذت من شجيرات اسقطت وقطعت إلى عناصر الشجرة المختلفة ، وأخذت نماذج ثانوية لحساب الوزن الجاف وذلك بقطع قرص من الساق الرئيس عند كل ٥ سم زيادة في القطر، وأخذت عينات ثانوية من الأوراق بشكل عشوائي من التاج ووضعت جميع العينات في اكياس بلاستيكية بعد وزنها في الحقل باستخدام ميزان الكتروني دققة ٠,١ غم. جففت العينات على درجة حرارة الغرفة لمدة ٧٢ ساعة وبعد ذلك وضعت في فرن كهربائي على درجة حرارة ٦٥ م° ولمدة ٧٨ ساعة ولحين ثبات الوزن. واستعملت النماذج الاتية لتقدير الكتلة الحية لكل من الأوراق والأفرع والساق الرئيس:

$$\text{Log } Y_1 = a. (\text{Log } x)$$

$$Y_2 = a. x^b$$

إذ أن

$$Y_1 = \text{الكتلة الحية للأوراق (كغم)}$$

$$Y_2 = \text{الكتلة الحية للساق والأفرع (كغم)}$$

$$X = \text{القطر أو المساحة القاعدية (سم) أو (سم}^2\text{)}$$

$$a, b = \text{ثوابت النموذج الرياضي}$$

وتوصلت الدراسة إلى ان الكتلة الحية للنوع قيد الدراسة هو ١,٨٤ طن / هكتار .

قام Daolan وآخرون (٢٠٠٤) بدراسة لتقدير الكتلة الحية فوق سطح الأرض باستخدام بيانات ETM+ للقمر الصناعي لاندسات ٧ في الولايات المتحدة الامريكية في شمال Wisconsin الأمريكية لأشجار Jack pine ، Red pine وأنواع مختلطة من الصلدة والصنوبريات ، أما عدد العينات المستخدمة في الدراسة فهي ٥٥ عينة مساحة كل عينة ٠,٠٥ هكتار ، أخذت قياسات القطر عند مستوى الصدر، الارتفاع، المساحة القاعدية، فضلا عن العمر إذ تم اختيار الأشجار التي قطرها أكبر من ٢,٥ سم وارتفاعها أكثر من ١,٣م، أما الأعمار فقد قسمت إلى (٤) فئات عمرية من ٣ – ١٥، ١٦ – ٣٠، ٣١ – ٥٠، أكبر من ٥٠ ، مستخدمين النموذج الآتي لتقدير الكتلة الحية.

$$\text{AGB} = a (\text{dbh})^b$$

إذ أن:

• AGB = الوزن الجاف (كغم)

• dbh = القطر عند مستوى الصدر (سم)

• a, b = ثوابت النموذج الرياضي

أما البيان الفضائي المستخدم فهو البيان الملتقط من قبل المتحسس ETM+ بتاريخ ٢٠٠١ باستخدام (٦) قنوات هي الأزرق والأخضر والأحمر و NIR واثنين من MIR واستخدمت SR و NDVI. وكان النموذج المستخدم للصنوبريات هو:

$$AGB = 111 (NDVIc^{10.3}) / (NDVIc^{10.3} + 0.35SR)$$

$$R^2 = 0.86$$

في حين نموذج الأخشاب الصلدة هو:

$$AGB = 232 NIR + 2.74 A$$

$$R^2 = 0.95$$

إذ أن:

• AGB = الوزن الجاف (كغم)

$$0 NDVI \times \{1 - (MR_{max} - MIR_{min}) / (MIR_{max} - MIR_{min})\} = NDVIc$$

• A = العمر (سنة)

فكانت الكتلة الحية لمنطقة الدراسة تتراوح بين (١٢٠ - ٣٥٨) طن / هكتار.

قام كل من Dengsheng و Batistella (٢٠٠٥) بدراسة لتقدير الكتلة الحية من بيانات TM في منطقة الأمازون في البرازيل شمال شرق Rondoniu بمساحة نحو ٢٠٠٠ كم^٢ وبارتفاع ١٠٠ - ١٥٠ م فوق مستوى سطح البحر، عدد العينات (٤٣) عينة ومساحة كل عينة ١٠٠ م^٢ انتخبت هذه العينات عشوائياً، وأخذت قياسات الارتفاع، ارتفاع مركز التاج والقطر عند مستوى الصدر لكل عينة. أما القنوات المستخدمة في الدراسة فهي (٢، ٣، ٤، ٥، ٧) من قنوات TM. أما النموذج المستخدم في الدراسة فهو:

$$Yt = 0.0326(D)^2 (H)$$

إذ أن:

• Yt = الكتلة الحية للأشجار (كغم / م^٢)

• D = القطر عند مستوى الصدر (سم)

$$H = \text{الارتفاع الكلي للأشجار (م) } \cdot$$

قام Vasileios (٢٠٠٥) بدراسة لتقدير الكتلة الحية للمخروطيات باستخدام تقنيات التحسس النائي في لندن إذ ذكر الباحث أن الكتلة الحية توفر معلومات عن الغابات وبالتالي يمكن استخدامها في دراسات دورة الكربون وإدارة عمليات سياسات استخدام الأراضي والتنبؤ عن حرائق الغابات. وتوصل بأن هناك دقة في تقدير الكتلة الحية بواسطة التحسس النائي ولاسيما للمخروطيات عن طريق استخدام راسم البيانات الموضوعي TM والماسح المتعدد الاطيف Landsat Multispectral Scanner MSS وكذلك ETM+. وفي هذه الدراسة تم استخدام القنوات ٣ و٤ للتحسس ETM+ مساحة الدراسة تراوحت بين ١-١٥ هكتار، الأنواع الموجودة هي الصنوبر ، أما النموذج المستخدم في الدراسة فهو:

$$AGB = 111 (NDVI^{10.3}) / (0.35NDVI^{10.3})$$

$$R^2 = 0.86$$

إذ أن :

$$AGB = \text{الكتلة الحية فوق سطح الأرض (كغم / م}^2 \text{)} \cdot$$

$$NDVI = \text{دليل الاختلاف الخضري الطبيعي} = \frac{B_4 - B_3}{B_4 + B_3} \cdot$$

ذكر كل من Pete و Rei (٢٠٠٦) أن استخدام بيانات التحسس النائي في تقدير الكتلة الحية لها مميزات أهمها بأنها تستخدم لأكثر من منطقة واحدة، وأسهل بكثير من القياسات الحقلية، ويمكن جمع بيانات لمناطق كبيرة، والعلاقة بين الغطاء النباتي وانعكاسية بعض الأطياف تكون قوية، وهناك توازن بين التكاليف والدقة. وإن استخدام طرائق الانحدار المتعددة هي الأكثر شيوعاً واستخداماً وأكثر دقة في تقدير الكتلة الحية باستخدام بيانات التحسس النائي مع القياسات الحقلية (القطر عند مستوى الصدر، الارتفاع، العمر ... الخ).

إن قياس الكتلة الحية للصنوبريات أسهل وأكثر دقة بسبب تكوين وهيكل هذه الأشجار. وتوصل الباحثان إلى أن اختيار القنوات (bands) لتقدير الكتلة الحية تختلف باختلاف البيئة والأشجار والأنواع.

قام Michael وآخرون (٢٠٠٨) بدراسة لتقدير الكتلة الحية لمساحات كبيرة باستخدام الجرد الأرضي والبيانات الفضائية ونظام GPS. فكانت منطقة الدراسة بحدود ٧١٤,٨٥٢ هكتار في وسط Saskatchewan في كندا، وللأنواع *Populus tremuloides* و *Picea glavca* و *laricina* و *Pinus banksiana* و *Larix*. وبأخذ ١٢٤ عينة ومن كل عينة أخذت قياس القطر عند مستوى

الصدر والارتفاع الكلي وقطر التاج والعمر، وتم حساب المساحة القاعدية والكثافة أيضاً. أما البيان الفضائي المستخدم في الدراسة فكان باستخدام TM للقمر الصناعي لاندسات ٧ القناة (٤)، ودمجت البيانات الحقلية مع الفضائية لتقدير الكتلة الحية مع بيانات GPS بالاعتماد على حجم الساق لتقدير الكتلة الحية وكما في النموذج الآتي :

$$AGB = 29.2883 + 0.4123 VT$$

$$R^2 = 0.892 \quad RMSE = 16.04$$

إذ أن :

$$AGB = \text{الكتلة الحية فوق سطح الأرض (كغم / م}^2\text{)}$$

$$VT = \text{الحجم الكلي للساق (م}^3\text{)}$$

٣- حجم الشجرة والمشجر Tree and Stand Volume

الحجم هو تعبير عن قيمة الأبعاد الثلاثة لجسم معين، ويعد الحجم هو القياس التقليدي لكمية الخشب واستمرت أهميته حتى بازدياد استعمال مقياس الوزن، فللحجم أهمية كبيرة جداً في إدارة الغابات، وذلك لأنه لا يمكن وضع خطط الإدارة ما لم تتوفر معلومات كافية عن الحجم وبوساطته يمكن حساب النمو السنوي المستمر والنمو الدوري، وكذلك معدل النمو السنوي وغير ذلك. ومن المعلوم أن الحجم ليس إلا التراكمات السنوية التي تضاف إلى الشجرة أو إلى مجاميع الأشجار في المشجر أو الغابة. لذا فإن تقدير أو حساب الحجم للمشاجر يعد ذا أهمية بالغة، وإن حساب الحجم بالطرائق التقليدية يعد أمراً صعباً بسبب الحاجة إلى الكلفة والوقت ويكون لمساحات صغيرة، لذا لجأ الباحثون في السنوات الأخيرة إلى استخدام البيانات الفضائية في تقدير الحجم؛ لأنها توفر الوقت والكلفة ويمكن استخدامه لمساحات واسعة، ولهذا فإن استخدام البيان الفضائي في تقدير الحجم يعد أمراً ضرورياً، وهناك الكثير من الباحثين في هذا المجال :

فالباحث Parresol وآخرون (١٩٨٩) قاموا بدراسة لتقدير حجم أشجار التاكسوديوم في Lowzae. عن طريق اختيار (٦) مواقع ومنها اختيرت (١٥٧) شجرة عشوائياً ، أخذت قياسات القطر والارتفاع لجميع الأشجار وكانت مديات الأقطار والارتفاعات تتراوح بين (١٥ – ١٦) سم و (١٤ – ٣١) م على التوالي . أسقطت أشجار العينات وأخذت قياسات الارتفاع الكلي والقطر ابتداء من (٠,٣) إلى (٥,٢) م وعلى مسافات متساوية بحدود ٦٠ سم. وتم استخدام معادلة سمالين لحساب حجم القطع الخشبية. وقيس القطر فوق القشرة وتحتها. ومن خلال التحليل للبيانات اشتقت عدد من المعادلات وللمقارنة بين المعادلات، واختيار أفضلها استخدمت المقاييس الإحصائية ومنها Bais و RSS هي أفضل نموذج لتقدير الحجم لأشجار التاكسوديوم

$$\ln(v) = \ln(b_1) + b_2 \ln(D) + b_3 \ln(H)$$

أما معادلة نسبة الحجم فكانت :

$$R = 1 + b_1(P^b/H^3)$$

إذ أن :

- $V =$ حجم الشجرة (م³)
- $D =$ القطر عند مستوى الصدر (سم)
- $H =$ الارتفاع الكلي (م)
- $R =$ نسبة الحجم التجاري إلى الحجم الكلي
- $P =$ الارتفاع الكلي مطروحاً منها ارتفاع نقطة القياس
- $h =$ ارتفاع نقطة القياس
- $b_1, b_2, b_3 =$ ثوابت النموذج الرياضي
- $\ln =$ اللوغاريتم الطبيعي

كما قام John (1989) بدراسة لتقدير أحجام أشجار الماهو في Bortoreka. باخذ (5) عينات أخذت منها (50) شجرة اختيرت عشوائياً وتراوح القطر عند مستوى الصدر لهذه الأشجار بين (15 - 59) سم والارتفاع بين (6 - 26) م. وقطعت الأشجار على ارتفاع القرمة بعد أن تم قياس الأقطار عند مستوى الصدر، وتقطيع الساق إلى قطع خشبية بطول (1) م، قيست الأقطار لكل مقطع عرضي مأخوذ من القطعة الخشبية بسمك (5 - 8) سم فضلاً عن قياس سمك القشرة. استخرجت أحجام القطع الخشبية باستخدام قانون سمالين. وباستعمال طرائق الانحدار اشتقت معادلة لتقدير حجم السيقان التجارية مع القشرة وبدونها بدلالة القطر عند مستوى الصدر والارتفاع الكلي كما في النماذج الآتية :

١- نموذج الحجم التجاري بدون قشرة

$$\ln Vwb = -3.8699 + 0.106D + 0.0006829D^2 + 0.09355H$$

$$R^2 = 0.98$$

٢- نموذج الحجم التجاري بدون قشرة

$$\ln vw_0b = -4.0111 + 0.1053Dx + 0.000656D^2 + 0.04426H$$

$$R^2 = 0.98$$

إذ أن :

- Vwb = الحجم التجاري مع القشرة (م^٣)
- D = القطر عند مستوى الصدر (سم)
- H = ارتفاع الأشجار (م)
- vw_0 = الحجم التجاري بدون القشرة (م^٣)
- Ln = اللوغاريتم الطبيعي

أجرى Abbot وآخرون (١٩٩٧) دراسة لتقدير أحجام الأشجار في غابات Miomba في جنوب أواسط افريقيا التي تغطي مساحة بحدود (٢٧٠٠) كم^٢. أخذت قياس القطر عند مستوى الصدر والارتفاع ولكل الأشجار التي يكون أقطارها أكبر من (٥) سم، وباستخدام طريقة المربعات الصغرى باعتبار الحجم عد متغير معتمد والقطر عند مستوى الصدر والارتفاع الكلي كمتغيرات مستقلة، تم التوصل إلى عدد من المعادلات الرياضية. قورنت المعادلات التي تم توصل إليها لبيان مدى صلاحيتها باستخدام المقاييس الإحصائية R^2 ، RSS، Bais، وبالتالي اختيرت أفضل المعادلات فكان نموذج الحجم الكلي للشجرة كما مبين في أدناه :

$$V_t = 0.0168 + 0.0000DBH^2$$

$$R^2 = 0.42 \quad RSS = 0.002 \quad Bais = 2.6$$

أما نموذج حجم الساق فكان :

$$V_s = 0.0213 + 0.000011DBH^2 + 0.0115H$$

$$R^2 = 0.97 \quad RSS = 0.001 \quad Bais = 2.1$$

إذ أن :

- V_t = الحجم الكلي للشجرة (م^٣)
- DBH = القطر عند مستوى الصدر (سم)
- H = الارتفاع الكلي (م)
- V_s = حجم الساق (م^٣)

قام Trotter وآخرون (١٩٩٧) بدراسة لتقدير حجم الأخشاب في الغابات لأنواع المخروطية في نيوزيلندا باستخدام بيانات TM للقمر الصناعي لاندسات ٧. إذ استخدمت القنوات (١ - ٧) لتقدير الحجم لأول مرة مما أدى إلى أن يكون قيمة معامل التحديد (٠,٢٩). وعند استخدام القنوات ٤,٣

كان معامل التحديد (٠,٢٨) أي منخفض ايضاً. وعند استخدام آلية تحليل جديدة للبيان الفضائي باستخدام خط الفصل Decision boundary وبالتحديد هذا الخط عن طريق تقريب إلى الجار Nearest Neighbour وباستخدام القنوات (١ - ٧) أدى إلى قيمة معامل تحديد (٠,٣١). وتوصلت الدراسة إلى أنه بالرغم من انخفاض قيمة معامل التحديد لكن من فوائد استخدام البيان الفضائي هو أنه يمكن تقدير حجم الأخشاب لمناطق واسعة وبكلفة ووقت أقل، وأنه استخدام القنوات (٣، ٤) هو الأفضل لتقدير حجم الأخشاب.

قام الباحث Avsar (٢٠٠٤) بدراسة لايجاد العلاقة بين القطر على ارتفاع الصدر وقطر التاج وارتفاع مركز التاج لأشجار الصنوبر البروتي. *Pinus brutia Ten.* في جبال Bascons في تركيا باختيار قطع العينات الدائرية وبمساحات ٥٠٠ م^٢ من المشاجر النقية. وعدد القطع (٤) قطع متوسطة أعمارها (٤٤، ٤٨، ٦٨، ٧٢) سنة، وعدد الأشجار (١٣٤) شجرة، إذ استخدم الباحث المتغيرات سهلة القياس في تقدير وتخمين المتغيرات الصعبة القياس، وقام بأخذ قياسات للقطر عند مستوى الصدر وقطر التاج وارتفاع مركز التاج، وتم قياس قطر التاج باسقاط مساقط وهمية لانصاف أقطار التاج (على ان تكون الأشجار سائدة).

عد□ الباحث أن القطر عند مستوى الصدر والارتفاع الكلي وعرض التاج هي متغيرات الشجرة المهمة في قياسات الجدوى في الغابات، وباستخدام طرائق الانحدار المختلفة حصل على عدد من النماذج التي تمت مقارنتها، واختيار النموذج الأقوى بالاعتماد على المقياس الاحصائي معامل التحديد، إذ إن العلاقة الأقوى كانت بين القطر عند مستوى الصدر والارتفاع وكان معامل التحديد (٠,٨٢)، أما نموذج العلاقة بين القطر عند مستوى الصدر وقطر التاج فكانت قوية عند معامل تحديد (٠,٧٤) فضلاً عن العلاقة بين القطر عند مستوى الصدر وارتفاع مركز التاج بمعامل تحديد قدرة (٠,٦٤). وأثبتت نتائج الدراسة أن هناك علاقة قوية بين القطر عند مستوى الصدر والارتفاع الكلي وقطر التاج وحجم الساق. أما النماذج المستخدمة في الدراسة فهي :

١- نموذج العلاقة بين الارتفاع والقطر عند مستوى الصدر :

$$H = 2.40 + 0.45(DBH) - 0.0045(DBH)^2$$

$$R^2 = 0.82 \quad SE\% = 1.43$$

٢- نموذج العلاقة بين قطر التاج والقطر عند مستوى الصدر :

$$Wr = 0.49(DBH)^{0.68}$$

$$R^2 = 0.74 \quad SE\% = 0.31$$

٣- نموذج العلاقة بين ارتفاع مركز التاج والقطر عند مستوى الصدر :

$$h.1 = 0.33(DBH)^{1.08}$$

$$R^2 = 0.62 \quad SE\% = 0.37$$

إذ أن :

$$H = \text{الارتفاع الكلي (م)}$$

$$DBH = \text{القطر عند مستوى الصدر (م)}$$

$$Wr = \text{قطر التاج (م)}$$

$$h.1 = \text{ارتفاع مركز التاج (م)}$$

قام David وآخرون (٢٠٠٤) بدراسة تقدير الحجم والكاربون في موقعين الأول في جزيرة Vancouver شمال غرب Victoria إذ أنواع الأشجار الموجودة أغلبها من *Pseudotsuga menziesii* و *Tsugo heterphylla*، أما الموقع الثاني فهو في Hinton كندا. واهم أنواع الأشجار فيها *Picea glauca* و *Pinus contoria* تراوح اعمارها بين (٨٠ - ١١٠) عام وارتفاعها بين (١١-٢١)م. مساحة منطقة الدراسة ٨٠٠ كم^٢. عدد القطع (٣٣) قطعة وشملت البيانات، بيانات أرضية تتضمن الأنواع، ارتفاع الأشجار، دليل الموقع، العمر. أما البيانات الفضائية فقد استخدم البيان الفضائي ETM+ و TM التي تم الحصول عليها في ايلول ٢٠٠١ و اب ٢٠٠٢. وكذلك تم استخدام نظام تحديد المواقع GPS. وباستخدام طريقة المربعات الصغرى وطرائق الانحدار الخطي لحساب الحجم وبالآتي تقدير الكاربون. أما النماذج المستخدمة في الدراسة فهي :

$$V = -478.58 + 4.5041 ND45$$

$$ND45 = 128 \left(\frac{TM_4 - TM_5}{TM_4 + TM_5} \right) + 128$$

$$\text{Carbon} = V \cdot N \cdot 0.5$$

إذ أن :

$$V = \text{الحجم الكلي (م }^3 \text{ / هكتار)}$$

$$ND45 = \text{الدليل الخضري}$$

$$N = \text{الوزن النوعي استخدمت لقيمة الأنواع السائدة وهي الصنوبر (٤,٩ كغم / م }^3 \text{)}$$

$$0.5 = \text{عامل التحويل إذ إن الكاربون يكون } 50\% \text{ من الحجم أو الكتلة الحية}$$

وكان معامل التحديد (0.92). وخلصت الدراسة إلى تقدير الحجم بواسطة عدة بيانات مهمة

لمعرفة الخزين الكربوني.

قام Yoshio وآخرون (٢٠٠٤) بدراسة لتقدير حجم الساق باستخدام البيانات العالية التميز والوضوح لمشاجر التنوب Spruce منطقة Tomaxomoi في اليابان على دائرة عرض ٤٥° ٤٢' وطول ٣٢° ٤١' وارتفاع ١٠٠م فوق مستوى سطح البحر وعلى أنواع *Larix kaempferi* و *Abies sachalinensis* و *P. glehn* و *Picea Jezoenthis* وموقعان يسيطر فيهما شجرة التنوب. إذ تم إجراء المسوحات الميدانية في أربع مرات ١٩ - ٢٣ تموز ١٩٩٣، (٩ - ١٣) أيلول ١٩٩٤، (٦ - ١٠) حزيران ١٩٩٥، (٢٢ - ٢٦) تموز ١٩٩٧. وكانت مساحة العينات تتراوح بين (٠,٠١ - ٠,٠٩) هكتار تم تحديدها وفقاً لارتفاع الأشجار، وأخذت قياس القطر عند مستوى الصدر لجميع الأشجار التي أقطارها أكبر أو يساوي (٤) سم واخذ قياس ارتفاع ثلاثة أشجار في الطبقة العليا وواحدة في الطبقة الوسطى وواحدة في الطبقة السفلى لكل عينة. في حين كانت بيانات التحسس النائي باستخدام بيان فضائي لـ TM ذات مقياس 20.000 : ١ الملتقطة بتاريخ ١٩٩١. حددت العينات على البيان الفضائي ونتجت ثلاث مناطق تدریب Dnmax و Dnmin و Dnavr مستخدمين (١٧١) عينة وطرائق الانحدار الخطي لمعرفة العلاقة بين DN و H و NIR.

توصلت الدراسة إلى أن هناك علاقة قوية بين DN_{min} و H وأن بيانات TM مفيدة لتقدير H وأن هناك ارتباطاً عالياً لـ DN مع حجم الساق في الهكتار وكذلك وجود ارتباط بين H مع حجم الساق. ان النماذج المستخدمة في الدراسة هي:

$$H = 1.3 + DBH^2 / (0.1621DBH)^2$$

$$H = 1.3 + 0.6747 DBH^{1.44326} - 0.7421DBH$$

$$V = 101 + 0.412(H)$$

$$R^2 = 0.64$$

إذ أن :

$$H = \text{الارتفاع الكلي (م)}$$

$$DBH = \text{القطر عند مستوى الصدر (سم)}$$

$$V = \text{حجم الساق (م}^3\text{)}$$

قام Ali (٢٠٠٥) بدراسة لتقدير حجم مشاجر الزان Beech باستخدام بيانات ETM+ للقمر الصناعي لاندسات في مقاطعة Mazandaran في شمال باكستان وعلى ارتفاع (٨٠٠ - ٢٤٠٠) م فوق مستوى سطح البحر وبمساحة (٢٠٠٠) هكتار ، معظم أنواع الأشجار الموجودة في *Fagus orientalis* فضلا عن أنواع قليلة من *Carpinus betulus* و *Alnus*

Acer velutinum و *subcordata*. إذ اختيرت عينات مربعة الشكل (٦٠ × ٦٠) م مع قياسات القطر عند مستوى الصدر للأشجار التي أقطارها أكبر من (١٢,٥) سم واختيرت (٧) عينات من (٩٥) قطعة بصورة عشوائية. أما البيان الفضائي المستخدم فكان لـ ETM+ بتاريخ ٢٩ ايار ٢٠٠١ وباستخدام القناة ٤ (NIR). وتم تقدير الحجم الكلي لأشجار الزان بنحو (٨٠ – ٦٨٠) م^٣ / هكتار. وتوصلت الدراسة إلى أن هناك ارتباطاً قوياً بين NIR والحجم الكلي لأشجار الزان، أما النموذج المعد في الدراسة فهو :

$$Y = 1.7445 + 0.0003X^2 + 0.0304X$$

$$R^2 = 0.5864$$

إذ أن :

$$Y = \text{الحجم الكلي (م}^3 \text{ / هكتار) } \cdot$$

$$\cdot \text{ NIR} = x$$

قام الزهيري (٢٠٠٦) بدراسة لتقدير حجم الصنوبر البروني *Pinus brutia Ten.* في محافظة دهوك شمال العراق وجرت الدراسة على المشاجر الاصطناعية للصنوبر البروتي اختيرت منها (٢٧٥) شجرة من أشجار الصنوبر البروتي في مناطق (فارفار آغا، سندور، بادي، كفلسن، سواره توكا) ومنها جمعت البيانات الحقلية أثناء صيف ٢٠٠٤ ، والمتضمنة قياس القطر عند مستوى الصدر والارتفاع الكلي لجميع أشجار الدراسة .

توصل إلى عدد من النماذج المنتخبة على اساس المقاييس الإحصائية هي النسبة المئوية للخطأ القياس (S.E%) ومعامل التحديد وكذلك الاختبار غير المتحيز Ohtomo (١٩٥٦) فضلاً عن اختيار مجموع مربعات الانحرافات. وأهم النماذج المستخدمة في الدراسة هي :

نموذج اعداد جداول الحجم القياسية لمشاجر الصنوبر البروتي:

$$V_t = b_0 + b_1 (H)^{3.46} + b_2 (D^2 H)$$

$$R^2 = 0.97 \quad S.E\% = 0.019$$

نموذج جداول الحجم المحلية:

$$V = b_0 + b_1 D^{b_2}$$

نموذج الحجم النسبي / محددات القطر:

$$R_d = (b_0 + b_1 D^{0.44}) / dt^{0.0004}$$

$$R^2 = 0.89 \quad S.E\% = 0.022$$

نموذج الحجم النسبي / محددات الارتفاع :

$$Rh = b_0 + b_1 Hh_i + b_2 h_i^3$$

$$R^2 = 0.83 \quad S.E\% = 0.0038$$

إذ أن :

$$V = \text{الحجم الكلي للشجرة (م}^3\text{)}$$

$$H = \text{الارتفاع الكلي للشجرة (م)}$$

$$D = \text{القطر عند مستوى الصدر (سم)}$$

$$Rd = \text{الحجم النسبي (محدد القطر)}$$

$$dt = \text{القطر عند نهاية الساق التجاري (سم}^2\text{)}$$

$$Rh = \text{الحجم النسبي / محدد الارتفاع عند نقطة القياس}$$

$$b_2, b_1, b_0 = \text{ثوابت النموذج الرياضي.}$$

قامت الجبوري (٢٠٠٧) بدراسة لتقدير مقاطع الشجرة وامتصينات الوزن والحجم لأشجار الدلب الغربي *Platanus occidentalis L.* في نينوى، بهدف تخمين الأوزان والحجوم لأشجار هذه المشاجر فضلاً عن النمو الحاصل للقطر والارتفاع واختيرت ٣٠ عينة مربعة الشكل بأبعاد (١٠ × ١٠) م ومساحة العينة الواحدة (٠,٠١) هكتار ومن كل عينة أخذت شجرة سليمة وغير مصابة مع أخذ قياسات القطر عند مستوى الصدر والارتفاع الكلي، ارتفاع مركز التاج، طول التاج، قطر التاج، وحساب مساحة التاج. وللمفاضلة بين النماذج استخدمت مقاييس الدقة وهي معامل التحديد، والنسبة المئوية للخطأ القياس المنسوب المعدل، الانحراف المتوسطي Bais، مجموع مربعات الانحراف، فضلاً عن اختبار Ohtomo، أما النماذج المستخدمة في الدراسة فهي :

$$Vs = 0.21183 + 0.01442dbh + 0.00831hh$$

$$R^2 = 0.44 \quad S.E\% = 0.02 \quad Bais = 37.07$$

$$Vb = 0.16606 - 0.02624do^3 + 0.00105do^3$$

$$R^2 = 0.85 \quad S.E\% = 0.009 \quad Bais = 38E.07$$

$$Vt = 0.10239 + 0.00749hh + 0.00057dbh^2$$

$$R^2 = 0.44 \quad S.E\% = 0.02 \quad Bais = 5E.07$$

إذ أن :

- $V_s =$ حجم الساق (م^٣)
- $dbh =$ القطر عند مستوى الصدر (سم)
- $hh =$ الارتفاع الكلي (م)
- $V_b =$ حجم الأفرع (م^٣)
- $do3 =$ القطر عند مستوى ٢٥% من الارتفاع الكلي (سم)
- $V_t =$ الحجم الكلي / م^٣

قام Michael وآخرون (٢٠٠٨) بتقدير حجم الساق باستخدام عدد من البيانات (الأرضية، التحسس النائي، بيانات GPS). تقع منطقة الدراسة في وسط Saskatchewan في كندا على مساحة ٧١٤,٨٥٢ هكتار، اهم أنواع الأشجار *Picea glauca* و *Pinus banksiana*. جمعت البيانات الحقلية من ١٣٠ عينة تراوحت مساحتها من (٢٥-١٠٠) م^٢ وأخذت البيانات بارتفاعات اكثر من ١,٣ م والمتضمنة الارتفاع الكلي، والقطر عند مستوى الصدر وقطر التاج والمساحة القاعدية والعمر والكثافة وقسمت الأشجار على مجموعتين ، الأولى أشجار صغيرة أقطارها أقل من (١٠) سم والثانية أشجار كبيرة أقطارها أكبر من (١٠) سم . أما البيان الفضائي المستخدم فهو TM ذات التميز المكاني ٣٠ م × ٣٠ م . واستخدم نظام تحديد المواقع GPS ايضاً في الدراسة. وباستخدام نماذج الانحدار Polynomial وقدر حجم الساق من النماذج الآتية :

$$V_b = 1.117 \times V_m$$

$$R^2 = 0.964$$

$$V_t = V_s + 1.117 V_m$$

إذ أن :

- $V_b =$ حجم الساق للأشجار الكبيرة (م^٣)
- $V_m =$ الحجم التجاري (م^٣)
- $V_t =$ الحجم الكلي للساق (م^٣)
- $V_s =$ حجم الساق للأشجار الصغيرة (م^٣)

الفصل الثالث : مواد وطرائق البحث

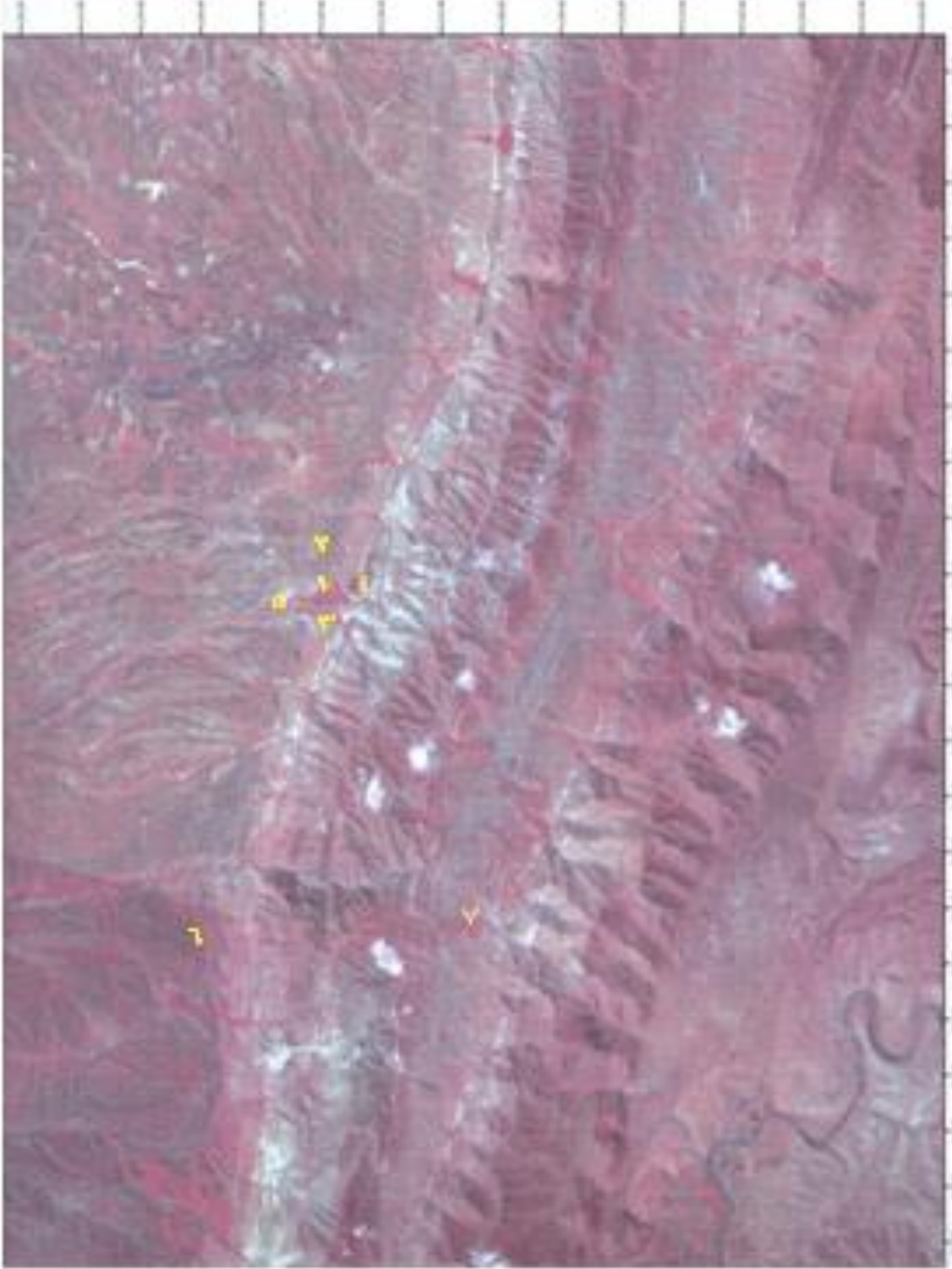
٣-١- الموقع

أجريت هذه الدراسة على مشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق لثلاث مناطق هي عقرة، أتروش، زاويتا، وتقع هذه المشاجر ضمن دائرتي عرض (٤٣° ٤٣' - ٥٤° ٥٣') وخطي طول (٥٤٣° ٠٢' - ٥٤٤° ٠٠') وارتفاع عن مستوى سطح البحر بين (٦٨١ - ١٠١٤) م، ومنطقة الدراسة عبارة عن مرتفعات جبلية تتواجد فيها مشاجر الصنوبر البروتي التي شجرت اصطناعياً أثناء الأعوام (١٩٧٥ - ١٩٨٠) ومشاجر طبيعية من أنواع أخرى موجودة طبيعياً كأشجار البلوط بأنواعها الثلاثة بلوط الأكل (*Quercus aegilops*) وبلوط العفص (*Q. infectria*) والبلوط اللبناني (*Q. libani*) فضلاً عن أنواع أخرى من أشجار الغابات مثل الحبة الخضراء (*Pistacia khinjuk*) والزعرور (*Crataegus azarolus*) والعرعر (*Junipours*) والقيقب (*Acer cinerascens*) .

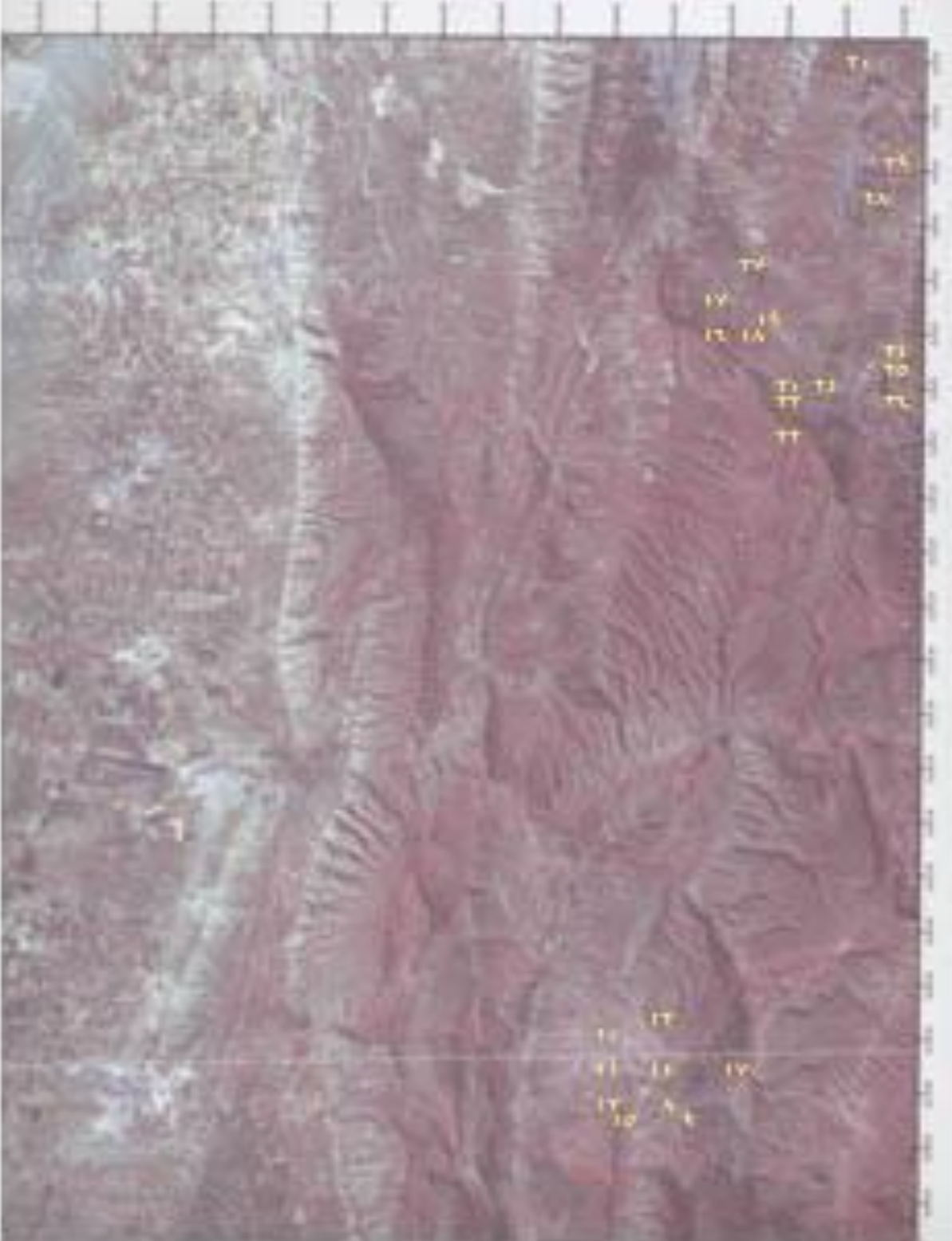
والأنواع الرئيسية المكونة للغطاء النباتي موجودة بحالة غير جيدة نتيجة للحرائق والرعي الجائر والقطع الذي تتعرض له النباتات سنوياً، والجدول رقم (١) يبين مواقع الدراسة، كما هي واضحة في الشكل (٣-١) الذي هو عبارة عن جزء من بيان فضائي لمواقع الدراسة في عقرة والشكل (٣-٢) الذي هو عبارة عن جزء من بيان فضائي لمواقع الدراسة في زاويتا وأتروش .

الجدول (٣-١) مواقع الدراسة

رقم الموقع	المنطقة	اسم الموقع	دائرة العرض /درجة	خط الطول /درجة	الارتفاع عن مستوى سطح البحر / م	الواجهة
١	عقرة	كري طوب	٣٦ ٤٥-	٤٣ ٥٣-	٧٩٩	جنوبية
٢	عقرة	كري خه ما	٣٦ ٤٥-	٤٣ ٥٢-	٧٧٢	شمالية
٣	عقرة	عقرة-خربة	٣٦ ٤٥-	٤٣ ٥٣-	٨٥٣	شمالية
٤	عقرة	باشقال نعمة	٣٦ ٤٥-	٤٣ ٥٩-	٧٩٦	شمالية
٥	عقرة	باشقال اغا	٣٦ ٤٤-	٤٣ ٥٤-	٧٢٠	شمالية
٦	عقرة	بجيل	٣٦ ٤٣-	٤٣ ٠٠-	٦٨١	شمالية
٧	عقرة	دينارته	٣٦ ٤٨-	٤٣ ٥٩-	٨٤٢	شرقية
٨	أتروش	أتروش بانكفري	٣٦ ٥١-	٤٣ ٢١-	٩٤٠	شمالية
٩	أتروش	كردهال	٣٦ ٥١-	٤٣ ٢١-	٩٦٥	شرقية
١٠	أتروش	معسكر كردهال	٣٦ ٥٠-	٤٣ ٢٠-	٩٥٠	جنوبية
١١	أتروش	كردهول	٣٦ ٥٠-	٤٣ ٢٠-	٩٤٨	جنوبية
١٢	أتروش	بلكيف	٣٦ ٥٢-	٤٣ ٢١-	٧٨٢	جنوبية
١٣	أتروش	كلي بلكيف	٣٦ ٥١-	٤٣ ٢٠-	٧٧٤	شمالية
١٤	أتروش	اسفل كردفر	٣٦ ٥١-	٤٣ ٢٠-	٨٣٩	شمالية
١٥	أتروش	بانكفري	٣٦ ٥١-	٤٣ ٢١-	٩٦٧	شمالية
١٦	أتروش	بابلو	٣٦ ٥٢-	٤٣ ٠٧-	١٠٠٢	شمالية
١٧	أتروش	جبل بابلو	٣٦ ٥٢-	٤٣ ٠٧-	١٠١٤	شمالية
١٨	أتروش	قرية بابلو	٣٦ ٥٢-	٤٣ ٠٧-	٩٩٨	شمالية
١٩	زاويتا	رأس زاويتا	٣٦ ٥٢-	٤٣ ٠٧-	٩٧١	شمالية
٢٠	زاويتا	داخل زاويتا	٣٦ ٥٣-	٤٣ ٠٨-	٩٥٢	شمالية
٢١	زاويتا	داخل زاويتا	٣٦ ٥٣-	٤٣ ٠٨-	٩٥٢	شمالية
٢٢	زاويتا	غابات زاويتا	٣٦ ٥٣-	٤٣ ٠٩-	٩٧٢	شمالية
٢٣	زاويتا	غابات زاويتا	٣٦ ٥٣-	٤٣ ٠٨-	٩٤٣	شمالية
٢٤	زاويتا	قرب الزراعة	٣٦ ٥٤-	٤٣ ٠٨-	٩٠٢	شمالية
٢٥	زاويتا	قصة زاويتا	٣٦ ٥٤-	٤٣ ٠٨-	٨٨٧	جنوبية
٢٦	زاويتا	زاويتا العليا	٣٦ ٥٤-	٤٣ ٠٨-	٩٧٤	جنوبية
٢٧	زاويتا	بادي	٣٦ ٥٤-	٤٣ ٠٦-	٩٥٨	جنوبية
٢٨	زاويتا	بيك ماله	٣٦ ٥٤-	٤٣ ٠٤-	٨٩٢	جنوبية
٢٩	زاويتا	قرية سندور	٣٦ ٥٤-	٤٣ ٠٤-	٨٦٢	شمالية
٣٠	زاويتا	باجلور	٣٦ ٥٤-	٤٣ ٠٢-	٧٦٧	شمالية



الشكل (٣-١) جزء من البيان الفضائي ملتقط بالمتحسس ETM+ للقمر الصناعي
LANDSAT 7) لمنطقة عقرة مبيينا فيها مواقع الدراسة



الشكل (٢-٣) جزء من البيان الفضائي ملتقط بالمتحسس ETM+ للقمر الصناعي
(7 LANDSAT) لمنطقة زاويتا وأتروش مينا فيها مواقع الدراسة

٢-٣- المناخ :

إن التباين الذي يحصل في النمو السنوي المستمر بين سنة وأخرى يؤثر في إنتاجية المشاجر يعود سببه إلى التباين الذي يحصل في عناصر المناخ المختلفة ، إذ تلعب الظروف المناخية دوراً حيوياً في التأثير في النمو والإنتاج للمشاجر من الناحيتين الكمية والنوعية للمنتج الخشبي إذ تؤثر في التربة وصفاتها وكمية الرطوبة التي تحتويها فالمحتوى الرطوبي للتربة يعتمد بالدرجة الأساس على كمية السواقي وفتراتها وعلى مستوى الماء الأرضي فضلاً عن نوعية التربة وكميتها، لذا فإن دراسة عناصر المناخ المحددة للنمو كدرجات الحرارة والأمطار تعد من الأمور المهمة.

يعتمد مناخ أي منطقة في العالم على سير عناصر المناخ المختلفة ومدى تأثيرها بصورة مجتمعة في تلك المنطقة، ويتميز مناخ منطقة الدراسة بأنه يخضع لظروف مناخ البحر المتوسط حسب تصنيف (Koppen) للأقاليم المناخية في تقسيمات المناخ عن (Pettersson، 1969)، الذي ينص على أن إقليم مناخ البحر المتوسط يتميز بسقوط الأمطار في الشتاء والربيع ويتراوح مقدارها بين (٤٠٠-٧٥٠) ملم في السنة، وأن الحد الأدنى لمعدل درجة الحرارة في الأشهر الحارة هو ٢٣°م ومعدل درجات الحرارة في الشتاء بين (٤,٤٤ - ١٢,٧٧) م (سليم، ٢٠٠٨).

ويمكن إجمال العناصر المناخية والبيئية الأساسية التي لها الدور الرئيس في التأثير في إنتاجية المشاجر:

١-٢-٣- درجة الحرارة Temperature

تعد □ درجة الحرارة من العوامل المحددة لتوزيع الغطاء النباتي على الكرة الأرضية وإن تغيراتها أثناء الفصول تفرض على النباتات فترات السكون والنمو وتنظيم عمليات التوريق والإزهار والإثمار وسقوط الأوراق والإنبات، كما تؤثر في الوظائف الأساسية مثل البناء الضوئي والنتح والتنفس، وأن تحمل الأشجار لدرجات الحرارة الصغرى والعظمى تختلف حسب الأنواع من جهة ومراحل نموها من جهة أخرى، وهذا فإن كل نوع من الأشجار يحتاج إلى كمية معينة من الحرارة خلال فصل النمو كي يستطيع أن ينمو ويتطور بصورة طبيعية وان كل الأنواع تختلف فيما بينها من حيث احتياجاتها الحرارية وتحملها لدرجات الحرارة ، إذ تؤثر درجة الحرارة في التركيب النباتي فهي تحدد إمكانية نمو النباتات وتكاثرها، وهذا ما يفسر لنا اختلاف التركيب النباتي للغابات تبعاً لاختلافات درجات الحرارة بالنسبة لدوائر العرض والطول الجغرافية والارتفاع عن سطح البحر واتجاه السفوح .

يتحمل الصنوبر البروتي درجة حرارة صغرى مقدارها (-٢٥) م° وعظمى (٥٠) م° (نحال، ٢٠٠٣) ، الجدول (٢-٣) يبين درجات الحرارة الصغرى والعظمى ومعدلاتها لمنطقة الدراسة

وللفترة (١٩٧٥-٢٠٠٧)، إذ نلاحظ أن أوطأ معدل شهري لدرجات الحرارة هو في شهر كانون الثاني وان أعلى معدل شهري لدرجات الحرارة في شهر تموز.

الجدول (٢-٣) معدلات درجات الحرارة الشهرية للمدة (١٩٧٥-٢٠٠٧) في منطقة الدراسة

الشهر	معدل درجة الحرارة الصغرى (م°)	معدل درجة الحرارة العظمى (م°)	معدل درجات الحرارة (م°)
كانون ٢	٣,٦	١١,٥	٧,٥
شباط	٣,٨	١٢,٥	٨,١
أذار	٧,٢	١٦,٨	١٢
نيسان	١١,٥	٢٢,٣	١٦,٩
مايس	١٦,٩	٢٩,٥	٢٣,٢
حزيران	٢٢,١	٣٦,٥	٢٩,٣
تموز	٢٦,٦	٤٠,٨	٣٣,٧
أب	٢٥	٣٩,٩	٣٢,٤
أيلول	٢٠,٥	٣٤,٨	٢٧,٦
تشرين ١	١٥,٨	٢٧,٨	٢١,٨
تشرين ٢	٩,٤	١٩,٣	١٤,٣
كانون ١	٤,٤	١٢,٤	٨,٤
المعدل السنوي	١٣,٩	٢٥,٣	١٩,٦

* محطة الأنواء الجوية - دھوك ٢٠٠٨

٣-٢-٢- الأمطار:

إن كمية الأمطار وتوزيعها على الفصول يلعبان دوراً مهماً في توزيع الغابات ويحددان إمكانية حياة الأنواع النابتة في مكان، فكمية معينة من الأمطار يمكن أن تكون كافية لنمو غابات كثيفة

بشكل جيد في مناخ معين ولا تسمح إلا بظهور غابات تتحمل الجفاف وقليلة الكثافة في مناخ اشد حرارة، وهذا يعود إلى ازدياد احتياج الأشجار للماء مع ارتفاع درجة الحرارة، ولذلك فإن من الصعب دراسة فعالية الأمطار بالنسبة للغابات دون الأخذ بالحسبان عامل التبخر، وإن المناخ الاستوائي بأقطابه الغزيرة و بانتظام توزيعها على مدار السنة يلائم تماماً الغابات، ولذلك نلاحظ في البلاد الاستوائية أضخم وأكثف الغابات على الأرض كذلك فإن المناخ المحيطي بانتظام أمطاره على مدار السنة وهطولها بالشكل يلائم الغابات أكثر من المناخ المتوسطي الذي يتميز بفصل جاف و حار طويل وبأمطار قوية.

ان الغابة تتطلب من (١٠٠٠-٤٥٠٠) م^٣ من الماء أي ما يعادل (١٠٠-٤٥٠) ملم من الماء في الهكتار في السنة غير أنه لا يمكننا أن نستنتج من ذلك ان كمية الأمطار تعادل (١٠٠-٤٥٠) ملم في السنة يمكن أن تغطي حاجة الغابة لان تربة الغابة لا يمكنها أن تحتفظ بكل كمية الأمطار الساقطة وتضعها تحت تصرف جذور الأشجار (نحال، ٢٠٠٢)، والحقيقة أن نسبة عالية من الأمطار الساقطة توقفها تيجان الأشجار وتعود إلى الجو عن طريق التبخر، أما الباقي من الأمطار فيصل أرض الغابة مجتازاً التيجان أو سائلاً على السيقان، وكذلك فإن جزءاً من الأمطار يصل أرض الغابة ويسيل على سطح الأرض ويتبخر جزئياً وجزءاً آخر يتعمق في الأرض ويذهب لتغذية المياه الجوفية وجزءاً آخر تمتصه التربة ويشكل الماء الذي يمكن ان تستفيد منه الأشجار نحو (٣٠%) لذلك فإن الأمطار السنوية يجب أن تكون أعلى بكثير من احتياج الغابة إذ إن كمية الماء التي توضع تحت تصرف الجذور لا تتجاوز ثلث كمية الأمطار السنوية .

تتميز منطقة الانتشار الطبيعي للسنوبر البروتي بأمطار سنوية تتراوح بين (٣٠٠-١٥٠٠) ملم تقريباً (نحال، ٢٠٠٣) ، الجدول رقم (٣-٣) يبين كمية الأمطار الساقطة في منطقة الدراسة ومن الجدول نلاحظ أن أعلى معدل شهري هو في شهر كانون الأول .

الجدول (٣-٣) معدل كمية الأمطار الساقطة في منطقة الدراسة للمدة (١٩٧٥-٢٠٠٧)

الشهر	معدل كمية الأمطار الساقطة / ملم
-------	---------------------------------

٩١,٢٤	كانون ٢
٨٩,٤١	شباط
٨٦,٧٩	أذار
٥٥,٧	نيسان
٢١,٥٦	مايس
٠,٦٤	حزيران
-	تموز
-	أب
-	أيلول
١٨,٧٥	تشرين ١
٦١,٨٤	تشرين ٢
٩١,٣٢	كانون ١
٥١٧,٢٥	المعدل السنوي

* محطة الأنواء الجوية - دهبك ٢٠٠٨

٣-٣- التربة Soil

تلعب التربة دوراً مهماً في حياة الأشجار والغابات وفي توزيعه، فالتربة تثبت الأشجار وتؤمن لها الماء والمواد الغذائية اللازمة للعمليات الفيزيولوجية الخاصة بنموها.

إن نوعية التربة والصخرة الأم تحددان طبيعة الأشجار وانتشارها في منطقة معينة، والواقع أن تأثير التربة واضح تماماً في التوزيع المحلي للأشجار، وأن العوامل المناخية أو المناخ يأتي في الدرجة الأولى لتحديد مجال انتشار شجرة معينة غير أن شروط التربة هي المسؤولة عن الحد من انتشار هذه الشجرة في هذا المجال، وهذا ما يلاحظ في الطبيعة إذ نجد في مجال انتشار شجرة معينة أن هذه الشجرة تحتل بعض المواقع فقط دون غيرها فإذا كانت هذه الشجرة تخشى الترب المالحة الغنية بالصوديوم أو الترب الكلسية فإنها تحتل في مجال انتشارها الطبيعي المواقع التي تناسبها من حيث خواص التربة وتبتعد عن المواقع التي تتميز بالترب المالحة الكلسية . تؤثر التربة في إنبات البذور كما تؤثر في معدل نمو الأشجار وإنتاجها وأشكالها ونوعية الأخشاب وفي إنتاج البذور كذلك.

إن شجرة معينة مهما كانت متكيفة مع المناخ فإنها لا تعطي نتائج تربوية واقتصادية جيدة إلا إذا كانت تنمو في تربة تلائمها تماماً، وهكذا فإن أي خلل في خواص التربة يؤثر في نمو الشجرة وتطورها ويمكن ان يؤدي إلى موتها من أول عمرها.

يعد الصنوبر البروتي من الأنواع القنوعة من ناحية التربة، ولذا يمكن مشاهدته فوق أنواع مختلفة من الصخور كالصخور الخضراء (السربنتين) وعلى المارن والصخور الكلسية وفوق الأتربة الحمراء والأراضي ذات الترب السطحية جداً، وينمو نمواً جيداً فوق الأتربة الغنية والعميقة، وبالعكس فإنه قليل النمو في الأتربة المالحة أو ذات النفاذية القليلة.

أما ترب مناطق الدراسة فصنفت حسب (Buringh ، ١٩٦٠) لتصنيف الترب العراقية إلى الأصناف الآتية :

- ١-تربة بنية ذات السمك العميق.
- ٢- أرض وعرة منشققة صخرية.
- ٣- أراضي بنية ذات السمك المتوسط والضحل تكسو حصو بختياري.

٣-٤- اختيار العينات

لأخذ العينات لهذه الدراسة تم اختيار المعاينة بالاحتمالات Probability Sampling التي تتضمن عدد من طرائق المعاينة، ولما كانت دراستنا تتضمن مصدرين للبيانات فضائية وأرضية، لذا فإن طريقة المعاينة متعددة الأطوار Multi-phase Sampling تكون أكثر ملائمة للاستخدام من

غيرها، فالطور الأول يمثل البيان الفضائي بثلاث طبقات كل منها يمثل موقع معين من المواقع الثلاثة التي تشملها الدراسة، ولتحديد عدد عينات الطور الثاني والمتمثلة بالبيانات الأرضية قمنا بإجراء مسح أولي لمواقع الدراسة الثلاثة (عقرة، اتروش، زاويتا) ومنها أخذت عينتين عشوائيتين من كل موقع مساحة كل عينة (٩٠٠) م^٢ (حسب التميز المكاني للبيان الفضائي)، وبذلك أصبح لدينا (٦) عينات أولية ومن كل عينة تم قياس القطر عند مستوى الصدر والارتفاع الكلي لكل شجرة من أشجار العينة، وباستخدام المعادلة المعدّة من قبل (الزهيري، ٢٠٠٦) قمنا بتقدير الحجم للشجرة الواحدة .

$$V = b_0 + b_1 H^{3.96} + b_2 D^2 H$$

إذ إن :

$$V = \text{حجم الشجرة (م }^3 \text{)} .$$

$$D = \text{القطر عند مستوى الصدر (سم)} .$$

$$H = \text{الارتفاع الكلي للشجرة (م)} .$$

$$b_0, b_1 = \text{ثوابت النموذج الرياضي} .$$

ويمكن ترتيب البيانات الأولية للعينات الست في الجدول كما في الملحق (١) .

لتحديد عدد العينات الكلية التي يجب أخذها للطور الثاني (الجرد الأرضي) استخدمت البيانات في ملحق (١) مع بعض المقاييس الإحصائية الآتية:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{71.1802}{513} = 0.138752$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}$$

$$S^2 = \frac{29.296181}{512} = 0.057219$$

$$N = (nt^2s^2)/n(AE)^2 + t^2s^2$$

$$N = \frac{513(1.645)^2(0.057219)}{513(0.01)^2 + (1.645)^2(0.05219)} \cong 9.2 = 10$$

إذ إن :

$$\bar{x} = \text{المتوسط الحسابي لحجم الأشجار (م }^3 \text{)} .$$

$$x_i = \text{حجم الشجرة (م}^3\text{)} .$$

$$S^2 = \text{التباين} .$$

$$n = \text{عدد الأشجار الكلية للمشاجر} .$$

$$N = \text{عدد العينات الأرضية} .$$

$$t = \text{هي الجدولية (قيمة تؤخذ من توزيع استيوذنت بدرجات حرية مقدارها (n-1))} .$$

$$AE = \text{الخطأ القياسي المسموح به لوحدات x تحت مستوى احتمال (0,05)} .$$

نرى مما تقدم أن الحد الأدنى للعينات الأرضية هي عشر عينات يمكن أن تمثل ذلك المجتمع وعن طريق استخدام المعاينة العشوائية البسيطة Simple Random التي تكون العينات فيها متساوية الفرصة وينظر إلى غابية كأنها مجتمع إحصائي واحد، وإن مجموع العينات للمجتمع يمكن أن تمثل إلى حد ما N (Amaro, 2003)، ولما كانت الزيادة في عدد المكررات تؤدي إلى زيادة الدقة لذا ارتأينا زيادة عدد العينات الأرضية ليصل إلى (30) وكانت العينات العشوائية التي تم انتخابها كما في الجدول (3-1).

ولغرض جمع البيانات لهذه الدراسة استخدم كل ما يأتي:

3-5- البيان الفضائي Landsat Images

تم استخدام جزء من البيان الفضائي الملتقط بواسطة راسم البيانات الموضوعي ETM+ (plus) Enhanced Thematic Mapper) للقمر الصناعي لاندسات 7 Landsat 7 () الملتقط بتاريخ 2001/6/31 وان المسار Path والصف Row لهذا البيان هو (170,34). إذ تم استخدام هذا البيان لقياس مقدار الأنعكاسية للغطاء النباتي (الأشجار) من خلال القنوات المستخدمة وهذه القنوات هي قناة الموجة الزرقاء (1) وقناة الموجة الخضراء (2) وقناة الموجة الحمراء (3) وقناة الموجة تحت الحمراء القريبة (4) وقناة الموجة تحت الحمراء المتوسطة (5) وقناة الموجة تحت الحمراء المتوسطة (7)، حددت المواقع للعينات على البيان الفضائي باستخدام نظام تحديد الموقع العالمي (GPS) وخطوط الطول ودوائر العرض، فبعد تحديد موقع العينة الأولى على البيان الفضائي تم استخدام برنامج Photoshop لقراءة قيم الأنعكاسية للقنوات (1، 2، 3، 4، 5، 7) ثم كرر ذلك على عينات الدراسة الأخرى كما في الجدول (3-4).

الجدول (٤-٣) قيم الانعكاسية للقنوات (١،٢،٣،٤،٥،٧) في العينة (٣٠ × ٣٠) م^٢

الموقع	القناة ١	القناة ٢	القناة ٣	القناة ٤	القناة ٥	القناة ٧
1	63	52	55	140	69	40
2	65	55	50	120	72	36
3	65	65	51	124	78	45
4	69	61	54	135	81	47
5	67	60	50	115	77	43
6	66	59	51	123	75	40
7	67	59	52	128	83	52
8	65	59	56	115	82	54
9	67	60	54	112	78	51
10	68	65	50	117	83	48
11	67	58	50	116	67	33
12	67	60	50	118	86	52
13	67	60	50	119	84	54
14	66	55	51	122	65	45
15	65	58	50	116	61	44
16	65	60	50	119	78	43
17	68	60	51	126	72	43
18	69	61	50	110	75	46
19	67	60	51	119	83	48
20	69	60	50	116	79	51
21	64	56	56	142	79	42
22	66	62	50	119	74	38
23	68	61	50	116	82	54
24	69	63	50	115	85	57
25	65	57	50	120	75	39
26	68	62	52	128	86	48
27	67	58	50	118	73	47
28	66	56	50	119	77	42
29	68	59	57	144	78	44
30	68	60	53	130	83	51

ولما كانت هناك بعض المتغيرات التي تكون أكثر ارتباطاً مع الكتلة الحية للغطاء النباتي والمتمثلة في كل من تحليل الغطاء القمي (١) TCA-1 وتحليل الغطاء القمي (٢) TCA-2 وتحليل الغطاء

القمي (٣) TCA-3 والنسبة البسيطة SR ودليل الاختلاف الخضري الطبيعي NDVI (,)
Jenson (٢٠٠٥) لذا قمنا باستخراج قيم هذه المتغيرات كما يأتي:

١- النسبة البسيطة: Simple Ratio SR

وهي عبارة عن النسبة بين NIR (الأشعة تحت الحمراء القريبة Near Infrared) ذات
الطول الموجي (٠,٧-١,٣) مايكرومتر والمتمثلة بالقناة ٤ (B₄) والأشعة الحمراء Red
ذات الطول الموجي (٠,٦-٠,٧) مايكرومتر والمتمثلة بالقناة ٣ (B₃) والتي يمكن تمثيلها كما
يأتي:

$$SR = \frac{NIR}{Red} = \frac{B_4}{B_3}$$

إذ إن B₄, B₃ هما القناة الثالثة والرابعة من قنوات ETM+ على التوالي، وتشير إلى
انعكاسية الغطاء النباتي للطيف تحت الحمراء القريب NIR والطيف الأحمر R إذ كلما زادت
عدد خلايا وطبقات الأوراق يؤدي إلى زيادة في قيمة NIR.

٢- دليل الاختلاف الخضري الطبيعي

NDVI (Normalized Difference Vegetative Index)

وهو عبارة عن النسبة للفرق بين الأشعة تحت الحمراء القريبة والأشعة الحمراء إلى الأشعة
تحت الحمراء القريبة مضافة إليها الأشعة الحمراء أي:

$$NVDI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} = \frac{B_4 - B_3}{B_4 + B_3}$$

٣- تحليل الغطاء القمي (TCA-1) Tasseled Cap Analysis

$$TCA - 1 = 0.2043(B_1) + 0.4150(B_2) + 0.5524(B_3) + 0.5741(B_4) + 0.3124(B_5) + 0.2303(B_7)$$

٤- تحليل الغطاء القمي (TCA-2) Tasseled Cap Analysis

$$TCA - 2 = (-0.1603(B_1)) + (-0.2819(B_2)) + (-0.4934(B_3)) + 0.7940(B_4) + 0.0002(B_5) + (-0.1446(B_7))$$

٥- تحليل الغطاء القمي (TCA-3) Tasseled Cap Analysis

$$TCA - 3 = 0.0315(B_1) + 0.2021(B_2) + 0.3002(B_3) + 1.1594(B_4) + (-0.6806(B_5) + (-0.6109(B_7))$$

ومن خلال استخدام القراءة المختلفة للقنوات لمختلف المواقع المختصة بالدراسة تمكنا من تقدير

هذه التغيرات وكما في الجدول (٣-٥) .

) الجدول (٣-٥) النسبة البسيطة ودليل الاختلاف الخضري الطبيعي وتحليل الغطاء القمي (١، ٢، ٣) في العينة (٣٠ × ٣٠) م^٢

الموقع	النسبة البسيطة SR	دليل الاختلاف الخضري الطبيعي NDVI	تحليل الغطاء القمي (١) TCA-1	تحليل الغطاء القمي (٢) TCA-2	تحليل الغطاء القمي (٣) TCA-3
1	2.5454	0.4358	176.0161	53.4951	119.9233
2	2.4000	0.4117	163.4441	39.4948	96.3054
3	2.4314	0.4171	174.398	38.0582	93.6825
4	2.5000	0.4285	182.9221	45.5098	103.3905
5	2.3000	0.3939	166.2353	32.7835	83.9026
6	2.4118	0.4137	169.4447	39.5177	96.4383
7	2.4615	0.4222	178.3347	41.1004	89.7914
8	2.0536	0.3450	172.8206	28.836	75.3158
9	2.0740	0.3493	168.8774	27.2713	76.0574
10	2.3400	0.4011	172.6927	32.0799	80.1253
11	2.3200	0.3970	160.5508	35.5853	97.5728
12	2.3600	0.4047	172.8419	33.8659	75.7573
13	2.3800	0.4082	173.2518	34.3703	77.0561
14	2.3921	0.4104	165.2349	39.1263	98.222
15	2.3200	0.3975	160.8011	34.3141	94.8735
16	2.3800	0.4082	168.4355	36.2803	87.7966
17	2.4706	0.4237	171.7451	40.8628	100.3907
18	2.200	0.3750	164.2553	27.7768	77.8992
19	2.3333	0.4000	172.11	34.7443	81.7023
20	2.3200	0.3975	169.6852	32.1005	78.8766
21	2.5357	0.4343	183.1688	53.0146	115.3544
22	2.3800	0.4082	167.0703	36.2784	94.0092
23	2.3200	0.3975	171.5248	31.5457	75.1727
24	2.300	0.3939	173.6147	29.5944	70.5745
25	2.400	0.4117	165.9038	38.4978	92.8351
26	2.4615	0.4222	179.8024	40.6734	90.831
27	2.3600	0.4047	166.7976	35.1501	87.2554
28	2.3800	0.4082	166.4339	37.392	88.3112
29	2.5263	0.4328	187.0822	52.3329	118.1645
30	2.4528	0.4207	180.4251	41.8974	93.2549

٣-٦- البيانات الأرضية:

ُحدت مواقع العينات المختلفة باستخدام جهاز (Global Positionin System) GPS وهو عبارة عن جهاز استقبال للمعلومات من الأقمار الصناعية وينفذ بعض العمليات الحسابية من خلال معالجات الكترونية يحتويها ليحدد بالضبط الموقع الجغرافي للمستخدم (علي، ٢٠٠٧) ، إذ قمنا بالوقوف في وسط كل عينة بحيث كان هناك مجال مفتوح في المظلة التاجية لغرض استقبال المعلومات من الأقمار الصناعية بصورة دقيقة، ومن ثم قراءة الأرقام التي تظهر في الجهاز والتي تمثل الموقع الجغرافي للعينة (خطوط الطول ودوائر العرض) ، قمنا بإجراء الخطوات الآتية ولكل عينة من العينات وكما يأتي:

أ- تحديد مساحة العينة وحدودها الخارجية من خلال شريط يحيط بالعينة لتجنب قياس الأشجار خارج العينة ، إذ كان شكل العينة مربع وبأبعاد (٣٠ × ٣٠) م .

ب- أخذ قياسات القطر عند مستوى الصدر لأشجار العينة كافة مستخدمين الشريط القطري لهذا الغرض.

ج- قياس الارتفاع الكلي لأشجار العينة بالاعتماد على جهاز Haga altimeter .

د- تقدير ارتفاع مركز التاج وطول التاج، ارتفاع مركز التاج عبارة عن المسافة العمودية المحصورة بين مستوى سطح الأرض ومركز تاج الشجرة المتمثلة بثلاثة أفرع حية دائرية حول الساق الرئيس مستخدمين جهاز الهاكا للقراءة، في حين تم تحديد طول التاج من الفرق بين الارتفاع الكلي للشجرة وارتفاع مركز تاجها.

هـ - قطر التاج Cd :

وهو عبارة عن قطر دائرة وهمية تؤخذ مساقطها من الحافات الخارجية لتاج الشجرة ولأكثر من نقطة على أن تمر من مركز الدائرة إذ تم قياس قطر التاج من خلال إنزال مساقط وهمية على الأرض وعلى المحيط الخارجي للشجرة فبعد رسم هذه المساقط على الأرض التي تكون أقرب إلى الشكل الدائري، لذا قمنا بقياس أقطار الدائرة من عدد من الأماكن وأخذنا المعدل وبذلك حصلنا على قطر التاج ولجميع الأشجار.

و- دليل الضوء (Li) Light Index

وهو مقدار الضوء النافذ من خلال تيجان الأشجار إلى أرضية الغابة لذلك فهناك علاقة بين ارتفاع الأشجار وطول تاجها والكثافة للعينة الواحدة، لذا قام (Jerome، ١٩٩٤) بإعداد نموذج رياضي يمكن عن طريقه تقدير وتعيين هذا المقياس لأشجار الصنوبر البروتي وكما يأتي :

$$LI = H - (0.24 \times CL)$$

إذ إن :

$$\bullet \text{ LI} = \text{دليل الضوء}$$

$$\bullet \text{ H} = \text{ارتفاع الشجرة الكلي (م)}$$

$$\text{CL} = \text{طول التاج (م)}$$

ولتوضيح القياسات التي تم أخذها للفقرات من (أ - و) نلاحظ الملحق (٢) الذي يبين القياسات الحقلية للعينه رقم (١) .

ز- حجم الشجرة الكلي Total Tree Volume

تم تقدير حجم الساق الرئيس لأشجار العينات المختلفة للسنوبر البروتي لأشجار العينات المختلفة بالاعتماد على المعادلة الرياضية المعدة من قبل (الزهيري، ٢٠٠٦) لمشاجر السنوبر البروتي النامية في شمال العراق وكما يأتي:

$$VT = 0.01238 - 0.00001(H)^{3.96} + 0.00004(D)^2(H)$$

من خلال المعادلة أعلاه، تم تقدير حجم الشجرة الكلي لأشجار العينة الواحدة، ولما كان هدفنا استخراج حجم مختلف عناصر الشجرة بالشكل منفرد أو مجتمع، لذا استخدمت معادلة التي تقدر النسبة بين حجم الساق الرئيس والحجم الكلي للشجرة لمختلف عناصره والمعدّ من قبل (الزهيري، ٢٠٠٦) .

$$Rd = \left(-0.50186 + 0.1622(D)^{0.44} \right) / (dt)^{0.004}$$

ومن خلال استخدام المعادلة أعلاه بالاعتماد على البيانات الحقلية والحد الأدنى للقطر عند الجزء العلوي من ساق الشجرة الذي حدد بقطر (٤) سم تمكنا من تقدير Rd لكل شجرة والأشجار العينة الواحدة كافة، ولتقدير حجم الساق الرئيس للشجرة الواحدة استخدمت العلاقة الآتية

$$VS = \sqrt{RD} \times VT$$

من خلال تطبيق العلاقة أعلاه قدّر حجم الساق الرئيس لأشجار العينة الواحدة، أما لتحديد حجم الأفرع فقد استخدمت العلاقة الآتية

$$VB = VT - VS$$

إذ إن :

$$VT = \text{الحجم الكلي للشجرة (م }^3 \text{)} .$$

$$VS = \text{حجم الساق الرئيس (م }^3 \text{)} .$$

$$Rd = \text{الحجم النسبي للساق} .$$

$$dt = \text{الحد الأدنى للقطر (} \text{م} \text{)} .$$

$$VB = \text{حجم الأفرع (م }^3 \text{)} .$$

وإن كل من عناصر العلاقة السابقة قد 'حسب من خلال معادلات المذكورة سابقاً لذا فقد تم تحديد كل من الحجم الكلي للساق الرئيس والأفرع للشجرة الواحدة وبالآتي للعيننة ولعينات المأخوذة للدراسة كافة .

ح- المساحة السطحية للتاج: Crown Surface Area.

تعد هذه الصفة الأهم بالنسبة للدراسات التي تعتمد على البيان الفضائي، لكونها تعكس أو تمتص الإشعاعات الساقطة عليها، وبالآتي يمكن تسجيل هذه الانعكاس من خلال القنوات المختلفة، ويمكن تحديده حقلياً من افتراض أن شكل تاج الشجرة أقرب إلى شكل هندسي يمكننا تمثيله، ولذلك استخدمت العلاقة الآتية لتقدير المساحة السطحية (الخفاف، ١٩٨٨):

$$SC = \frac{1}{2} pbL$$

إذ إن :

$$\bullet SC = \text{المساحة السطحية للتاج (م}^2\text{)}$$

$$\bullet Pb = \text{محيط الدائرة} = D \times \pi$$

$$\bullet \pi = 3,14$$

$$\bullet D = \text{قطر التاج (م)}$$

$$\bullet L = \text{طول التاج (م)}$$

ط- الكثافة التاجية :

وهي عبارة عن مجموع المساحات التي تشغلها تيجان الأشجار إلى المساحة الكلية لتلك الأشجار، وتحدد من خلال قياس مساحة تيجان الأشجار المختلفة للعيننة الواحدة وتقسيم على المساحة الكلية للعيننة ويمكننا ملاحظة البيانات الحقلية للعيننة (١) ومن (ز - ح) (ملحق ٣).

٣-٧- الوزن الرطب لأشجار العيننة :

ولاستخراج الوزن الكلي للشجرة ووزن عناصرها المختلفة (الساق، الأفرع، الأوراق) قمنا في الحقل بتحديد شجرة مثالية من كل عيننة (خالية من الإصابات وسليمة) ومن هذه الشجرة جرى حساب ما يأتي:

أ- استخراج الوزن الرطب للساق

أخذت شجرة واحدة من كل عيننة من عينات الدراسة (٣٠) الثلاثون وأخذ عينات من الأفراس مع القشرة من ثلاثة مواقع على الساق الرئيس سمك القرص (5) سم ووزن في الحقل

قبل إن يفقد الرطوبة ثم بعد ذلك أخذت هذه الأقراص إلى المختبر وأخذت قياسات الحجم للقرص وهو ما زال رطباً على اعتباره جسم اسطواني، ولحساب كثافة الوزن الرطب للأقراص استخدمت العلاقة الآتية :

$$Dg = \frac{\text{Green weight of wood and barke}}{\text{Green Volume with bark}}$$

ولاستخراج الوزن الرطب مع القشرة للجذع اعتمدت العلاقة الآتية:

$$Wg = \frac{L}{6} (A_t D_{gu} + 2A_t D_{gt} + 2A_u D_{gu} + A_u D_{gt})$$

إذ إن :

$$D_{gt} = \text{كثافة الوزن الرطب عند الجزء السفلي للجذع (كغم/م}^3\text{)}.$$

$$D_{gu} = \text{كثافة الوزن الرطب عند الجزء العلوي للجذع (كغم/م}^3\text{)}.$$

$$L = \text{طول الجذع/ م.}$$

$$WG = \text{الوزن الرطب للجذع/ كغم.}$$

$$A_t = \text{مساحة المقطع العرضي عند الجزء السفلي للجذع/م}^2.$$

$$A_u = \text{مساحة المقطع العرضي عند الجزء العلوي للجذع/م}^2.$$

ب- الوزن الرطب للأفرع والأوراق

قسم تاج الشجرة على ثلاث مناطق متساوية على امتداد التاج ومن كل منطقة أخذ أحد الأفرع بصورة عشوائية، ثم بعد ذلك فصلت الأوراق ووضعت في أكياس، أما الفرع فقد تم إجراء الوزن له ومن خلال ضرب وزن الفرع في الطبقة مع أعداد الأفرع في تلك الطبقة استطعنا تقدير الوزن لأفرع الشجرة الواحدة، أما بالنسبة للأوراق فقد تم وزنها للفرع الواحد وتحويلها إلى الوزن للطبقة ثم للشجرة كاملاً وهذا ما أشار إليه كل من (Valentine، ١٩٨٤) و (Gregoire، ١٩٩٥) في تقدير نماذج عشوائية لها وتحويلها فيما بعد إلى الشجرة كاملاً.

ج- الوزن الرطب الكلي للشجرة Total Green Weight

لتخمين الوزن الرطب الكلي لشجرة ما من أشجار الصنوبر البروتي قمنا بجمع عناصر الشجرة المختلفة التي تم حسابها سابقاً لحصول على الوزن الرطب الكلي للشجرة وكما هو موضح في الجدول (٦-٣).

الجدول (٦-٣) الوزن الرطب للشجرة الواحدة وعناصرها المختلفة لمواقع العينات الأرضية

العينات الأرضية	الوزن الرطب للساق/ كغم	الوزن الرطب للأفرع/ كغم	الوزن الرطب للأوراق/ كغم	الوزن الرطب الكلي/ كغم
1	70.4676	14.3061	3.1094	87.8832
2	82.5813	17.0368	3.4830	103.1015

88.4095	3.1227	14.3999	70.8869	3
93.6585	3.2533	15.3378	75.0674	4
56.3728	2.2673	8.7963	45.3091	5
26.6113	1.3271	3.8563	21.4278	6
212.3098	5.8131	37.4884	169.0083	7
118.6420	3.8481	19.8628	94.9310	8
43.5215	1.8855	6.6224	35.0134	9
81.2542	2.9409	13.1295	65.1839	10
194.8191	5.4697	34.1336	155.2157	11
102.0543	3.4579	16.8477	81.7486	12
64.8172	2.5041	10.2506	52.0624	13
38.1424	1.7162	5.7292	30.6969	14
44.9677	1.9300	6.8644	36.1732	15
33.2169	1.5549	4.9215	26.7404	16
43.9838	1.8998	6.6997	35.3842	17
68.1537	2.5952	10.8301	54.7284	18
123.2077	3.9526	20.6995	98.5555	19
65.7612	2.5300	10.4143	52.8168	20
126.0828	4.0178	21.2279	100.8370	21
79.5991	2.8981	12.8371	63.8639	22
76.1070	2.8071	12.2217	61.0781	23
29.3723	1.4241	4.2988	23.6493	24
95.7583	4.0227	21.2679	70.4676	25
116.1261	3.7900	19.4031	92.9331	26
76.2088	2.8098	12.2396	61.1593	27
69.7947	2.6395	11.1161	56.0391	28
113.5813	3.7308	18.9387	90.9116	29
56.3823	2.2675	8.7981	45.3167	30

٣-٨- الوزن الجاف لأشجار الصنوبر البروتي

أ- الوزن الجاف للساق

لتقدير الوزن الجاف للساق أخذ مقطع عرضي بسمك (٥) سم ووزن وهو في حالة رطوبة بعد عملية القطع، ووضع في فرن كهربائي بدرجة حرارة (١٠٠-١٠٥) م° ولفترة (٧٢) ساعة وأخذ قياس

الوزن الجاف لهذا المقطع على فترات متتالية لغاية الوصول إلى ثبات الوزن له، ومن خلال استخدام العلاقة :

$$Dd = \frac{\text{Oven-dry weight of wood only}}{\text{Green volume without bark}}$$

لتقدير الوزن الجاف للخشب فقط يمكننا تطبيق العلاقة الآتية :

$$Wd = \frac{L}{6} (A_t D_{du} + 2A_t D_{dt} + 2A_u D_{du} + A_u D_{dt})$$

إذ إن :

Wd = الوزن الجاف للذئع بدون القشرة/ كغم.

D_{dt} = كثافة الوزن الجاف عند الجزء السفلي للذئع (كغم/م^٣).

D_{du} = كثافة الوزن الجاف عند الجزء العلوي للذئع (كغم/م^٣).

A_t = مساحة المقطع العرضي عند الجزء السفلي للذئع (م^٢).

A_u = مساحة المقطع العرضي عند الجزء العلوي للذئع (م^٢).

L = طول الذئع (م).

ب- الوزن الجاف للأفرع Branch Dry Weight

أخذ العينات الثلاث لأفرع الشجرة الواحدة بطول (٤) سم ووزنها وهي رطبة، ثم بعد ذلك وضعت في فرن كهربائي لتجفيفها بدرجة حرارة (١٠٠-١٠٥) م ثم بعد ذلك استخدمت طريقة النسب في تقدير الوزن الجاف الكلي للفرع وبالتالي لأفرع الشجرة الواحدة .

ج- الوزن الجاف للأوراق Leaves Dry Weight

بعد فصل الأوراق عن الأفرع التي تم أخذها بوصفها عينات للدراسة قمنا بوزنها وهي رطبة، ثم وضعت في أكياس تم ترقيمها حسب الموقع والعينة والشجرة والطبقة التي تعود إليها، ثم بعد ذلك قمنا بتجفيفها في فرن كهربائي و درجة الحرارة نفسها المذكورة سابقاً ولغاية ثبات الوزن بذلك تم تقدير الوزن الجاف الكلي لأوراق الشجرة الواحدة وللعينة فيما بعد.

د- الوزن الجاف الكلي Total Dry Weight

إن الوزن الجاف الكلي ما هو إلا عبارة عن المجموع الكلي لعناصر الشجرة المختلفة التي تم تقديرها بالشكل منفصل وذلك من خلال جمع هذه العناصر المنفردة نحصل على الوزن الجاف الكلي للشجرة الواحدة من أشجار الصنوبر البروتي في شمال العراق كما في الجدول (٣-٧).

الجدول (٧-٣) الوزن الرطب للشجرة الواحدة وعناصرها المختلفة لمواقع العينات الأرضية

العينات الأرضية	الوزن الجاف للساق/ كغم	الوزن الجاف للأفرع/ كغم	الوزن الجاف للأوراق/ كغم	الوزن الجاف الكلي/ كغم
1	62.7162	12.7325	2.7674	78.2161
2	73.4976	15.1628	3.0999	91.7603
3	63.0894	12.8159	2.7792	78.6845
4	66.8100	13.6506	2.8954	83.3561
5	40.3251	7.8288	2.0179	50.1718
6	19.0708	3.4321	1.1811	23.6841
7	150.4174	33.3647	5.1736	188.9557
8	84.4887	17.6779	3.4248	105.5914

38.7341	1.6781	5.8940	31.1620	9
72.3163	2.6174	11.6852	58.0137	10
173.3890	4.8680	30.3789	138.1421	11
90.8283	3.0775	14.9944	72.7563	12
57.6873	2.2287	9.1230	46.3355	13
33.9467	1.5274	5.0990	27.3203	14
40.0213	1.7177	6.1094	32.1942	15
30.2274	1.4150	4.4787	24.3338	16
40.0253	1.7288	6.0968	32.1996	17
62.0199	2.3616	9.8554	49.8028	18
112.1190	3.5969	18.8365	89.6855	19
59.8427	2.3024	9.4770	48.0633	20
114.7354	3.6563	19.3173	91.7618	21
72.4352	2.6373	11.6817	58.1162	22
69.2574	2.5545	11.1218	55.5811	23
26.7288	1.2959	3.9119	21.5208	24
87.1400	3.6607	19.3538	64.1255	25
105.6748	3.4489	17.6567	84.5691	26
69.3500	2.5569	11.1380	55.6550	27
63.5132	2.4019	10.1157	50.9956	28
103.3589	3.3951	17.2342	82.7296	29
51.3079	2.0634	8.00619	41.2382	30

حسبت المساحة السطحية للأوراق عن طريق وضع الأوراق التي تم فصلها عن الأفرع على ورقة كارتون أبيض مستطيل الشكل وترتيبها بالشكل جيد، وتم حساب المساحة السطحية عن طريق النموذج الآتي:

$$\text{مساحة المستطيل} = \text{الطول} \times \text{العرض}$$

وبذلك تم حساب المساحة السطحية لأوراق الشجرة عن طريق النسب .

٣-١٠- دليل المساحة الورقية (LAI) Leaf Area Index

إن LAI هو متغير بايوفيزيأوي ذو تأثير في كثير من العمليات مثل البناء الضوئي، النتح وتوازن الطاقة وهو يحتاج إلى بيانات لغرض عمل نماذج بيئية مختلفة، ويعرف (LAI) بأنه المساحة المسقطعة للأوراق في وحدة مساحة الأرض (Midori، ٢٠٠٣) كما عرف (Jonckheere واخرون، ٢٠٠٤) بان LAI هو مجموع النسيج الورقي أو مجموع الأوراق جنب إلى جنب لكل وحدة مساحة الأرض، إن LAI يلعب دوراً رئيساً في الدورات الكيماوية الأرضية الإحيائية من النظام البيئي (Morsdorf وآخرون، ٢٠٠٦) ولحساب LAI استخدم النموذج الآتي:

$$\text{LAI} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{SCL}}{\text{SA}}$$

إذ إن:

SCL = المساحة التي تشغلها الشجرة (م^٢).

SA = مساحة العينة (م^٢).

كما هو مبين في الملحق (٤) .

٣-١١- كثافة المشجر :

تعد الكثافة من أهم المتغيرات المؤثرة في الصفات الكمية والنوعية للمنتج الخشبي ويعبر عنها بعدد من الطرائق ويعد أعداد الأشجار لوحدة المساحة أحدها، ومن خلال تقدير أعداد الأشجار للعينة وتنسيبها للعينة (٣٠ × ٣٠)م^٢ تم الحصول على عدد الأشجار لمختلف عينات الدراسة كما هو مبين في الملحق (٤) .

٣-١٢- عمر المشجر:

يعرف عمر الشجرة بأنه الفترة الزمنية المحصورة ما بين أنبات البذور إلى موعد زمني معلوم، وإن حجم الشجرة دليل على طول الفترة الزمنية التي نمت أثنائها الشجرة، ومن المعلوم إن الأشجار تمتلك طبقة الكامبيوم التي تنقسم أثناء فترة نشاط الأشجار لتضيف خلايا خشب إلى الداخل ولحاء إلى الخارج، وإن أحجام الخلايا وسمك جدرانها وألوانها تتباين أثناء موسم النمو الربيعي عنه في موسم النمو الخريفي ليشكل حلقات النمو السنوية، وهذا التباين جعل تقدير عمر الشجرة ممكناً عند

النظر إلى المقطع العرضي في ساق الشجرة وحساب عدد حلقات النمو السنوية (Bier)، ومن خلال هذه الحلقات يمكن حساب عمر الشجرة، إذ قمنا باستخدام مثقاب النمو Borre لحساب عدد الحلقات السنوية فضلاً عن الاستعانة بدوائر الزراعة والغابات القريبة من مواقع العينات الذين قاموا بزراعة أشجار الصنوبر البروتي في هذه المواقع. كما هو مبين في الملحق (٤).

٣-١٣- متوسط القطر التربيعي DG

هو عبارة عن المجموع التربيعي لأقطار الشجرة في تكراراتها مقسوماً على المجموع الكلي للأشجار والعينة مع أخذ الجذر الربيعي للنتائج، ومن ذلك نحصل على متوسط القطر التربيعي الذي يعد أحد المقاييس المهمة للمشجر ويمكن تقديره من العلاقة الآتية (جبر وصالح، ١٩٨٨):

$$DG = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n D^2 F_i}{\sum_{i=1}^n F_i}}$$

إذ إن:

• DG = متوسط القطر التربيعي (سم)

• D = القطر عند مستوى الصدر (سم)

• F_i = عدد الأشجار في فئة قطرية ما

٣-١٤- متوسط الارتفاع (Hm)

في كثير من الأحيان نحتاج إلى قيمة واحدة للتعبير عن ارتفاع المشجر، ففي مثل هذه الحالات نقوم بإيجاد المتوسط الحسابي لمجموع الأشجار في المشجر، لذلك أخذت قياس الارتفاع للأشجار ووجد لها المتوسط الحسابي وحصلنا على قيمة واحدة تمثل ارتفاع المشجر. كما هو مبين في الملحق (٤).

٣-١٥- متوسط طول التاج وقطره

تختلف أطوال وأقطار وتيجان الأشجار باختلاف الكثافة والفترة الزمنية للمشجر نفسه، لذا يكون هذان المتغيران مؤثرين في إنتاجية الكتلة الحية للأشجار فهو في ديناميكية مستمرة مع الزمن، ومن خلال تقدير أطوال وأقطار تيجان أشجار العينة وإيجاد متوسطهم الحسابي تمكنا من الحصول على قيمتين لهما تمثلالن مشجر ما أو عينة دراسية ما. كما هو مبين في الملحق (٤).

٣-١٦- متوسط دليل الضوء للمشجر:

من خلال تقدير متوسط دليل الضوء لأشجار العينة بشكل منفرد، يقدر الدليل الضوئي للمشجر من إيجاد المتوسط الحسابي كما في الملحق (٤).

٣-١٧- حجم المشجر Stand Volume

استخدمت الطريقة المباشرة في تقدير حجم المشجر أو العينة وذلك من خلال قياس أقطار وارتفاعات جميع الأشجار الموجودة بالعينة وباستخدام الأجهزة الخاصة بها، ثم استخدام جدول الحجم المعدّ من قبل (الزهيري، ٢٠٠٦) في تقدير قيم الحجم المقابلة للأقطار والارتفاعات للأشجار، إذ تم إعداد جداول المشجر لهذا الغرض الذي يقدر من خلاله الحجم الكلي للشجرة الواحدة، كذلك جدول آخر لتقدير حجم الساق الرئيس وكذلك حجم الأفرع، ومن الجدول يمكننا تقدير الحجم الكلي، الساق، الأفرع للوحدة الصورية كما في الملحق (٤).

٣-١٨- الوزن الرطب والجاف لعناصر الشجرة في المشجر:

إن الوزن الرطب والجاف للكتلة الحية للأشجار يمكن تقديره من خلال المعادلات المترية ولكل منها ولمختلف عناصر الشجرة، مستخدمين جدول المشجر لعينات الدراسة ومنها يمكننا تقدير الوزن الجاف والرطب لمختلف عناصر الشجرة وللعينة كما في الملحق (٤).

٣-١٩- مقارنة المعادلات واختيار أفضلها:

إن النموذج الرياضي الذي يتم اختياره يجب ان يكون دقيقاً من الناحية الإحصائية وهذه الدقة تتضمن وجود علاقة خطية أو غير خطية بين المتغيرات المستقلة والمعتمدة وحسب نوع الانحدار المستخدم، ولاختيار أفضل المعادلات الرياضية المعدة لتقدير LAI والوزن الرطب والجاف والحجم لأشجار ومشاجر الصنوبر البروتي تم الاعتماد على المقاييس الإحصائية الآتية:

١- معامل التحديد (R^2) Coefficient of Determination

يعد من المقاييس المهمة وهو مقياس جودة النموذج المعتمد ويمكن الحصول عليه من جدول تحليل التباين كما في العلاقة الآتية (الراوي، ١٩٨٧):

$$R^2 = \frac{SSR}{SST}$$

وهو يعني نسبة الاختلافات في قيم y التي فسرت من قبل x بسبب العلاقة الخطية أو غير الخطية بين x, y فمثلاً لو كان R^2 يساوي ٨٠ أو ٠,٨٠ فإن ٨٠% من التغيرات في y بسبب قيم x أو تأثير x والباقي تأثير عوامل أخرى، وبشكل عام كلما اقتربت قيمة R^2 من (١) دل ذلك على جودة ودقة النموذج الرياضي.

٢- الخطأ القياسي Standard Error S.E

وهو مقياس تشتت القيم للملاحظة عن خط الانحدار للنموذج ويحسب الخطأ القياسي بالاعتماد على الانحراف القياسي Standard Deviation S.D ومن خلال النموذج الآتي:

$$S.E = \frac{S.D}{\sqrt{n}}$$

تعد القيمة المتدنية لهذا المقياس احد أهم المقاييس المستخدمة في التعبير عن العينات المأخوذة للدراسة وكلما كان قريباً من الصفر دل على تجانس العينة المأخوذة للدراسة ودقة النموذج المعد.

٣- الانحراف المتوسطي Bais

وهو متوسط للتباين في القيم الحقيقية والقيم المقدرة ويمكن حسابه من خلال النموذج الآتي:

$$Bais = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)}{n}$$

إذ إن:

$$y_i = \text{القيمة الحقيقية للملاحظة}$$

$$\hat{y}_i = \text{القيمة المقدرة للملاحظة من المعادلة}$$

$$n = \text{عدد المشاهدات}$$

٤- الانحراف غير المتحيز Ohtomo

يتمثل هذا الاختيار بربط قيمة المتغير المعتمد المقدر من النموذج مع قيمة المتغير المعتمد

الحقيقي المستخرج من البيانات الحقيقية في معادلة خط مستقيم وكما يأتي:

$$y_{ij} = n + m \hat{y}_{ij}$$

إذ إن :

$$y_{ij} = \text{قيمة الملاحظة الحقيقية } i$$

$$\hat{y}_{ij} = \text{القيمة المقدرة للملاحظة في المعادلة } i$$

$$n = \text{المقطع الصادي}$$

$$m = \text{ميل المستقيم}$$

فكلما كانت قيمة \hat{y}_{ij} قريبة من قيمة y_{ij} كانت المعادلة أفضل وتعطي نتائج ثابتة وعلى مدى جميع

العينات ويتحقق ذلك عندما تكون قيمة n مساوية أو قريبة من الصفر وقيمة m تساوي (١).

الفصل الرابع : النتائج والمناقشة

٤-١- دليل المساحة الورقية (LAI) Leaf Area Index:

إن دليل المساحة الورقية يعدّ مقياساً مهماً في إدارة الغابات لما يتضمنه هذا الدليل من دراسة بعض الصفات الخاصة بالغطاء النباتي، فهو يعطينا تصورات عن الخزين الكربوني، التبخر، النتج وغيرها من الموارد الطبيعية التي تلعب دوراً مهماً في توازن الطاقة على سطح الكرة الأرضية، فضلاً عن انه يعدّ من معطيات التحسس النائي للغطاء النباتي (Farida وآخرون، ٢٠٠٨)، فدليل المساحة الورقية يفسر العلاقة الموجودة بين الغطاء النباتي وثنائي اوكسيد الكربون ومنه يمكننا تقدير التغيرات في الغطاء النباتي أثناء فترات زمنية مختلفة يمر بها الغطاء النباتي (Gregore وآخرون، ٢٠٠٢).

ولما كانت عملية تقدير LAI بالوسائل الأرضية تحتاج إلى أخذ قياسات كثيرة التي تتطلب جهداً وكلفة لأداء هذا العمل بسبب الإعداد الكبيرة من أوراق الأشجار، وفضلاً عن حجم الأشجار الكبيرة ، وللاستعاضة عن هذه القياسات الأرضية تقاس انعكاسية الغطاء النباتي من خلال القنوات (١-٧) وفي مثل هذه الحالة يكون قياس الانعكاسية من البيان الفضائي أمراً مهماً في الغابات، ويجب الإشارة هنا لوجود علاقة بين LAI وبعض المتغيرات المقاسة من معطيات التحسس النائي مثل DN ، NIR ، NDVI وهي عبارة عن انعكاسية للغطاء النباتي تقدر من خلال القنوات من (١-٧) ولها ارتباط مع دليل المساحة الورقية، تختلف هذه المتغيرات باختلاف الغطاء النباتي وكثافته، فالموجات الضوئية المنعكسة من الغطاء النباتي تختلف باختلاف أنواع الأشجار وأعمارها وكذلك كثافة الغطاء النباتي الغاباتي وخصائص المظلة التاجية النامية لهذه الغابات (Farida وآخرون، ٢٠٠٨).

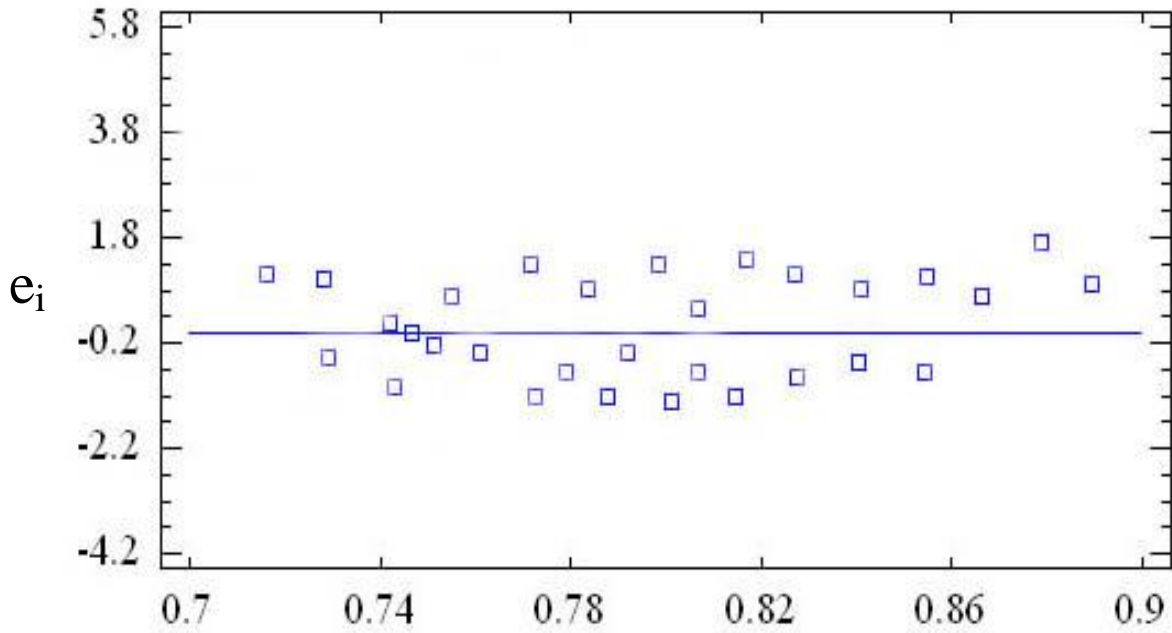
إن تقدير LAI بصورة دقيقة يتم بطرائق أرضية تحسب من خلالها مساحة التغطية الورقية للأشجار ويعتبر متغيراً معتمداً يقدر من خلال القنوات الانعكاسية المسجلة لمتحسسات الأقمار الصناعية أو متغيرات يتم اشتقاقها من هذه القنوات وبذلك يمكن إعداد معادلات رياضية لتقدير LAI بالاعتماد على انعكاسية الغطاء النباتي لغابة ما، وهذه الطريقة تعدّ اليوم من أهم الوسائل المستخدمة في تقدير LAI وهناك باحثون كثيرون استخدموا النماذج الرياضية منهم (Roy وآخرون، ١٩٩٦) و(Knyazikhin وآخرون، ١٩٩٨) و(John و Alistair، ٢٠٠٢) و(Stenberg وآخرون، ٢٠٠٤) و(Doo وآخرون، ٢٠٠٧) .

إن استخدام نماذج الانحدار الخطية وغير الخطية لتمثيل دالة العلاقة بين دليل المساحة الورقية للغطاء النباتي وكل من المتغيرات المقاسة أرضياً (متوسط القطر التربيعي، المساحة التي تشغلها الأشجار... الخ) أو المتغيرات المقاسة من البيان الفضائي (B₁ و B₂ و NDVI.. الخ) أو المشتركة

بينهما وكذلك متغيرات المناخ للموقع (الأمطار السنوية، معدلات درجات الحرارة السنوية ... الخ) ، يمكن الإداري الغاباتي في تقدير الغطاء النباتي بأي من المتغيرات المتاحة لديه سوا ء كانت أرضية، أم فضائية أم الموقع، ولقد أعدَّ الكثير من الباحثين النماذج الرياضية لتمثيل الغطاء النباتي بمعدلات انحدارية مختلفة منهم (John، ١٩٨٩) و (Thomas وآخرون، ١٩٩٩) ولإعداد معادلات LAI باستخدام البرنامج الإحصائي Statgraf الذي يتضمن طرائق الانحدار المختلفة مع مختلف المقاييس الإحصائية للمقارنة بين المعادلات وانتخاب أفضلها، لذلك استخدمت بيانات الجرد الفضائي والأرضي والموقع في تحديد ثوابت النماذج الرياضية لدليل المساحة الورقية لمشاجر الصنوبر البروتي وكما في الجدول (٤-١) :

ومن ملاحظتنا الجدول (٤-١) نجد إن معادلات تقدير LAI بدلالة متغيرات الجرد الأرضي فقرة (a) هي معادلات انحدار غير خطي، ومنها نستنتج أن العلاقة بين دليل المساحة الورقية وكل من المساحة التي تشغلها الأشجار (SCL) ومتوسط القطر (DG) وكثافة المشجر (N) هي علاقة غير خطية تتأثر بالمتغير المستقل بالشكل كبير، فعند ملاحظة المقاييس الإحصائية النسبية في الجدول نلاحظ أن معامل التحديد المصحح ($Adjusted R^2$ -) لهذه الحالات (٠,٩٩٩٢، ٠,٩٩٩٦، ٠,٩٩٩٦، ٠,٩٩٨٧، ٠,٩٣٤٢) على التوالي، وأن الخطأ القياسي (S.E) للمعادلات (0.0012, 0.0017, 0.0009, 0.007، 0.0013) على التوالي.

ومن ملاحظة هذه المقاييس واعتمادها في التقييم للمعادلة نجد أن المعادلة a_2 أعطت بصورة عامة أفضل النسب في التقسيم، وللتأكد من عدم وجود ارتباط ذاتي في الأخطاء العشوائية استخدمنا تحليل البواقي، وهي طريقة لتحليل الأخطاء العشوائية بيانياً وذلك بأن نضع قيم المتغير المعتمد Y على المحور السيني والانحراف القياسي على المحور الصادي ورسم العلاقة بينهما وتم رسم العلاقة للمعادلة a_2 كما في الشكل (٤-١).



$$\hat{Y}_i$$

العشوائية بين القيم الحقيقية والمقدرة لدليل

الشكل (٤-١) توزيع الانحرافات

المساحة الورقية للمعادلة a_2

نلاحظ من الشكل (٤-١) أن النقاط تتوزع بالشكل عشوائي حول الصف مما يدل على توافر فرضيات التحليل بصورة عامة بحيث لا تعاني المعادلة من الارتباط في الخطأ العشوائي لذا تعد المعادلة جيدة، وللتدقيق عليهما مرة أخرى استخدم اختبار Ohtomo الذي يرسم العلاقة بين القيمة المقدرة في المعادلة والقيمة الحقيقية المقاسة حقلياً في معادلة خط مستقيم، إذ تكون البيانات الحقلية هي المتغير المعتمد والمتغير المستقل هو القيم المقدرة من المعادلة $(\hat{Y} = n + mY)$ وعند إجراء الاختبار على المعادلة a_2 كانت قيم n و m (٠,٩٩٩٩ ، ٠,٠٠٠٠٤) على التوالي ولما كانت قيمة n قريبة من الصفر وقيمة m قريبة من الواحد، فإن ذلك يعني أن هناك تطابقاً بين القيم المقدرة والحقيقية إلى حد كبير وللتدقيق على المعادلة أكثر تم إجراء اختبار Bais فكانت الانحرافات للقيم المقدرة عن الحقيقية (0.0012) أي قريبة من الصفر مما دل على قدرة المعادلة وصلاحيتهما للتخمين، لذا فقد استخدمنا المعادلة a_2 في إعداد الجدول (٤-٢).

الجدول (٤-٢) دليل المساحة الورقية بدلالة المساحة السطحية التي تشغلها الأشجار لمشاجر الصنوبر

البروتي في شمال العراق •

التغاير في دليل المساحة الورقية	دليل المساحة الورقية	المساحة التي تشغلها الأشجار / م ^٢
-	0.6971	630
0.0239	0.7210	650
0.0233	0.7443	670
0.0230	0.7673	690
0.0226	0.7899	710
0.2220	0.8121	730
0.0219	0.8340	750
0.0215	0.8555	770
0.0212	0.8767	790
0.0208	0.8975	810

$$LAI = -1.16417 + 0.135SCL^{0.4068}$$

$$R^2_{adj.} = 0.9996 \quad S.E = 0.0007 \quad n = 0.0004 \quad m = 0.9999 \quad Bais = 0.0012$$

من الجدول (٤-٢) نلاحظ أن المساحة التي تشغلها الأشجار لها ارتباط عالي مع دليل المساحة الورقية فمن خلاله نستطيع تقدير الزيادة الحاصلة في LAI فهي علاقة طردية إذ نلاحظ من الجدول انه بزيادة المساحة التي تشغلها الأشجار تزداد قيمة LAI، لأن زيادة المساحة التي تشغلها الأشجار تعني زيادة مساحة التاج فهي عبارة عن مساحة دائرة (باعتبار التاج شكل دائري) وزيادة مساحة

التاج تعني زيادة عدد الفروع والأوراق، وبما أن LAI له علاقة قوية مع الأوراق لأنه عبارة عن مجموعة الأوراق جنب إلى جنب للعينة (Jonckheere وآخرون، ٢٠٠٤) لذلك نجد هذه العلاقة القوية.

وكثير من الباحثين قاموا بدراسة LAI بالاعتماد على المساحة التي تشغلها الأشجار ووجود هذه العلاقة بينهما منهم (Midori وآخرون، ٢٠٠٣). فمثلاً لو كانت المساحة التي تشغلها أشجار مشجر للصنوبر البروتي في موقع ما هو (٧١٠) فإن LAI لهذه المشجر هو 0.7899، لذلك فإننا بإعداد مثل هذه الجداول يمكننا الاستفادة من تقدير كثافة الغطاء النباتي ومنه يمكننا تقدير المتغيرات في المشجر مع الزمن.

أما في حالة الاعتماد على متوسط قطر المشجر وعدد الأشجار في العينة (٩٠٠) م^٢ اللذين يعدان من متغيرات المشجر سهلة القياس فضلاً عن انه يمكن تحديدها لإغراض الإنتاج ومواصفاته مستقبلاً، لذا فإننا نرى من الجدول (٤-١) أن المعادلة a_5 تعطي مقاييس إحصائية مقبولة بهذه المقاييس؛ لهذا انتخبت أولاً لاختبار مقياس تحليل البواقي ومقياس Ohtomo وكانت نتيجة التحليل ان هذه المقاييس تشير جميعها إلى صلاحيتها للاستخدام لذا استخدمت هذه المعادلة للإعداد دليل المساحة الورقية بدلالة متوسط القطر وعدد الأشجار في العينة (٣٠ × ٣٠) م^٢ ، وكما في الجدول (٤-٣) :

الجدول (٤-٣) دليل المساحة الورقية بدلالة متوسط القطر وعدد الأشجار في العينة (٩٠٠) م^٢

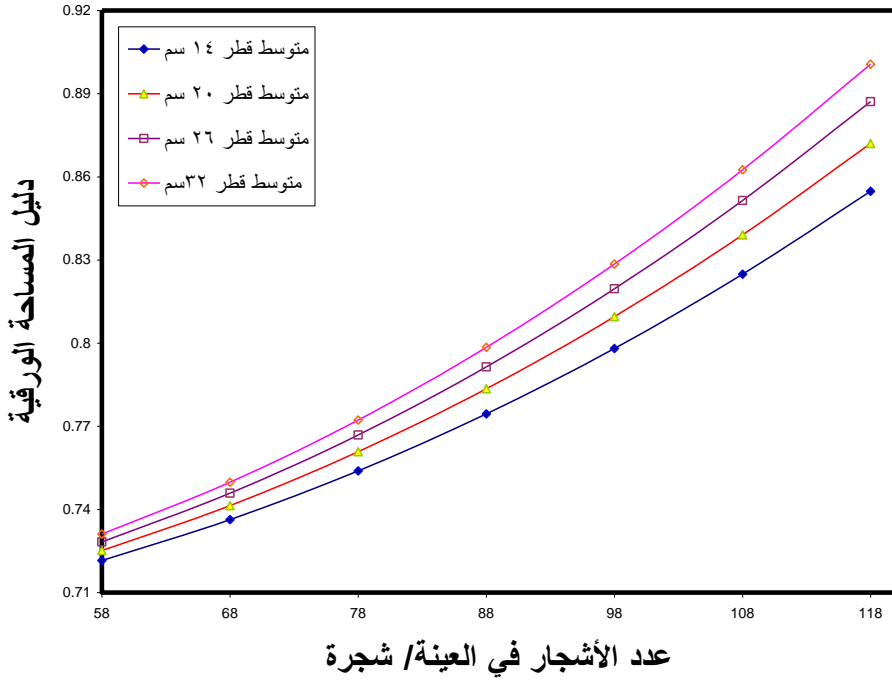
لمشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق

متوسط القطر التربيعي / سم ²							عدد الأشجار في العينة / شجرة
32	29	26	23	20	17	14	
0.731	0.729	0.728	0.726	0.725	0.723	0.721	58
0.749	0.747	0.745	0.743	0.741	0.738	0.736	68
0.772	0.769	0.766	0.763	0.760	0.757	0.753	78
0.798	0.795	0.791	0.787	0.783	0.779	0.774	88
0.828	0.824	0.819	0.814	0.809	0.804	0.798	98
0.862	0.857	0.851	0.845	0.839	0.832	0.824	108
0.900	0.894	0.887	0.879	0.872	0.863	0.854	118

$$LAI = 0.6865 + 0.0000015DG^{0.3897}N^{2.2115}$$

$$R^2 = 0.9342 \quad S.E = 0.0012 \quad n = -0.0001 \quad m = 1.0004 \quad Bais = 0.0047$$

عند ملاحظة الجدول (٣-٤) نجد أن العلاقة بين LAI ومتوسط قطر المشجر وعدد الأشجار في العينة هي علاقة طردية فكلما زاد متوسط القطر وعدد الأشجار نجد أن هناك زيادة في قيمة LAI. إذ إن القطر أحد المتغيرات المهمة التي ترتبط مع حجم التاج (Kull, Niinemets, ١٩٩٤) فالتاج ممثلاً بالكتلة التي تكونه يكون في حالة توازن مع القطر عند مستوى الصدر لأنه يعمل على تحمل هذه الكتلة ضد الجاذبية الأرضية، وبما أن التاج الجزء المهم الذي يرتبط بعلاقة قوية مع LAI نجد أن العلاقة بين LAI ومتوسط القطر علاقة قوية وكذلك بزيادة عدد الأشجار يعني زيادة مساحة الغطاء النباتي، وبما أن LAI يزداد بزيادة هذا الغطاء لذلك نجد هذه العلاقة والارتباط بين LAI وعدد الأشجار. وبذلك يمكن الاعتماد على الجدول (٣-٤) لتقدير LAI لمشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق فلو كان لدينا مشجر متوسط قطره (١٤) سم وعدد الأشجار (٦٨) شجرة فإن دليل المساحة الورقية له سيكون (٠,٧٣٦) وهكذا، ويمكن تمثيل الجدول (٣-٤) بيانياً عند مستويات مختلفة من متوسط اقطار المشجر كما في الشكل (٢-٤) :



الشكل (٤-٢) مدى التطور الحاصل في دليل المساحة الورقية عند مختلف الكثافة ومتوسط اقطار المشاجر

من الشكل البياني أعلاه يمكننا تقدير LAI فمثلاً لو كان لدينا مشجر متوسط قطره (٢٣) سم وإعداد الأشجار (٨٨) فإن LAI يكون (0.798) وهكذا.

ان تقدير دليل المساحة الورقية تعدُّ أحد الوسائل المستخدمة في اتخاذ كثير من القرارات الادارية ومنها تحديد دورة القطع والعمليات التربوية التي تجري في الغابة وتؤدي إلى تغير في مساحة التغطية للأشجار، لذا فإن عمليات الجرد الدوري على الغطاء النباتي أثناء فترات زمنية محددة وبصورة دقيقة وسريعة وقليلة التكاليف يستوجب استخدام الجرد الفضائي الذي يعتمد على انعكاسية الغطاء النباتي، إذ توجد علاقة غير خطية بين دليل المساحة الورقية LAI والقناة الرابعة (NIR) B₄ وهي تمثل انعكاسية الأشعة تحت الحمراء القريبة Near Infrared ذات الطول الموجي (٠,٧ - ١,٣) مايكرومتر وتفيد هذه الأشعة في تحديد أنواع الغطاء النباتي ونشاطه ومحتواه من الكتلة الحية وتحديد الكتل المائية وتمييز رطوبة التربة، إذ تتميز النباتات السليمة في هذه المنطقة من الطيف بانعكاسية ونفوذية عاليتين جداً وامتصاصية منخفضة جداً مقارنة بالأطوال الموجية المرئية. ان التركيب الداخلي لأوراق النبات يعد الصفة السائدة التي تؤثر بدرجة كبيرة في طبيعة تفاعل الأشعة مع النبات في هذا الجزء من الطيف، وكذلك أن النسبة المئوية لانعكاسية النبات في هذه الحزمة من الطيف تتناسب طردياً مع زيادة عدد طبقات أوراق النبات، وما يسجله متحسس من الأشعة المنعكسة هو عبارة عن انعكاسية تراكمية من جميع أوراق النبات إذ يعكس ما يقارب نصف

الطاقة الساقطة وينفذ الباقي منها (الداغستاني، ٢٠٠٤)، وبما أن LAI يعبر عن مجموع الأوراق لوحدة المساحة أو العينة في حالة البيان الفضائي (Schulze وآخرون، ٢٠٠٥) لذلك نجد هذه العلاقة بين NIR و LAI ، وكذلك وجود علاقة بين LAI والقناة الثالثة B_3 (Red) أنعكاسية الأشعة الحمراء ذات الطول الموجي (٠,٦ - ٠,٧) مايكرومتر، إذ صمم للاستشعار في منطقة امتصاص المادة الخضراء (الكلوروفيل) ولذا يساعد في التمييز بين الأنواع النباتية (خاروف ، ١٩٩٤) وتتحكم الصفات النباتية في انعكاسية النباتات المختلفة في هذه المنطقة وتدعى الصبغات النباتية التي تمتص الطاقة الضوئية وتحولها إلى الطاقة الكيميائية بصبغات التركيب الضوئي مثل كلوروفيل أ وكلوروفيل ب حيث تبلغ ذروة امتصاص الضوء من قبل هذه الصبغات في المنطقة الحمراء، ولذلك نجد أن الصبغات النباتية الموجودة في الأوراق هي العامل المؤثر في انعكاسية النبات، لذلك وجدت هذه العلاقة القوية بين B_3 و LAI. فضلاً عن وجود علاقة بين LAI والمتغيرات المشتقة من القنوات B_3 , B_4 وهي كل من (SR ، NDVI) ولما كانت هذه المتغيرات لها ارتباط قوي مع LAI استخدمت هذه المتغيرات بوصفها متغيرات مستقلة مع LAI كمتغير معتمد لإعداد مجموعة من المعادلات تعتمد على البيان الفضائي لتخمين LAI ، وباستخدام طرائق الانحدار المختلفة تمكنا من الحصول على أربع معادلات في الفقرة b من الجدول (٤-١)، من ملاحظة المعادلات نجد أن هذه المعادلات غير خطية وأن كل من (B_4 , B_3) و SR و NDVI هي المتغيرات ذات العلاقة المعنوية مع LAI وأن كل منها له دوره في تخمين دليل المساحة الورقية، فالمعادلة b_4 تكون القناة 4 علاقة قوية غير خطية بسيطة لها التأثير الكبير ولها معامل تحديد مصحح 0.975 إذ يحدد فيه دليل المساحة الورقية بنسبة خطأ قياسي مقداره 0.007 وانحراف 0.0078 وإن هذه المقاييس تدل على صلاحية المعادلة ودقتها وللتأكد من عدم وجود ارتباط عشوائي بين المشاهدات تم إجراء اختبار تحليل البواقي واختبار Ohtomo وأشار كل منهما إلى عدم وجود مثل هذه الحالة، ولذا تم استخدامها في إعداد الجدول (٤-٤) :

الجدول (٤-٤) دليل المساحة الورقية بدلالة القناة الرابعة من البيان الفضائي في العينة لمشاجر

السنوبر البروتي في شمال العراق •

التغاير في دليل المساحة الورقية	القناة (٤)	دليل المساحة الورقية
-	112	0.7152
0.0223	116	0.7375
0.0218	120	0.7593
0.0215	124	0.7808
0.0212	128	0.802
0.0208	132	0.8228
0.0205	136	0.8433
0.0202	140	0.8635
0.0199	144	0.8834

$$LAI = -0.549 + 0.1214B_4^{0.496}$$

$$R^2 = 0.9750 \quad S.E = 0.0007 \quad n = 0.0003 \quad m = 0.9999 \quad Bais = 0.0078$$

من الجدول (٤-٤) نلاحظ أن العلاقة بين LAI والقناة ٤ (B_4) هي علاقة غير خطية فهي علاقة طردية إذ بزيادة قيمتها تزداد قيمة LAI وهذه العلاقة القوية متأية من كون B_4 تتناسب تناسباً طردياً مع التركيب الداخلي للأوراق وعدد طبقات الأوراق، وبما أن LAI هو متغير يعتمد في قياسه بالدرجة الأولى على الأوراق إذ يمكن قياس LAI من التيجان (Gregory وآخرون، ٢٠٠٢) لذلك نجد هذه العلاقة القوية بين LAI و B_4 وهذا ما أشار إليه كل من (Stenberg وآخرون، ٢٠٠٤) و (Shunlin , Hongliang ، ٢٠٠٥)، لذلك يمكن الاعتماد على الجدول (٤-٤) لتقدير LAI عن طريق البيان الفضائي، مثلاً لو كان لدينا بيان فضائي لمشجر صنوبر بروتي في شمال العراق وأردنا معرفة LAI لهذا المشجر ما علينا سوى قراءة قيمة B_4 من البيان فمثلاً لو كان (١٣٦) إذن فإن LAI لهذا المشجر هو (٠٨٤٣٣) وهكذا.

ولما كان دليل المساحة الورقية يتأثر بالقناة الثالثة فضلاً عن القناة الرابعة لعلاقة هذه القنوات بالأوراق وتركيبها الداخلي كما تم شرحه سابقاً فإن استخدامها في نموذج رياضي يعمل على تحسين أداء المعادلة ويرفع المقاييس الإحصائية المستخدمة في المعادلة كافة، وهذا المتغير فعال وله دور مؤثر في LAI (Solberg وآخرون، ٢٠٠٥)، لذا نلاحظ المعادلات في الفقرة b التي تستخدم متغيرين مستقلين هما B_3 ، B_4 بصورة مباشرة أو من خلال متغيرات NDVI, SR الذي يكون B_3 أحد المتغيرات المستخدمة في اشتقاقهما أو إعدادهما وبناءً على ذلك فإن إعداد معادلات تتضمن

هذه المتغيرات يجعلها أكثر دقة، وعند النظر إلى المعادلات الثلاث (١، ٢، ٣) في الفقرة b نجد ان المعادلة غير الخطية b_1 هي التي تعطي أفضل المقاييس إذ إن قيمة معامل التحديد (0.9992) وأن كل من الخطأ القياسي والانحراف لهذه المعادلة كان هو الأدنى والذي يمثل (0.0001، -0.001) على التوالي، في حين العلاقة بين القيمة المقدره والحقيقية والمتمثلة باختبار Ohtomo أعطت أفضل النتائج إذ كانت كل من m ، n (٠.٠٠٠٨، ١.٠٠٠١) على التوالي والذي يشير بدوره إلى التقدير وصلاحيه المعادلة لتخمين دليل المساحة الورقية لمشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق وكما في الجدول (٤-٥) الآتي:

الجدول (٤-٥) دليل المساحة الورقية بدلالة قناتي (٣، ٤) في العينة لمشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق

القناة (٤)					القناة (٣)
144	136	128	120	112	
0.8522	0.8190	0.7851	0.7507	0.7155	49
0.8576	0.8242	0.7901	0.7554	0.7200	50
0.8629	0.8293	0.7950	0.7601	0.7245	51
0.8682	0.8343	0.7999	0.7648	0.7289	52
0.8734	0.8393	0.8047	0.7694	0.7333	53
0.8785	0.8443	0.8094	0.7739	0.7376	54
0.8836	0.8491	0.8141	0.7783	0.7419	55
0.8886	0.8539	0.8187	0.7827	0.7461	56
0.8935	0.8587	0.8232	0.7871	0.7502	57
0.8984	0.8634	0.8277	0.7914	0.7543	58

$$LAI = 0.007B_3^{0.3131} B_4^{0.6955}$$

$$m = 1.0001 \quad n = -0.0008 \quad S.E = 0.0001 \quad R^2_{adj.} = 0.9992 \quad Bais = -0.0001$$

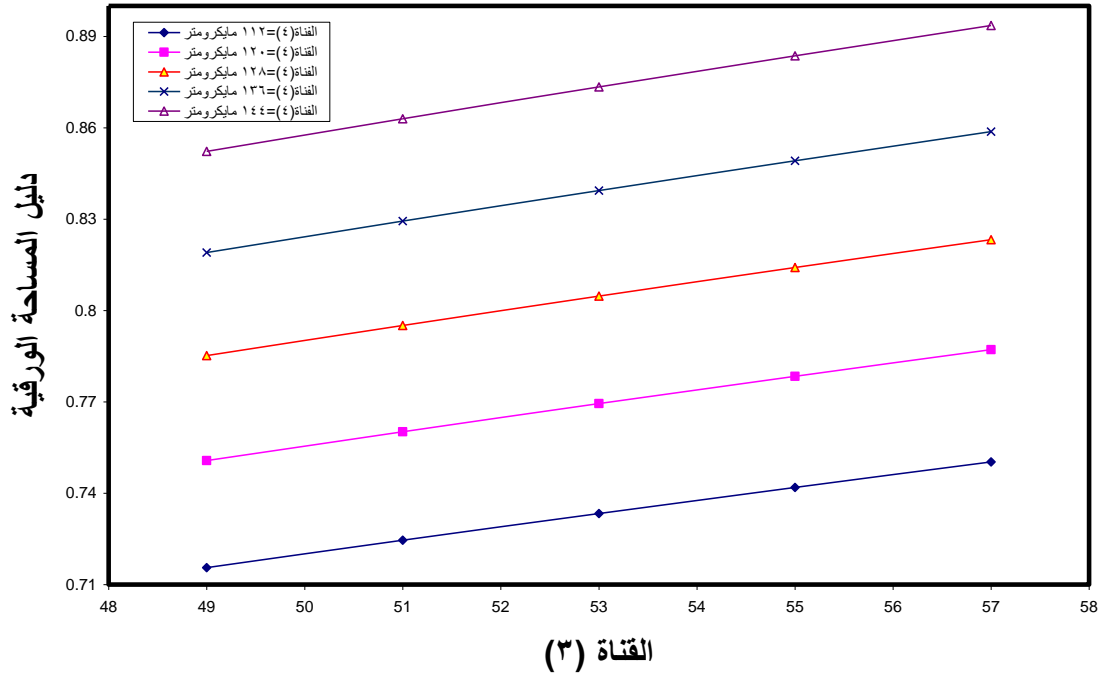
من الجدول (٤-٥) نلاحظ مدى قوة العلاقة بين LAI وكل من B_4 ، B_3 إذ إن هذه العلاقة غير خطية وهي علاقة قوية بنفس الوقت بسبب ارتباط هذه المتغيرات ارتباط قوي بالكتلة الورقية للأشجار.

هناك العديد من الباحثين الذين قاموا بتقدير LAI من خلال الاعتماد على B_4 ، B_3 منهم

(Solberg وآخرون، ٢٠٠٥)، (Roy وآخرون، ١٩٩٦) لذلك يمكن الاعتماد على الجدول (٤-٤)

(٥) لتخمين LAI من خلال معرفة قيم B_4 ، B_3 ولأي مشجر من مشاجر الصنوبر البروتي في شمال

العراق ويمكن تمثيل الجدول بيانياً كما في الشكل (٤-٣):



الشكل (٣-٤) مدى التطور الحاصل في دليل المساحة الورقية عند مختلف قيم (B_4 ، B_3) لمشاجر

الصنوبر البروتي في شمال العراق

من ملاحظة الشكل (٣) نلاحظ هناك علاقة قوية بين LAI وكل من (B_4 ، B_3) وبالامكان

الاستعانة بالشكل أعلاه لتقدير LAI فمثلاً لو كان لدينا بيان فضائي لمشجر ما للصنوبر البروتي

وكانت قيمة B_3 (55) وقيمة B_4 (120) فإن LAI يكون (0.77) وهكذا.

يعد □ دليل المساحة الورقية اليوم أحد الوسائل الحديثة المستخدمة من قبل الإداري الغاباتي

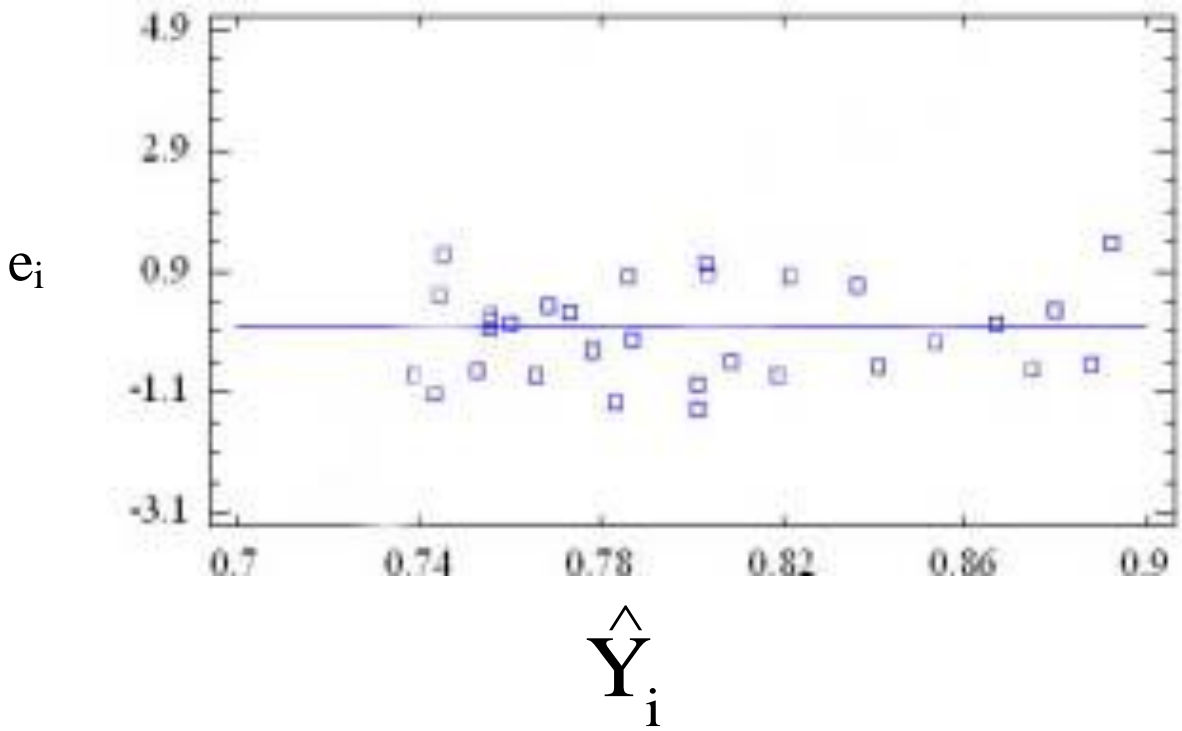
في تحديد التغيرات في الغطاء النباتي، ولما كانت هذه المتغيرات تقاس إلى حد كبير بصفات

المشجر نفسه الذي يعد متوسط قطر المشجر وعدد الأشجار لوحدة المساحة وعمره بأن لهم الدور الأهم

في أحداث هذه التغيرات وبالتالي اختلاف انعكاسية البيان الفضائي من خلال القنوات (B_4 ، B_3) ،

لذا فإن إدخال هذه المتغيرات الأرضية مع متغيرات مقاسة من البيان الفضائي يكون ضرورياً لمعرفة وتحديد آلية التغير ومواصفات المشجر عندما تتغير هذه المتغيرات مع الزمن وذلك لكون الغابة وحدة حياتية ذات ديناميكية وحركة مستمرة وان تحديدها من خلال LAI يصبح ضرورياً للمنتج والإداري الغاباتي، ولذلك أخذت بيانات مشاجر الصنوبر البروتي لعينات الدراسة الأرضية والبيان الفضائي مع استخدام طرائق تحليل الانحدار المختلفة المتاحة في برنامج Statgraf وبذلك تم الحصول على ثلاث معادلات في الفقرة (c) من الجدول (٤-١) إذ كان لكل من متوسط القطر للمشجر، والمساحة التي تشغلها أشجار العينة والقناة B_4 ، NDVI ، SR، التأثير والارتباط العالي مع LAI.

نرى أن معادلات الفقرة (c) في الجدول (٤-١) هي معادلات انحدار غير خطي متعدد تتضمن كل منها متغيرات مستقلة مع المتغير المعتمد دليل المساحة الورقية، كذلك نلاحظ ان معامل التحديد لها يتراوح بين (٠,٩٠٧٧-٠,٩٩٩٤)، وان الخطأ القياسي والانحراف لهم في مدى (٠,٠٠٠٣-٠,٠١٤٠) و (٠,٠٠٤٠-٠,٠٠٢٠) على التوالي. مما تقدم نرى أن المعادلة C_3 هي الأفضل من ناحية المقاييس المستخدمة في المقارنة تقريباً وللتأكد من صلاحيتها أجري لها اختبار تحليل البواقي كما في الشكل (٤-٤).



الشكل (٤-٤) توزيع الانحرافات العشوائية بين القيم المقدره والحقيقية لدليل المساحة الورقية للمعادلة

$$C_3$$

ومن ملاحظة الشكل (٤-٤) يتبين عدم وجود ارتباط ذاتي بين المتغيرات المستقلة مما يؤكد صلاحية هذه المعادلة للاستخدام، لذا اعتمدت في إعداد الجدول (٦-٤):

الجدول (٦-٤) دليل المساحة الورقية في العينة بدلالة المساحة التي تشغلها الأشجار و SR

النسبة البسيطة						المساحة التي تشغلها الأشجار/م ^٢
2.55	2.4	2.3	2.2	2.1	2	
0.7003	0.7001	0.7000	0.6999	0.6998	0.6996	630
0.7335	0.7333	0.7332	0.7331	0.7329	0.7328	660
0.7667	0.7665	0.7664	0.7662	0.7661	0.7659	690
0.8109	0.8107	0.8106	0.8104	0.8103	0.8101	730
0.8330	0.8328	0.8327	0.8325	0.8324	0.8322	750
0.8662	0.8660	0.8658	0.8657	0.8655	0.8654	780
0.8994	0.8991	0.8990	0.8988	0.8987	0.8985	810

$$LAI = -1.1662 + 0.13449SCL^{0.4089}SR^{0.0029}$$

$$Bais = 0.0012 \quad m = 1.0025 \quad n = -0.0019 \quad S.E = 0.0003 \quad R^2_{adj} = 0.9993$$

نلاحظ من الجدول (٦-٤) أن هناك ارتباطاً قوياً بين LAI وكل من المساحة التي تشغلها الأشجار و SR وهذه العلاقة هي علاقة طردية إذ إن زيادة المساحة التي تشغلها الأشجار يزداد مساحة التاج،

وبما أن LAI يعتمد في حسابه على التاج أي الكتلة الورقية لذلك نجد هذه العلاقة القوية، أما علاقة LAI مع SR فنلاحظ ان هذه العلاقة متأتية من كون أن SR هو مشتق من (B_4, B_3) وبما أن LAI له علاقة قوية مع (B_4, B_3) فبالنتيجة تكون علاقة قوية بين LAI و SR وهناك عدد من الباحثين الذين قاموا بحساب LAI بالاعتماد على SR و SCL ومنهم (Nasset, 2004)، (Eklundh وآخرون، 2003)، (Nilson, Kuush, 2000). لذلك فمن خلال هذه الجدول يمكننا تحديد دليل المساحة من معرفة SR و SCL لمشجر ما من مشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق.

٤-٢- معادلات الوزن للمشجر:

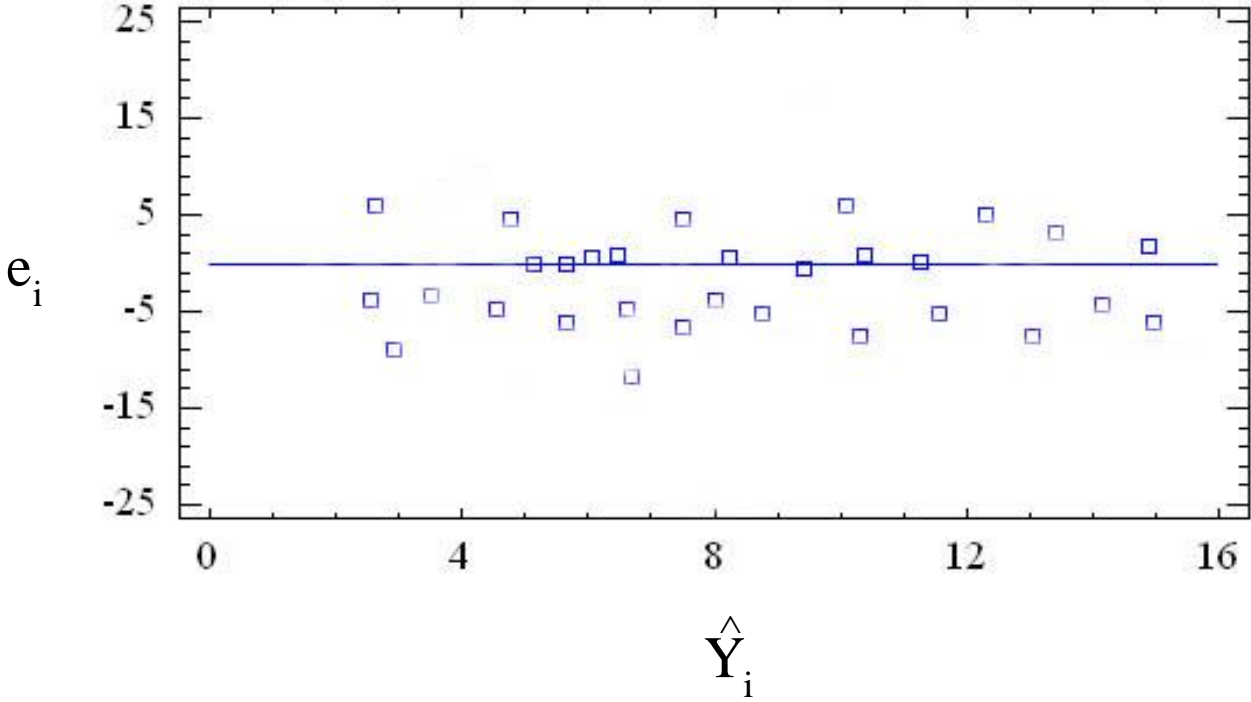
٤-٢-١ إعداد وتركيب معادلات الوزن الرطب للمشجر بدلالة متغيراته والبيان الفضائي:

الإنتاج أحد أهم المتطلبات الإدارية في الغابة أو المشجر التي توضع له مختلف الخطط الإدارية للوصول إلى مواصفات إنتاجية محددة مرغوب بها من قبل المستهلك، وإن هذا الإنتاج ما هو إلا عبارة عن النمو التراكمي للأشجار، وأثناء فترات زمنية متتالية، لذا فإن تحديد النمو والإنتاج بصورد دقيقة يعد أحد أهم المتطلبات الإدارية التي تبنى عليه كثير من القرارات التي تجري في الغابة للوصول إلى الأهداف المخطط لها ضمن فترة زمنية محددة، لذا فإن جداول الإنتاج الوزنية التي تعمل على تقدير الإنتاج لوحدة المساحة، هي الوسيلة المستخدمة من قبل الإداري في اتخاذ قرارات كثيرة في الغابة وإن هذه الجداول تعتمد في تخمين الإنتاج لنوع ما من أنواع الأشجار الغابائية على متغيرات المشجر المتمثلة عادة، عدد الأشجار لوحدة المساحة، متوسط القطر، متوسط الارتفاع، درجة الموقع، وعمر الشجرة والمساحة السطحية الورقية التي تغطيها تيجان الأشجار، أي إن هذه المتغيرات سواء كانت مفردة أم مجتمعة لها التأثير بنسب مختلفة تعتمد بذلك على مدة تأثيرها في مقدار النمو الحاصل في المشاجر، وتعد جداول الإنتاج الوزنية أكثر كفاءة في التعبير عن الكتلة الحية

لعناصر الشجرة المختلفة لوحدة المساحة (Thomas, Parresol, 1989)، لذا قمنا بإعداد جداول تقدير الإنتاج اعتماداً على الوزن سواء كان الوزن الرطب أم الجاف ولوحدة المساحة ولمختلف عناصر الشجرة، ولقد قمنا باستخدام البيانات التي جمعت من مشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق، فضلاً عن البيانات من التحليل المختبري والبيان الفضائي مع طرائق الانحدار المختلفة المستخدمة في إعداد المعادلات الرياضية وكما يأتي:

٤-٢-١-١ إعداد معادلات الوزن الرطب للساق للمشجر باستخدام متغيراته والبيان الفضائي:
تعد جذوع الأشجار لوحدة المساحة إحدى أهم عناصر الإنتاج في المشجر إذ تشكل هذه الجذوع نسبة مئوية مقدارها ٧٨% من الإنتاج الكلي لعناصر الشجرة فوق سطح الأرض، لذا نلاحظ أن تركيز الإنتاج يكون في جذوع الأشجار، مقارنة بالأفرع والأوراق لذلك فإن تقديره يكون ذا أهمية قصوى في تقييم المنتج لوحدة المساحة، فضلاً عن ذلك يمكننا من خلاله تقدير كفاءة العمليات التربوية التي تجري في الغابة، فضلاً عن تقدير النمو السنوي ومعدله ولأهميته قمنا بإعداد المعادلات الخاصة لتقدير الوزن الرطب للساق اعتماداً على متغيرات المشجر والمتمثلة بمتوسط القطر والارتفاع للمشجر وعدد الأشجار لوحدة المساحة، فضلاً عن مساحة التغطية الورقية (المساحة التي تشغلها أشجار العينة) وعرض التاج وكذلك البيان الفضائي المتمثل بالقناة (٤) B_4 و NDVI كما في الجدول (٤-٧):

من ملاحظتنا للجدول (٤-٧) نجد أنه يتضح من المعادلات ذات انحدار متعدد خطي وغير مستقله لتقدير الوزن الرطب للساق الرئيسي لوحدة المساحة ومتوسط القطر والارتفاع في التقدير، في حين المعادلة الثانية استخدمت مساحة التغطية الورقية بدلاً من عدد الأشجار، أما الثالثة استخدمت عرض التاج بدلاً من عدد الأشجار في المعادلة الأولى، في حين المعادلة الرابعة استخدمت المتغيرات المستقلة للمعادلة الأولى نفسها، ولكن بتغير النموذج المستخدم في الإعداد، مستخدمين الانحدار المتعدد غير الخطي، وعند المقارنة بين هذه المعادلات باستخدام المقاييس الإحصائية المتمثلة بمعامل التحديد المصحح والخطأ القياسي والانحراف، نجد أن المعادلة a.4 كانت لها مقاييس إحصائية جيدة، إذ أعطت معامل تحديد مصحح وخطأ قياسي وانحراف هي (0.9815, 454.97, -0.031) على التوالي لذا تم انتخابها أولاً وأجري عليها اختبار تحليل البواقي كما في الشكل (٤-٥):



الشكل (٤-٥) توزيع الانحرافات العشوائية بين القيم الحقيقية والمقدرة للوزن الرطب للساق للمعادلة

a.4

كما تم إجراء اختبار Ohtomo للعلاقة بين القيم الحقيقية والمقدرة للمعادلة إذ كانت قيمة كل من m,n هي (0.9999, 0.0099) على التوالي مما يدل على دقة المعادلة وصلاحيتها للاستخدام في إعداد الجدول (٤-٨):

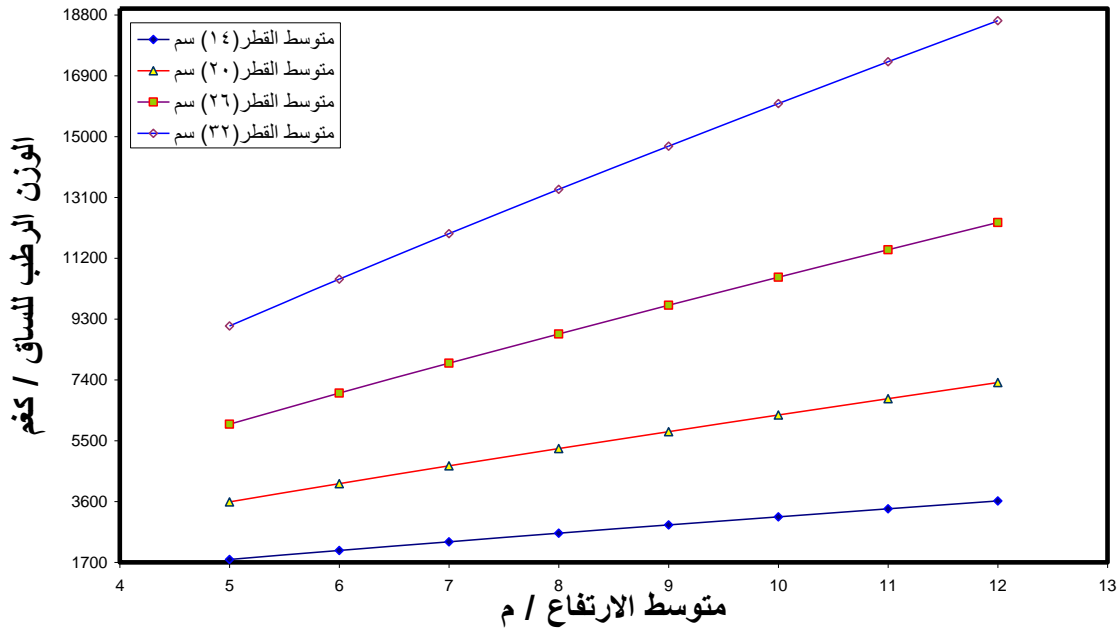
الجدول (٤-٨) الوزن الرطب للساق (كغم) بدلالة متوسط قطر وارتفاع المشجر وبكثافة (٧٩/ شجرة) في العينة (٣٠ × ٣٠) م^٢

متوسط القطر التربيعي/ سم							متوسط الارتفاع/م
32	29	26	23	20	17	14	
9083.66	7472.00	6018.86	4724.26	3588.16	2610.60	1791.56	5
10545.95	8672.96	6984.20	5479.67	4159.37	3023.29	2071.45	6
11965.80	9839.06	7921.52	6213.17	4714.00	3424.01	2343.22	7
13350.30	10976.15	8835.51	6928.41	5254.82	3814.76	2608.22	8
14704.63	12088.44	9729.58	7628.06	5783.85	4196.99	2867.45	9
16032.70	13179.17	10606.32	8314.14	6302.63	4571.80	3121.65	10
17337.59	14250.86	11467.75	8988.25	6812.35	4940.08	3371.42	11
18621.75	15305.53	12315.50	9651.65	7313.98	5302.50	3617.21	12

$$WGS = 65.4143 + 0.0297DG^2 Hm^{0.8242} N$$

$$Bais = -0.0311 \quad m = 0.9999 \quad n = 0.0099 \quad S.E = 454.97 \quad R^2_{adj} = 0.9815$$

من ملاحظتنا الجدول (٤-٨) نجد أن العلاقة طردية بين الوزن الرطب للساق ومتوسط القطر والارتفاع، وهذا ما أشار إليه (Thomas وآخرون، ١٩٩٩). فنقدير الوزن الرطب للساق من خلال معرفة متوسط القطر والارتفاع وإعداد الأشجار لمشجر ما يصبح ممكناً باستخدام الجدول، كما يمكننا أيضاً تقييم وتثمين المنتج الرئيس للشجرة وهو الساق كما في الشكل (٤-٦):



الشكل (٤-٦) مدى التطور الحاصل بالوزن الرطب للساق بدلالة متوسط القطر والارتفاع وعند كثافة (٧٩/ شجرة)

من الشكل (٤-٦) نلاحظ مدى الزيادة الحاصلة في الوزن الرطب للساق بزيادة متوسط القطر والارتفاع، إذ يمكن استخدام الشكل لتقدير الوزن الرطب للساق بالاعتماد على متوسط القطر والارتفاع وإعداد الأشجار.

إن الخشب المستخدم في عدد من الصناعات كعجينة السليلوزية والوقود الحيوي وبقية الاستخدامات المشابهة فمن الأفضل ربطه بالوزن لكون معظم عمليات التسويق للمنتج الخشبي تتم بالوزن، ولسهولة التقدير وسرعة استخدامه معادلات التخمين بدلالة متغيرات سهلة سواءً أكانت أرضية أم فضائية، فعند ملاحظة الجدول (٤-٨) الفقرة b وجدنا أن المعادلة b.1 هي الأفضل إذ كان معامل التحديد المصحح (0.9257) على الرغم من أن قيمة معامل التحديد المصحح للمعادلة b.3 كانت أعلى إلا أن قيمة n و Bais للمعادلة b.3 هي أعلى من المعادلة b.1 لذلك نتيجة التحليل تدل على دقة وصلاحيّة المعادلة b.1 في تقدير الوزن الرطب للساق اعتماداً على متغيرات متوسط القطر والارتفاع من الجرد الأرضي و B_4 (NIR) من البيان الفضائي، أي يمكن تقدير الوزن الرطب للساق من اعتماد الجرد الأرضي مع البيان الفضائي وهذا ما توصل إليه (Eshete, Stahl, 1998) لذلك تم استخدام المعادلة b.1 في إعداد الجدول تقدير الوزن الرطب للساق بدلالة DG و Hm و B_4 كما في الجدول (٤-١٠):

الجدول (٤-٩) الوزن الرطب للساق بدلالة متوسط القطر والقناة (٤) B_4 عند متوسط ارتفاع

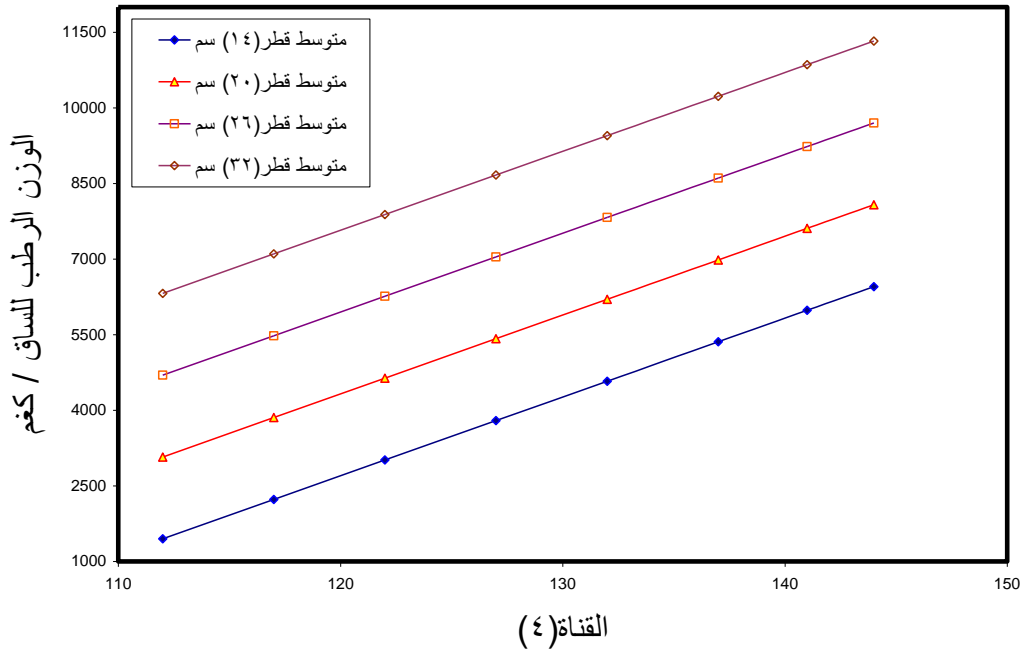
(7.5 م) في العينة (٣٠ × ٣٠) م^٢

متوسط القطر التريعي/سم							القناة (٤)
32	29	26	23	20	17	14	
6321.00	5508.87	4696.75	3884.63	3072.49	2260.37	1448.25	112
7103.07	6290.94	5478.82	4666.70	3854.56	3042.44	2230.32	117
7885.14	7073.01	6260.89	5448.77	4636.63	3824.51	3012.39	122
8667.21	7855.08	7042.96	6230.84	5418.70	4606.58	3794.46	127
9449.28	8637.15	7825.03	7012.91	6200.77	5388.65	4576.53	132
10231.35	9419.22	8607.10	7794.98	6982.84	6170.72	5358.60	137
10857.01	10044.88	9232.75	8420.63	7608.50	6796.37	5984.25	141
11326.25	10514.13	9701.99	8889.87	8077.74	7265.62	6453.5	144

$$WGS = -27198.5 + 406.064DG + 720.443Hm + 156.414B_4$$

$$Bais = 0.05 \quad m = 1.0 \quad n = -0.0008 \quad S.E = 929.93 \quad R^2_{adj.} = 0.9257$$

من ملاحظة الجدول (٤-٩) نجد أن العلاقة بين الوزن الرطب للساق مع متوسط القطر و B_4 طردية أي بزيادة متوسط القطر وزيادة الانعكاسية للغطاء النباتي أو الأشجار يزداد الوزن الرطب للساق، كما في الشكل (٤-٧):

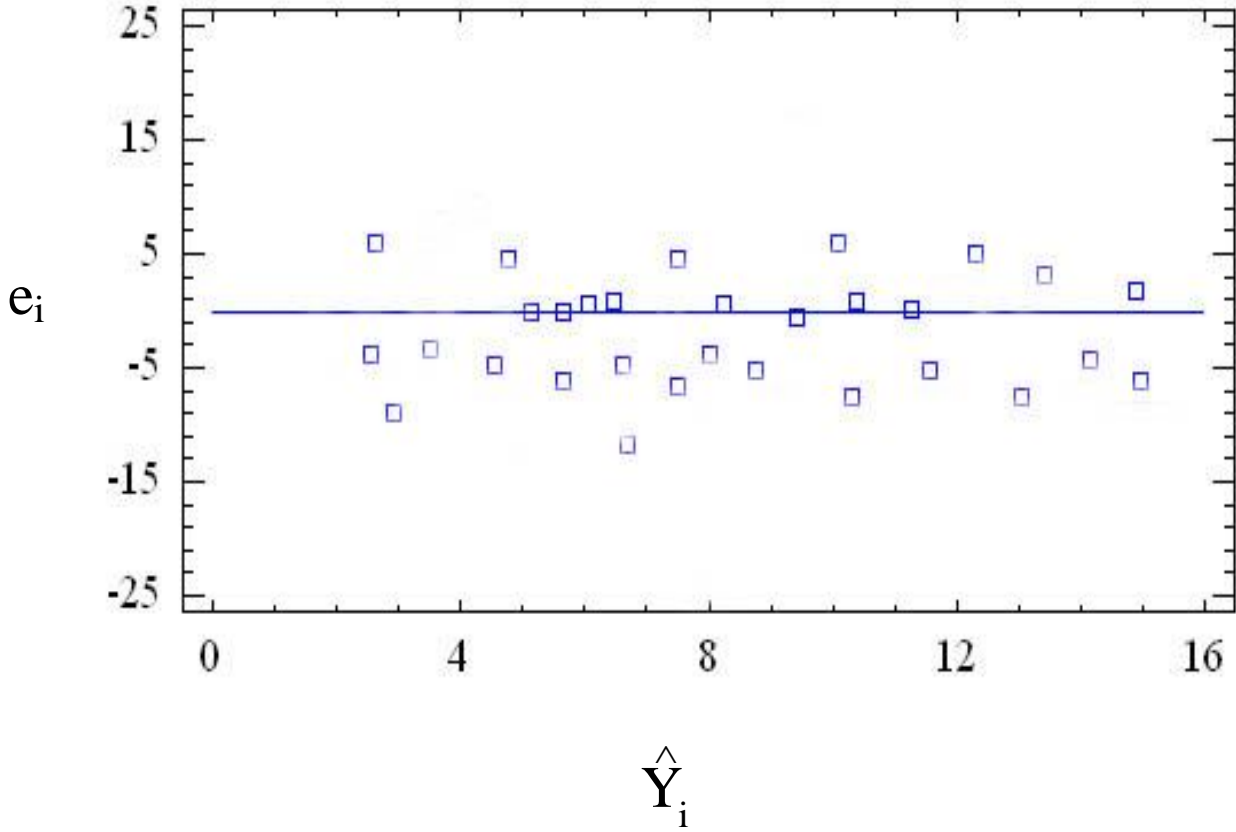


الشكل (٤-٧) العلاقة بين الوزن الرطب للساق وقناة (٤) ولمتوسط قطر مختلف عند متوسط ارتفاع ٧,٥ (م) لمشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق

نلاحظ من الشكل (٤-٧) مدى قوة الترابط بين الوزن الرطب للساق ومتوسط القطر والقناة (٤) إذ تتمثل بعلاقة طردية بينهما. فمن الشكل لو كان لدينا مشجر صنوبر بروتني متوسط قطره (٢٠) سم وكانت الانعكاسية للقناة (٤) ١٢٠ فإن الوزن الرطب للساق سوف يكون (٤٠٠٠) كغم وهكذا. لذلك يمكن الاعتماد على الشكل أعلاه لتقدير الوزن الرطب للساق ولأي مشجر من مشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق.

٤-٢-١-٢ إعداد معادلات الوزن الرطب للأفرع بدلالة متغيرات المشجر والبيان الفضائي:
إن زيادة الطلب على المنتوجات الغابائية ولاسيما الخشبية منها، أدى بالكثير من الصناعات إلى استخدام مختلف عناصر الشجرة، ومنها الأفرع لإنتاج مختلف السلع، وأن هذه الشركات تتعامل بهذه المواد الأولية وفق الطلب الأسهل والأدق والأسرع، لذا فإن المنتوجات الغابية ومنها الأفرع تعد بالنسبة لهم هي الأفضل في التعامل التجاري وباستخدام بيانات متغيرات المشجر والبيان الفضائي لمشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق مع طرائق الانحدار المختلفة ثم إعداد معادلات رياضية لتخمين الوزن الرطب للأفرع وكما في الجدول (٤-١٠):

عند ملاحظة الجدول (٤-١٠) نجد في الأفضل إذ إن معامل التحديد المصحح أعطت معامل تحديد مصحح أعلى (١960 باختبار Ohtomo واختبار Bais كانت المعادلة a.2 هي الأفضل إذ أعطت قيم m,n و Bais (, 0.0238 , ٤,١٩٣٣1.0001) أفضل من بقية المعادلات، وللتأكد من عدم وجود ارتباط داخلي بين المتغيرات تم جرى تحليل البواقي الذي نلاحظ من خلاله أن توزيع الانحرافات تكون بصورة عشوائية حول القيم المقدرة للوزن الرطب للأفرع، كما في الشكل (٤-٨):



الشكل (٤-٨) توزيع الانحرافات العشوائية بين القيم المقدرة والحقيقية للوزن الرطب للأفرع للمعادلة

a.2

لذلك تم استخدام المعادلة a.2 في إعداد الجدول (٤-١١) :

الجدول (٤-١١) الوزن الرطب للأفرع لمشاجر الصنوبر البروتي عند متوسط اقطار وارتفاعات

مختلفة وكثافة (٧٩/ شجرة) في العينة (٣٠ × ٣٠) م^٢

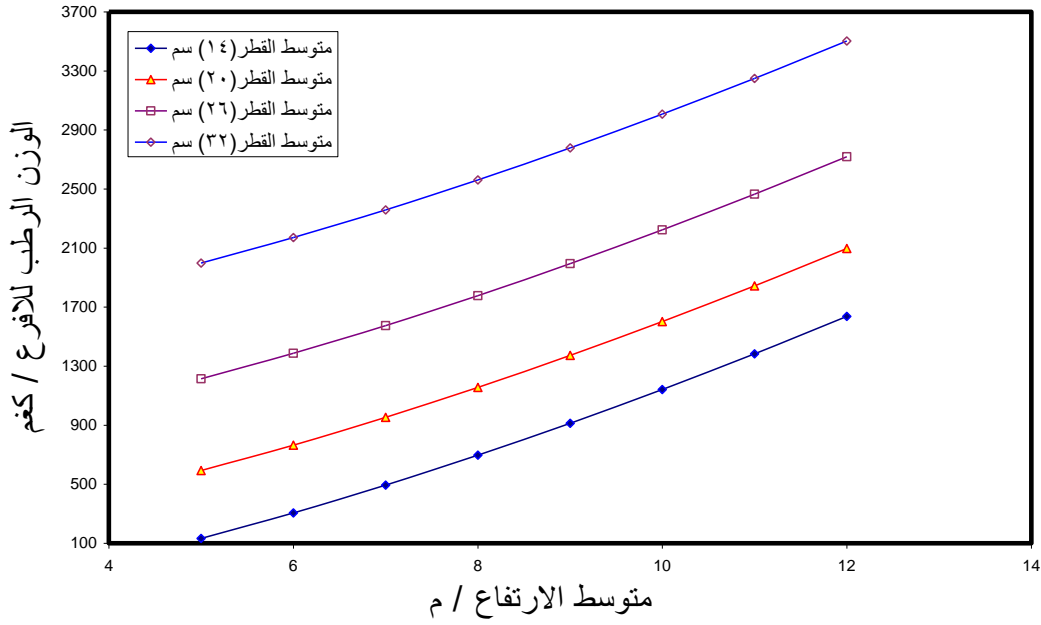
متوسط القطر التريبيعي / سم							متوسط الارتفاع / م
32	29	26	23	20	17	14	
1938.89	1610.67	1306.77	1027.87	774.77	548.43	349.99	5
2312.42	1925.30	1566.86	1237.92	939.40	672.45	438.40	6
2680.06	2234.98	1822.87	1444.66	1101.45	794.52	525.42	7
3042.74	2540.48	2075.41	1648.62	1261.30	914.94	611.27	8
3401.14	2842.37	2324.98	1850.16	1419.27	1033.94	696.10	9
3755.78	3141.08	2571.92	2049.59	1575.58	1151.69	780.05	10

4107.06	3436.98	2816.53	2247.13	1730.41	1268.33	863.19	11
4455.33	3730.33	3059.04	2442.98	1883.91	1383.96	945.63	12

$$WGB = -848.933 + 2.2529DG^2 + 0.5940Hm^{0.3626}N$$

$$m = 1.0001 \quad n = 0.0238 \quad S.E = 141.51 \quad R^2_{adj.} = 0.9621 \quad Bais = 4.1933$$

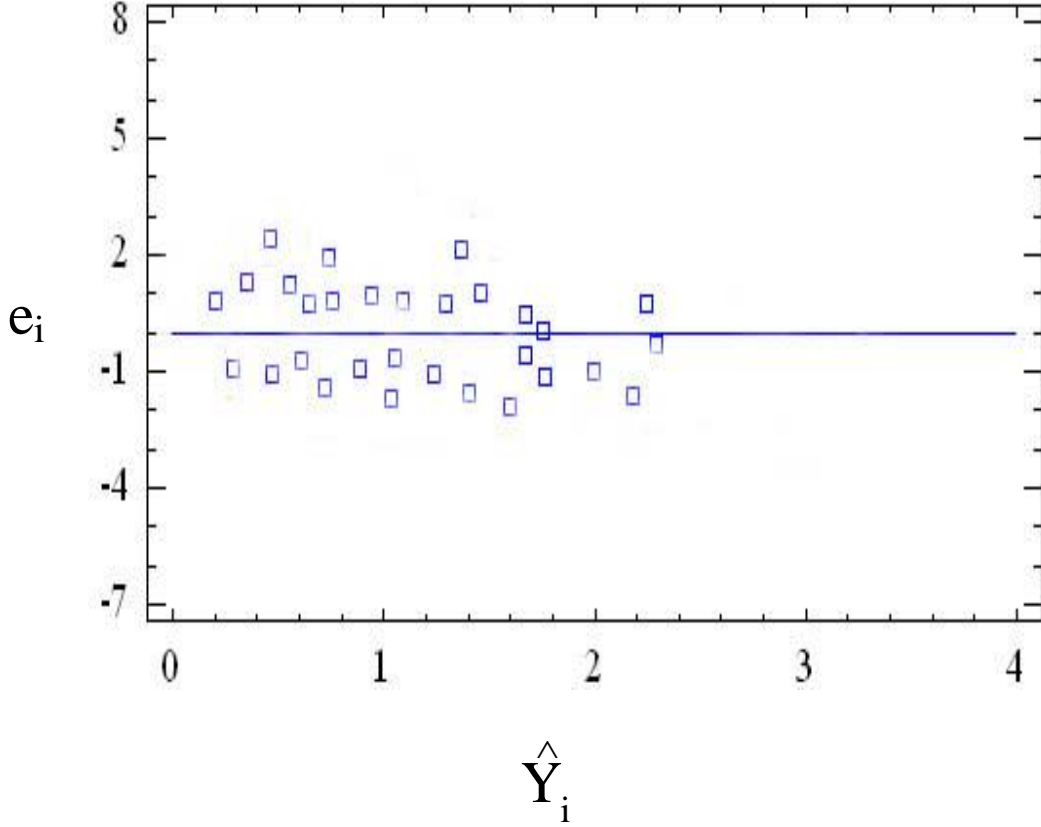
نلاحظ من الجدول (١١-٤) هناك علاقة طردية بين الوزن الرطب للأفرع وكل من القطر والارتفاع وهذه العلاقة تكون بالزيادة. فعندما تكون الأشجار باقطار صغيرة وبارتفاع قليل نجد أن هناك نشاطاً في نمو تيجان الأشجار وتطورها لعدم وجود تنافس فيما بينها في المراحل الأولى لنمو الأشجار ثم يحصل تراجع للزيادة في وزن الأفرع كلما زاد القطر، وهذا يحصل نتيجة لانحسار حجم التاج بالشكل تدريجي وهو أحد المؤشرات لإجراء عمليات التخفيف لبلوغ المشجر مرحلة إغلاق التاج (Kanninen , Perez ، ٢٠٠٥)، ويمكن تمثيل الجدول أعلاه بيانياً كما في الشكل (٩-٤):



الشكل (٩-٤) الوزن الرطب للأفرع بدلالة متوسط القطر والارتفاع وعند كثافة (٧٩ / شجرة)

من الشكل (٩-٤) نلاحظ أن هناك علاقة طردية بين الوزن الرطب للأفرع مع كل من متوسط القطر والارتفاع، وبذلك يمكن استخدام الشكل لتقدير الوزن الرطب للأفرع لمشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق.

أما تقدير الوزن الرطب للأفرع بدلالة متغيرات المشجر والبيان الفضائي، فعند مقارنة المعادلة ١ مع ٢ في الفقرة b من الجدول (١٠-٤) نجد أن المعادلة b.1 المعادلة أعطت مقاييس معامل التحديد المصحح والخطأ القياسي (0.9255 , 198.44) على التوالي وهي أفضل من المعادلة b.2 وعند إجراء اختبار Ohtomo واختبار Bais أعطت نتائج جيدة وتم إجراء اختبار تحليل البواقي للتأكد من عدم وجود ارتباط داخلي بين المتغيرات للمعادلة b.1 كما في الشكل (١٠-٤):



الشكل (٤-١٠) توزيع الانحرافات العشوائية بين القيم الحقيقية والمقدرة للمعادلة b.1

لذلك تم استخدام المعادلة b.1 لإعداد جدول الوزن الرطب للأفرع لمشاجر الصنوبر البروتي بدلالة متوسط القطر والارتفاع و B_4 وكما في الجدول (٤-١٢):

الجدول (٤-١٢) الوزن الرطب للأفرع بدلالة متوسط القطر و B_4 عند ارتفاع ٧,٥ (م) في العينة

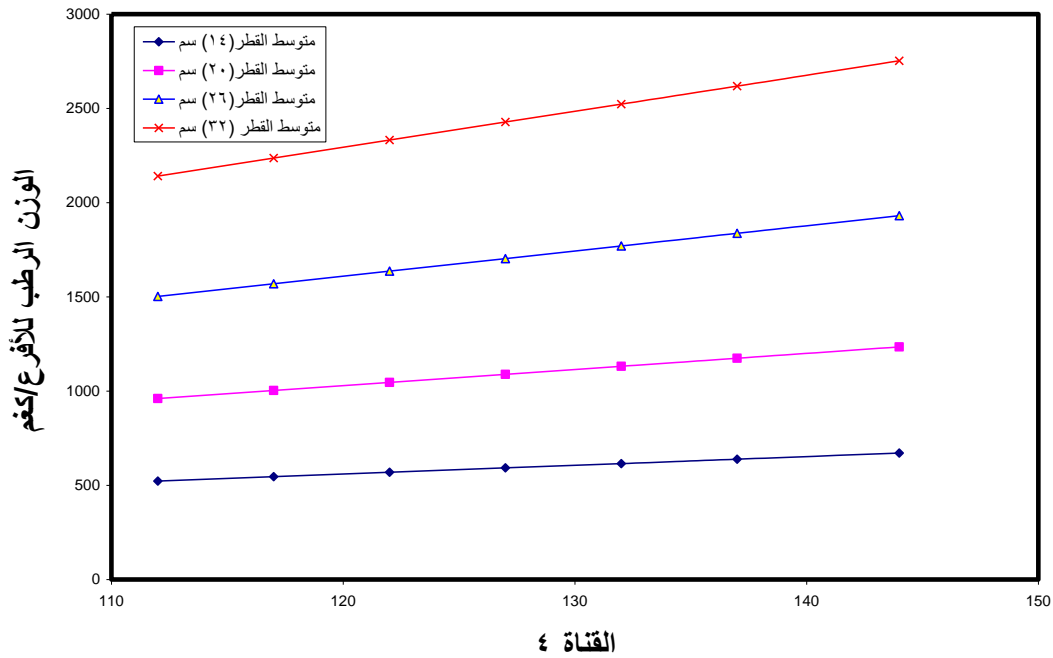
$${}^2_m(30 \times 30)$$

متوسط القطر التربيعي(سم)							القناة ٤
32	29	26	23	20	17	14	
2140.63	1809.62	1501.968	1218.43	959.896	727.416	522.27	112
2236.19	1890.41	1569.02	1272.83	1002.75	759.889	545.585	117
2331.75	1971.19	1636.072	1327.22	1045.6	792.363	568.901	122
2427.32	2051.98	1703.124	1381.61	1088.45	824.837	592.217	127
2522.88	2132.77	1770.176	1436.01	1131.31	857.311	615.532	132
2618.44	2213.55	1837.228	1490.4	1174.16	889.785	638.848	137
2752.23	2326.65	1931.101	1566.55	1234.15	935.249	671.49	144

$$WGB = -3291.88 + 2.1554 DG^2 + 12.3424 Hm^{0.4232} B_4$$

$$R^2_{adj} = 0.9255 \quad S.E = 198.44 \quad n = 0.032 \quad m = 1.0002 \quad Bais = 1.5900$$

من ملاحظة الجدول (٤-١٢) يتبين لنا وجود علاقة طردية بين الوزن الرطب للأفرع مع متوسط القطر و B_4 وهذا يعني ان زيادة متوسط القطر للمشجر يؤدي إلى زيادة الوزن الرطب للأفرع وزيادة B_4 يؤدي أيضاً إلى زيادة الوزن الرطب للأفرع، وبما ان B_4 يمثل أنعكاسية NIR اي الاشعة تحت الحمراء القريبة ، فإن B_4 تزداد بزيادة عدد خلايا وطبقات الأوراق أي وجود أفرع أكثر، وبالتالي وزن أكبر للأفرع. ومن الباحثين الذين قاموا بتقدير الكتلة الحية ومن ضمنها الأفرع باستخدام البيان الفضائي (Rignot وآخرون، ١٩٩٤) و (Wynne و Bortolot، ٢٠٠٥)، ويمكن تمثيل الجدول بيانياً كما في الشكل (٤-١١):



الشكل (٤-١١) مدى التطور الحاصل بالوزن الرطب للأفرع بدلالة متوسط القطر و B_4 عند متوسط

ارتفاع ٧,٥ (م)

نلاحظ من الشكل (٤-١١) أن العلاقة بين الوزن الرطب للأفرع ومتوسط القطر و B_4 هي

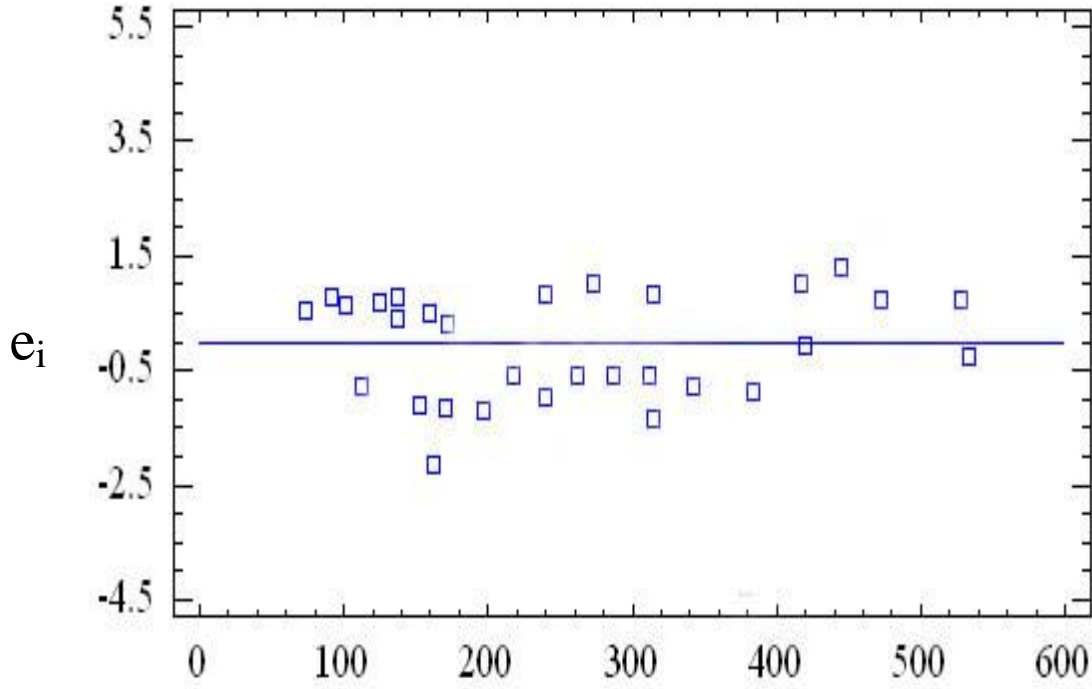
علاقة طردية بالزيادة، فمثلاً لو كان لدينا مشجر متوسط قطره (٢٣) سم و B_4 (١٣٢) يكون الوزن

الرطب للأفرع (1436.01) كغم ، وهكذا .

٤-٢-١-٣- معادلات تقدير الوزن الرطب للأوراق بدلالة متغيرات المشجر والبيان الفضائي:
بما ان الأوراق هي جزء من التاج فإن أفضل طريقة للتعبير عن كمية الأوراق هي استخدام الوزن إذ
إنه يعبر بصورة منطقية عن الكمية (Usoltsev, Hoffman، ٢٠٠٢).
ونظراً لأهمية الأوراق بوصفها إحدى أهم عناصر الشجرة التي من خلالها تتم عمليات البناء
الضوئي في النبات الذي يعد الأساس في عمليات النمو الحاصلة في الشجرة كافة على انها تستخدم
كمادة أولية لكثير من الصناعات الكيميائية والدوائية وكذلك استخدامها أعلافاً للحيوانات (Warnant
واخرون، ٢٠٠٤)، لذا فإن تقدير هذا العنصر المهم من عناصر الشجرة باستخدام المعادلات
الرياضية يعد مهماً في تقييم منتوجات الغابة التي تعد الأوراق أحدها، لذلك باستخدام البيانات الحقلية
والبيان الفضائي قمنا بإعداد معادلات رياضية لتقدير الوزن الرطب للأوراق لمشاجر الصنوبر
البروتي في شمال العراق كما في الجدول (٤-١٣):

عند ملاحظة الجدول (٤-١٣) نرى أن أكثر المتغيرات تأثيراً في وزن الأوراق هي متوسط القطر والارتفاع وأعداد الأشجار، وبذلك يمكن تقدير الوزن الرطب للأوراق بالاعتماد على المتغيرات المذكورة سابقاً (Ibrahim، ١٩٩٣) . فعند " " " " بين المعادلات نرى أن المعادلة a.3 ضمن

الفقرة a أعطت أحسن النتائج حيث معامل التحديد المصحح (0.9565) والخطأ القياسي (23.43) على الرغم من معامل التحديد المصحح للمعادلة a.2 مساوي لمعامل التحديد المصحح للمعادلة a.3 إلا أن الخطأ القياسي للمعادلة a.3 كان أقل من الخطأ القياسي للمعادلة a.2 (23.45)، وللتأكد من عدم وجود ارتباط داخلي بين المتغيرات جرى اختبار تحليل البواقي كما في الشكل (١٢-٤):



$$\hat{Y}_i$$

الشكل (١٢-٤) توزيع الانحرافات العشوائية بين القيم الحقيقية والمقدرة للمعادلة a.3

ولأجل التدقيق مرة أخرى على دقة المعادلة a.3 جرى اختبار Ohtomo فكانت قيمة m.n (0.0001 , 0.9999) على التوالي ولإجل زيادة الدقة تم استخدام اختبار Bais فكانت القيمة (0.0008) مما دل على دقة المعادلة لذلك استخدمت المعادلة a.3 في تقدير الوزن الرطب للأوراق كما في الجدول (١٤-٤):

الجدول (١٤-٤) الوزن الرطب للأوراق (كغم) للعينة بدلالة متوسط القطر والارتفاع عند كثافة

(79/ شجرة)

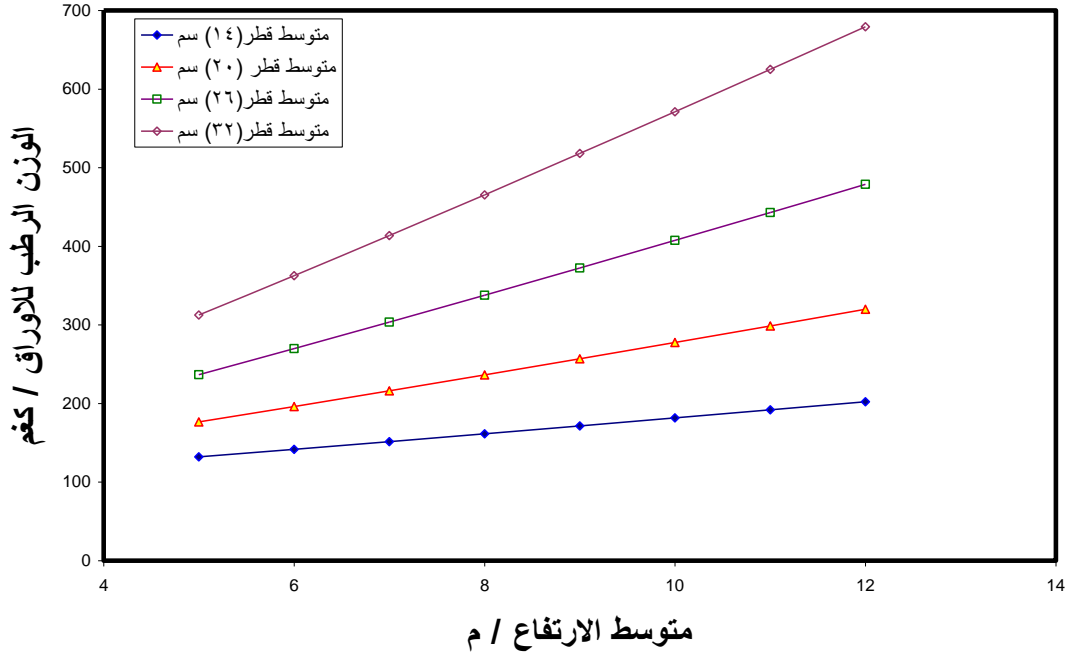
متوسط	متوسط القطر التربيعي/ سم
-------	--------------------------

32	29	26	23	20	17	14	الارتفاع/م
312.56	272.66	236.69	204.64	176.51	152.31	132.03	5
362.64	313.79	269.74	230.50	196.07	166.44	141.61	6
413.64	355.68	303.41	256.85	215.99	180.83	151.38	7
465.45	398.23	337.62	283.62	236.23	195.46	161.29	8
517.99	441.37	372.30	310.76	256.75	210.28	171.35	9
571.16	485.05	407.40	338.23	277.52	225.29	181.53	10
624.93	529.21	442.90	366.00	298.53	240.4	191.82	11
679.24	573.81	478.75	394.06	319.74	255.79	202.21	12

$$WGL = -166.504 + 0.03654DG^2Hm^{1.10986} + 3.25036N$$

$$R^2_{adj.} = 0.9565 \quad Bais = 0.0008 \quad m = 0.9999 \quad n = 0.0001 \quad S.E = 23.43$$

من الجدول (١٤-٤) نلاحظ زيادة الوزن الرطب للأوراق بزيادة متوسط القطر والارتفاع إذ إن الزيادة في الكتلة الورقية يتلاءم مع زيادة القطر عند مستوى الصدر والارتفاع الكلي (Paula وآخرون، ٢٠٠١) وبذلك يمكن الاعتماد على الجدول (١٤-٤) في تقدير الوزن الرطب للأوراق بدلالة متغيرات المشجر ويمكن تمثيل الجدول بيانياً كما في الشكل (١٣-٤):



الشكل (١٣-٤) مدى التطور الحاصل بالوزن الرطب للأوراق بدلالة متوسط القطر والارتفاع وعند كثافة ٧٩ (شجرة)

من الشكل أعلاه نلاحظ وجود علاقة طردية بين الوزن الرطب للأوراق ومتوسط القطر والارتفاع وبذلك يمكن تقدير الوزن الرطب للأوراق ولأي مشجر من مشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق بالاعتماد على الشكل (١٣-٤).

تعد أوراق الأشجار الجزء المهم الذي من خلاله يتم انعكاس وانتشار الضوء وبالتالي يمكن قياس هذه الانعكاسية من خلال أجهزة التحسس النائي فضلاً عن ذلك نجد أن الأوراق هي مصنع الكلورفيل (المادة الخضراء) في النبات وأن قياس هذه المادة قد أمكن بواسطة البيان الفضائي، ومن خلاله يتم التعرف على صحة الغابات (Solberg وآخرون، ٢٠٠٥) كذلك بواسطة البيان الفضائي ممكن قياس LAI من كتلة الأوراق (Eric وآخرون، ٢٠٠٤) لذلك تم اعتماد متغيرات المشجر المتمثلة بمتوسط القطر والارتفاع مع البيان الفضائي لتقدير الوزن الرطب للأوراق.

عند ملاحظة الجدول (١٣-٤) نجد أن $b.2$ المعادلة كانت هي الأفضل إذ إن معامل التحديد المصحح (0.9449) والخطأ القياسي (١٨,٤٥) بالرغم من أن معامل التحديد المصحح للمعادلة $b.3$ (٠,٩٥٣٦) كان الأفضل إلا أن المقاييس الإحصائية الأخرى أثبتت أن المعادلة $b.2$ هي الأدق وبذلك استخدمت هذه المعادلة في تقدير الوزن الرطب للأوراق بالاعتماد على متغيرات المشجر والبيان الفضائي كما في الجدول (١٥-٤):

الجدول (٤-١٥) الوزن الرطب للأوراق (كغم) بدلالة متوسط القطر و B_4 عند متوسط

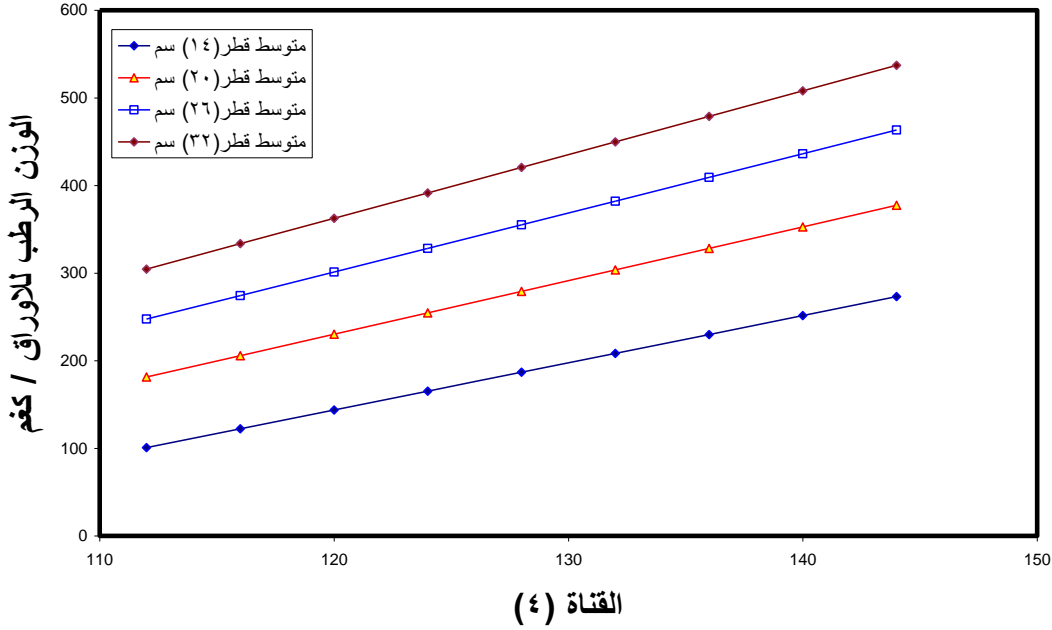
ارتفاع (7.5) م في العينة.

متوسط القطر التربيعي / سم							القناة ٤
32	29	26	23	20	17	14	
304.54	276.95	247.48	215.76	181.27	143.32	100.82	112
333.52	304.91	274.35	241.45	205.70	166.34	122.27	116
362.52	332.89	301.24	267.17	230.15	189.39	143.75	120
391.56	360.91	328.17	292.93	254.62	212.46	165.25	124
420.63	388.96	355.13	318.71	279.13	235.56	186.77	128
449.73	417.03	382.11	344.51	303.65	258.68	208.32	132
478.86	445.14	409.12	370.35	328.21	281.82	229.88	136
508.01	473.27	436.16	396.21	352.78	304.99	251.47	140
537.20	501.43	463.22	422.09	377.38	328.18	273.08	144

$$WGL = -480.222 + 1.0DG^{0.3635}Hm^{0.2624}B_4^{1.0331}$$

$$Bais = 0.0508 \quad m = 0.9987 \quad n = 0.2971 \quad S.E = 18.45 \quad R^2_{adj.} = 0.9449$$

من ملاحظة الجدول (٤-١٥) نرى أن العلاقة طردية بين الوزن الرطب للأوراق وكل من B_4 و DG وهذا منطقي لأن زيادة متوسط القطر تعني زيادة مساحة التاج وبالتالي كتلة الأوراق أي زيادة وزن الأوراق، وزيادة B_4 يعني زيادة وزن الأوراق لأن القناة (٤) NIR أنعكاسية الأشعة تحت الحمراء القريبة) للمتسس +ETM وأنها تزداد بزيادة عدد خلايا وطبقات الأوراق (الداغستاني، ٢٠٠٣) ويمكن تمثيل الجدول بيانياً كما في الشكل (٤-١٤):



الشكل (٤-١٤) مدى التطور الحاصل بالوزن الرطب للأوراق بدلالة متوسط القطر و B_4 وعند

متوسط ارتفاع (7.5) م

من الشكل نلاحظ العلاقة الطردية بين الوزن الرطب للأوراق ومتوسط القطر والقناة (٤) وبذلك يمكن اعتماد الشكل لتقدير الوزن الرطب للأوراق ولاي مشجر من مشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق.

٤-٢-١-٤- إعداد وتركيب معادلات الوزن الرطب الكلي:

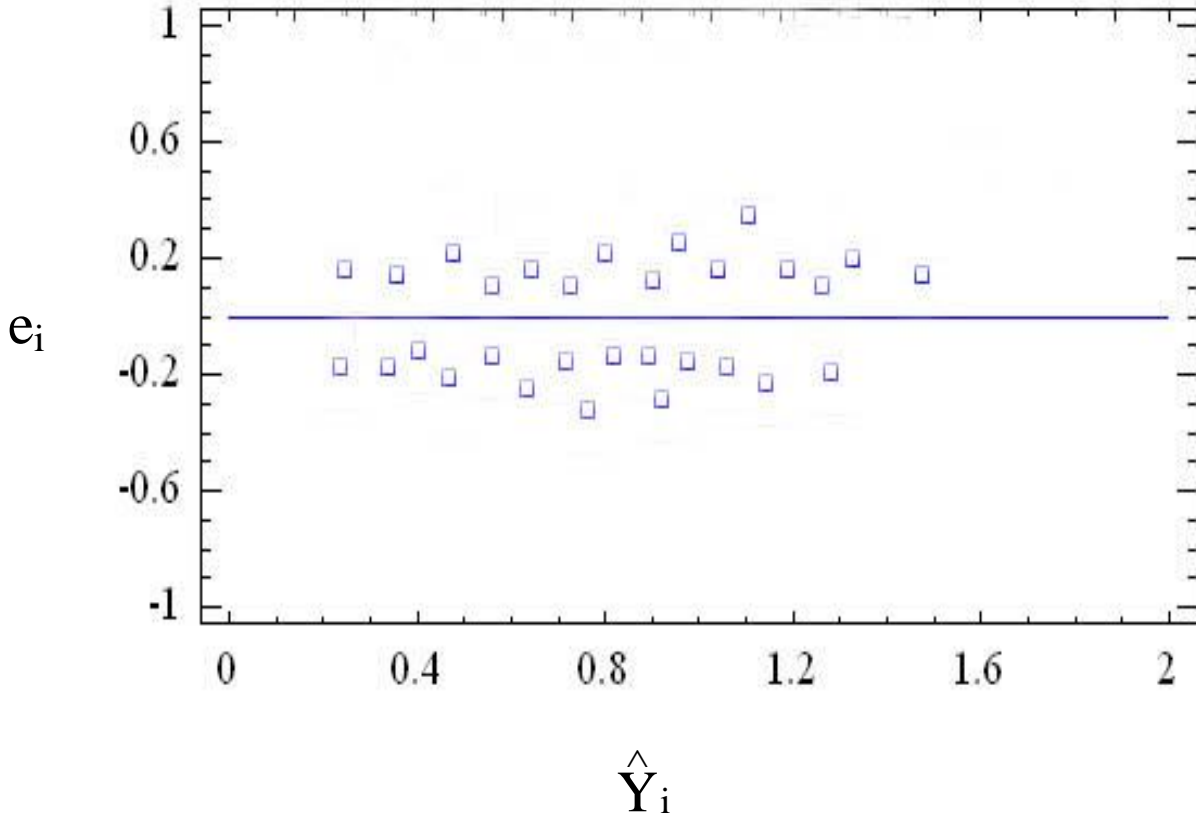
نتيجة للزيادة الحاصلة في نمو سكان العالم فقد زاد الطلب على منتوجات الغابات ولم تقتصر الحاجة على عنصر واحد من عناصر الشجرة المختلفة بل على جميع عناصر الشجرة (الساق، الأفرع، الأوراق ... الخ) لذلك فإن تقدير الكتلة الحية للأشجار يعد أمراً ضرورياً، وان الكتلة الحية ذات أهمية لتطبيقات إذ تستخدم بصورة واسعة في حالات كثيرة، منها تقدير الإنتاج والنمو الحاصل في الغابة، فضلاً عن تقدير التغيرات الحاصلة في الغابة مع الزمن، كذلك يستفاد منها في تقدير مقدار الكربون المثبت في البيئة، ومدى إسهام الغابات في الحفاظ على التوازن البيئي، وأيضاً دورها في التوازن البيئي (Michael واخرون، ٢٠٠٨).

تعد طريقة المعادلات الرياضية من الطرائق الأكثر استخداماً في الوقت الحاضر لما تتميز به من صفات أهمها سهولة التطبيق وسرعته فضلاً عن دقة التقدير للكتلة الحية فوق سطح الأرض، مستخدمين متغيرات سهلة القياس أو من خلال البيان الفضائي (Bettinger واخرون، ٢٠٠٦).

وباستخدام البيانات الحقلية فضلاً عن البيان الفضائي مع برنامج التحليل Statgraf الذي يتضمن معظم طرائق الانحدار ومقاييسها الإحصائية تم إعداد جدول لتقدير الوزن الرطب الكلي لمشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق كما في الجدول (٤-١٦):

من الجدول (٤-١٦) نرى تقدير الوزن الرطب الكلي من بيانات متغيرات المشجر، ان المعادلات في
الفقرة a تبين قيمة معامل التحديد المصحح للمعادلات (١، ٢، ٣، ٤) تكون (, 0.9872
0.9167 , 0.9163 , 0.8904) على الذ
ته متقاربة للمعادلات الثلاث الأولى ما عدا
المعادلة الرابعة التي كانت لها قيمة معاملا
عال مقارنة بباقي المعادلات، وفي الوقت

نفسه كان الخطأ القياسي للمعادلة الرابعة أقل وهو (٤٥٨,٠١) لذا نرى أن المعادلة a.4 حققت أفضل المقاييس تقريباً، وللتأكد من عدم وجود ارتباط عشوائي بين المتغيرات المستقلة في المعادلة، جريت لها تحليل البواقي كما في الشكل (١٥-٤):



الشكل (١٥-٤) توزيع الانحرافات العشوائية بين القيم الحقيقية والمقدرة للمعادلة a.4 وللتأكد من دقة المعادلة تم اجراء اختبار Ohtomo واختبار Bais واثبتت كل منهما صلاحية المعادلة للاستخدام، وقد أشار (Steininger، ٢٠٠٠) إلى أن المعادلات الخطية المتعددة الانحدار التي تستخدم متغيرات المشجر المتمثلة بمتوسط القطر والارتفاع والكثافة لها الدور الأهم في تقدير الوزن الرطب الكلي (الكتلة الحية للأشجار) لذا استخدمت المعادلة a.4 في إعداد الجدول (١٧-٤):
الجدول (١٧-٤) العلاقة بين الوزن الرطب للمشجر (كغم) وكل من متوسط الارتفاع والقطر عند كثافة (٧٩/ شجرة) في العينة (٣٠ × ٣٠) م^٢

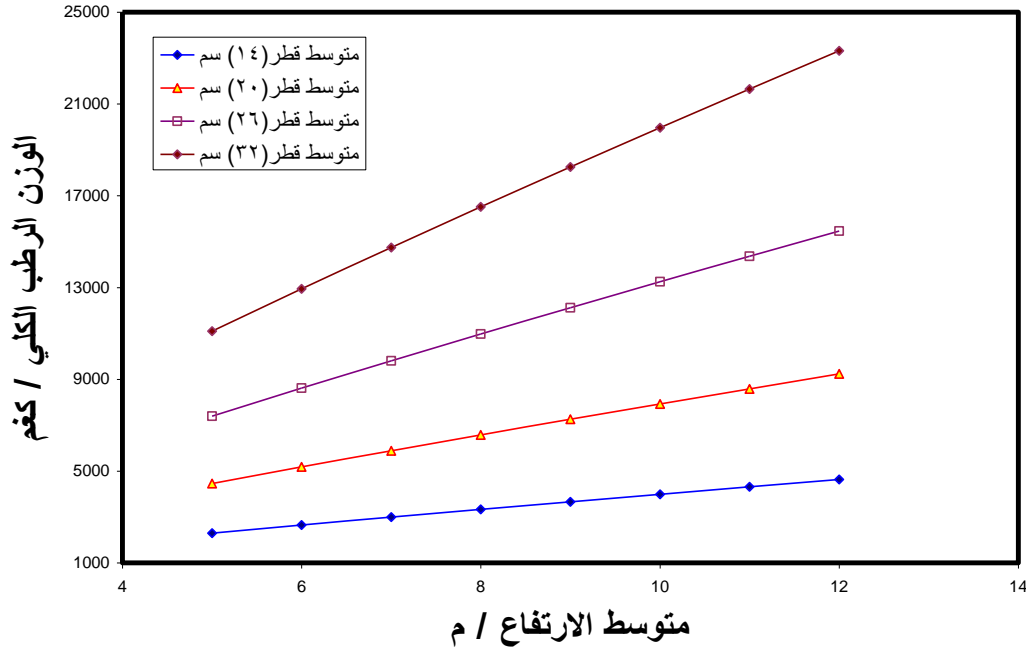
متوسط القطر التربيعي/ سم							متوسط الارتفاع/ م
32	29	26	23	20	17	14	
11095.78	9150.30	7396.18	5833.41	4462.01	3281.96	2293.27	5
12942.64	10667.10	8615.39	6787.50	5183.43	3803.19	2646.77	6
14746.54	12148.60	9806.24	7719.40	5888.08	4312.30	2992.05	7
16514.46	13600.60	10973.30	8632.71	6578.68	4811.25	3330.44	8
18251.51	15027.20	12120.10	9530.07	7257.21	5301.50	3662.92	9

19961.61	16431.70	13249.00	10413.50	7925.22	5784.13	3990.25	10
21647.80	17816.60	14362.20	11284.60	8583.89	6260.02	4312.99	11
23312.56	19183.80	15461.20	12144.60	9234.18	6729.86	4631.64	12

$$WGT = 209.586 + 0.01049DG^2 / 0.4278Hm^{0.8595}N^{1.074}$$

$$m = 1.0 \quad n = -0.004 \quad S.E = 458.01 \quad R^2_{adj.} = 0.9872 \quad Bais = 0.0052$$

وعند ملاحظة الجدول (٤-١٧) نجد أن العلاقة طردية بين الوزن الرطب الكلي ومتوسط القطر والارتفاع وبذلك يمكن تقدير الوزن الرطب الكلي لأي مشجر من مشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق فمثلاً لو كان لدينا مشجر متوسط قطره (٢٣) سم ومتوسط ارتفاع الأشجار (١١) م فإن الوزن الرطب الكلي لهذا المشجر سوف يكون (11284.6) كغم وهكذا. ويمكن تمثيل الجدول بيانياً كما في الشكل (٤-١٦):



الشكل (٤-١٦) مدى التطور الحاصل في الوزن الرطب الكلي عند مختلف متوسط قطر وارتفاع وعند كثافة (٧٩/ شجرة)

نلاحظ من الشكل (٤-١٦) أن هناك علاقة طردية بين الوزن الرطب الكلي ومتوسط القطر والارتفاع وبذلك يمكن استخدام الشكل لاستخراج الوزن الرطب الكلي لأي مشجر من مشاجر الصنوبر البروتي بعد معرفة متوسط قطره وارتفاعه.

وبعد الرجوع إلى الجدول (٤-١٦) نجد انه يمكن تقدير الوزن الرطب الكلي بالاعتماد على معطيات البيان الفضائي فقط ، وذلك لان استخدام بيانات متغيرات المشجر يتطلب منا الوقت والجهد والتكلفة لكون الغطاء الغابي ينتشر على مساحات واسعة يتطلب منا في حالة متغيرات المشجر الكثير من الجهد لتنفيذه، وعليه فإن استخدام البيان الفضائي وإعداد متغيرات من القراءات بهذه القنوات يسهل علينا العمل ويقتصد الوقت والكلفة، لذا فإن الاتجاه الحالي هو استخدام البيان الفضائي في تقدير الكتلة الحية، إن استخدام هذه البيانات لا تزال تحدياً في البيئات المعقدة للغابات (Michael وآخرون، ٢٠٠٨)، كما أن استخدام بيانات التحسس النائي لها ميزات مهمة مثل تكرار تغطية البيانات، وإمكانية الربط بين مستويات الطاقة الكهرومغناطيسية والكتلة الحية، وقلة التكاليف مقارنة بالطريقة الميدانية التقليدية (Bettinger و Hayashi ٢٠٠٦)، لذلك قمنا بتقدير الكتلة الحية من البيان الفضائي وحسب المعادلات المبينة في الجدول (٤-١٦) في الفقرة b وعند إجراء المفاضلة بين المعادلات كانت المعادلة b.1 التي كان لها معامل تحديد مصحح وخطأ قياسي وانحراف (٠,٣٥٨٢، ٢٥٨٨ ، ٠,١١٨٠) أفضل من المعادلة b.2 ، وعند زيادة عدد المتغيرات في النموذج لتصبح عدد

المتغيرات المستقلة أربعة في المعادلة (٣، ٤) للفقرة b. نجد ان هذه الزيادة رفعت معامل التحديد المصحح للمعادلات هذه ولكن أثبتت كل من اختبار تحليل البواقي و Ohtomo أن هناك ارتباطاً بين المتغيرات المستقلة، لذا فإن المعادلة b.1 تعد الأفضل لكون اختبار تحليل البواقي لم يظهر أي ارتباط داخلي بين المتغيرات المستقلة ذاتها وكذلك لقد أثبت اختبار Ohtomo من أن قيمة الثوابت للعلاقة بين المستقل والمعتمد هي n (-٠,٧١٢٨) و m (1.0٠٠١) و Bais (-٠,١١٨٠) وهذا ما يؤكد ما تم ذكره من صلاحية المعادلة b.1 للاستخدام وأعداد الجدول (٤-١٨):

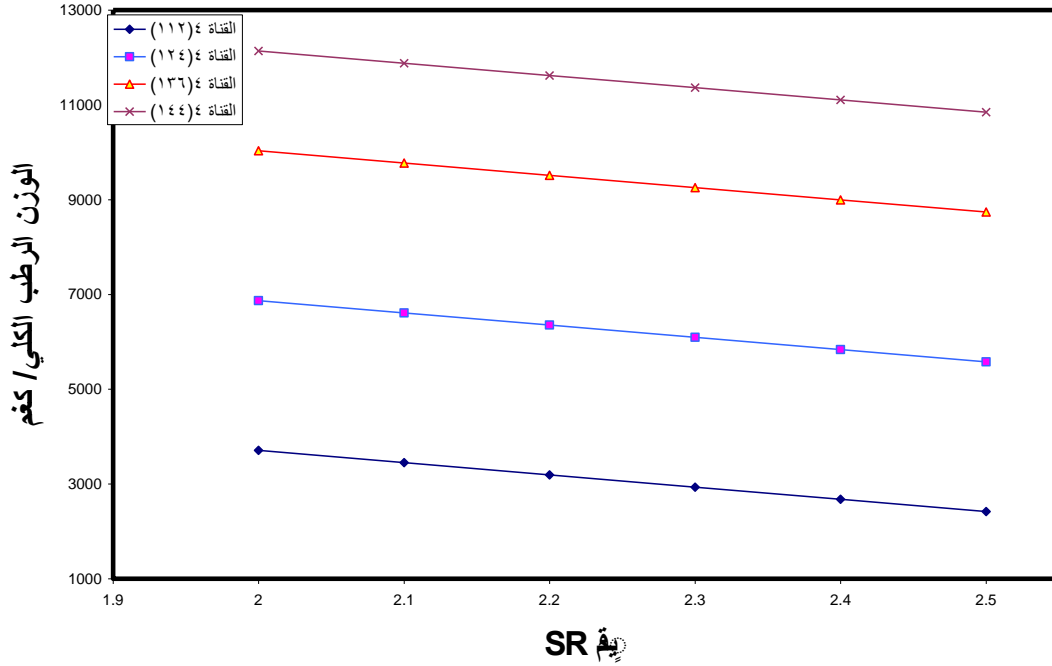
الجدول (٤-١٨) الوزن الرطب الكلي بدلالة B_4 و SR في العينة (٣٠ × ٣٠) م^٢

القناة ٤						قيم SR
144	136	130	124	118	112	
12137.2	10030.1	8449.7	6869.4	5289.1	3708.8	2
11878.8	9771.65	8191.3	6611.0	5030.6	3450.3	2.1
11620.3	9513.20	7932.8	6352.5	4772.2	3191.9	2.2
11361.8	9254.74	7674.4	6094.1	4513.7	2933.4	2.3
11103.4	8996.28	7415.9	5835.6	4255.3	2675.0	2.4
10844.9	8737.83	7157.5	5577.1	3996.8	2416.5	2.5

$$WGT = -20621.4 + 263.387B_4 - 2584.56SR$$

$$Bais = -0.1180 \quad m = 1.0001 \quad n = -0.7128 \quad S.E = 2588 \quad R^2_{adj} = 0.3582$$

من الجدول (٤-١٨) نلاحظ أن هناك علاقة قوية بين الكتلة الحية وقراءات الانعكاسية للبيان الفضائي وهذه العلاقة متداخلة إذ نلاحظ أن زيادة B_4 تؤدي إلى زيادة الوزن الرطب الكلي ولكن بزيادة قيمة SR نلاحظ قلة في الوزن الرطب الكلي للوزن الرطب الكلي وهذا يأتي من أن SR مشتق من القنوات (٣، ٤) وإن هذه القنوات معتمدة على انعكاسية الغطاء النباتي إذ القناة (٣) تعتمد على الصبغات النباتية مثل الكلورفيل وغيرها في الأوراق إذ تمتص معظم الطاقة الساقطة وينعكس القسم الآخر وينفذ القسم الضئيل جداً، أما القناة (٤) فتعتمد على عدد خلايا وطبقات الأوراق، ويمكن تمثيل الجدول بيانياً كما في الشكل (٤-١٧):



الشكل (١٧-٤) الوزن الرطب الكلي بدلالة B_4 و SR

من الشكل (١٧-٤) نلاحظ وجود علاقة خطية بين الوزن الرطب الكلي وكل من B_4 و SR وهي علاقة متداخلة إذ إن من المعلوم أن الوزن الرطب الكلي يزداد بزيادة B_4 ولكن وجود المتغير SR في العلاقة هذه أدى إلى قلة الوزن الرطب الكلي ويمكن اعتماد الشكل لتقدير الوزن الرطب الكلي لأي مشجر من مشاجر من مشاجر الصنوبر البروتي عند معرفة B_4 و SR .

إن تقدير الكتلة الحية من خلال البيان الفضائي تؤدي إلى دقة تختلف باختلاف العوامل البيئية وأنواع الأشجار وتكوين الغابة ويمكن زيادة الدقة عن طريق استخدام معلومات إضافية تتعلق بمتغيرات المشجر والمتمثلة بمتوسط القطر والارتفاع (Rei , Pete, ٢٠٠٦) لذلك قمنا بتقدير الكتلة الحية بالاعتماد على متغيرات المشجر مع البيان الفضائي، لذلك نجد كثير من الدراسات قد استخدمت كل من متغيرات المشجر والبيان الفضائي (Eshete , Stahi, ١٩٩٨) و (Daolan و آخرون، ٢٠٠٤) و (Michael و آخرون ٢٠٠٨) وغيرهم لذلك قمنا بتقدير الكتلة الحية لمشاجر الصنوبر البروتي بإعداد معادلات باستخدام بيانات متغيرات المشجر مثل متوسط القطر والارتفاع مع البيان الفضائي بوصفهما متغيرات مستقلة والكتلة الحية متغيراً معتمداً وباستخدام طرائق الانحدار المختلفة، وتم التوصل إلى المعادلات كما في الجدول (١٦-٤) الفقرة C التي تتضمن ثلاث معادلات، إذ أجريت المفاضلة للمعادلات الثلاث باستخدام المقاييس الإحصائية المختلفة فكانت

المعادلة C.1 هي الأفضل بالرغم من أن معامل التحديد المصحح والخطأ القياسي للمعادلة C.2 هي الأفضل احصائياً لكن بعد اجراء الاختبارات الأخرى والممتثلة بتحليل البواقي واختبار Ohtomo و Bais وجدنا أن المعادلة C.1 هي الأدق والأفضل إذ كانت قيمة m, n (0.999 , 0.0058) على التوالي وقيمة Bais (-0,0590) أي أفضل وأدق من بقية المعادلات، ولذلك تم اعتماد المعادلة C.1 لتقدير الوزن الرطب الكلي لمشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق باستخدام بيانات متغيرات المشجر متوسط القطر والارتفاع مع SR كما في الجدول (٤-١٩):

الجدول (٤-١٩) الوزن الرطب الكلي بدلالة متوسط القطر و SR عند متوسط ارتفاع (٥,٧)

م في العينة (٣٠ × ٣٠) م^٢

قيم SR

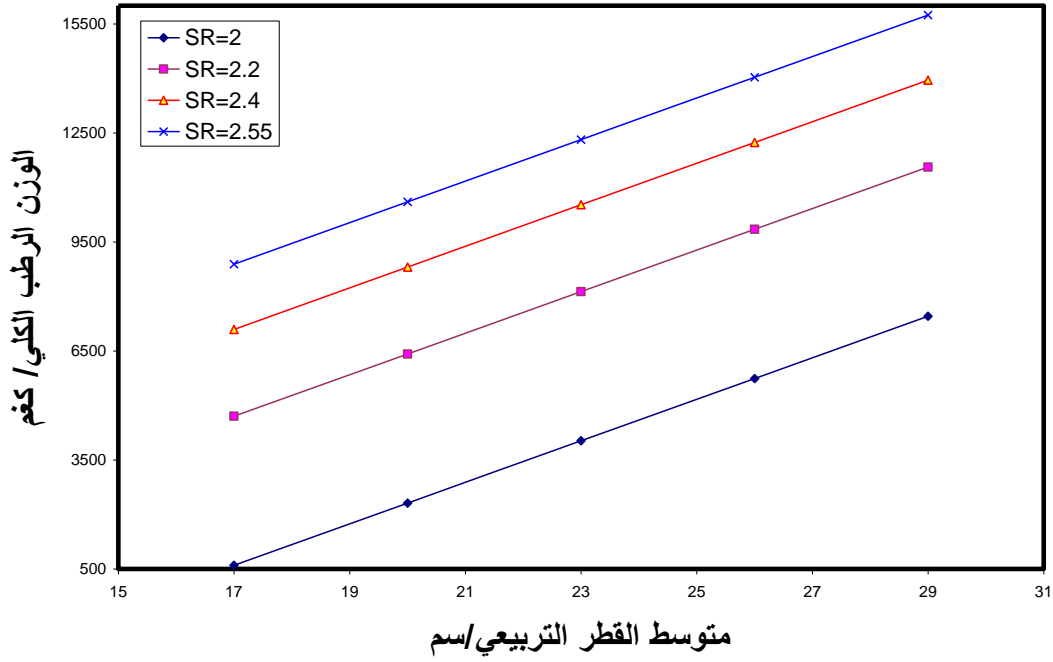
متوسط القطر

2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2	التربيعي/اسم
8886.02	7093.095	5897.82	4702.54	3507.26	597.748	17
10600.2	8807.322	7612.04	6416.76	5221.48	2311.98	20
12314.5	10521.55	9326.27	8130.99	6935.71	4026.2	23
14028.7	12235.78	11040.5	9845.22	8649.94	5740.43	26
15742.9	13950	12754.7	11559.4	10364.2	7454.66	29

$$WGT = -40145.5 + 571.409DG + 949.826Hm + 11952.8SR$$

$$Bais = -0.0590 \quad m = 0.9999 \quad n = 0.0058 \quad S.E = 1517 \quad R^2_{adj.} = 0.8764$$

نلاحظ من الجدول (١٩-٤) أن العلاقة بين الوزن الرطب الكلي ومتوسط القطر و SR هي علاقة خطية وهي علاقة طردية في الوقت نفسه إذ بزيادة متوسط القطر و SR تزداد الكتلة الحية حيث هناك علاقة قوية بين الكتلة الحية للصنوبريات و SR كما أشار (Daolan وآخرون، ٢٠٠٤) وتم تقدير الكتلة الحية بوساطة الاعتماد على متغيرات مستقلة مثل ارتفاع الأشجار والقطر عند مستوى الصدر مع البيانات الفضائية وباستخدام طرائق الانحدار المختلفة. وهناك الكثير من الدراسات التي قدّرت الكتلة الحية فيها عن طريق استخدام متغيرات المشجر مع البيان الفضائي (Lu، ٢٠٠٦) و (Zheng وآخرون، ٢٠٠٧) و (Michael وآخرون، ٢٠٠٨)، ويمكن تمثيل الجدول بيانياً كما في الشكل (١٨-٤):



الشكل (٤-١٨) مدى التطور الحاصل بالكتلة الحية عند مختلف متوسط القطر و SR وعند متوسط ارتفاع (7.5) م

٤-٢-٢ إعداد و تركيب معادلات الوزن الجاف:

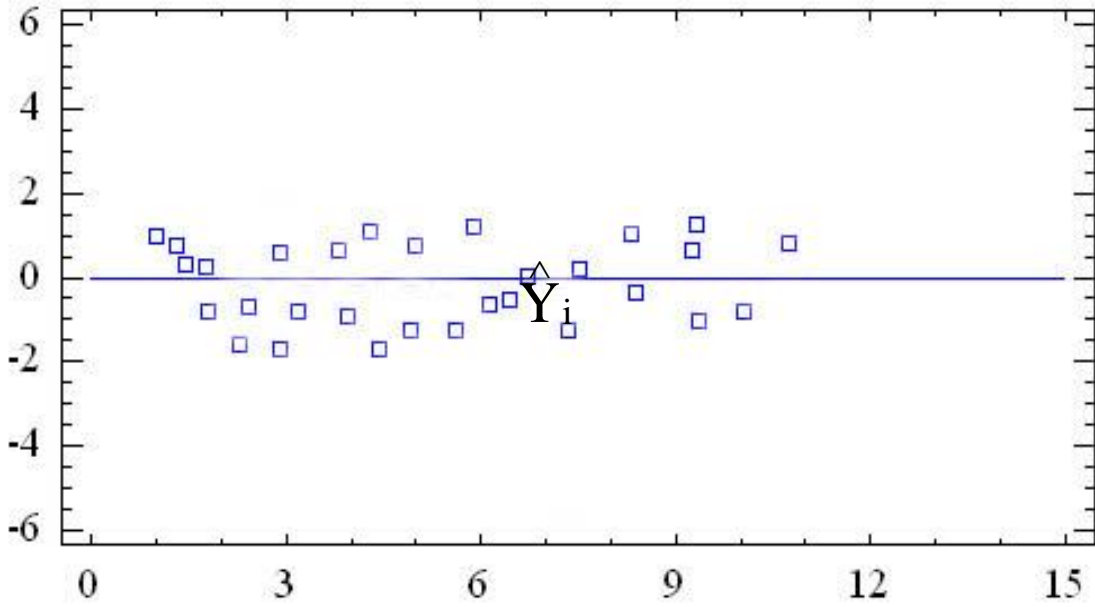
من المعلوم أن للغابات فوائد كثيرة اقتصادية، سياحية، بيئية، وفي السنوات الأخيرة ازدادت أهمية الغابات البيئية بسبب التغيرات المناخية الكبيرة على الكرة الأرضية وأن أهم أسباب هذه التغيرات هي زيادة اطلاق ثاني أكسيد الكربون في الجو وذلك لعدة أسباب من أهمها انحسار الغطاء النباتي ولاسيما الغابات التي لها دور كبير في تثبيت ثاني أكسيد الكربون وبالتالي تحويله إلى الكربون الذي يشكل نسبة ٥٠% من الكتلة الجافة لعناصر الشجرة المختلفة (Schelhaas وآخرون ، ٢٠٠٤) لذلك فإن تقدير الوزن الجاف لعناصر الشجرة المختلفة ذا أهمية في هذا الجانب (Houghton، ٢٠٠٥)، فضلاً عن أن الوزن الجاف سواء كان للساق أم لعناصر الشجرة الأخرى مهم في كثير من دراسات تقدير الكتلة الحية وذلك لاستخدامه في كثير من الصناعات التي تحتاج إلى أن تتم عملية التسويق بالوزن الجاف للمنتج. لذا قمنا باستخدام بيانات متغيرات المشجر والبيان الفضائي لإعداد معادلات لتقدير الوزن الجاف لعناصر الشجرة المختلفة بالاعتماد على طرائق الانحدار المتاحة في برنامج Statgraf كما يأتي:

٤-٢-٢-١ معادلات الوزن الجاف للساق باستخدام متغيرات المشجر والبيان الفضائي:

يشكل الوزن الجاف للساق نحو ٧٨% من الوزن الجاف الكلي للشجرة فوق سطح الأرض، لذا فإن تقدير الوزن الجاف للساق ذو أهمية للمنتج. لذلك قمنا باستخدام بيانات المشجر والبيان الفضائي لإعداد معادلات الوزن الجاف للساق لمشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق كما في الجدول (٤-٢٠):

من ملاحظة الجدول (٤-٢٠) نجد أن معادلات تقدير الوزن الجاف للساق من متغيرات المشجر تم اختبارها واختيار أفضلها فكانت المعادلة a.1 هي الأفضل على الرغم من أن المعادلتين a.2, a.3 كانت المقاييس الإحصائية معامل التحديد والخطأ القياسي لها أفضل من المعادلة a.1، ولكن عند إجراء بقية الاختبارات كتحليل البواقي Ohtomo , Bais كانت نتيجة الاختبارات تدل على دقة وأفضلية المعادلة a.1 كما في الشكل (٤-١٩).

e_i



الشكل (٤-١٩) توزيع الانحرافات العشوائية بين القيم المقدرة والحقيقية للمعادلة a.1
 نلاحظ من الشكل (٤-١٩) عدم وجود تداخل بين المتغيرات المستقلة لذلك تم اعتماد المعادلة a.1 في إعداد جدول الوزن الجاف للساق بدلالة متوسط القطر والارتفاع عند كثافة (79) كما في الجدول (٤-٢١):

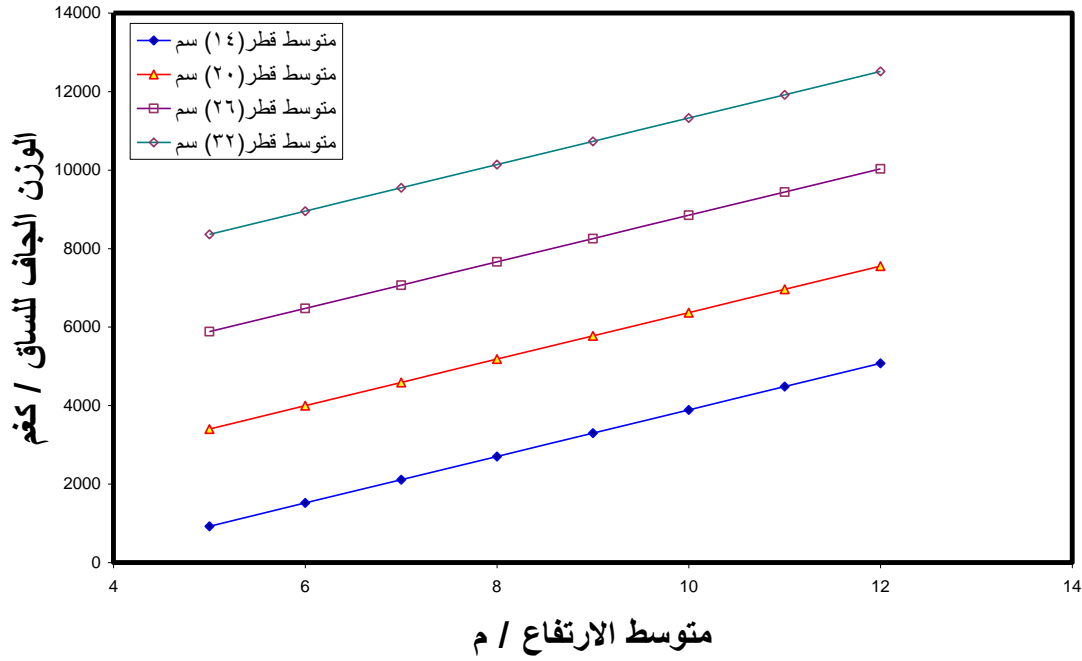
الجدول (٤-٢١) الوزن الجاف للساق لمشاجر الصنوبر البروتي بدلالة متوسط القطر والارتفاع عند كثافة (٧٩/ شجرة) في العينة (٣٠ × ٣٠) م^٢

متوسط القطر التربيعة / سم							متوسط الارتفاع / م
32	29	26	23	20	17	14	
8360.34	7120.94	5881.55	4642.16	3402.77	2163.37	923.97	5
8953.18	7713.78	6474.39	5235.01	3995.60	2756.21	1516.82	6
9546.01	8306.62	7067.23	5827.83	4588.44	3349.05	2109.66	7
10138.90	8899.46	7660.07	6420.67	5181.28	3941.89	2702.49	8
10731.70	9492.30	8252.90	7013.51	5774.12	4534.72	3295.33	9
11324.50	10085.10	8845.74	7606.35	6366.96	5127.56	3888.17	10
11917.40	10678.01	9438.58	8199.19	6959.79	5720.40	4481.01	11
12510.20	11270.80	10031.40	8792.02	7552.63	6313.24	5073.85	12

$$WDS = -1314.2 + 67.564N + 413.13DG + 592.838Hm$$

$$Bais = -0.011 \quad m = 1.0001 \quad n = -0.043 \quad S.E = 856.18 \quad R^2_{adj} = 0.9128$$

من ملاحظة الجدول (٤-٢١) نجد أن العلاقة بين الوزن الجاف للساق وكل من متوسط القطر والارتفاع علاقة خطية وهي في الوقت نفسه علاقة طردية إذ نجد زيادة في الوزن للساق بزيادة متوسط القطر والارتفاع وهذا ما أشار إليه (Couto , Poggiani، ١٩٨٣) و (Stahi , Eshete، ١٩٩٨). ويمكن تمثيل الجدول بيانياً كما في الشكل (٤-٢٠):



الشكل (٤-٢٠) العلاقة بين الوزن الجاف للساق ومتوسط القطر والارتفاع لمشاجر الصنوبر البروتي

من ملاحظة الشكل (٤-٢٠) نجد مدى الزيادة الحاصلة في الوزن الجاف للساق بزيادة كل من متوسط القطر والارتفاع أي إن العلاقة طردية وبذلك يمكن الاعتماد على الشكل في تقدير الوزن الجاف للساق ولأي مشجر من مشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق بمعرفة متوسط قطره وارتفاعه. أما عند استخدام متغيرات المشجر مع البيان الفضائي فتم إجراء المقارنة بين المعادلات الثلاثة في الفقرة b نجد ان المعادلة b.1 كانت هي الأحسن والأدق إذ بلغت قيمة معامل التحديد المصحح والخطأ القياسي (0.9625 , 561.41) على التوالي وهي أفضل من بقية المعادلات وللتأكد من دقة المعادلة مرة أخرى تم إجراء اختباري Bais , Ohtomo فكانت النتائج دقيقة إذ كانت قيم $Bais , m, n$ (0.502 , 0.999 , 2.090) على التوالي مع ملاحظة أن قيمة n هي أعلى من بقية المعادلات ولكن بقية الاختبارات دلت على دقة المعادلة b.1 لذلك تم استخدامها لعمل جدول الوزن الجاف للساق لمشاجر الصنوبر البروتي بالاعتماد على متوسط القطر والارتفاع والقناة (٤) كما في الجدول (٤-٢٢):

الجدول (٤-٢٢) الوزن الجاف للساق بدلالة متوسط القطر والقناة (٤) وعند متوسط ارتفاع (7.5)

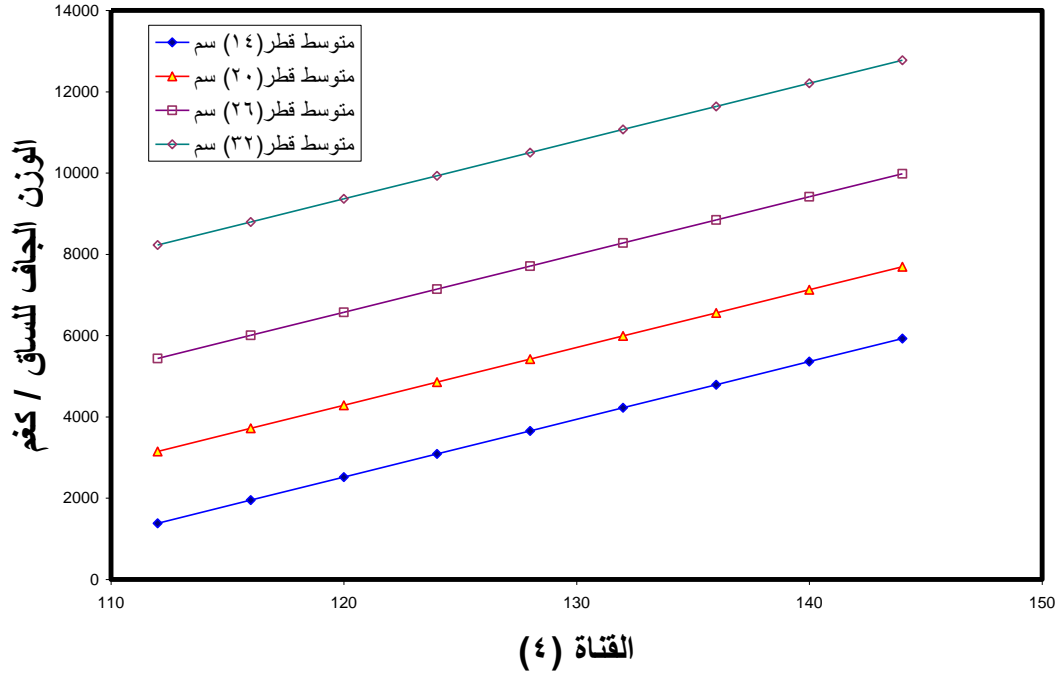
م في العينة (٣٠ × ٣٠) م^٢

متوسط القطر التربيعي / سم							القناة ٤
32	29	26	23	20	17	14	
8228.29	6770.93	5437.15	4228.92	3148.48	2198.46	1381.96	112
8796.54	7339.18	6005.40	4797.17	3716.73	2766.70	1950.21	116
9364.79	7907.43	6573.65	5365.41	4284.98	3334.95	2518.45	120
9933.04	8475.68	7141.89	5933.66	4853.22	3903.20	3086.7	124
10501.29	9043.92	7710.14	6501.91	5421.47	4471.45	3654.95	128
11069.54	9612.17	8278.39	7070.16	5989.72	5039.70	4223.20	132
11637.79	10180.40	8846.64	7638.41	6557.97	5607.94	4791.45	136
12206.03	10748.70	9414.89	8206.65	7126.22	6176.19	5359.69	140
12774.28	11316.90	9983.13	8774.90	7694.46	6744.44	5927.94	144

$$WDS = -16411.4 + 142.06B_4 + 1.0DG^{1.8557}/Hm^{-1.3074}$$

$$m = 0.9999 \quad n = 2.090 \quad S.E = 561.41 \quad R^2_{adj.} = 0.9625 \quad Bais = 0.5026$$

من الجدول (٤-٢٢) نلاحظ أن هناك علاقة طردية بين الوزن الجاف للساق ومتوسط القطر والقناة (٤) B_4 إذ يزداد الوزن الجاف بزيادة كل من متوسط القطر و B_4 وهذا منطقي فزيادة القطر يعني وزن أكبر للساق وزيادة B_4 يعني وجود كتلة ورقية كبيرة؛ لأنها تعتمد على عدد خلايا وطبقات الأوراق ووجود كتلة ورقية كبيرة تحتاج إلى قطر أكبر للحفاظ على توازن الشجرة ضد الجاذبية الأرضية وهذا ما يفسر العلاقة الطردية بين الوزن الجاف للساق وكل من متوسط القطر و B_4 وهناك عدد من الباحثين الذين قاموا بتقدير الوزن الجاف بالاعتماد على متغيرات المشجر والبيان الفضائي لغرض دراسة الكربون وتوازنه في الطبيعة منهم (Hese وآخرون، ٢٠٠٥) و (Patenaude وآخرون، ٢٠٠٤) و (Treuhft وآخرون، ٢٠٠٤). ويمكن تمثيل الجدول بيانياً كما في الشكل (٤-٢١):



الشكل (٤-٢١) الوزن الجاف للساق عند مختلف متوسط القطر والقناة (٤) وعند متوسط ارتفاع

(7.5) م

عند ملاحظة الشكل (٤-٢١) نجد وجود علاقة قوية بين الوزن الجاف للساق ومتوسط القطر والقناة (٤)، لذلك يمكن استخدام الشكل لتقدير الوزن الجاف للساق ولأي مشجر بمعرفة متوسط قطره و B_4 .

٤-٢-٢-٢ إعداد معادلات الوزن الجاف للأفرع بدلالة متغيرات المشجر والبيان الفضائي:
يشكل الوزن الجاف لأفرع الشجرة وزناً مقداره نحو ١٧% من الوزن الجاف الكلي للشجرة وأن هذه النسبة تشكل مقدراً مهماً في تلبية الطلب على المنتجات الخشبية ولاسيما الصناعات التي تستخدم الخشب بوصفه مادة أولية لصناعتها (Ibrahim, ١٩٩٤) لذا قمنا بتقدير الوزن الجاف للأفرع ولمشاجر الصنوبر البروتي بالاعتماد على متغيرات المشجر والبيان الفضائي وباستخدام طرائق الانحدار المختلفة المتاحة في نظام Statgraf كما في الجدول (٤-٢٣):

عند إجراء المقارنة والمفاضلة بين معادلات تقدير الوزن الجاف للأفرع من متغيرات المشجر كانت المعادلة a.3 هي الأفضل حيث معامل التحديد المصحح والخطأ القياسي (١٤٦,٠٠٥ ، ٠,٩٥١٤) على التوالي أي أفضل من المعادلة a.1 بالرغم من أن المعادلة a.2 هي الأحسن والأدق من المعادلة a.3 بالنسبة للمقاييس الإحصائية S.E و R^2_{adj} ولكن عند إجراء اختبارات تحليل البواقي و Ohtomo و Bais فإن النتائج اثبتت أفضلية المعادلة a.3 من a.2 ولذلك استخدمت المعادلة a.3 لإعداد الجدول الوزن الجاف للأفرع لمشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق بدلالة متوسط القطر والارتفاع وعند كثافة (٧٩/ شجرة). كما في الجدول (٤-٢٤) :

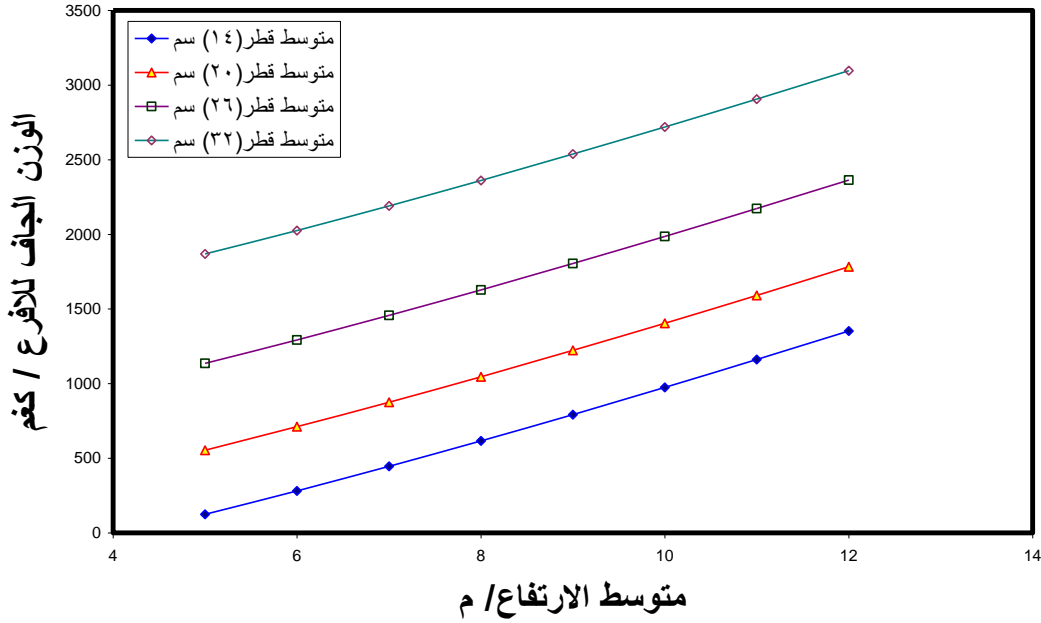
الجدول (٤-٢٤) الوزن الجاف للأفرع بدلالة متوسط القطر والارتفاع وعند كثافة (٧٩/ شجرة) في العينة (٣٠ × ٣٠) م^٢

متوسط القطر التريبيعي/ سم							متوسط الارتفاع/ م
32	29	26	23	20	17	14	
1868.52	1482.91	1135.24	825.49	553.67	319.78	123.82	5
2025.65	1640.05	1292.37	982.62	710.80	476.91	280.95	6
2189.97	1804.37	1456.69	1146.94	875.12	641.23	445.27	7
2360.69	1975.09	1627.41	1317.67	1045.85	811.95	615.99	8
2537.22	2151.62	1803.94	1494.20	1222.38	988.48	792.52	9
2719.08	2333.47	1985.80	1676.05	1404.23	1170.34	974.38	10
2905.86	2520.26	2172.58	1862.83	1591.02	1357.13	1161.16	11
3097.24	2711.63	2363.96	2054.21	1782.39	1548.50	1352.54	12

$$WDB = -893.88 + 2.10712DG^2 + 1.0Hm^{1.2667}N$$

$$m = 0.9993 \quad n = 0.6418 \quad S.E = 146.005 \quad R^2_{adj} = 0.9514 \quad Bais = -0.0109$$

من الجدول (٤-٢٤) نلاحظ أن العلاقة طردية بين الوزن الجاف للأفرع ومتوسط القطر والارتفاع وهي علاقة طردية غير خطية، إذ نلاحظ بزيادة المتغيرات المستقلة يزداد الوزن الجاف للأفرع وهذا ما أشار إليه (Jian وآخرون، ٢٠٠١) لذلك يمكن حساب الوزن الجاف للأفرع لأي مشجر صنوبر بروني بالاعتماد على الجدول أعلاه ، فإذا كان متوسط القطر للمشجر (١٧) سم مثلاً ومتوسط ارتفاعه (٦) م فإن الوزن الجاف للأفرع هو (476.91) كغم وهكذا. ويمكن تمثيل الجدول بيانياً لمعرفة مدى الزيادة الحاصلة في الوزن الجاف بتغير كل من متوسط القطر والارتفاع عند كثافة (٧٩/ شجرة) كما في الشكل (٤-٢٢):



الشكل (٢٢-٤) مقدار الزيادة في الوزن الجاف لأفرع الأشجار لمشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق عند مختلف متوسط قطر وارتفاع وعند كثافة (٧٩/ شجرة)

من ملاحظة الشكل (٢٢-٤) نجد أن هناك علاقة قوية بين كل من الوزن الجاف للأفرع مع متوسط القطر والارتفاع لذلك يمكن اعتماد هذه العلاقة بصيغة الشكل البياني لتقدير الوزن الجاف للأفرع لمشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق.

ولما كان البيان الفضائي يعتمد على قياس الانعكاسية ولاسيما القناة (٤) أو المتغيرات المشتقة من القناة (٣ و ٤) التي يمكن أن تعطي تدليلاً مهماً عن كثافة الغطاء النباتي لموقع ما، لذا وجدنا من خلال معامل الارتباط بين المتغيرات المستقلة والمعتمدة أن استخدام القناة (٤) و NDVI مع بعض متغيرات المشجر في نموذج رياضي غير خطي معادلات يمكن الاعتماد عليها في تقدير الوزن الجاف لأفرع أشجار الصنوبر البروتي، ومن خلال استخدام البيانات تم الحصول على ثلاث معادلات في الجدول (٢٤) الفقرة b وأن المعادلة b.3 أعطت أحسن النتائج حيث معامل التحديد المصحح (0.9024) والخطأ القياسي (213.73) ولكن نجد أن المقاييس الإحصائية R^2_{adj} و S.E للمعادلة b.2 كانت أفضل ولكن عند استخدام اختبار Ohtomo واختبار Bais لمعرفة مدى دقة المعادلات فكانت النتائج تشير إلى أن المعادلة b.3 هي الأدق إذ كانت قيم m , n و Bais -) (0.0739, 1.0002, -0.0233) على التوالي تدل على دقة المعادلة لذلك استخدمت هذه المعادلة في إعداد جدول تقدير الوزن الجاف لأفرع الأشجار لمشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق باستخدام متغيرات المشجر مع البيان الفضائي كما في الجدول (٢٥-٤):

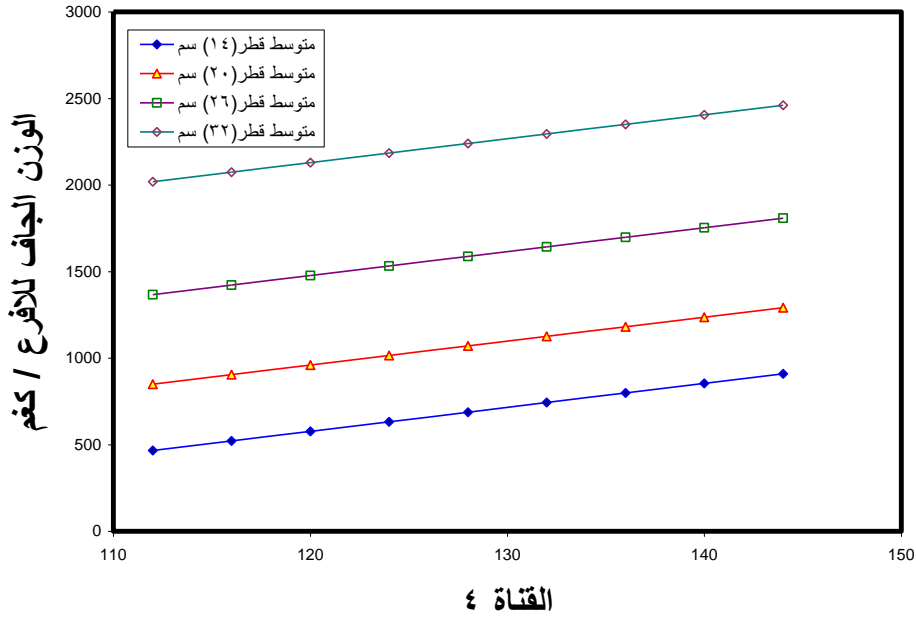
الجدول (٤-٢٥) الوزن الجاف لأفرع أشجار الصنوبر البروتي للعينه بدلالة متوسط القطر والقناة
(٤) عند متوسط ارتفاع (٧,٥) م

متوسط القطر التريبيعي / سم							القناة ٤
32	29	26	23	20	17	14	
2018.68	1675.74	1366.53	1091.05	849.30	641.29	467.01	112
2073.93	1730.99	1421.78	1146.30	904.55	696.53	522.26	116
2129.18	1786.23	1477.02	1201.55	959.79	751.78	577.50	120
2184.42	1841.48	1532.27	1256.79	1015.05	807.03	632.75	124
2239.67	1896.73	1587.52	1312.04	1070.29	862.27	688.01	128
2294.92	1951.97	1642.76	1367.29	1125.54	917.52	743.24	132
2350.16	2007.22	1698.01	1422.53	1180.79	972.77	798.49	136
2405.41	2062.47	1753.26	1477.78	1236.03	1028.02	853.74	140
2460.66	2117.72	1808.51	1533.03	1291.28	1083.27	908.99	144

$$WDB = -1447.21 + 1.874DG^2 + 1.8293(Hm \times B_4)$$

$$m = 1.0002 \quad n = -0.0233 \quad S.E = 213.73 \quad R^2_{adj} = 0.9024 \quad Bais = -0.0739$$

من الجدول (٤-٢٥) نلاحظ زيادة الوزن الجاف للأفرع بزيادة متوسط القطر والقناة (٤) إذ توجد علاقة بين القطر وحجم التاج فالتاج ممثلاً بالكتلة التي تكونه يكون في حالة توازن مع القطر لأنه يعمل على تحمل هذه الكتلة ضد الجاذبية الأرضية وهذا ما يفسر وجود هذه العلاقة وبزيادة القطر والتاج يعني وجود خلايا وطبقات ورقية أكثر وبما أن B_4 يزداد بزيادة عدد خلايا وطبقات الأوراق لذلك نجد هذه العلاقة بين الوزن الجاف للأفرع و B_4 هي علاقة قوية ووجود ارتباط قوي بينهما (Pete , Rei , ٢٠٠٦)، لذلك يمكن الاعتماد على الجدول (٤-٢٧) لتقدير الوزن الجاف للأفرع لمشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق ويمكن التعبير عنه بالشكل (٤-٢٣):



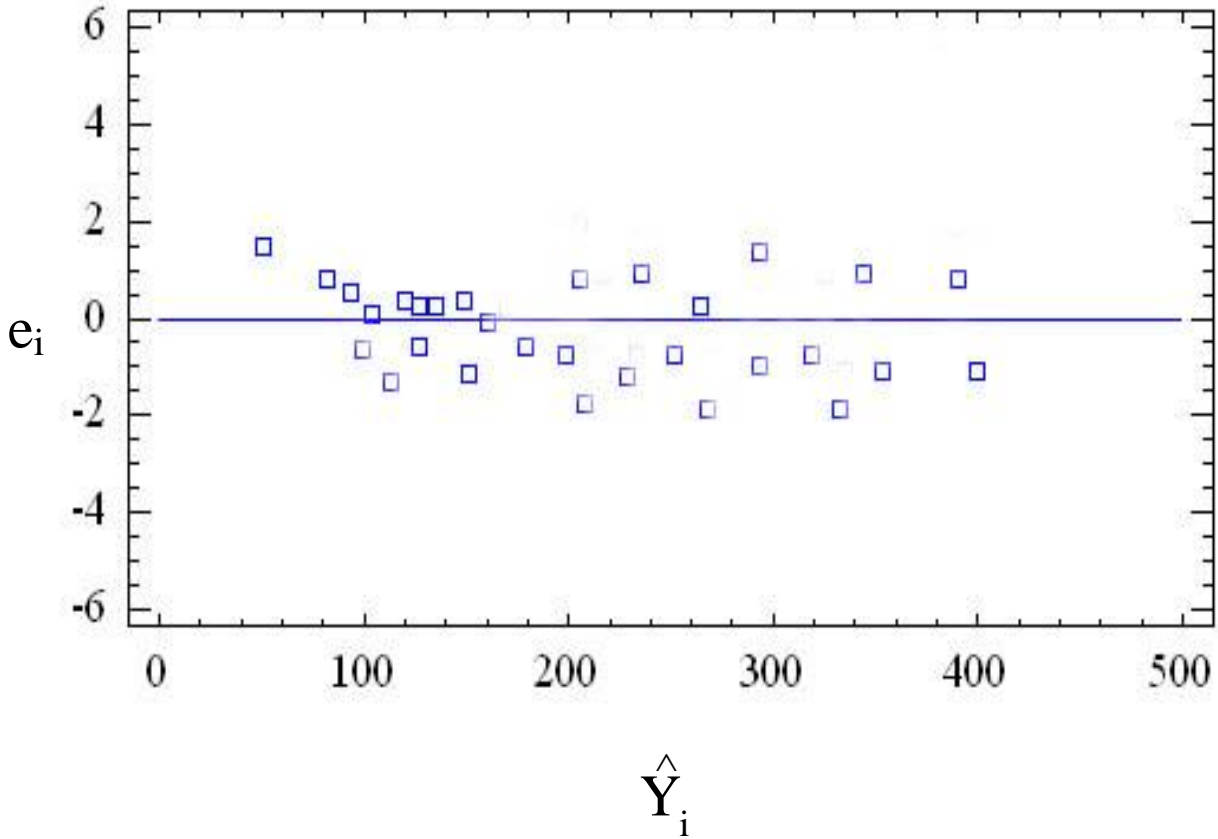
الشكل (٤-٢٣) مقدار الزيادة الحاصلة بالوزن الجاف لأفرع الأشجار لمشاجر السنوبر البروتي عند مختلف متوسط القطر و B_4 وعند متوسط ارتفاع (٧,٥) م

من الشكل (٤-٢٣) نلاحظ قوة العلاقة بين الوزن الجاف للأفرع ومتوسط القطر و B_4 لذلك يمكن استخراج الوزن الجاف لأفرع الأشجار ولأي مشجر من مشاجر السنوبر البروتي في شمال العراق بالاعتماد على الشكل أعلاه، مثلاً لو كان لدينا مشجر سنوبر بروتي متوسط قطره (٢٠) سم وقراءة القناة (٤) كانت (١٣٢) مايكرومتر فإن الوزن الجاف لأفرع أشجار هذا المشجر ستكون (١١٢٥,٥٤) كغم وهكذا.

٤-٢-٣ إعداد معادلات تقدير الوزن الجاف للأوراق من متغيرات المشجر والبيان الفضائي:
 يمكن استخدام الأوراق بصيغتها الجافة كعلف للحيوانات ولاسيما في الاوقات التي تقل فيها مساحات المراعي، ولقد زاد استخدام الأوراق في عدد من الاغراض الصناعية فهي تستخدم اليوم في انتاج الطاقة الحيوية والاسمدة العضوية، لذا يعد تقدير الوزن الجاف للأوراق ضرورياً، ولذا قمنا بتقدير الوزن الجاف لمشاجر السنوبر البروتي في شمال العراق بالاعتماد على متغيرات المشجر والبيان الفضائي وباستخدام طرائق الانحدار المختلفة المتاحة في نظام Statgraf واستخدام عدة مقاييس إحصائية كما في الجدول (٤-٢٦):

من ملاحظة الجدول (٤-٢٦) والمقارنة بين معادلات تقدير الوزن الجاف للأوراق من متغيرات المشجر، نجد أن المعادلة a.3 أعطت أحسن النتائج حيث معامل التحديد المصحح (0.9620) والخطأ القياسي (19.72) مقارنة مع بقية ا
كد من دقة المعادلة a.3 أجري لها اختبار

تحليل البواقي للتأكد من عدم وجود ارتباط عشوائي للخطأ مع القيم المقدره للوزن الجاف للأوراق كما في الشكل (٢٤-٤):



الشكل (٢٤-٤) توزيع الانحرافات العشوائية بين القيم الحقيقية والمقدرة للمعادلة a.3

كذلك أجري لهذه المعادلة اختبار Ohtomo للعلاقة بين القيم المقدره والحقيقة والمقدرة للوزن الجاف للأوراق وكانت قيم m, n (١,٠٠٠, -٠,٠٠٠٠٥) على التوالي وهذا يدل على دقة المعادلة لذلك استخدمت المعادلة a.3 لإعداد الجدول الوزن الجاف للأوراق لمشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق بالاعتماد متغيرات المشجر كما في الجدول (٢٧-٤):

الجدول (٢٧-٤) الوزن الجاف للأوراق(كغم) بدلالة متوسط القطر والارتفاع وعند

كثافة (79/ شجرة) في العينة (٣٠ × ٣٠) م^٢

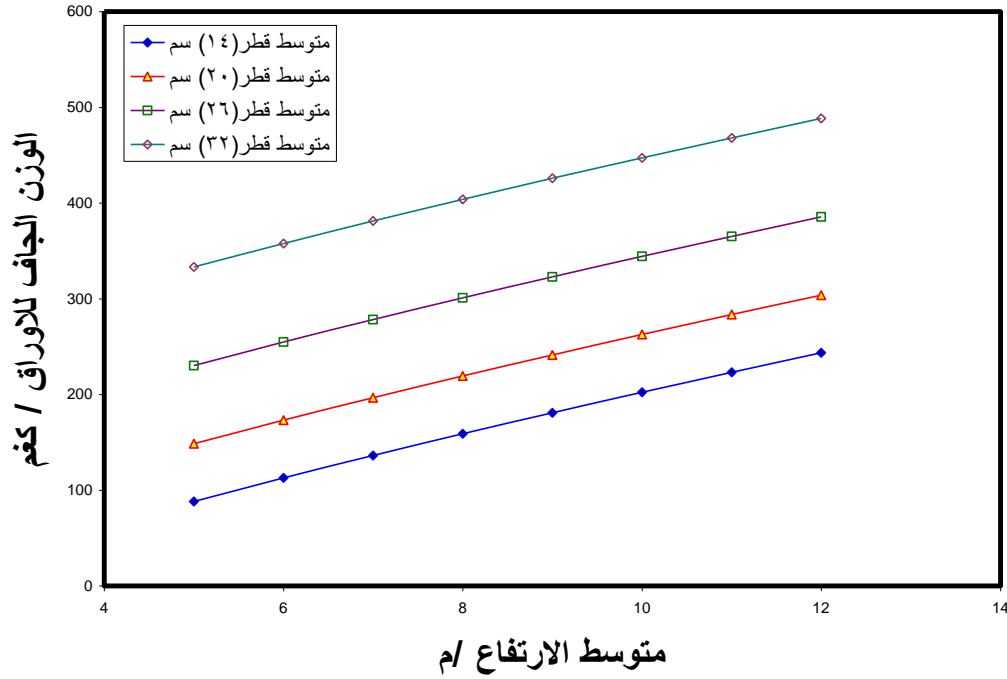
متوسط القطر التربيعي/ سم							متوسط الارتفاع/ م
32	29	26	23	20	17	14	5
333.17	279.04	230.24	186.75	148.59	115.76	88.25	

357.72	303.51	254.78	211.30	173.14	140.30	112.80	6
381.24	327.11	278.30	234.82	196.66	163.82	136.32	7
403.92	349.79	300.98	257.50	219.34	186.51	159.01	8
425.88	371.75	322.94	279.46	241.31	208.47	180.96	9
447.24	393.11	344.30	300.81	262.66	229.82	202.32	10
468.05	413.92	365.11	321.63	283.47	250.64	223.13	11
488.39	434.26	385.45	341.97	303.81	270.98	243.47	12

$$WDL = -138.26 + 0.2958DG^2 + 0.64491NHm^{0.7456}$$

$$R^2_{adj} = 0.9620 \quad S.E = 19.72 \quad n = -0.0005 \quad m = 1.0 \quad Bais = 0.0134$$

من الجدول (٤-٢٧) نجد أن العلاقة بين الوزن الجاف للأوراق ومتوسط القطر والارتفاع هي علاقة طردية ويعني بزيادة متوسط القطر والارتفاع يزداد الوزن الجاف للأوراق؛ لأنه بزيادة متوسط القطر والارتفاع يعني زيادة حجم التاج أي وجود عدد أكبر من الأوراق، وبالتالي زيادة المساحة الورقية أي زيادة وزن الأوراق، لذلك نجد هذه العلاقة القوية بين المساحة الورقية وبالتالي الوزن الجاف للأوراق ومتوسط القطر والارتفاع (Paula وآخرون، ٢٠٠١)، ويمكن تمثيل الجدول بيانياً بالشكل (٤-٢٥):



الشكل (٢٥-٤) مدى التطور الحاصل في الوزن الجاف للأوراق عند مختلف متوسط قطر وارتفاع عند كثافة (٧٩ / شجرة) .

من الشكل (٢٥-٤) نلاحظ إمكانية تقدير الوزن الجاف للأوراق بالاعتماد على متوسط القطر والارتفاع، وبالإمكان استخدام الشكل ولأي مشجر من مشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق لغرض معرفة الوزن الجاف للأوراق.

أما عند استخدام متغيرات المشجر والبيان الفضائي لتقدير الوزن الجاف للأوراق، فلقد تمكنا من إعداد ثلاث معادلات لهذا الغرض كما في الجدول (٢٦-٤) الفقرة b ومنها نلاحظ أن المعادلة b.3 أعطت أفضل النتائج حيث كان معامل التحديد المصحح والخطأ القياسي (٠,٩٤٨٠) ، (٢٣,٠٨) على التوالي أي أفضل من بقية المعادلات وللتأكد من دقة المعادلة وصلاحيتها تم إجراء اختبار Ohtomo واختبار Bais فكانت قيم $Bais$, m , n (- , 1.0 , -0.001) ، (0.0002) على التوالي مما يدل على دقة المعادلة، لذلك استخدمت المعادلة في إعداد الجدول الوزن الجاف للأوراق كما في الجدول (٢٨-٤):

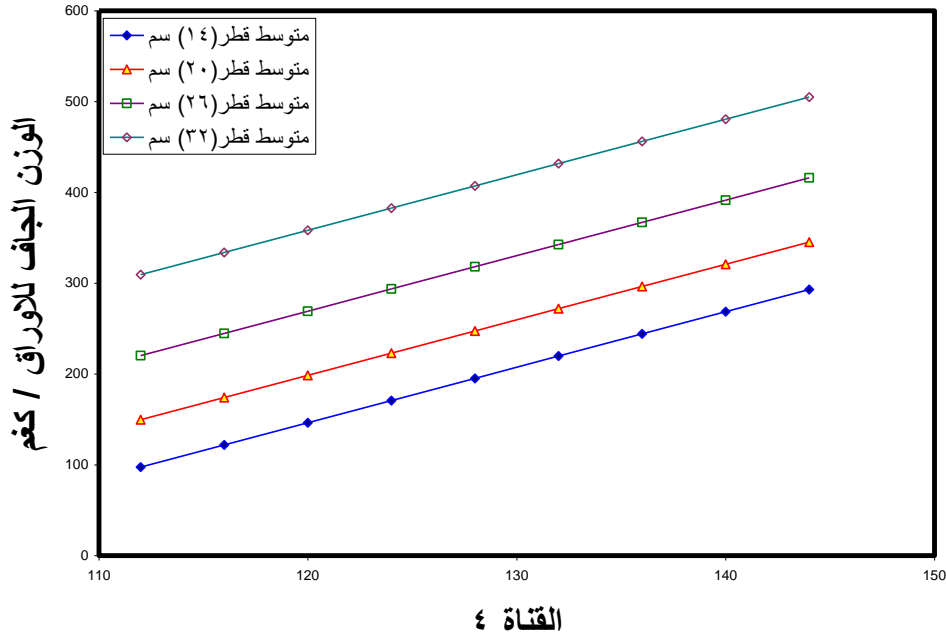
الجدول (٢٨-٤) الوزن الجاف للأوراق في العينة بدلالة القناة (٤) ومتوسط القطر وعند متوسط ارتفاع (7.5) م .

متوسط القطر التريبيعي / سم							القناة ٤
32	29	26	23	20	17	14	
309.33	262.48	220.23	182.61	149.58	121.17	97.35	112
333.79	286.95	244.70	207.07	174.05	145.63	121.83	116
358.26	311.42	269.17	231.54	198.52	170.10	146.30	120
382.73	335.88	293.64	256.01	222.99	194.57	170.76	124
407.20	360.35	318.11	280.48	247.46	219.04	195.23	128
431.67	384.82	342.58	304.95	271.93	243.51	219.7	132
456.14	409.29	367.05	329.42	296.39	267.98	244.17	136
480.61	433.76	391.52	353.89	320.86	292.45	268.64	140
505.08	458.23	415.98	378.36	345.33	316.92	293.11	144

$$WDL = -818.714 + 0.2560DG^2 + 23.943Hm + 6.1172B_4$$

$$R^2_{adj.} = 0.9480 \quad S.E = 23.08 \quad n = -0.0002 \quad m = 1.0 \quad Bais = -0.001$$

من الجدول (٢٨-٤) نجد زيادة الوزن الجاف للأوراق بزيادة متوسط القطر وزيادة قيمة B_4 لأن زيادة القطر تعني زيادة حجم التاج وهذا يسبب زيادة في B_4 لأنه يزداد بزيادة عدد خلايا وطبقات الأوراق لذلك نجد هذه العلاقة الطردية. ويمكن تمثيل الجدول بيانياً كما في الشكل (٢٦-٤):



الشكل (٤-٢٦) الوزن الجاف للأوراق في العينة بدلالة متوسط القطر والقناة (٤) وعند متوسط

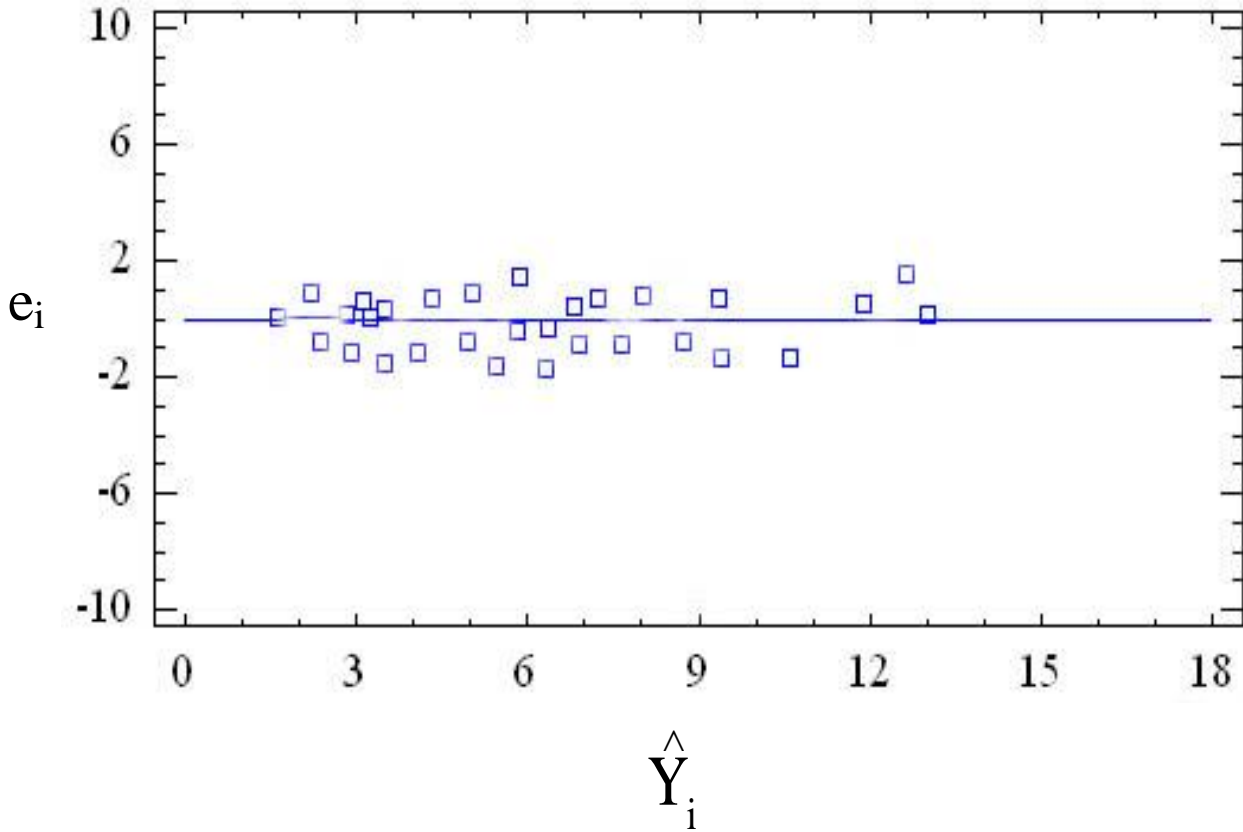
ارتفاع (7.5) م

من الشكل أعلاه نلاحظ إمكانية تقدير الوزن الجاف للأوراق لأي مشجر بعد معرفة متوسط قطره وفي حالة توفر البيان الفضائي الذي يمكن من خلاله قراءة انعكاسية القناة (٤).

٤-٢-٢-٤ معادلات تقدير الوزن الجاف الكلي من متغيرات المشجر والبيان الفضائي:

في السنوات الأخيرة زاد الاهتمام بتقدير الكتلة الحية ولاسيما الوزن الجاف الكلي لعناصر الشجرة المختلفة لأهميته في فهم تدفق الكربون بين النظم البيئية الأرضية والغلاف الجوي وبالتالي فهم توازن الكربون في العالم (Houghton, ٢٠٠٥) لذلك قمنا بإعداد معادلات الوزن الجاف الكلي لمشاجر الصنوبر البروتي اعتماداً على متغيرات المشجر والبيان الفضائي كما في الجدول (٤-٢٩):

عند ملاحظة الجدول (٢٩-٤) الفقرة a وعند إجراء المفاضلة بين معادلة تقدير الوزن الجاف الكلي نجد أن المعادلة a.4 أعطت أفضل النتائج بـ والخطأ القياسي (, 412.06)
مقارنة ببقية المعادلات وبعد اذ ي لها اختبار تحليل البواقي كما في الشكل (٢٧-٤):



الشكل (٤-٢٧) توزيع الانحرافات العشوائية بين القيم الحقيقية والمقدرة للوزن الجاف الكلي للمعادلة a.4

وكذلك أجري لها اختبار Ohtomo للعلاقة بين القيم الحقيقية والمقدرة وكانت كل من n , m (0.0043 , 1.0) على التوالي مما يدل على دقة المعادلة وصلاحيتها للاستخدام لذلك استخدمت المعادلة a.4 في إعداد الجدول (٤-٣٠):

الجدول (٤-٣٠) الوزن الجاف الكلي (كغم) بدلالة متوسط القطر والارتفاع وعند كثافة (٧٩/ شجرة) في العينة (٣٠ × ٣٠) م^٢

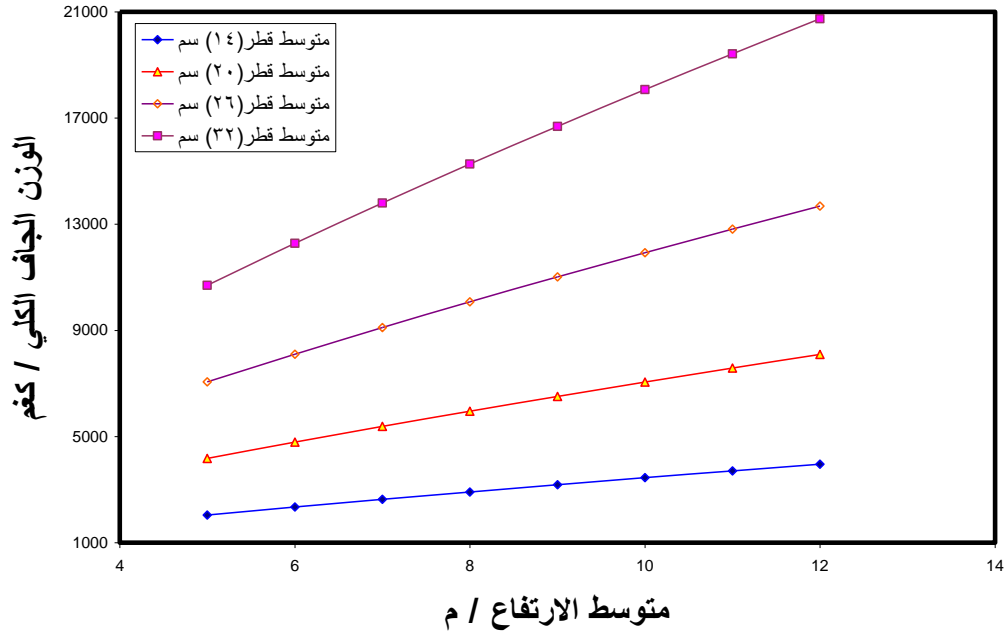
متوسط القطر التربيعي / سم							متوسط الارتفاع / م
32	29	26	23	20	17	14	5
10699.62	8785.45	7059.56	5521.96	4172.63	3011.58	2038.81	

12280.90	10084.14	8103.45	6338.85	4790.32	3457.86	2341.47	6
13798.65	11330.65	9105.41	7122.92	5383.19	3886.21	2631.98	7
15264.05	12534.17	10072.81	7879.95	5955.61	4299.78	2912.47	8
16685.18	13701.33	11010.97	8614.11	6510.74	4700.86	3184.48	9
18068.09	14837.11	11923.91	9328.52	7050.94	5091.16	3449.18	10
19417.51	15945.36	12814.74	10025.64	7578.06	5472.01	3707.47	11
20737.19	17029.21	13685.93	10707.39	8093.56	5844.45	3960.06	12

$$WDT = -11.3349 + 0.032963DG^2 Hm^{0.755262} N^{1.09409}$$

$$R^2_{adj.} = 0.9885 \quad S.E = 412.063 \quad n = 0.0043 \quad m = 1.0 \quad Bais = 0.993$$

من ملاحظة الجدول (٤-٣٠) نلاحظ وجود علاقة طردية بين الوزن الجاف الكلي ومتوسط القطر والارتفاع وهذه العلاقة منطقية إذ بزيادة القطر والارتفاع يعني زيادة الوزن وبذلك يمكن الاعتماد على هذين المتغيرين فضلاً عن الكثافة في تقدير الوزن الجاف الكلي (Jian وآخرون، ٢٠٠١)، ويمكن تمثل الجدول بيانياً كما في الشكل (٤-٢٨):



الشكل (٢٨-٤) مدى الزيادة الحاصلة بالوزن الجاف الكلي للعينة عند مختلف متوسطات القطر والارتفاع وعند كثافة ٧٩ (شجرة) .

عند الرجوع إلى الجدول (٢٩-٤) الفقرة b والمتضمن معادلات تقدير الوزن الجاف الكلي من البيان الفضائي إذ قمنا باشتقاق (٤) معادلات لتقدير الوزن الجاف الكلي بالاعتماد على معطيات التحسس النائي والمتمثلة بالبيان الفضائي للمتحمس ETM+ للقمر الصناعي لاندسات ٧، وعند إجراء المفاضلة بين المعادلات وحسب المقاييس الإحصائية فكانت المعادلة b.1 هي الأفضل والأدق إذ أعطت أعلى قيمة لمعامل التحديد المصحح (0.4651) وأقل قيمة S.E (2821) ولزيادة الدقة والتأكد من دقة المعادلة b.1 تم إجراء اختبار Ohtomo واختبار Bais فكانت قيم m , n و Bais المعادلة b.1 لإعداد الجدول الوزن الجاف الكلي لمشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق كما في الجدول (٣١-٤):

الجدول (٤-٣١) الوزن الجاف الكلي بدلالة القنوات B_4, B_5 وعند B_5 (46) في العينة

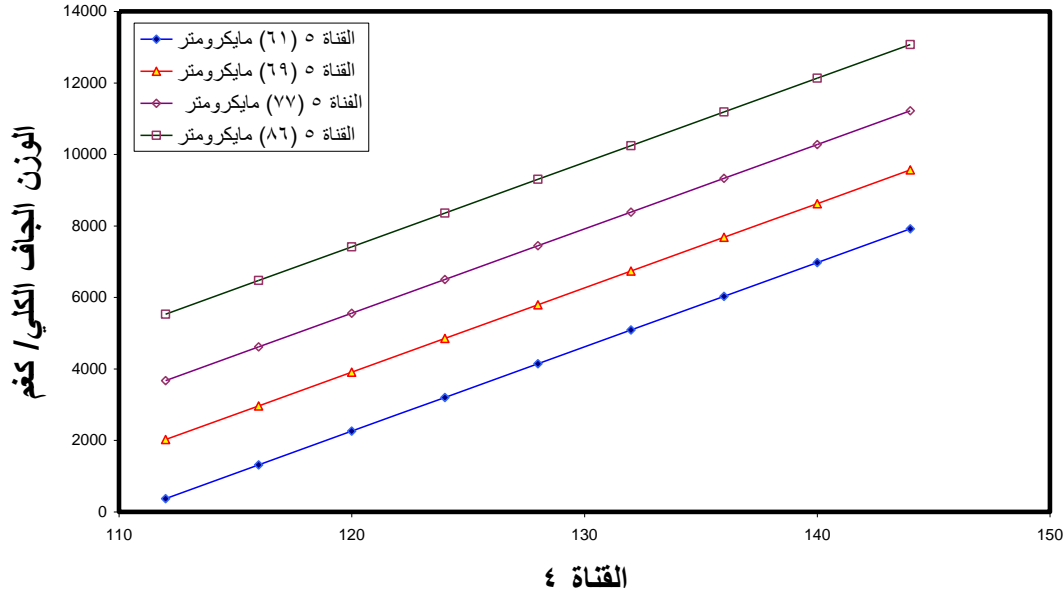
$$^2_m(30 \times 30)$$

القناة ٥							القناة ٤
86	81	77	73	69	65	61	
5528.276	4496.946	3671.882	2846.818	2021.75	1196.69	371.625	112
6471.408	5440.078	4615.014	3789.95	2964.89	2139.82	1314.76	116
7414.54	6383.21	5558.146	4733.082	3908.02	3082.95	2257.89	120
8357.672	7326.341	6501.278	5676.214	4851.15	4026.09	3201.02	124
9300.804	8269.474	7444.41	6619.346	5794.28	4969.22	4144.15	128
10243.94	9212.606	8387.542	7562.478	6737.41	5912.35	5087.29	132
11187.07	10155.74	9330.674	8505.61	7680.55	6855.48	6030.42	136
12130.2	11098.87	10273.81	9448.741	8623.68	7798.61	6973.55	140
13073.33	12042	11216.94	10391.87	9566.81	8741.75	7916.68	144

$$WDT = -29982.9 + 235.785B_4 + 206.266B_5 - 188.135B_7$$

$$R^2_{adj.} = 0.4651 \quad S.E = 2821 \quad n = 0.0049 \quad m = 0.9999 \quad Bais = -0.047$$

من الجدول (٤-٣١) نلاحظ أنه بالإمكان تقدير الوزن الجاف الكلي بالاعتماد فقط على البيان الفضائي (Steininger، ٢٠٠٠)، (Daolan وآخرون، ٢٠٠٤) و (Vasileios، ٢٠٠٥) ويمكن تمثيل الجدول بيانياً كما في الشكل (٤-٢٩):



الشكل (٤-٢٩) مدى الزيادة الحاصلة بالوزن الجاف الكلي للعينة بدلالة القناة (٤) والقناة (٥) وعند قناة ٧ (٤٦)

من الشكل (٤-٢٩) نلاحظ وجود علاقة قوية بين الوزن الجاف الكلي والقناة (٤) إذ بزيادة القناة (٤) يزداد الوزن الجاف الكلي لأن القناة (٤) تدل على عدد خلايا وطبقات الأوراق أي بزيادة وزن وحجم التاج وبالتالي وزن الساق لايجاد توازن للجاذبية الأرضية وهذا يعني زيادة الوزن الجاف الكلي بزيادة انعكاسية القناة (٤).

عند الرجوع إلى الجدول (٤-٢٩) الفقرة C وبعد إجراء المقارنة بين المعادلات فإن المعادلة C.1 كانت هي الأدق حيث كان معامل التحديد المصحح والخطأ القياسي (٠,٩٢٨٩ ، ١٠٢٨) على التوالي ولكن عند ملاحظة المعادلة C.2 نجد ان R^2 adj. و S.E أفضل من المعادلة C.1 ولكن عند إجراء اختبار تحليل البواقي واختبار Ohtomo والانحراف فإن المعادلة C.1 كانت هي الأدق والأحسن ولذلك تم استخدام المعادلة C.1 لتقدير الوزن الجاف الكلي بالاعتماد على متغيرات المشجر مع البيان الفضائي كما في الجدول (٤-٣٢):

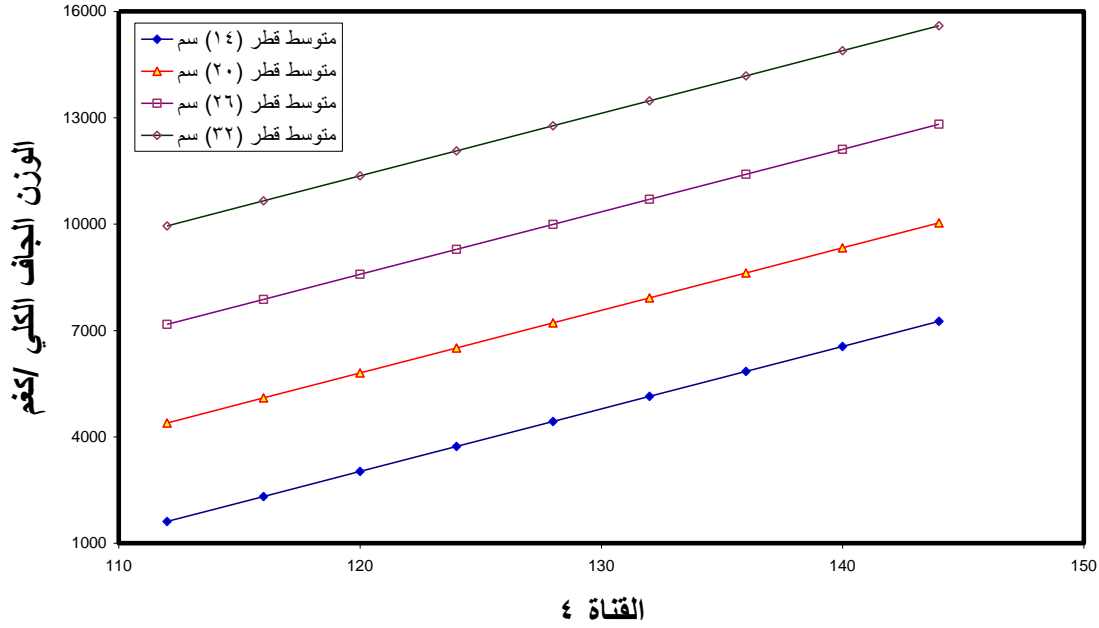
الجدول (٣٢-٤) الوزن الجاف الكلي للعينة بدلالة كل من متوسط القطر والقناة (٤) وعند متوسط ارتفاع (7.5) م

متوسط القطر التربيعي / سم							القناة ٤
32	29	26	23	20	17	14	
9950.096	8560.25	7170.42	5780.58	4390.75	3000.91	1611.07	112
10655.66	9265.82	7875.99	6486.15	5096.32	3706.48	2316.64	116
11361.23	9971.39	8581.55	7191.72	5801.88	4412.05	3022.21	120
12066.80	10676.96	9287.12	7897.28	6507.45	5117.62	3727.78	124
12772.37	11382.53	9992.69	8602.85	7213.02	5823.18	4433.35	128
13477.94	12088.10	10698.26	9308.42	7918.59	6528.75	5138.91	132
14183.5	12793.67	11403.83	10013.99	8624.16	7234.32	5844.48	136
14889.07	13499.24	12109.40	10719.56	9329.72	7939.89	6550.05	140
15594.64	14204.80	12814.97	11425.13	10035.3	8645.46	7255.62	144

$$WDT = -30736.3 + 463.979DG + 808.684Hm + 176.392B_4$$

$$R^2_{adj} = 0.9289 \quad S.E = 1028 \quad n = 0.0058 \quad m = 0.9999 \quad Bais = -0.059$$

نلاحظ من الجدول (٣٢-٤) قوة العلاقة بين الوزن الجاف الكلي ومتوسط القطر والقناة ٤، ونجد زيادة في الوزن الجاف الكلي بزيادة كل من متوسط القطر و B_4 كما ذكرنا سابقاً أن القناة ٤ ما هي إلا دليل على زيادة عدد خلايا وطبقات الأوراق وهذه الزيادة في الخلايا تؤدي إلى زيادة في القطر بسبب العلاقة بين التاج والقطر وهي علاقة طردية أي بزيادة حجم التاج يزداد القطر وبالتالي زيادة الوزن الجاف الكلي، ولذلك يمكن الاعتماد على الجدول أعلاه لتقدير الوزن الجاف الكلي لأي مشجر من مشاجر الصنوبر البروتي إذ لو كان متوسط القطر للمشجر مثلاً (١٤) سم وسجل التحسس ETM+ انعكاسية للقناة (٤) بمقدار بمقدار (١١٦) مثلاً فإن الوزن الجاف الكلي لهذا المشجر هو (٢٣١٦,٦٤) كغم وهكذا، ويمكن تمثيل الجدول بيانياً كما في الشكل (٣٠-٤):



الشكل (٤-٣٠) مدى التطور الحاصل بالوزن الجاف للعينة الكلي عند مختلف متوسطات القطر والقناة (٤) وعند متوسط ارتفاع (٧,٥) م

عند ملاحظة الشكل (٤-٣٠) نجد وجود علاقة طردية بين الوزن الجاف الكلي ومتوسط القطر والقناة (٤) إذ توجد علاقة قوية بين انعكاسية القناة (٤) والقطر وبزيادة عدد خلايا وطبقات الأوراق يزداد حجم التاج وبالتالي وزن التاج وبزيادة حجم التاج تزداد قيمة الانعكاسية للقناة (٤) وبزيادة حجم التاج يزداد قطر الساق لوجود علاقة طردية بينهما وهذا يعني زيادة الوزن الجاف الكلي، لذا نرى هذه العلاقة القوية بين الوزن الجاف الكلي ومتوسط القطر والقناة (٤)، فمن الشكل (٤-٣٠) يمكن تقدير الوزن الجاف الكلي لأي مشجر من مشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق بعد معرفة متوسط القطر وانعكاسية القناة (٤).

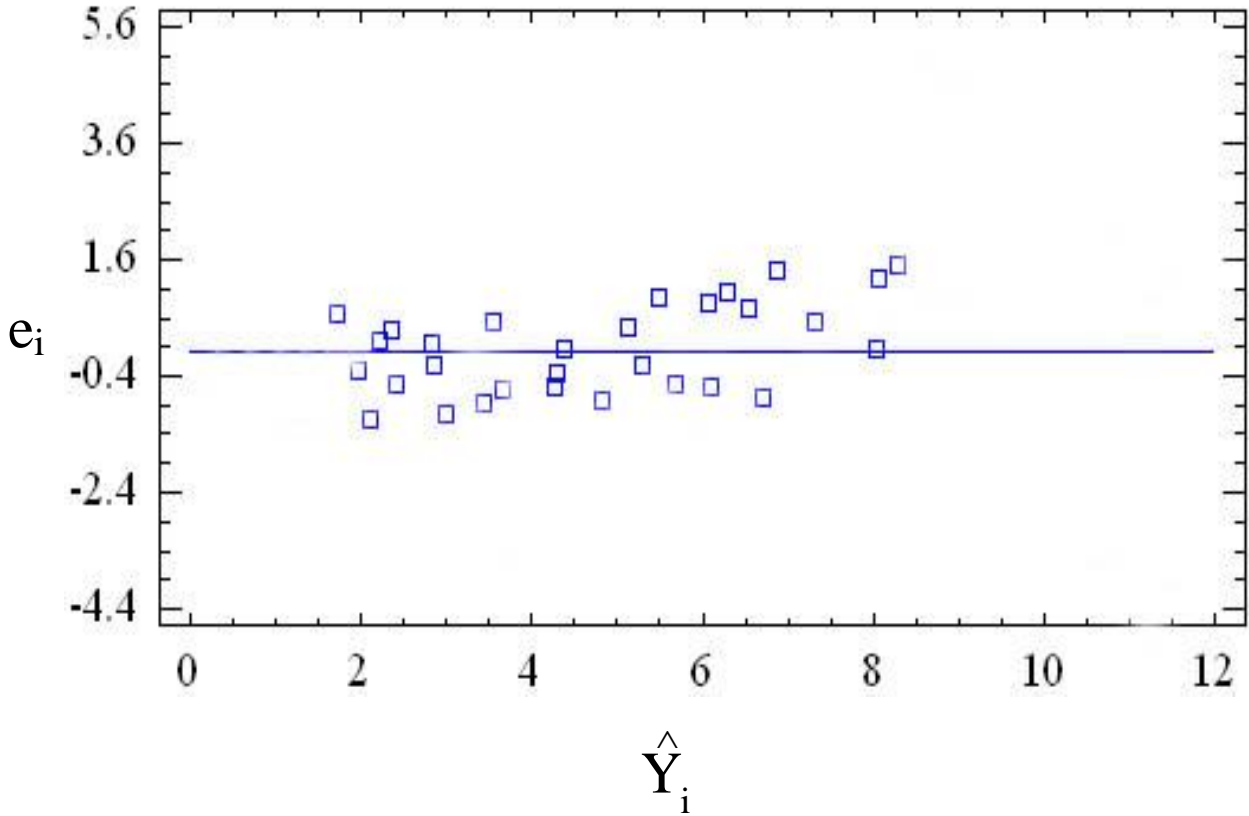
٤-٣- تقدير الحجم:

بالنظر لزيادة عدد السكان والطلب المتزايد والمستمر على المواد الأولية ومنتجات الغابات من مختلف عناصر الشجرة خاصة من قبل الكثير من الصناعات، دعت الحاجة إلى معرفة حجوم الاخشاب في الغابات الطبيعية والمشاجر الصناعية لسهولة تزويد المستفيد بالكمية المطلوبة من الخشب ومعرفة موجودات الغابة لإدخالها ضمن الخطط الإدارية المستقبلية، ولذا فإن معرفة أحجام أجزاء الشجرة كالساق والأفرع أو الشجرة بكاملها يعد أمراً مهماً وضرورياً، لذلك قمنا بتقدير الحجم لمشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق بالاعتماد على متغيرات المشجر والبيان الفضائي وباستخدام طرائق الانحدار المختلفة المتاحة في نظام Statgraf في الحاسب الالي كما يأتي:

٤-٣-١ معادلات تقدير حجم الساق:

بما أن الساق هو الجزء الرئيس والمهم في الشجرة والذي يلعب دوراً مهماً في كمية الانتاج فضلاً عن استخدامه في كثير من الصناعات كالألواح، الوقود، العجينة السليلوزية ... الخ، لذا فإن إعداد نماذج لتقدير حجم الساق الرئيس للشجرة يعد من المتطلبات التي تستخدم بالشكل واسع من قبل المنتج والمستخدم على حد سواء، لذلك قمنا بإعداد معادلات لتقدير حجم الساق لمشاجر الصنوبر البروتي بالاعتماد على متغيرات المشجر والبيان الفضائي مستخدمين طرائق الانحدار المختلفة المتاحة في نظام Statgraf كما في الجدول (٤-٣٣):

عند ملاحظة الجدول (٣٥-٤) الفقرة a إذ تـ ... معادلات من حجم الساق بوصفه متغير معتمد ومتوسط القطر والكثافة بوصفهما ، وعند إجراء المفاضلة بين هذه المعادلات حسب المقاييس الإحصائية المستخدمة في المعادلة a.3 هي الأدق والأفضل إذ كان معامل التحديد المصحح (0.9855) والخ ... (0.9855) وللتأكد من عدم وجود ارتباط داخلي بين المتغيرات المستقلة للمعادلة لذلك قمنا بإجراء اختبار تحليل البواقي كما في الشكل (٣١-٤):



الشكل (٣١-٤) توزيع الانحرافات العشوائية بين القيم الحقيقية والمقدرة لحجم الساق للمعادلة a.3 من الشكل يتضح جودة هذه المعادلة وصلاحيته للاستخدام لذا تم استخدامها في تقدير حجم الساق لمشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق كما في الجدول (٣٤-٤):

الجدول (٣٤-٤) حجم الساق/م^٣ الرئيس لمشاجر الصنوبر البروتي بدلالة كل من متوسط القطر والكثافة في العينة (٣٠ × ٣٠) م^٢

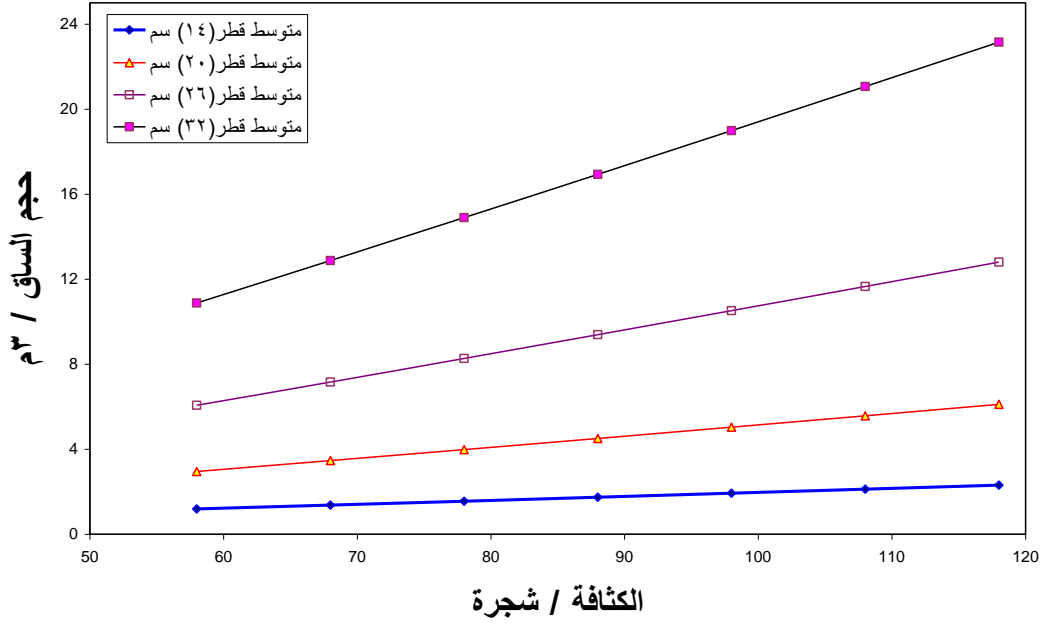
متوسط القطر التربيعي/ سم							الكثافة/ شجرة
32	29	26	23	20	17	14	
10.879				2.953	1.925	1.188	58
8	8.2380	6.0655	4.3185	3	·	5	
12.875				3.466	2.245	1.371	68
2	9.7394	7.1605	5.0869	3	8	5	

14.893 7	11.258 2	8.2683	5.8641	3.985 4	2.570 3	1.556 7	78
16.932 4	12.792 1	9.3871	6.6492	4.509 6	2.898 1	1.743 7	88
18.989 3	14.339 8	10.516 0	7.4413	5.038 5	3.228 8	1.932 4	98
21.062 5	15.899 8	11.654 0	8.2397	5.571 6	3.562 1	2.122 6	108
23.150 8	17.471 0	12.800 1	9.0438	6.108 5	3.897 8	2.314 1	118

$$VS = 0.2096 + 0.00004DG^{2.8897} / N^{-1.07778}$$

$$R^2_{adj} = 0.9855 \quad S.E = 0.33 \quad n = 0.0007 \quad m = 0.9998 \quad Bais = -0.0141$$

من ملاحظة الجدول (٤-٣٤) يتبين لنا وجود علاقة قوية بين متوسط القطر والكثافة وبين حجم الساق إذ زيادة هذه المتغيرات تؤدي إلى زيادة في حجم الساق لذلك تم استخدامها في تقدير حجم الساق (Baldwin , Ferguson، ١٩٩٥) لذلك يمكن الاعتماد على الجدول أعلاه في تقدير حجم الساق لمشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق فمثلاً لو كان لدينا عدد الأشجار لوحدة المساحة ((٩٠٠) م^٢) (٥٨) شجرة ومتوسط القطر لهذا المشجر (١٧) سم فإن حجم الساق (١,٩٢٥٠) م^٣ وهكذا، ويمكن تمثيل الجدول بيانياً كما في الشكل (٤-٣٢):



الشكل (٣٢-٤) مدى الزيادة الحاصلة في حجم الساق الرئيس عند مختلف متوسطات القطر ومختلف الكثافات

من الشكل (٣٢-٤) نلاحظ وجود علاقة طردية بين حجم الساق ومتوسط القطر والكثافة المتمثلة بعدد الأشجار إذ كلما ازداد القطر والكثافة ازداد حجم الساق وبذلك يمكن الاعتماد على الشكل أعلاه في تقدير حجم الساق لأي مشجر من مشاجر الصنوبر البروتي بعد معرفة متوسط القطر والكثافة، فلو كان لدينا مشجر عدد الأشجار في هذا المشجر هو (٨٨) شجرة ومتوسط قطر هذا المشجر (٢٠) سم فإن حجم الساق لوحدة المساحة لهذا المشجر سوف يكون (4.50) م^٣ وهكذا.

عند الرجوع إلى الجدول (٣٥-٤) وملاحظة الفقرة b فإنه تم التوصل إلى معادلات لتقدير حجم الساق بالاعتماد على متغيرات المشجر والبيان الفضائي وعند إجراء المقارنة بين المعادلات كانت المعادلة b_1 هي الأفضل إذ معامل التحديد المصحح (0.99١٠) والخطأ القياسي (0.28). ولمعرفة دقة المعادلة مرة أخرى اجري اختبار Ohtomo واختبار Bais فإظهرت نتائج التحليل دقة المعادلة b_1 لذا استخدمت في إعداد الجدول تقدير حجم الساق لمشاجر الصنوبر البروتي بالاعتماد على متغيرات المشجر والبيان الفضائي كما في الجدول (٣٥-٤):

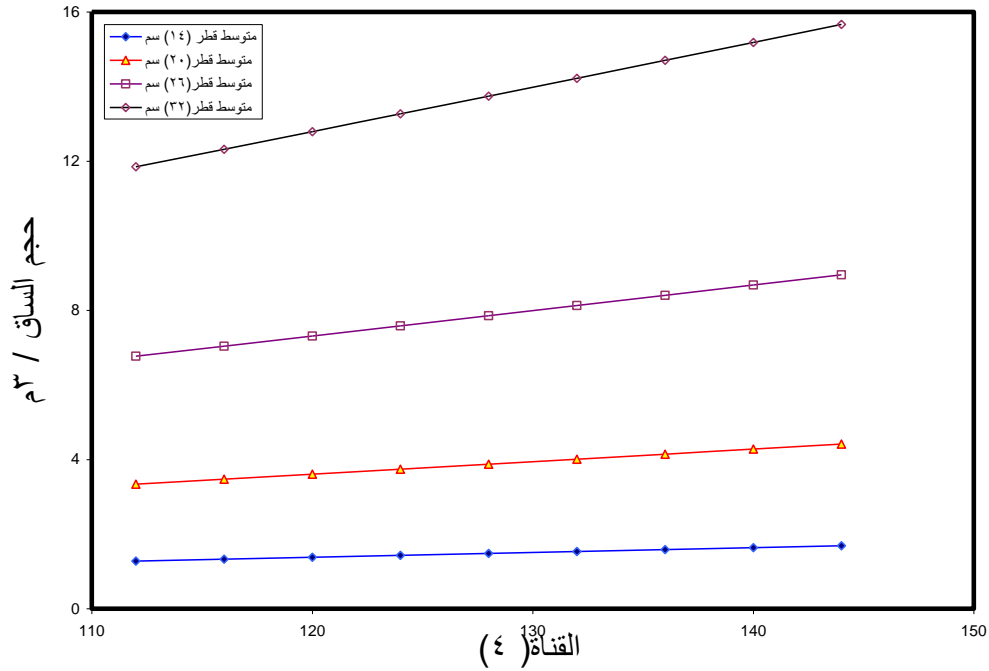
الجدول (٣٥-٤) تقدير حجم الساق الرئيس (م^٣) للعينة بدلالة متوسط القطر والقناة (٤) وعند كثافة (٧٩/شجرة)

متوسط القطر التريبيعي / سم							القناة ٤
32	29	26	23	20	17	14	
11.847 6	9.0873	6.771 0	4.8661	3.339 2	2.155 1	1.277 2	112
12.318 9	9.4488	7.040 4	5.0597	3.472 0	2.240 8	1.328 0	116
12.792 1	9.8117	7.310 8	5.2541	3.605 3	2.326 9	1.379 0	120
13.267 0	10.176 0	7.582 2	5.4491	3.739 2	2.413 2	1.430 2	124
13.743 6	10.541 6	7.854 6	5.6448	3.873 5	2.499 9	1.481 6	128
14.221 9	10.908 5	8.127 9	5.8413	4.008 3	2.586 9	1.533 2	132
14.701 8	11.276 6	8.402 2	6.0384	4.143 6	2.674 2	1.584 9	136
15.183 3	11.645 9	8.677 4	6.2362	4.279 3	2.761 8	1.636 8	140
15.666 4	12.016 4	8.953 5	6.4346	4.415 5	2.849 7	1.688 9	144

$$VS = 0.000003DG^{2.6944}N^{0.66602}B_4^{1.11173}$$

$$S.E = 0.28 \quad n = 0.00754 \quad m = 0.9995 \quad Bais = 0.1671 R^2_{adj.} = 0.9910$$

من ملاحظة الجدول (٣٧-٤) نجد وجود علاقة طردية بين حجم الساق ومتوسط القطر والقناة (٤) B_4 وهذه العلاقة تعني زيادة القطر مترابط بحجم التاج، وهذا يعني زيادة الانعكاسية في B_4 الذي يعتمد على عدد خلايا وطبقات الأوراق، وبالتالي زيادة حجم الساق لذلك يمكن تقدير حجم الساق من دمج البيانات الحقلية مع البيان الفضائي (Michael وآخرون، ٢٠٠٨) ولهذا يمكن استخدام الجدول (٣٧-٤) في تقدير حجم الساق لمشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق، ويمكن تمثيله بالشكل (٣٣-٤):



الشكل (٣٣-٤) مدى التطور الحاصل في حجم الساق عند مختلف متوسطات قطر والقناة (٤) وعند كثافة (٧٩/ شجرة)

نلاحظ من الشكل (٣٣-٤) وجود علاقة طردية بين حجم الساق ومتوسط القطر والقناة (٤)، لذلك يمكن الاعتماد على الشكل أعلاه في تقدير حجم الساق لمشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق.

٢-٣-٤ معادلات تقدير حجم الأفرع:

إن إعداد معادلات رياضية لتقدير حجم الأفرع للعينة استأثر باهتمام الإداري الغاباتي، لما لهذا المنتج من أهمية في عدد من الصناعات ولاسيما الوقود الحيوي وصناعة الفحم أو العجينة السليلوزية، لذا فإن تقييم هذا المنتج من خلال معرفة حجمه يعد ضرورياً للإداري لمعرفة قيم منتوجات الغابة بصورة عامة ومنها أفرع الأشجار، لذا تم التوصل إلى معادلات التي تربط بين

متغيرات المشجر والبيان الفضائي وبين الحجم لأفرع الأشجار لمشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق كما في الجدول (٤-٣٦):

من ملاحظة الجدول (٤-٣٦) الفقرة a وعند بين المعادلات فإن المعادلة a₁ كانت هي الأفضل إذ كان معامل التحديد المصحح والـ إلى الجدول نلاحظ تقارب المعادلات من إد ادعه ونحن بعد إجراء اختبار Ohtomo و Bais وقع الاختيار على المعادلة a.1 لأنها الأفضل وبذلك استخدمت هذه المعادلة لتقدير حجم الأفرع لمشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق كما في الجدول (٤-٣٧):

الجدول (٤-٣٧) حجم الأفرع (م^٣) للعينة لمشاجر الصنوبر البروتي بدلالة متوسط القطر والكثافة

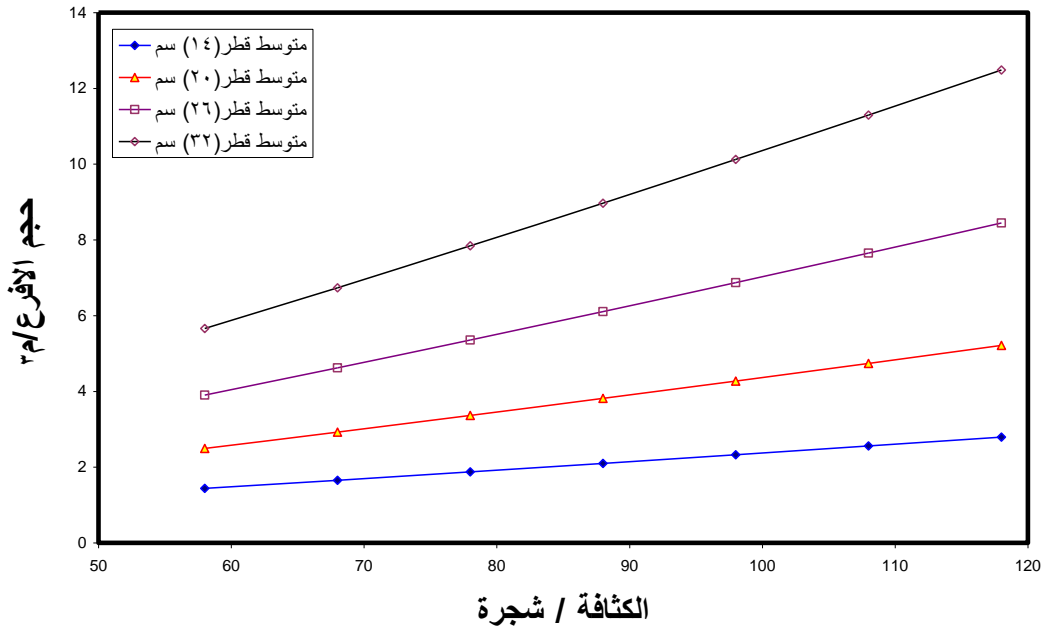
متوسط القطر التربيعي / سم							الكثافة / شجرة
32	29	26	23	20	17	14	
5.6591	4.7366	3.901 4	3.1536	2.493 9	1.922 7	1.440 6	58
6.7364	5.6250	4.618 7	3.7178	2.923 0	2.234 8	1.654 0	68
7.8412	6.5361	5.354 3	4.2964	3.363 0	2.554 9	1.872 8	78
8.9706	7.4674	6.106 4	4.8879	3.812 9	2.882 1	2.096 5	88
10.122 3	8.4171	6.873 2	5.4917	4.271 6	3.215 8	2.324 7	98
11.294 3	9.3836	7.653 6	6.1048	4.738 4	3.555 3	2.556 8	108
12.485 1	10.365 6	8.446 4	6.7284	5.212 7	3.900 3	2.792 6	118

$$VB = 0.396747 + 0.000051DG^{1.95863}N^{1.17125}$$

$$S.E = 0.23 \quad n = 0.0001 \quad m = 0.9999 \quad Bais = -0.005 \quad R^2_{adj.} = 0.9796$$

من الجدول أعلاه نلاحظ وجود علاقة طردية قوية بين حجم الأفرع ومتوسط القطر والكثافة إذ بزيادة حجم التاج تكون زيادة في القطر لإيجاد توازن للجاذبية الأرضية للتاج، لذلك يمكن الاعتماد على هذه

التغيرات في تقدير حجم الأفرع (Thomas وآخرون، ١٩٩٩)، ويمكن تمثيل الجدول بيانياً كما في الشكل (٤-٣٤):



الشكل (٤-٣٤) مدى الزيادة الحاصلة في حجم الأفرع بدلالة متوسط القطر والكثافة

من ملاحظة الشكل (٤-٣٤) يتبين لنا وجود علاقة طردية بين حجم الأفرع ومتوسط القطر والكثافة إذ بزيادة القطر يزداد حجم التاج وبما أن الأفرع هي جزء من التاج لذلك نجد هذه العلاقة، لذا يمكن الاعتماد على الشكل السابق لتقدير حجم الأفرع لمشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق.

عند ملاحظة الجدول (٣٦-٤) الفقرة b إذ تم التوصل إلى معادلتين لتقدير حجم الأفرع من متغيرات المشجر والبيان الفضائي، وعند إجراء المقارنة بين المعادلتين كانت المعادلة b.1 هي الأفضل إذ أعطت المقاييس الإحصائية R^2_{adj} (٠,٩٨١٤) و S.E (0.20) وللتأكد من دقة المعادلة تم إجراء اختبار Ohtomo و Bais فكانت نتائج التحليل تدل على دقة المعادلة لذلك استخدمت المعادلة b.1 في تقدير حجم الأفرع لمشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق كما في الجدول (٣٨-٤):

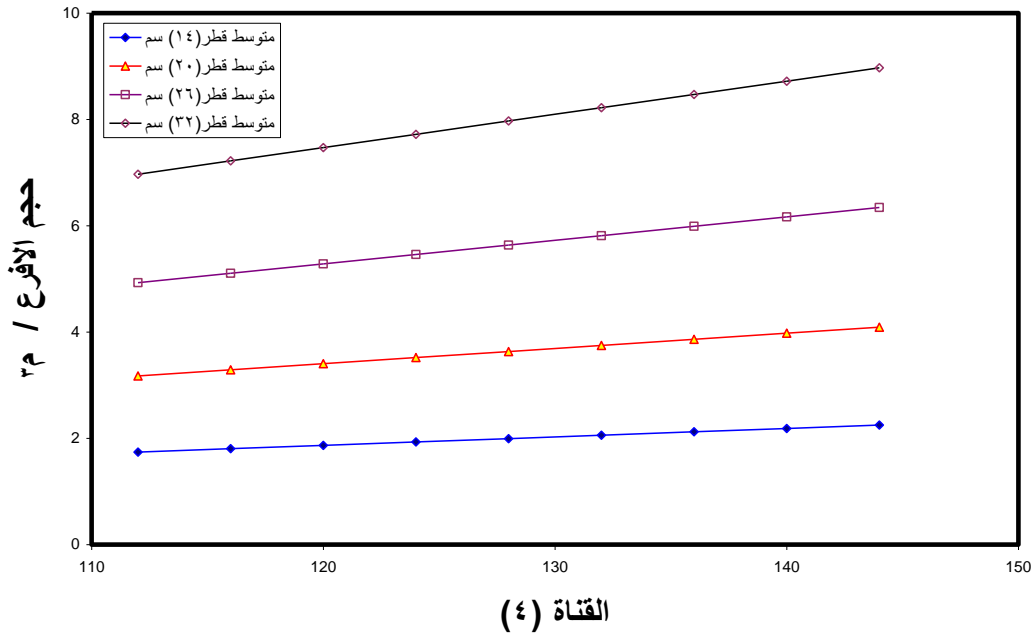
الجدول (٣٨-٤) حجم أفرع الأشجار (م^٣) للعينة لمشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق بدلالة متوسط القطر والقناة (٤) وعند كثافة (٧٩/ شجرة)

متوسط القطر التربيعي/ سم							القناة ٤
32	29	26	23	20	17	14	
6.9692	5.9131	4.9269	4.0132	3.1750	2.4161	1.7410	112
7.2193	6.1255	5.1040	4.1577	3.2895	2.5036	1.8044	116
7.4694	6.3379	5.2812	4.3022	3.4041	2.5919	1.8678	120
7.7195	6.5502	5.4583	4.4467	3.5187	2.6785	1.9311	124
7.9696	6.7626	5.6355	4.5912	3.6333	2.7660	1.9945	128
8.2197	6.9750	5.8126	4.7357	3.7479	2.8535	2.0579	132
8.4698	7.1874	5.9898	4.8802	3.8624	2.9409	2.1212	136
8.7198	7.3997	6.1669	5.0247	3.9777	3.0284	2.1846	140
8.9699	7.6121	6.3441	5.1693	4.0916	3.1159	2.2480	144

$$VB = -0.033208 + 0.0000089DG^{1.66072}N^{0.7104}B_4$$

$$S.E = 0.20 \quad n = 0.0002 \quad m = 1.0008 \quad Bais = 0.0889 \quad R^2_{adj} = 0.9814$$

عند ملاحظة الجدول (٣٨-٤) نجد أنه بالإمكان تقدير حجم الأفرع بالاعتماد على متوسط القطر و B_4 (Michael وآخرون، ٢٠٠٨) إذ نجد أن هناك علاقة طردية بين حجم التاج والقطر وهذا يعني زيادة الانعكاسية للقناة (٤) لذلك كانت هذه العلاقة القوية بين حجم الأفرع ومتوسط القطر و B_4 ويمكن تمثيل الجدول بيانياً كما في الشكل (٣٥-٤):



الشكل (٣٥-٤) مدى التطور الحاصل في حجم الأفرع للعينة بدلالة متوسط القطر والقناة (٤) وعند كثافة (٧٩)

من الشكل (٣٥-٤) نجد مدى قوة العلاقة بين حجم الأفرع ومتوسط القطر والقناة (٤) إذ من خلال الشكل يمكن تقدير حجم الأفرع لأي مشجر من مشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق.
٣-٣-٤ تقدير الحجم الكلي:

إن حجم الشجرة بأجزائها المختلفة يعد من المؤشرات المهمة لدى الغابيين لديمومة واستمرار الانتاج والنمو وتطبيق العمليات التنموية التي تحتاجها الغابة فضلاً عن عمليات الاستثمار والتسويق لذا فإن تقدير الحجم الكلي يعد من الأمور المهمة، لذلك قمنا بتقدير الحجم الكلي لمشاجر

الصنوبر البروتي في شمال العراق باستخدام متغيرات المشجر والبيان الفضائي وبالاعتماد على طرائق الانحدار المختلفة المتاحة في نظام Ststgraphics بالحاسب الالي كما في الجدول (٤-٤):

عند ملاحظة الجدول (٤-39) الفقرة a نجد أن هناك ٤ معادلات لتقدير الحجم الكلي من متغيرات المشجر إذ إن معامل التحديد المصحح والخطأ القياس للمعادلات (١، ٢، ٣) متقاربة، لذلك تم استبعاد المعادلة رقم (٤) بعد ذلك قمنا باست Ohtor واختبار Bais لجميع المعادلات فكانت المعادلة a.1 هي الأفضل حيث قيم الخطأ القياسي (0.9814 , 0.57) على التوالي وهذا يعني أنها معادلة دقيقة، أما نتائج تحليل اختبار Ohtomo و Bais فكانت قيم n و m و Bais (0.0002 , 0.9999 , -0.0041) على التوالي وكذلك تم إجراء اختبار تحليل البواقي وإن كل من هذه الاختبارات أشارت إلى دقة المعادلة، لذلك تم استخدام المعادلة a.1 لإعداد الجدول تقدير الحجم الكلي لمشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق كما في الجدول (٤-40):

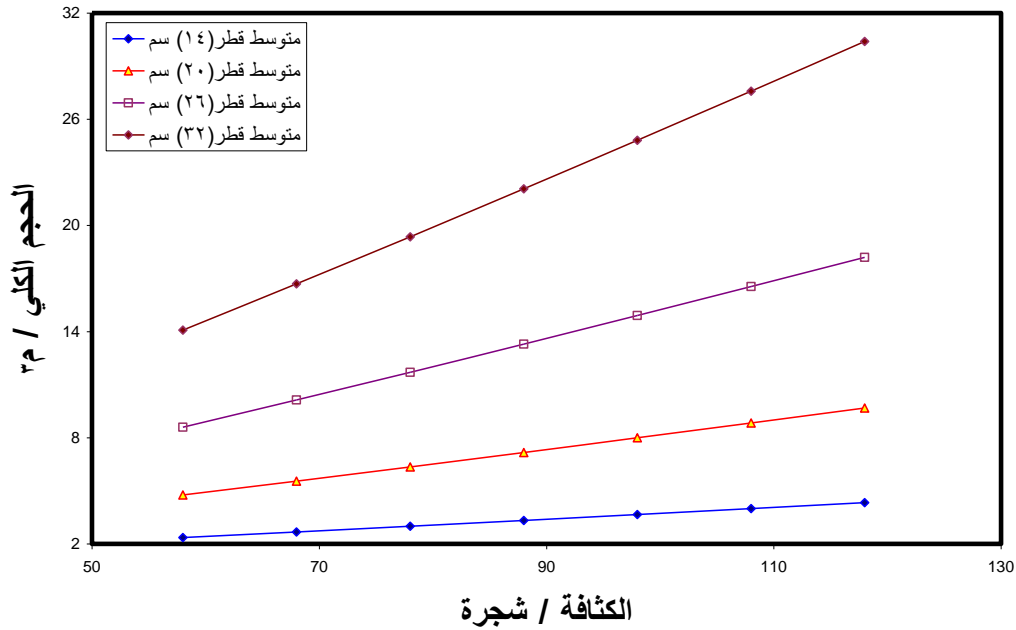
الجدول (٤-40) الحجم الكلي (م^٣) لأشجار الصنوبر البروتي في العينة (٣٠ × ٣٠) م بدلالة متوسط القطر والكثافة

متوسط القطر التريبعي / سم							الكثافة / شجرة
32	29	26	23	20	17	14	
14.083	11.119				3.395	2.358	
6	3	8.5948	6.4844	4.7610	9	1	58
16.697	13.152	10.133			3.916	2.675	
1	1	0	7.6095	5.5485	0	1	68
19.358	15.222	11.700			4.445	2.997	
9	6	1	8.7554	6.3507	8	8	78
22.063	17.326	13.292			4.984	3.325	
7	5	0	9.9198	7.1657	2	8	88
24.807	19.460	14.907	11.101		5.530	3.658	
1	4	0	0	7.9924	2	5	98
27.585	21.621	16.543	12.297		6.083	3.995	
6	6	0	0	8.8297	2	4	108
30.396		18.197	13.507		6.642	4.336	
4	23.808	0	0	9.6767	7	3	118

$$VT = 0.74006 + 0.00002DG^{2.55213}N^{1.12446}$$

$$R^2_{adj} = 0.9814 \quad S.E = 0.57 \quad n = 0.0002 \quad m = 0.9999 \quad Bais = -0.0041$$

من ملاحظة الجدول (٤-40) نجد أن العلاقة بين الحجم الكلي ومتوسط القطر والكثافة علاقة غير خطية وهي علاقة طردية في الوقت نفسه إذ بزيادة المتغيرات المستقلة (متوسط القطر، الكثافة) يزداد الحجم الكلي لذلك يمكن الاعتماد على متوسط القطر والكثافة في تقدير الحجم الكلي (Tewari وآخرون، ٢٠٠٢) ويمكن تمثيل الجدول بيانياً كما في الشكل (٤-٣٦):



الشكل (٤-٣٦) مدى الزيادة الحاصلة في الحجم الكلي بزيادة متوسط القطر والكثافة من ملاحظة الشكل (٤-٣٦) نجد وجود علاقة طردية بين الحجم الكلي ومتوسط القطر والكثافة إذ يزداد الحجم الكلي بزيادة القطر، لأن زيادة القطر تعني زيادة حجم التاج وبالتالي زيادة حجم الساق ولذلك يزداد الحجم الكلي، وبزيادة الكثافة أي وجود أعداد أشجار كبيرة وبالتالي زيادة في الحجم الكلي لوحة الساق.

إن تقدير حجوم الأشجار والمشاجر بالطرائق التقليدية تحتاج إلى قياسات حقلية وتكاليف كبيرة وتستغرق وقت طویل فضلاً عن صعوبة العمل بها عندما تكون مساحات الغابات كبيرة جداً، ولهذا اتجه الغاباتيون والباحثون إلى تقدير حجوم الأشجار والمشاجر من بيانات التحسس النائي التي تحتاج إلى وقت وكلفة أقل وإلى عدد قليل من الكادر الفني (Trotter وآخرون، ١٩٩٧) لذا قمنا

بتقدير الحجم الكلي لمشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق بالاعتماد على البيان الفضائي الملتقط من خلال المتحسس ETM+ للقمر الصناعي لاندسات ٧ وباستخدام طرائق الانحدار المختلفة المتوفرة في نظام Statgraf في الحاسب الآلي وتوصلنا إلى اشتقاق (٣) معادلات الجدول (٤-٣٩) الفقرة b أجريت المفاضلة بين هذه المعادلات الثلاث باستخدام المقاييس الإحصائية فكانت المعادلة b.1 هي الأفضل إذ $R^2_{adj} = (0.5123)$ و $S.E = (3.22)$ وللتأكد من دقة المعادلة مرة أخرى استخدم اختبار Ohtomo واختبار Bais فكانت نتائج التحليل تدل على دقة المعادلة b.1 لذلك استخدمت هذه المعادلة في إعداد الجدول الحجم الكلي لمشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق كما في الجدول (٤-٤١):

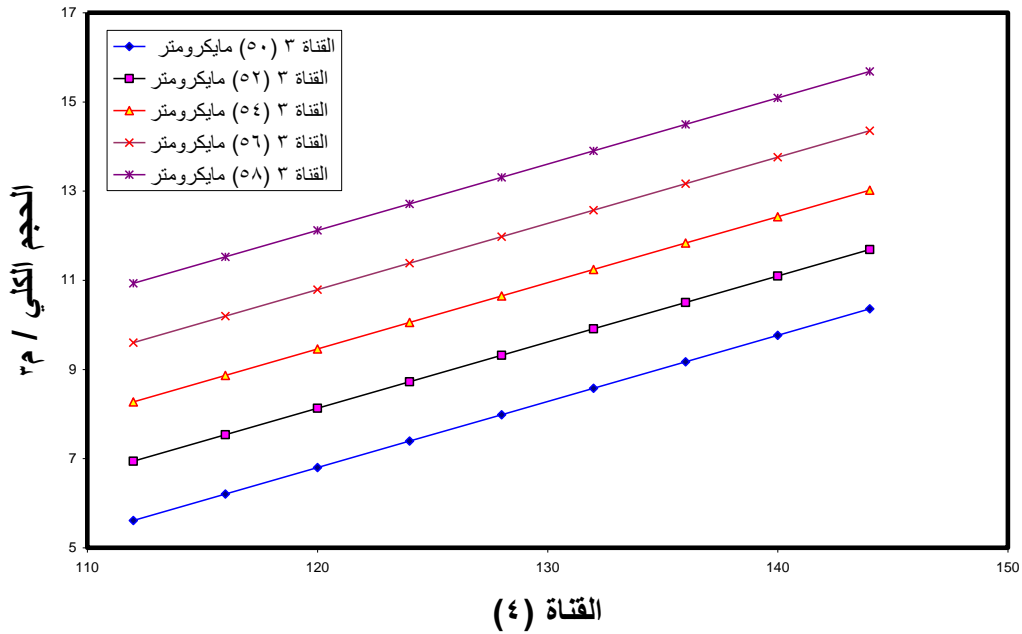
الجدول (٤-٤١) الحجم الكلي (م^٣) للعينة (٣٠ × ٣٠) بدلالة B_3, B_4, B_5 وعند B_5 (٧٧) و
 B_7 (٤٦)

القناة ٣					القناة ٤
58	56	54	52	50	
10.9328	9.6022	8.2716	6.9410	5.6104	112
11.5264	10.1958	8.8652	7.5346	6.2040	116
12.1200	10.7894	9.4588	8.1282	6.7976	120
12.7136	11.3830	10.0524	8.7218	7.3912	124
13.3072	11.9766	10.6460	9.3154	7.9848	128
13.9008	12.5702	11.2396	9.9090	8.5784	132
14.4944	13.1638	11.8332	10.5026	9.1720	136
15.0880	13.7574	12.4268	11.0962	9.7656	140
15.6816	14.3510	13.0204	11.6898	10.3592	144

$$VT = -59.101 + 0.6653B_3 + 0.1484B_4 + 8.7999(B_5/B_7)$$

$$R^2_{adj} = 0.5123 \quad S.E = 3.22 \quad n = -0.0001 \quad m = 1.0001 \quad Bais = -0.0014$$

من ملاحظة الجدول (٤-41) نجد زيادة في الحجم بزيادة قيمة القنوات ٣ و ٤ لأن هذه القنوات تزداد انعكاسيتها بزيادة عدد خلايا وطبقات الأوراق، أي بزيادة حجم التاج وزيادة حجم التاج تعني زيادة حجم الساق وهذا يعني زيادة الحجم الكلي لذلك استخدم هذه القنوات ممكن لتقدير الحجم الكلي للأشجار والمشاجر (Trotter وآخرون، ١٩٩٧)، (Fransson و Magnusson، ٢٠٠٥) ويمكن تمثيل الجدول بيانياً كما في الشكل (٤-٣٧):



الشكل (٤-٣٧) مدى الزيادة الحاصلة في الحجم الكلي عند مختلف انعكاسيات القنوات ٣ و ٤ وعند

انعكاسية للقناة ٥ (٧٧) وللقناة ٧ (٤٦)

من ملاحظة الشكل (٤-٣٧) نجد وجود علاقة طردية بين الحجم الكلي والقنوات (٣ و ٤) إذ بزيادة انعكاسية هذه القنوات يزداد الحجم الكلي، لذلك يمكن استخدام الشكل أعلاه لتخمين الحجم الكلي لأي مشجر من مشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق بعد معرفة انعكاسية القنوات (٣ و ٤) فمثلاً لو كان لدينا مشجر وتمت قراءة انعكاسية القنوات (٣ و ٤) من البيان الفضائي الملتقط لهذا المشجر فكانت (١٣٦) و (٥٤) مايكرومتر على التوالي فإن الحجم الكلي لهذا المشجر سوف يكون (11.8) م^٣ وهكذا.

وعند ملاحظة الجدول (٤-٣٩) الفقرة c تم إيجاد ثلاث معادلات لتقدير الحجم الكلي من متغيرات المشجر والبيان الفضائي، وعند إجراء المقارنة بين هذه المعادلات باستخدام المقاييس الإحصائية R^2_{adj} و S.E كانت المعادلة c.1 هي الأفضل إذ R^2_{adj} (0.9863) و S.E (0.49) ولزيادة التأكيد من دقة المعادلة أجري اختبار Ohtomo واختبار Bais فكانت نتائج التحليل تدل على دقة المعادلة ولذلك استخدمت المعادلة c.1 لتقدير الحجم الكلي لمشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق كما في الجدول (٤-٤٢):

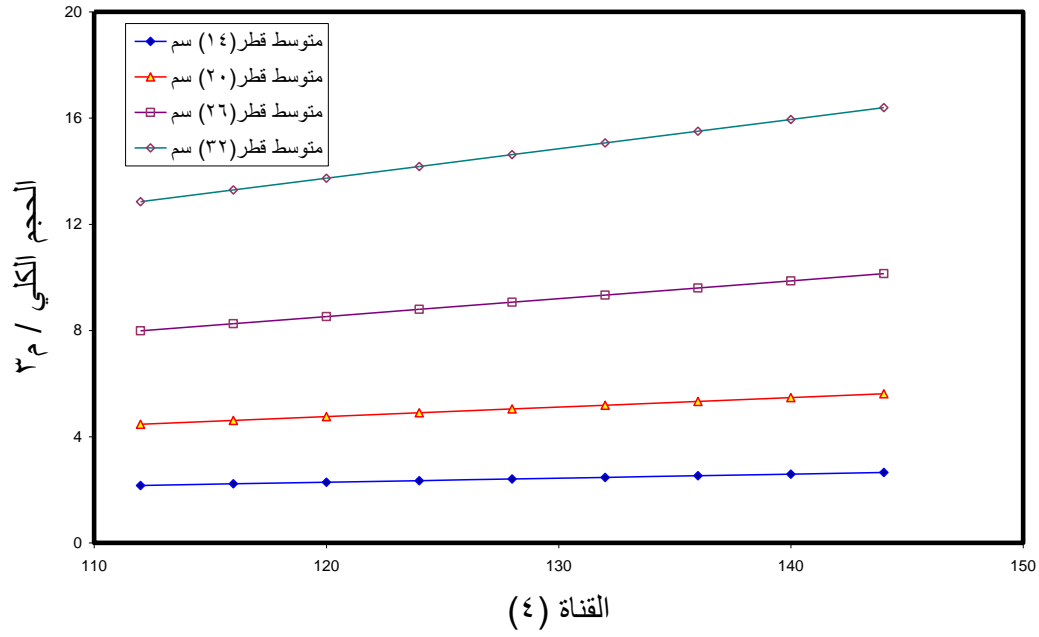
الجدول (٤-٤٢) الحجم الكلي (م^٣) لمشاجر الصنوبر البروتي بدلالة متوسط القطر/ سم والقناة (٤)

متوسط القطر التربيعي/ سم							القناة ٤
32	29	26	23	20	17	14	
12.849				4.469	3.173	2.161	112
1	10.2424	7.9870	6.0680	4	6	7	
13.291				4.612	3.270	2.222	116
7	10.5919	8.2560	6.2685	7	7	6	
13.734				4.756	3.367	2.283	120
3	10.9414	8.5249	6.4689	1	7	6	
14.176				4.899	3.464	2.344	124
9	11.2909	8.7939	6.6693	4	8	5	
14.619				5.042	3.561	2.405	128
6	11.6404	9.0629	6.8698	7	9	4	
15.062				5.186	3.658	2.466	132
2	11.9900	9.3318	7.0702	1	9	3	
15.504				5.329	3.756	2.527	136
8	12.3395	9.6008	7.2706	4	0	2	
15.947				5.472	3.853	2.588	140
4	12.6890	9.8697	7.4711	7	0	2	
16.390				5.616	3.950	2.649	144
0	13.0385	10.138	7.6715	1	1	1	

$$VT = 0.4560 + 0.00001DG^{2.39891}N^{0.75594}B_4$$

$$Bais = -0.0014 \quad m = 1.0001 \quad n = 0.0001 \quad S.E = 0.49 \quad R^2_{adj} = 0.9883$$

من الجدول (٤-٤٢) نلاحظ زيادة الحجم الكلي بزيادة متوسط القطر والقناة (٤) إذ نلاحظ وجود علاقة طردية بين متوسط القطر والقناة (٤) من جهة والحجم الكلي من جهة ثانية وبزيادة القطر يزداد حجم التاج أي عدد خلايا طبقات الأوراق أكثر وبالتالي انعكاسية القناة (٤) أكثر وبالمحصلة زيادة الحجم الكلي لذلك يمكن تقدير الحجم الكلي لأي مشجر من مشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق بالاعتماد على متوسط القطر التربيعي و B_4 فلو كان لدينا مشجر متوسط القطر له (١٤) سم وقيمة الانعكاسية للقناة (٤) هو ١١٢ مايكرومتر فإن الحجم الكلي لهذا المشجر هو (٢,١٦١٧) م^٣ وهكذا ويمكن تمثيل الجدول بيانياً كما في الشكل (٤-٣٨):



الشكل (٣٨-٤) مدى الزيادة الحاصلة في الحجم الكلي للعيننة بدلالة متوسط القطر والقناة (٤) وعند

كثافة ٧٩ (شجرة).

من الشكل (٣٨-٤) نلاحظ وجود علاقة طردية بين الحجم الكلي ومتوسط القطر والقناة (٤).

الاستنتاجات والتوصيات :

الاستنتاجات :

توصلت هذه الدراسة إلى وضع عدد من النماذج الرياضية لتقدير دليل المساحة الورقية والكتلة الحية والحجم لمشاجر الصنوبر البروني في شمال العراق مستخدمين بيانات الجرد الأرضي والبيان الفضائي بالاعتماد على طرائق الانحدار الخطي وغير الخطي، وقد أعطت النماذج نتائج يمكن استخدامها في عمليات إدارة المشاجر بما يحقق الأهداف الموضوعية بطريقة مثلى فضلاً عن انها تمنح صاحب القرار مرونة كافية لإدارة هذه المشاجر.

إن نتائج التحليل لهذه الدراسة توصلنا إلى عدد من الاستنتاجات نجملها بما يأتي:

١- معادلات دليل المساحة الورقية LAI:

تم التوصل إلى عدة معادلات او نماذج تمكنا ممن خلالها تخمين أو تقدير دليل المساحة الورقية حيث استخدمت المساحة التي تشغلها الأشجار، متوسط القطر التربيعي والكثافة كمتغيرات مستقلة كان لها الاثر الواضح في المتغير المعتمد وهو دليل المساحة الورقية بالاعتماد على الجرد الأرضي. أما عند استخدام البيان الفضائي فكانت القنوات (٣ ، ٤) لها التأثير الاكثر في دليل المساحة الورقية، وأما عند دمج البيانات الحقلية مع البيان الفضائي فكان للمساحة التي تشغلها الأشجار و SR التأثير الواضح في المتغير المعتمد دليل المساحة الورقية.

٢- معادلات الوزن الرطب:

من خلال هذه الدراسة توصلنا إلى أن لمتوسط القطر التربيعي ومتوسط الارتفاع والكثافة لها تأثير الكبير في الوزن الرطب للساق، الأفرع، الأوراق، وكذلك الوزن الرطب الكلي للمشجر إذ بزيادة هذه المتغيرات لاحظنا زيادة الوزن الرطب، هذا باستخدام الجرد الأرضي، أما عند استخدام البيان الفضائي فقط فوجدنا أن للقناة (٤) ، SR تأثيراً واضحاً في الوزن الرطب الكلي، وعند استخدام الجرد الأرضي مع البيان الفضائي توصلنا إلى ان لمتوسط القطر التربيعي، ومتوسط الارتفاع مع SR كمتغيرات مستقلة تأثيراً في الوزن الرطب للساق، الأفرع، الوزن الرطب الكلي، اما الوزن الرطب للأوراق فكان لمتوسط القطر التربيعي، ومتوسط الارتفاع مع القناة (٤) الدور الأكبر لأن هذه القناة تزداد انعكاسيتها أو قيمتها بزيادة عدد خلايا وطبقات الأوراق.

٣- معادلات الوزن الجاف:

بالاعتماد على الجرد الأرضي المتمثل بمتغيرات المشجر توصلنا إلى أن متوسط القطر التربيعي، متوسط الارتفاع والكثافة لها تأثير واضح في تقدير الوزن الجاف للمشجر بعناصره

المختلفة (الساق، الأفرع، الأوراق). أما عند استخدام البيان الفضائي توصلنا إلى ان لكل من القنوات (٤ ، ٥ ، ٧) لها تأثير في الوزن الجاف الكلي. وعند استخدام البيانات الأرضية مع البيان الفضائي فكان لمتوسط القطر التربيعي ومتوسط الارتفاع والقناة (٤) تأثير كبير في تقدير الوزن الرطب للمشجر بعناصره المختلفة.

٤- معادلات الحجم:

من خلال هذه الدراسة وجدنا أن لمتوسط القطر التربيعي والكثافة كمتغيرات مستقلة الدور الأكبر في الحجم وسواء كان الحجم الكلي أم للساق أم للأفرع عند الاعتماد فقط على الجرد الأرضي، أما عند استخدام البيان الفضائي فقط فكان للقنوات (٣ ، ٤ ، ٥ ، ٧) التأثير في الحجم الكلي باعتبار أن هذه القنوات تعبر عن انعكاسية الشجرة كاملة وبالتالي للمشجر وعند استخدام طريقة دمج البيانات الأرضية مع البيان الفضائي فكان لمتوسط القطر التربيعي والكثافة مع القناة (٤) الاثر الكبير في تقدير الحجم (الساق ، الأفرع ، الكلي).

التوصيات:

في ضوء النتائج التي توصلنا إليها من خلال هذه الدراسة يمكن أن نوصي بما يأتي:

١- تعد مشاجر الصنوبر البروتي في شمال العراق، فرصة مناسبة لاجراء عدد من الدراسات ولاسيما فيما يتعلق بالنمو والانتاج وتطبيقات التحسس النائي، ولذا يمكن أخذ التوصية بنظر الاعتبار وذلك لتحسين عملية صنع القرارات الخاصة بالعمليات الانتاجية لهذه المشاجر.

٢- استخدام وسائل أو تقنيات التحسس النائي لمثل هذه الدراسات يوفر الجهد والوقت والكلفة لذا نوصي باستخدامها في الدراسات المستقبلية.

٣- استخدام طريقة الجرد الأرضي مع الجرد الفضائي (البيان الفضائي) تزيد من دقة النتائج لذا نوصي باعتماد الطريقتين معاً في الوقت نفسه.

٤- نوصي باجراء الدراسات المستقبلية حول دليل المساحة الورقية LAI بصورة تفصيلية لأن هذه الدراسة هي الأولى في العراق التي تتطرق إلى تقدير هذا المتغير المهم.

٥- استخدام المعادلات الانحدارية المعدة للاستفادة منها في تقدير دليل المساحة الورقية والكتلة الحية والحجم فضلاً عن أهميتها في تطبيق العمليات التنموية والنهوض بواقع الغابة.

٦- لأهمية عوامل الموقع والبيئة والمتمثلة بالظروف المناخية والتربة، نوصي باستخدامها مستقبلاً في إعداد مثل هذه المعادلات لما لها من الدور الكبير في النمو والانتاج.

٧- توصي الدراسة بأهمية العناية بهذه المشاجر من الناحية التنموية مع تعميق مفاهيم إدارة الغابات لهذه المشاجر ، بما يمكننا من زيادة الانتاجية لوحدة المساحة، لأنها تعد ثروة وطنية من خلال الحفاظ على التربة والماء والهواء فضلاً عن فوائدها السياحية والانتاجية والبيئية.

المصادر العربية:

- جبر وصالح، عبد المهدي جبر، طارق كركو صالح. (١٩٨٨). إدارة الغابات (١) وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة الموصل، مديرية الكتب للطباعة والنشر.
- الجبوري، آفاق إبراهيم جمعة صالح. (٢٠٠٧). معادلات تقدير مقاطع الشجرة ومتضمنات الوزن والحجم لأشجار الدلب الغربي في نينوى، أطروحة دكتوراه، جامعة الموصل، كلية الزراعة والغابات .
- الخفاف، رياض صالح. (١٩٨٨). قياسات الغابات، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة الموصل، مديرية الكتب للطباعة والنشر.
- الداوودي، داوود محمود. (١٩٧٩). تصنيف أشجار الغابات، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي جامعة الموصل، كلية الزراعة والغابات .
- الداغستاني، حكمت صبحي. (٢٠٠٤). مبادئ التحسس النائي وتفسير المرئيات، دار ابن الأثير للطباعة والنشر. جامعة الموصل.
- الداغستاني، نبيل صبحي. (٢٠٠٣). الاستشعار عن بعد الأساسيات والتطبيقات ، كلية الهندسة جامعة البلقاء التطبيقية. الأردن.
- دائرة الأنواء الجوية - ٢٠٠٨ - دهوك، تقرير.
- الراوي، خاشع محمود. (١٩٨٧). المدخل إلى تحليل الانحدار، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة الموصل، مديرية الكتب للطباعة والنشر.
- الزهيري، محمد هدايت عبيد. (٢٠٠٦). تقييم أربع طرق لتقدير حجم الصنوبر البروتي. *Pinus brutia Ten* في محافظة دهوك، رسالة ماجستير، جامعة الموصل، كلية الزراعة والغابات .
- سليم، جهاد إبراهيم. (٢٠٠٨). مقدار ونوعية السواقط الواصلة إلى مشاجر الصنوبر البروتي *Pinus brutia Ten* والحبة الخضراء *Pistacia Khinjuk stock* في قضاء عقرة، رسالة ماجستير، جامعة الموصل، كلية الزراعة والغابات.
- علي، صباح حسين. (٢٠٠٧). أساسيات منظومة تحديد الموقع العالمي، جامعة الموصل، مركز التحسس النائي.
- الملاح، عبد الرزاق رؤوف سليمان. (١٩٩٨). دراسات في تقليل تباين الكثافة العمودية المؤثرة في صفات اللوح الحبيبي المضغوط، أطروحة دكتوراه، جامعة الموصل، كلية الزراعة والغابات.
- منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة. (١٩٩٥). حالة الغابات في العالم، روما.

نحال، إبراهيم. (٢٠٠٢). علم البيئة الحراجية، منشورات جامعة حلب، كلية الزراعة، مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية.

نحال، إبراهيم. (٢٠٠٣). علم الشجر (الندردولوجيا)، منشورات جامعة حلب، كلية الزراعة، مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية.

ا ب ت ث ج ح خ د ذ ر ز س ش ص ض ط ظ ع غ ف ق ك ل م ن و ه ي

المصادر الاجنبية:

- Abbot, P., J. Lowore, and M. Werren. (1997) . Models for the estimations of single tree volume in Four Mimbo woodland types. Forest Ecology and management.
- Ali, A., (2005). Investigation on the capability of Landsat 7 ETM+ data standing volume estimation of Beech stand. University of Tehran, Faculty of Natural Resources, GIS Laboratory, Karaj, IRAN.
- Amaro, A., Reed, D.and P. Soares. ((2003). Moeling dominant height growth : Effect of stand density. Modeling forest systems 13 ref. p 111 –121.
- Avsar, D. Mahmut. (2004). The relationships between diameter in calabr pinus (*Pinus brutia Ten.*) of Baskonus Mountian, ahramanmaras, Turkey. Journal of Biological Sciences. 4(4):pp.437 –440.
- Bettinger, P. and R. Hayashi. (2006) . Estimation of above-ground biomass with remotely sensedimagery: A brief literature review. University of Georgia Center for Forest Business Research Note 25.
- Bonan, G. B. (1993) Importance of leaf area index and forest type when estimating photosynthesis in boreal forsts.Remote Sensing of Environment, 43(3),303–314 .
- Bortolot, Z.J. and R.H. Wynne. (2005) . Estimating forest biomass using small footprint LiDAR data: An individual tree-based approach that incorporates training data.ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, to be published. Retrieved November 7,2005.

- Brown, S.L., P. Schroeder, and J.F. Kern.. (1999) Spatial distribution of biomass in forests of the eastern USA. *Forest Ecology and Management*. 123:81–90 .
- Buringh, P.(1960) .Soil and soil conditions in Iraq. Republic of Iraq, Ministry of agriculture .Direectorate qeneral of agriculture research and project, Baghdad.
- Cannell, M.G.R. (1989) . Physiological basis of wood. production: A review. *Scandinavian Journal of Forest Research* 4:459–490.
- Chen, J. M. and J. Cihlar. (1997) . Retrieving leaf area index of boreal conifer forests using Landsat TM images. *Remote Sens. Environ.* 55,153–162.
- Cleemput, S., M. Bart, K. Christoph and J. J. Mare. (2002) Biomass estimation techniques for enclosures in asemi-arid : a case study in Northern Ethiopia College London, UK.
- Culvenor, D.S. (2003) . Remote sensing of forest environments, concepts and casestudies, edited by Wulder, M.A., Franklin, S.E., Kluwer Academic Publishers, United States. p260 .
- Daniel, G. Brown (2003). A spectral unmixi approach to leaf area index (LAI) estimation at the Alpine Treeline Ecotone. School of Natural Resources and Environment. The University of Michigan.
- Daolan, Z., J. Rademacher,, J. Chena, T. Crowc, M. Breseea, J. Moined, S. Ryua. (2004). Estimating aboveground biomass using Landsat 7ETM+ data across amanaged landscape in northern Wisconsin, USA. *Remote Sensing of Environment* 93(2004) 402 – 411.

- David, G., H. Chen, A. Dyk, T. Han, and J. Li. (2003). Multisensor data fusion for aboveground carbon estimation. Pacific Forestry Centre Natural Resources Canada.
- Dengsheng, L., and M. Batistella. (2005). Exploring TM Image Texture and its Relationships with Biomass Estimation in Rondonia, Brazilian Amazon. *Acta Amazonica* VOL. 35(2):249 – 257.
- Doo-Ahn, K, W. Leea, H. Chob. (2007). Estimation of LAI using LISAR remote sensing forest. ISPRS Workshop on Laser Scanning 2007 and SilviLaser 2007, Espoo, September 12–14, 2007, Finland.
- Eklundh, L., K. Hall, H. Eriksson, and P. Pilesjo. (2003). Investigating the use of Landsat thematic mapper data for estimation of forest leaf area index in southern Sweden. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 29(3):349 – 363.
- Eric, C., G. Sonohat, and H. Sinoquet. (2004). LAI estimation from fisheye photographs :assessment from three-dimensional poplar plant mock-ups in short-rotation coppice crops. 4th International Workshop on Functional-Structural Plant Models, 7–11 june –Montpellier, France Edited by C. Godin et al., pp.344–347.
- Eshete, G., and G. Stahl. (1998). . Function for multi-phase assessment of biomass in acacia wood lands of the Rift Valley of Ethiopia. *Forest Ecology and Management*.105:79–90.
- Farida, A., D.C. Goodrich, R. Bryant, and S. Sorooshian. (2008). Using airborne lidar to predict Leaf Area Index in cottonwood trees and refine riparian water-use estimates. *Journal of Arid Environments* 72:1-15.

- Fengel, D. and G. Wegener. (1989). . Wood chemistry, Ultra structure, Reacture. Walterde Gruyter. New York.
- Ferguson, R. B. and V. C. Baldwin. (1995). . A comparison of Height-Accumulation and volume equation methods for estimating tree and stand volume. South forest Experiment station.
- Gregoire, T. G. (1995). . Sampling methods to estimate foliage and other characteristics of individual trees. Ecology .
- Gregore, P., M. O. Scuriok, and A. Jeffrey. (2002). Global synthess of leaf area index observation : Implications for Ecological and Remote Sensing studies. Globel Ecology and Biogeography.
- Hese, S., W. Lucht, and C. Schullius. (2005). . Global biomass mapping for an improved understanding of the CO₂ balance the Earth observation mission carbon- 3D. Remote Sensing of Environment, 94,94–104.
- Hoffman, C. W. and V. A. Usoltsev. (2002). . Tree crown biomass in forest species of the Ural and Kazakhstan. Forest Ecology and Management.
- Hongliang, F., and L. Shunlin. (2005). A hybrid inversion method for mapping leaf area index from MODIS data : experiments and application to broadleaf and needle leaf canopies. Remote Sensing of Environment 94:405–424.
- Houghton, R . A . (2005). Aboveground Forest Biomass and the Global Carbon Balance. Global Change Biology, 11,945–958.
- Ibrahim, S. (1993). Estimating foliage biomass of a tropical Hill. Forest stand. The Malaysian forestes. Vol. 56,N.2
- Ibrahim, S. (1994). Estimating branch wood biomass of a tropical Hill. Forest Stand Bioresource Tech.52:53–57.

- Jerome, K. Vanclay. (1994). . Modeling forest growth and yield. Applications to mixed Tropical Forest. Originally published in 1994 by CAB international, Walling ford Ukas ISB.
- Jensen, John, R.(2005) .Introductory Digital Image processing, A Remote Sensing per Spective Pearson printice Hill, USA.
- Jian , N., X. Zhanga, and M. Scurlockc. (2001). Synthesis and analysis of biomass and net primary productivity in Chinese forests. Ann. For. Sci. 58(2001) 351 – 384, INRA, EDP Sciences.
- John, F., and H. Alistair. (2002). Leaf area index, Leaf mass Density, and Allometric Relationships Derived from Harvest of Blue Oaks in a California Oak Savanna. USDA Forest service Gen. Tech. Rep. PSW. GRT- 184.pp.719 – 729.
- John, K. Francis. (1989). Merchantable volume and weights of Mahoe in Ouerto Rican plantations. Southern. Forest experiment station.
- Jonckheere, I., S. Fleck, K. Nackaerts, B. Muys, P. Coppin,M. Weiss. and F. Baret.. (2004). . Review of methods for insitu leaf area index determination: Part i. theories, sensors and hemispherical photography. Agricultural and Forest Meteorology, 121(1–3), pp.19.
- Knyazikhin, Y., J. V. Martonchik, R . B. Myneni, D .J. Diner, and S. W.Running.(1998). Synergistic algorithm for estimating vegetation canopy leaf area index and fraction of absorbed photosynthetically active radiation from MODIS and MISR data. Journal of Geophysical Research Vol.103, NO. D24, pages 32,257–32,276.

- Kuusik, A. and T. Nilson. (2000). A directional multispectral forest reflectance model. *Remote Sensing of Environment*, 72:244–253.
- Luo, T., N. Ronald, and J. Charles. (2002). A model for seasonality and distribution of leaf area index of forests and its application to China. *Journal of vegetation science* 13:817–830.
- Magnusson, M., and J.E.S. Fransson. (2005). Estimation of forest stem volume using multispectral optical satellite and tree height data in combination. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 20: 431–440.
- Martin, J. G., D. K. Brian, L.S. Tara, L. K Daryin and G. M. Steven. (1998). . Aboveground biomass and nitrogen allocation of ten deciduous southern Appalachian tree species. *Can. J. For. Res.* 28:1648–1659
- Michael, A., C. Joanne, A. Richard, E. Joan, and S. Magnussen. (2008) . Spatially Explicit Large Area Biomass Estimation Three Approaches Using Forest Inventory and Remotely Sensed Imagery in a GIS. *Sensors*. 2008,8,529–560.
- Midori, K., G. A. Sanchez-Azofeifa and W. Quan. (2003) . Comprehensive evaluation of Leaf area index estimated by several methods- LAI-2000, sunscan, fish-eye, and littertrap. Faculty of Agriculture, Shizuoka University.
- Morsdorf, F.,B. Kotz, E. Meier, K. I. Itten. and B. Allgower. (2006) .Estimation LAI and fractional cover from small footprint airborne laser scanning data based on gap fraction. 104(1),pp. 50 – 61.

- Myneni R. B., R. R. Nemani, and S. W. Running. (1997). . Estimation of global leaf area index and absorbed par using radiative transfer models. *IEEE Transactions in Geoscience and Remote Sensing*. 35(6):1380 –1343.
- Nasset, E. (2004). Practical large-scale forest stand inventory using small- footprint airborne scanning laser. *Scand. J. For. Res.*, 19:164–179.
- Niinemets, U., and K. Kull. (1994). Leaf weight per area and leaf size of 85 Estonian to shade tolerance and light availability. *Forest Ecology and Management*. 70:1–10.
- Nixon, D.J., S. William and E. D. R. Tyrrel. (2000) The potential for short rotation energy forestry on restored landfill caps. *Bioresource Tech* 77:237–245.
- Parresol, B. R., and C. E. Thomas. (1989). . A density-integral approach to estimating stem biomass. *For. Ecol. Manage.* 26: 285–297.
- Patenaude, G., R. A. Hill, and R. Milne. (2004). Quantifying forest above ground carbon content using lidar remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, 93,368–380.
- Paula, J., E. Peper, G. Mcpherson and M. M. Sylvia. (2001). . Predictive equations for dimensions and leaf area of Coastal southern California street trees. *Journal of Arboriculture*
- Perez, D. and M.Kanninen.(2005) . Effects of Thinning on stem on form and wood characteristics of teak(*Tectona grandis*) in a humid Tropical site in Costa Rica. *Silve Fennica* 39(2) : 217 – 225

- Pete, B., and H. Rei . (2006). Estimation of above-ground biomass with remotely sensed imagery: A brief literature review. University of Georgia Center for Forest Business Research Note 25.
- Pettersson, S.1969. Introduction to meteorology, 3rd.. Ed. Mc. Graw Hill book company. New York, pp.333
- Poggiani, F., and H. T. Z. Couto. (1983). Biomass and nutrient estimates in short rotation intensively cultured plantation of *Eucalyptus grandis*. IPEF, n. 23, p. 29–36 ,abr.
- Rignot, E., J. Way, C. Williams and L. Viereck. (1994). . Radar estimates of aboveground biomass in Boreal Forests of interior Alaska. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 32(5):1117 –1124.
- Roy, P. S., K. P. Sharma and A. Jain. (1996). Stratification of density in dry deciduous forest using satellite remote sensing digital data—An approach based on spectral indices J. Biosci., Vol. 21, Number 5, pp 723–734.
- Salvador, R., and X. Pons. (1998). . On the Reliability of Landsat TM for Estimating Forest Variables by Regression Techniques: A Methodological Analysis. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 36(6):1888 –1897.
- Schelhaas, M. J., P. W. Van Esch, L. Pedroni and T. Vilen. (2004). CO₂ fix V 3.1-A modeling framework for quantifying Carbon. Sequestration in forest ecosystems . Alterra-rapport 1068
- Schulze, E. D., E. Beck, and K. Lawlor. (2005). . Plant ecology, Springer eds., Berlin.

- Solberg, S., H. Lange, L. Aurdal and R. Solberg. (2005). Monitoring forest health by remote sensing of canopy chlorophyll: first results from a pilot project in Norway. Norwegian University of Life Science of Ecology and Natural Resource Management
- Steininger, M. K. (2000). Satellite estimation of tropical secondary forest above-ground biomass: data from Brazil and Bolivia. *Int. j. remote sensing*, vol. 21, no. 6&7, 1139–1157.
- Stenberg, P., M. Rautiainen, T Manninen, P. Voipio and H. Smolander (2004). Reduced Simple Ratio Better than NDVI for Estimating LAI in Finnish Pine and Spruce Stands. *Silva Fennica* 38(1) research articles.
- Tewari, V. P., A. Verma and V. S. Kishan. (2002). Growth and yield function for irrigated plantation of *Eucalyptus camaldulans* in the hot desert of India. *Bioresource Technology*. 82. pp. 137–146.
- Thomas, B. L., M. Hueschmann and P. A. Murphy. (1999). An individual-tree growth and yield prediction system for even-aged natural short leaf pine forests. Oklahoma Agricultural experiment station.
- Treuhaft, R.N., B. E. Law, and G. Asner. (2004). Forest attributes from 83–98. Radar interferometric structure and its fusion with optical remote sensing. *BioScience*, 54, 561–571.
- Trotter, C.M., J.R. Dymond, and C.J. Goulding. (1997). Estimation of timber volume in a coniferous plantation forest using Landsat TM. *International Journal of Remote Sensing*. 18:2209–2223. 18:2209–2223.

- Valentine, H. T., L. M. Triton and G. M. Furnival. (1984). Sub sampling trees For biomass, volume, or mineral content. For. Sci.. 30:673–681.
- Vasileios, K. (2005). Remote sensing in biomass estimation of conifer stands: A review. Department of Geomatic Engineering, University
- Verstraete, M.M., and B. Pinty, (1996). Designing spectral indexes for remote sensing applications, IEEE Trans.Geosci. Remote Sens. 34,1254–1265.
- Warnant, P., M. Patrick and M. Christian. (2004). . Screening of poplar biomass for bio-active compounds : a simple method to assess antioxidant activity. Bioresource. Tech..93:43–48.
- Yoshio, A., T. Satoshi, K. Eiji, and T. Gen . (2004). Potential of Woody Carbon Stock Estimation Using High Spatial Resolution Imagery: A Case Study of Spruce Stands. Global Environmental Change in the Ocean and on Land, Eds., M. Shiyomi et al., pp. 425–440. by Terrapub.
- Zheng, G., J.M. Chen, and Q. Tian. (2007). Combining remote sensing imagery and forest age inventory for biomass mapping. Journal of Environmental Management, 85,616–623.

ملحق (١) بيانات العينات الأولية

العينات الأرضية	تسلسل الشجرة	القطر/سم	الارتفاع/ م	الحجم/م ^٣
1	1	26.3	7.8	0.1940
1	2	16.4	6.2	0.0653
1	3	19.3	6.5	0.0926
1	4	26.1	8.3	0.1949
1	5	22.2	7.5	0.1310
1	6	15.9	7.1	0.0606
1	7	21.2	8.2	0.1182
1	8	21	7.6	0.1156
1	9	25.3	8.1	0.180
1	10	22.4	8.1	0.1353
1	11	11.9	5.4	0.0349
1	12	15.5	7.4	0.0558
1	13	24.2	9	0.1631
1	14	17.5	6.1	0.0742
1	15	20.6	7.8	0.1106
1	16	13.8	6.3	0.0457
1	17	16.2	5.2	0.0601
1	18	18.5	6.2	0.0835
1	19	15.2	4.7	0.0512
1	20	21.1	8.6	0.1153
1	21	15.2	7.5	0.0525
1	22	24.9	8.1	0.1736
1	23	22.3	7.7	0.1331
1	24	24.6	6.6	0.1545
1	25	21.8	7.7	0.1263
1	26	19.8	5.5	0.0900
1	27	26.5	8.5	0.2032
1	28	16.8	6.3	0.0680
1	29	21.8	7.9	0.1266
1	30	27.2	9.5	0.2190
1	31	22.3	9.7	0.1240
1	32	24.8	8.3	0.1729
1	33	24.7	9.4	0.17039
1	34	23.4	8	0.1499
1	35	19.6	7.6	0.0984
1	36	17.1	7.1	0.0719

ملحق (١) مستمر

0.1162	5.5	22.6	37	1
0.0344	5.5	11.8	38	1
0.0546	5.3	15.3	39	1
0.0844	6.7	18.4	40	1
0.0732	7.9	17.5	41	1
0.0748	7.1	17.4	42	1
0.0441	5.9	13.5	43	1
0.1007	7.6	19.8	44	1
0.0910	6.6	19.1	45	1
0.0552	5.7	15.2	46	1
0.0897	6	19.3	47	1
0.1751	9.8	25.1	48	1
0.0544	6.3	15	49	1
0.0519	5.8	14.7	50	1
0.1353	8.1	22.4	51	1
0.1501	8.8	23.4	52	1
0.1290	7.35	22.1	53	1
0.1207	9.3	21.8	54	1
0.1367	8.9	22.6	55	1
0.1039	6.8	20.2	56	1
0.1414	9.6	23.2	57	1
0.0752	8.8	18.3	58	1
0.0582	9.2	17.4	59	1
0.1348	7.8	22.4	60	1
0.2040	11.4	27.5	61	1
0.1336	9.8	22.9	62	1
0.1500	8.8	23.4	63	1
0.0621	8.8	17.3	64	1
0.0631	8.7	17.3	65	1
0.0848	7.8	18.5	66	1
0.1773	8.9	25	67	1
0.2737	9.7	29.7	68	1
0.0871	7.4	18.6	69	1
0.0442	8.7	15.6	70	1
0.0272	9.8	15.9	71	1
0.0786	8.6	18.4	72	1
0.0671	9.3	18.2	73	1
0.0530	7.7	15.4	74	1
0.244	9.3	28.4	75	1

ملحق (١) مستمر

0.0905	8.4	19.2	76	1
0.1144	9.8	21.8	77	1
0.1844	9.6	25.5	78	1
0.0479	4	15.4	79	1
0.1750	11.3	26.3	80	1
0.0427	6.8	13.6	81	1
0.1025	9.6	20.9	82	1
0.0655	6.3	16.4	83	1
0.0931	8.4	19.4	84	1
0.0465	8.5	15.6	85	1
0.0619	5.6	16.2	86	1
0.0744	6.4	17.4	87	1
0.1487	8.7	23.3	88	1
0.1908	9.5	25.8	89	1
0.0367	8.2	14.3	90	1
0.0821	8.3	18.5	91	1
0.1716	9.5	24.8	92	1
0.1844	9.6	25.5	93	1
0.1286	9.5	22.4	94	1
0.0957	9.3	20.2	95	1
0.1249	9.2	22	96	1
0.0946	12.6	24.8	97	1
0.2005	8.7	26.3	98	1
0.0486	5.4	14.3	99	1
0.1119	9.5	21.4	100	1
0.0534	5.9	14.9	101	1
0.1648	9	24.3	102	1
0.0660	7.6	16.7	103	1
0.2071	12.3	28.6	104	1
0.0556	5.4	15.4	105	1
0.2335	12.3	29.5	106	1
0.1065	8	20.3	107	1
0.0906	11.3	22.5	108	1
0.1066	7.4	20.3	1	5
0.0998	6.2	20.2	2	5
0.0491	6.4	14.3	3	5
0.0871	7.3	18.6	4	5
0.0424	6.2	13.3	5	5

ملحق (١) مستمر

0.0327	6.8	12.2	6	5
0.0623	6.7	16	7	5
0.0763	6.2	17.7	8	5
0.0758	6.8	17.5	9	5
0.1118	6.4	21.2	10	5
0.0981	6.8	19.7	11	5
0.0613	6.2	15.9	12	5
0.0987	8.9	20.1	13	5
0.02721	9.3	9	14	5
0.0881	10.4	21	15	5
0.0740	6.8	17.3	16	5
0.0729	6.7	17.2	17	5
0.1254	6.8	22.1	18	5
0.0655	6.3	16.4	19	5
0.1110	8.3	20.7	20	5
0.0491	5.7	14.3	21	5
0.0259	6.2	10.5	22	5
0.0502	5.6	14.5	23	5
0.0589	6.7	15.6	24	5
0.0807	6.8	18	25	5
0.1717	7.8	24.9	26	5
0.1433	7.3	23.2	27	5
0.0274	5.8	10.5	28	5
0.0292	4.6	10.7	29	5
0.0288	5.6	10.7	30	5
0.0599	6.4	15.7	31	5
0.0264	5.1	10	32	5
0.1104	7.5	20.6	33	5
0.0786	6.7	17.8	34	5
0.0688	5.8	17	35	5
0.0856	6.8	18.5	36	5
0.0664	5.6	16.8	37	5
0.1218	6	22.5	38	5
0.0575	6.4	15.4	39	5
0.0834	6.4	18.4	40	5
0.1390	7.8	22.7	41	5
0.0892	7.5	18.8	42	5
0.0826	6.2	18.4	43	5
0.0657	6.7	16.4	44	5

ملحق (١) مستمر

0.1069	7.7	20.3	45	5
--------	-----	------	----	---

0.0484	6.4	14.2	46	5
0.0277	5.4	10.4	47	5
0.087	6.6	18.7	48	5
0.0378	7.3	13.3	49	5
0.0993	7.8	19.7	50	5
0.0619	7.5	16.2	51	5
0.1148	6.8	21.2	52	5
0.0738	7.8	17.5	53	5
0.0738	7.1	17.3	54	5
0.1725	8.2	24.8	55	5
0.0789	7.9	18	56	5
0.0614	6.7	15.9	57	5
0.0502	5.6	14.5	58	5
0.0349	6.2	12.1	59	5
0.0492	6.3	14.3	60	5
0.1117	7.5	20.7	61	5
0.1320	7.8	22.2	62	5
0.1382	7.6	22.7	63	5
0.0770	7.8	17.8	64	5
0.1106	7.7	20.6	65	5
0.1823	6.9	26.3	1	11
0.4924	9.3	38.4	2	11
0.1869	6.3	27.4	3	11
0.3598	8.6	34	4	11
0.4138	9.8	35.2	5	11
0.3657	9.6	33.5	6	11
0.2569	8	29.7	7	11
0.2521	8.3	29.2	8	11
0.2552	8.4	29.3	9	11
0.2451	8.2	28.9	10	11
0.3982	8.2	36.1	11	11
0.2438	8	29	12	11
0.2559	8.4	29.3	13	11
0.2608	8.7	29.4	14	11
0.3778	8.3	35.1	15	11
0.4035	8.8	35.6	16	11
0.2822	8	31	17	11

ملحق (١) مستمر

0.3932	8.6	35.4	18	11
0.3990	8.3	36	19	11

0.3981	8.6	35.6	20	11
0.2600	8.6	29.4	21	11
0.1901	6.3	27.6	22	11
0.0439	4.3	14.2	23	11
0.1942	6.5	27.6	24	11
0.0406	4.9	13.1	25	11
0.256	8.5	29.3	26	11
0.4093	8.3	36.4	27	11
0.0351	4.1	12.4	28	11
0.4982	9.3	38.6	29	11
0.200	6.6	27.9	30	11
0.0315	4.9	11.2	31	11
0.2311	8.3	28.1	32	11
0.2648	8.5	29.7	33	11
0.3982	8.2	36.1	34	11
0.2597	8.6	29.4	35	11
0.4179	8.6	36.4	36	11
0.5657	10.3	39.9	37	11
0.4255	8.6	36.7	38	11
0.3982	8.2	36.1	39	11
0.4234	8.7	36.5	40	11
0.2514	8.6	29	41	11
0.2720	8.8	29.9	42	11
0.0581	4.3	16.8	43	11
0.1832	6.3	27.1	44	11
0.1834	6.2	27.3	45	11
0.0474	4.3	14.9	46	11
0.190	6.4	27.4	47	11
0.4086	8.3	36.4	48	11
0.0335	3.5	12.6	49	11
0.5575	10.2	39.7	50	11
0.4439	9.6	36.4	51	11
0.1695	6.5	25.8	52	11
0.4346	8.8	36.8	53	11
0.1737	6.3	26.4	53	11
0.4166	8.8	36.1	54	11

ملحق (١) مستمر

0.4186	8.5	36.6	55	11
0.4464	9.4	36.7	56	11

0.4373	9.3	36.4	57	11
0.4184	9.2	35.8	58	11
0.5667	10.3	39.9	59	11
0.0553	5.5	15.3	1	13
0.2268	7.6	28.4	2	13
0.0598	5.6	15.9	3	13
0.2182	7.2	28.3	4	13
0.1133	5.3	22.6	5	13
0.1156	5.6	22.4	6	13
0.1214	5.2	23.6	7	13
0.1289	5.8	23.4	8	13
0.1506	8.6	23.4	9	13
0.2335	7.8	28.6	10	13
0.1172	5.8	22.3	11	13
0.1204	5.9	22.5	12	13
0.0298	3.5	11.6	13	13
0.0288	3.4	11.4	14	13
0.0574	5.5	15.6	15	13
0.1411	5.8	24.5	16	13
0.0523	5.2	15	17	13
0.0969	5.8	20.2	18	13
0.1323	5.7	23.9	19	13
0.054	5.1	15.3	20	13
0.1355	5.4	24.7	21	13
0.1656	7.6	24.6	22	13
0.031	3.6	11.8	23	13
0.0321	3.8	12	24	13
0.0327	3.4	12.6	25	13
0.2229	7.8	28	26	13
0.0620	5.6	16.2	27	13
0.0540	5.1	15.3	28	13
0.2403	7.8	28.9	29	13
0.0549	5.2	15.4	30	13
0.0563	5.1	15.7	31	13
0.0559	5.3	15.5	32	13
0.2200	7.3	28.3	33	13

ملحق (١) مستمر

0.1595	5.8	26	34	13
0.0581	5.5	15.7	35	13
0.0302	3.4	11.8	36	13
0.0324	5.5	11.4	37	13

0.058	5.6	15.6	38	13
0.1156	5.8	22.1	39	13
0.2375	7.9	28.7	40	13
0.11	5.4	22	41	13
0.2358	7.7	28.8	42	13
0.1175	5.8	22.3	43	13
0.2281	7.1	29	44	13
0.2353	7.6	28.8	45	13
0.0568	5.3	15.6	46	13
0.1949	6.4	27.7	47	13
0.1111	5.3	22.3	48	13
0.0591	5.8	15.7	49	13
0.0551	5.2	15.4	50	13
0.2059	7.6	27.1	51	13
0.0603	5.3	16.1	52	13
0.2083	6.7	28.3	53	13
0.0303	3.6	11.6	54	13
0.0321	3.7	12	55	13
0.055	5.6	15.2	56	13
0.1336	7.2	22.5	57	13
0.0521	5.1	15	58	13
0.0552	5.2	15.4	59	13
0.0562	5.8	15.3	60	13
0.0533	5.1	15.2	61	13
0.2093	7.5	27.4	62	13
0.2093	7.6	27.3	63	13
0.2112	6.6	28.6	64	13
0.2238	7.5	28.3	65	13
0.2294	7.4	28.7	66	13
0.1051	5	22.2	67	13
0.1200	5.7	22.7	68	13
0.2101	7.2	27.8	69	13
0.0540	5	15.4	70	13
0.0600	5.6	15.9	71	13

ملحق (١) مستمر

0.1383	7	23	72	13
0.0560	6.9	15.3	73	13
0.0347	4.9	11.9	74	13
0.0501	5	15.4	75	13
0.1087	5.1	22.3	76	13

0.2170	7.8	27.6	77	13
0.0571	5.9	15.4	78	13
0.0494	7.8	15.1	1	21
0.2597	8.3	29.6	2	21
0.3562	8.1	34.4	3	21
0.3244	7.2	34.2	4	21
0.4436	9.6	36.4	5	21
0.1881	8.8	25.6	6	21
0.2883	10.2	30.3	7	21
0.1721	8.9	24.7	8	21
0.2848	10.5	30.2	9	21
0.0599	4.5	16.9	10	21
0.0714	4.7	18.4	11	21
0.1662	7.9	24.5	12	21
0.1662	7.5	24.7	13	21
0.2046	8.2	26.7	14	21
0.0547	4.6	15.9	15	21
0.1062	7.2	20.3	16	21
0.1082	7.7	20.4	17	21
0.0512	4.6	15.3	18	21
0.0490	4.4	15.1	19	21
0.0496	4.1	15.6	20	21
0.2689	8.7	29.8	21	21
0.1125	7.3	20.8	22	21
0.0524	4.7	15.4	23	21
0.1693	7.9	24.7	24	21
0.1165	6.1	21.9	25	21
0.0514	4.2	15.8	26	21
0.1146	7.8	20.9	27	21
0.1110	7.2	20.7	28	21
0.1334	7.8	22.3	29	21
0.1159	7.9	21	30	21
0.1345	7.7	22.4	31	21

ملحق (١) مستمر

0.1683	8	24.6	32	21
0.1308	7.2	22.3	33	21
0.2586	8.7	29.3	34	21
0.1265	6.3	22.6	35	21
0.2475	8.6	28.8	36	21
0.1777	7.6	25.4	37	21

0.1308	7.2	22.3	38	21
0.1657	7.3	24.8	39	21
0.2481	8.9	28.7	40	21
0.0510	4.4	15.3	41	21
0.1081	7.6	20.4	42	21
0.1869	8.4	25.6	43	21
0.1580	7.4	24.2	44	21
0.0489	4.3	15.2	45	21
0.1042	7.9	20.1	46	21
0.1186	7.3	21.3	47	21
0.1081	7.6	20.4	48	21
0.1068	7.5	20.3	49	21
0.2772	8.7	30.2	50	21
0.1193	7.5	21.3	51	21
0.1043	7.4	20.1	52	21
0.1595	7.8	24.1	53	21
0.1502	7.3	23.7	54	21
0.1824	8.6	25.3	55	21
0.1177	8.7	21.3	56	21
0.1462	7.8	23.2	57	21
0.1044	7.5	20.1	58	21
0.1057	7.6	20.2	59	21
0.1065	7.3	20.3	60	21
0.1337	7.5	22.4	61	21
0.1331	7.7	22.3	62	21
0.1301	7.6	22.1	63	21
0.1186	7.3	21.3	64	21
0.2106	8.9	26.8	65	21
0.1668	7.4	24.8	66	21
0.1360	7.2	22.7	67	21
0.1657	7.3	24.8	68	21
0.2891	9.5	30.4	69	21
0.0581	5.5	15.7	70	21

ملحق (١) مستمر

0.1760	7.3	25.5	71	21
0.1345	7.7	22.4	72	21
0.2723	10.8	29.8	73	21
0.3166	9.2	31.7	74	21
0.2316	9.6	27.8	75	21
0.1157	8.1	21	76	21
0.1029	8.3	20.1	77	21
0.1670	8.7	24.4	78	21
0.2377	9.8	28.1	79	21
0.2233	9.4	27.4	80	21
0.4091	10.9	34.7	81	21
0.1826	8.7	25.3	82	21
0.2423	9.7	28.3	83	21
0.2693	9.8	29.5	84	21
0.3086	9.6	31.2	85	21
0.3397	10.3	32.3	86	21
0.1475	8.4	23.2	87	21
0.3317	10.6	32	88	21
0.2907	9.9	30.4	89	21
0.2881	9.8	30.3	90	21
0.3083	10.3	31.1	91	21
0.3341	10.2	32.1	92	21
0.2665	10.6	29.5	93	21
0.3158	10.5	31.4	94	21
0.2020	9.7	26.4	95	21
0.1994	8.2	26.4	96	21
0.2019	8.3	26.5	97	21
0.2445	8.5	28.7	98	21
0.1834	8.4	25.4	99	21
0.1824	8.6	25.3	100	21
0.2423	9.5	28.3	101	21
0.1974	7.8	26.5	102	21
0.3213	10.3	31.6	103	21
0.2079	8.7	26.7	104	21
0.2241	8.9	27.5	105	21
0.0695	4.5	18.4	106	21
0.2235	8.5	27.6	107	21
0.1368	8.1	22.5	108	21

ملحق (١) مستمر

0.1830	8.3	25.4	109	21
0.2192	8.7	27.3	110	21
0.1429	8.4	22.9	111	21
0.2185	8	27.6	112	21
0.0834	7.6	18.3	1	26
0.0501	7.3	14.8	2	26
0.1606	11.3	25.6	3	26
0.0487	7.4	14.7	4	26
0.2392	12.2	29.6	5	26
0.1427	9.6	23.3	6	26
0.1517	9.2	23.6	7	26
0.0388	8.6	14.9	8	26
0.0571	9.8	18.1	9	26
0.0501	7.3	14.8	10	26
0.0456	7.2	14.2	11	26
0.0981	9.1	20.2	12	26
0.2106	10	26.9	13	26
0.2410	10.1	28.3	14	26
0.0494	7.1	14.6	15	26
0.2517	12.6	30.5	16	26
0.3032	10.3	30.9	17	26
0.1938	10.2	26.2	18	26
0.3317	10.6	32	19	26
0.1030	8.3	20.1	20	26
0.1487	9.6	23.6	21	26
0.0833	8.9	19	22	26
0.1134	8.4	20.9	23	26
0.1506	8.5	23.4	24	26
0.1096	8.6	20.7	25	26
0.3109	10.3	31.2	26	26
0.3109	10.2	31.2	27	26
0.2541	10.6	29	28	26
0.2723	10.8	29.8	29	26
0.2814	11.2	30.3	30	26
0.0486	7.1	14.5	31	26
0.0484	7.3	14.6	32	26
0.2613	11.2	29.6	33	26
0.2404	10.9	28.6	34	26

ملحق (١) مستمر

0.2787	10.1	29.9	35	26
--------	------	------	----	----

0.1504	8.7	23.4	36	26
0.1176	11.2	23.6	37	26
0.2983	10.1	30.7	38	26
0.0899	9.6	20.1	39	26
0.1069	8.3	20.4	40	26
0.106	8.2	20.3	41	26
0.2645	13.2	31.6	42	26
0.3123	11.1	31.4	43	26
0.3145	11.4	31.6	44	26
0.2422	10.3	28.4	45	26
0.274	10.6	29.8	46	26
0.2844	10.9	30.3	47	26
0.1297	9	22.2	48	26
0.0515	7.2	14.9	49	26
0.2977	10.9	30.8	50	26
0.1376	10.4	23.6	51	26
0.1357	10.6	23.7	52	26
0.2879	10.8	30.4	53	26
0.2817	10.6	30.1	54	26
0.0577	7.4	15.7	55	26
0.1509	9.5	23.7	56	26
0.3104	10.6	31.2	57	26
0.0887	6.3	19	58	26
0.2259	10	27.6	59	26
0.0441	7.2	14	60	26
0.0450	7.6	14.4	61	26
0.1106	9.6	21.4	62	26
0.0918	8.4	19.3	63	26
0.0490	6.8	14.4	64	26
0.0482	6.5	14.2	65	26
0.1097	8.3	20.6	66	26
0.0522	6.3	14.7	67	26
0.0575	7.6	15.8	68	26
0.2786	9.7	29.9	69	26
0.1486	9.4	23.5	70	26
0.1402	10	23.4	71	26
0.0491	6.5	14.3	72	26

ملحق (١) مستمر

0.1323	9.3	22.5	73	26
0.0492	6.4	14.3	74	26

0.092	9.7	20.4	75	26
0.1355	9.1	22.6	76	26
0.0551	5.1	15.5	77	26
0.0543	6	15	78	26
0.1291	9.4	22.4	79	26
0.2825	11.6	30.6	80	26
0.1455	9.1	23.2	81	26
0.0434	7.3	14	82	26
0.0529	6.3	14.8	83	26
0.1535	9.2	23.7	84	26
0.0421	7.8	14.3	85	26
0.0519	7.6	15.2	86	26
0.0521	5.3	14.9	87	26
0.1275	9.4	22.3	88	26
0.0481	7.2	14.5	89	26
0.0421	6.8	13.5	90	26
0.0486	6.3	14.2	91	26

ملحق (٢) القياسات الحقلية للعينات رقم (١)

الموقع	تسلسل الشجرة	القطر / سم	الارتفاع / م	طول التاج / م	قطر التاج / م	دليل الضوء
1	1	26.3	7.8	6.2	4	6.3
1	2	16.4	6.2	5	3.3	5.1
1	3	19.3	6.5	5.3	3.4	5.2
1	4	26.1	8.3	7.2	4.2	6.6
1	5	22.2	7.5	6.2	4.3	6.0
1	6	15.9	7.1	6	4.2	5.7
1	7	21.2	8.2	7.2	4.3	6.5
1	8	21	7.6	6.3	4.1	6.1
1	9	25.3	8.1	6.9	4.3	6.5
1	10	22.4	8.1	7	4.5	6.4
1	11	11.9	5.5	4.1	2.5	4.5
1	12	15.5	7.4	6.2	4.4	5.9
1	13	24.2	9	7.9	5.4	7.1
1	14	17.5	6.1	5.2	3.1	4.8
1	15	20.6	7.8	6.6	4.1	6.2
1	16	13.8	6.3	5	3.2	5.1
1	17	16.2	5.2	4.2	2.3	4.2
1	18	18.5	6.2	5	3.6	5.1
1	19	15.2	4.7	3.2	1.3	3.9
1	20	21.1	8.6	7.3	5.2	6.8
1	21	15.2	7.5	6.2	4.5	6.1
1	22	24.9	8.1	7	5.8	6.4
1	23	22.3	7.7	6.6	4	6.1
1	24	24.6	6.6	5.3	3.6	5.3
1	25	21.8	7.7	6.2	4.2	6.2
1	26	19.8	5.5	4.3	2.6	4.5
1	27	26.5	8.5	7.1	5.9	6.8
1	28	16.8	6.3	5.2	3.2	5.1
1	29	21.8	7.9	6.9	4.1	6.2
1	30	27.2	9.5	8.3	5.8	7.5
1	31	22.3	9.7	8.5	5.7	7.7
1	32	24.8	8.3	7.2	5	6.6
1	33	24.7	9.4	8.3	5.7	7.4
1	34	23.4	8	6.9	4.3	6.3
1	35	19.6	7.6	6.3	4.1	6.1
1	36	17.1	7.1	6	4	5.7
1	37	22.6	5.5	4.2	2.3	4.5

الملحق (٢) مستمر

4.5	2.1	4.1	5.5	11.8	38	1
4.3	2.9	4.3	5.3	15.3	39	1
5.4	3.2	5.4	6.7	18.4	40	1
6.3	4.3	6.8	7.9	17.5	41	1
5.6	4.1	6.1	7.1	17.4	42	1
4.7	2.3	4.8	5.9	13.5	43	1
6.1	4.5	6.4	7.6	19.8	44	1
5.3	3.2	5.5	6.6	19.1	45	1
4.6	2.2	4.6	5.7	15.2	46	1
4.8	3.8	5	6	19.3	47	1
7.7	5.9	8.8	9.8	25.1	48	1
5.1	3.1	5.1	6.3	15	49	1
4.7	2.8	4.7	5.8	14.7	50	1
6.4	5.7	7.1	8.1	22.4	51	1
6.9	5.9	7.7	8.8	23.4	52	1
5.9	4.8	6.1	7.3	22.1	53	1
7.3	5.9	8.3	9.3	21.8	54	1
7.1	4.7	7.8	8.9	22.6	55	1
5.5	3.2	5.8	6.9	20.2	56	1
7.5	6.1	8.6	9.6	23.2	57	1
6.9	4.3	7.8	8.8	18.3	58	1
7.2	6.2	8.1	9.2	17.4	59	1
6.2	4.2	6.7	7.8	22.4	60	1
8.9	6.9	10.3	11.4	27.5	61	1
7.7	5.8	8.7	9.8	22.9	62	1
6.9	5	7.7	8.8	23.4	63	1
6.9	4.6	7.7	8.8	17.3	64	1
6.9	4.3	7.6	8.8	17.3	65	1
6.2	4.2	6.7	7.9	18.5	66	1
7.1	4.2	7.9	8.9	25	67	1
7.6	5.3	8.6	9.7	29.7	68	1
5.9	4.2	6.3	7.4	18.6	69	1
6.9	5.6	7.6	8.7	15.6	70	1
7.9	6.4	8	9.8	15.9	71	1
7.1	4.5	6.4	8.6	18.4	72	1
7.4	4.5	7.9	9.3	18.2	73	1
6.2	4.6	6.1	7.7	15.4	74	1
7.4	6.3	8	9.3	28.4	75	1
6.6	4.9	7.3	8.4	19.2	76	1

الملحق (٢) مستمر

7.7	6.2	8.7	9.8	21.8	77	1
7.5	6.1	8.6	9.6	25.5	78	1
3.3	1.6	3	4	15.4	79	1
9.2	6.8	9.2	11.4	26.3	80	1
5.6	3	5.3	6.8	13.6	81	1
7.5	6.3	8.6	9.6	20.9	82	1
5.1	3.6	5.2	6.3	16.4	83	1
6.9	4	6.2	8.4	19.4	84	1
6.9	4.3	6.5	8.5	15.6	85	1
4.5	2.8	4.6	5.6	16.2	86	1
5.2	3	5.2	6.5	17.4	87	1
7.2	4.3	6.3	8.7	23.3	88	1
7.4	6.4	8.5	9.5	25.8	89	1
6.5	4.2	7.3	8.3	14.3	90	1
6.7	4.3	6.8	8.3	18.5	91	1
7.4	5.8	8.9	9.5	24.8	92	1
7.5	5.1	8.7	9.6	25.5	93	1
7.5	5.3	8.3	9.5	22.4	94	1
7.3	5	8.2	9.3	20.2	95	1
7.2	5.1	8.1	9.2	22	96	1
9.8	6.9	11.6	12.6	24.8	97	1
7.1	4.1	6.6	8.7	26.3	98	1
4.4	2.3	4	5.4	14.3	99	1
7.7	4.9	7.5	9.5	21.4	100	1
4.9	1.2	3.9	5.9	14.9	101	1
7.1	5	8	9	24.3	102	1
6.1	4.6	6.4	7.6	16.7	103	1
9.7	6.8	10.9	12.3	28.6	104	1
4.4	2.8	4.1	5.4	15.4	105	1
9.7	6.7	10.6	12.3	29.5	106	1
6.4	4.4	6.7	8	20.3	107	1
9.2	5.1	9.2	11.4	22.5	108	1

ملحق (٣) البيانات الحقلية للحجم الكلي ولعناصر الشجرة المختلفة والمساحة السطحية للعينة (١)

المساحة السطحية للتاج/م ^٢	حجم الشجرة/م ^٣	حجم الافرع/م ^٣	حجم الساق/م ^٣	تسلسل	الموقع
38.9	0.1940	0.1115	0.0825	1	1
25.9	0.0653	0.0502	0.0151	2	1
28.3	0.0926	0.0641	0.0284	3	1
47.7	0.1949	0.1125	0.0824	4	1
41.8	0.1310	0.0833	0.0476	5	1
39.6	0.0606	0.0476	0.0130	6	1
48.3	0.1182	0.0773	0.0408	7	1
40.5	0.1156	0.0761	0.0395	8	1
46.6	0.180	0.1062	0.0743	9	1
49.5	0.1353	0.0857	0.0496	10	1
16.1	0.0349	0.0301	0.0048	11	1
43.1	0.0558	0.0446	0.0111	12	1
67	0.1631	0.0985	0.0645	13	1
25.3	0.0742	0.0547	0.0195	14	1
42.5	0.1106	0.0736	0.0370	15	1
25.1	0.0457	0.0405	0.0052	16	1
15.2	0.0601	0.0466	0.0135	17	1
28.3	0.0835	0.0593	0.0241	18	1
6.5	0.0512	0.0416	0.0096	19	1
59.6	0.1153	0.0756	0.0396	20	1
43.5	0.0525	0.0421	0.0098	21	1
63.8	0.1736	0.1031	0.0705	22	1
41.5	0.1331	0.0845	0.0481	23	1
29.9	0.1545	0.0924	0.0620	24	1
40.9	0.1263	0.0812	0.0451	25	1
17.5	0.0900	0.0614	0.0286	26	1
65.8	0.2032	0.1162	0.0870	27	1
26.1	0.0680	0.0520	0.0167	28	1
44.4	0.1266	0.0815	0.0451	29	1
75.6	0.2190	0.1232	0.0958	30	1
76.1	0.1240	0.0790	0.0454	31	1
56.6	0.1729	0.1021	0.0699	32	1
74.1	0.17039	0.1016	0.0686	33	1
46.6	0.1499	0.0924	0.0574	34	1
40.5	0.0984	0.0675	0.0308	35	1
37.7	0.0719	0.0537	0.0181	36	1

ملحق (٣) مستمر

15.2	0.1162	0.0731	0.0430	37	1
13.5	0.0344	0.0294	0.0050	38	1
19.6	0.0546	0.0441	0.0104	39	1
27.1	0.0844	0.0602	0.0242	40	1
45.9	0.0732	0.0539	0.0193	41	1
39.3	0.0748	0.0553	0.0195	42	1
17.3	0.0441	0.0401	0.0039	43	1
45.2	0.1007	0.0687	0.0320	44	1
27.6	0.0910	0.0634	0.0275	45	1
15.9	0.0552	0.044	0.0103	46	1
29.8	0.0897	0.0621	0.0275	47	1
81.6	0.1751	0.1035	0.0711	48	1
24.8	0.0544	0.0446	0.0097	49	1
20.7	0.0519	0.0433	0.0086	50	1
63.6	0.1353	0.0856	0.0496	51	1
71.4	0.1501	0.0925	0.0575	52	1
46	0.1290	0.0823	0.0460	53	1
76.9	0.1207	0.0776	0.0431	54	1
57.6	0.1367	0.0860	0.0506	55	1
29.2	0.1039	0.0700	0.0339	56	1
82.9	0.1414	0.0876	0.0537	57	1
52.4	0.0752	0.0538	0.0213	58	1
79.1	0.0582	0.0430	0.0151	59	1
44.2	0.1348	0.0853	0.0494	60	1
111.7	0.2040	0.1140	0.0899	61	1
79.6	0.1336	0.0834	0.0501	62	1
60.3	0.1500	0.0925	0.0575	63	1
55.6	0.0621	0.0462	0.0160	64	1
51.3	0.0631	0.0468	0.0162	65	1
44.2	0.0848	0.0603	0.0245	66	1
52	0.1773	0.1050	0.0722	67	1
72	0.2737	0.1451	0.1279	68	1
41.7	0.0871	0.0617	0.0253	69	1
67	0.0442	0.0352	0.0090	70	1
80.4	0.0272	0.0211	0.0058	71	1
45.2	0.0786	0.0561	0.0225	72	1

ملحق (٣) مستمر

55.8	0.0671	0.0482	0.0189	73	1
------	--------	--------	--------	----	---

44.1	0.0530	0.0426	0.0103	74	1
79.2	0.244	0.1336	0.1103	75	1
56.6	0.0905	0.0628	0.0276	76	1
84.9	0.1144	0.0736	0.0408	77	1
82.6	0.1844	0.1080	0.0764	78	1
7.5	0.0479	0.0385	0.0093	79	1
98.6	0.1750	0.1005	0.0744	80	1
24.9	0.0427	0.0384	0.0042	81	1
85.1	0.1025	0.0676	0.0348	82	1
29.4	0.0655	0.0503	0.0151	83	1
38.9	0.0931	0.0642	0.02882	84	1
43.9	0.0465	0.0370	0.0094	85	1
20.2	0.0619	0.0480	0.0139	86	1
24.5	0.0744	0.0550	0.0194	87	1
42.7	0.1487	0.0919	0.0511	88	1
85.6	0.1908	0.1109	0.0799	89	1
48.3	0.0367	0.0314	0.0053	90	1
45.9	0.0821	0.0584	0.0237	91	1
81.1	0.1716	0.1022	0.0694	92	1
69.7	0.1844	0.1080	0.0764	93	1
69.1	0.1286	0.0814	0.0472	94	1
64.4	0.0957	0.0645	0.0312	95	1
64.9	0.1249	0.0799	0.0449	96	1
125.7	0.0946	0.0563	0.0380	97	1
42.5	0.2005	0.1152	0.0853	98	1
14.5	0.0486	0.0415	0.0070	99	1
57.7	0.1119	0.0728	0.0391	100	1
7.3	0.0534	0.0441	0.0093	101	1
62.8	0.1648	0.0993	0.0654	102	1
46.2	0.0660	0.0504	0.0159	103	1
116.4	0.2071	0.1129	0.0941	104	1
18.1	0.0556	0.0447	0.0109	105	1
111.6	0.2335	0.1249	0.1086	106	1
46.6	0.1065	0.0715	0.0349	107	1
73.8	0.0906	0.0572	0.0334	108	1

ملحق (٤) متغيرات المشجر لمختلف عناصر الشجرة لعينات الدراسة

متوسط دليل الضوء	متوسط قطر التاج/م	متوسط طول التاج/ م	متوسط الارتفاع/ م	متوسط القطر التربعي/ سم	العمر/ سنة	الكثافة/ شجرة	الموقع
6.3	4.4	6.7	8	20.3	33	108	1
8.1	5.3	6.8	9.7	20	32	82	2
7.3	4.2	6.8	9	19.2	30	89	3
6.9	4.2	4.5	8	21	31	102	4
5.7	4	4.6	6.8	17.3	25	65	5
4.1	2.9	3.1	4.8	13.8	26	89	6
10.1	4.5	6.7	11.6	26.9	33	91	7
6.1	6.2	5.7	7.5	24.5	32	59	8
5.4	3.9	3	6.1	15.9	26	58	9
6.9	4.3	5.8	8.4	19	28	61	10
6.6	3.9	5.6	8	31	33	59	11
5.8	4.3	5	7	23.5	32	62	12
4.8	3.4	4.2	5.8	20.2	32	78	13
5.6	2.9	5.3	6.9	14	25	85	14
5.8	4.3	4	6.8	15.4	32	60	15
5.6	3.2	3	6.4	13.5	25	82	16
5.6	3.3	5.7	7	15	26	90	17
6.7	4.3	6.8	8.4	17.3	28	54	18
6.8	5.3	5	8	24.3	32	75	19
3.8	3.7	4.7	5	22	29	61	20
6.6	4.5	5.6	8	24.6	32	112	21
5.4	4.1	3.6	6.3	21.7	28	79	22
6.1	4.8	4	7	20.1	30	61	23
4.1	2.4	3.4	5	14.3	25	60	24
8.3	4.1	8	10.3	21.7	30	83	25
7.5	4.2	6	9	22.2	31	91	26
7.5	4.2	4.2	8.5	18.2	26	69	27
6.3	3.9	5.5	7.7	18.3	26	77	28
7.8	3.2	5.6	9.2	21.7	31	118	29
4.9	2.8	4.5	6	18.5	27	101	30

الموقع	حجم الساق / م	حجم الأفرع / م	الحجم الكلي / م	المساحة السطحية للتاج / م	مساحة التغطية الورقية	دليل المساحة الورقية
١	6.3562	5.1520	11.5082	3996.9	780	0.86
٢	3.8482	3.1649	7.0132	4304.3	680	0.75
٣	4.0764	3.4886	7.5650	4346.2	700	0.77
٤	6.6210	5.1914	11.812	5055.2	756	0.84
٥	2.4706	2.3394	4.8100	2850.5	656	0.72
٦	1.7982	2.1233	3.9215	2348.1	696	0.77
٧	10.327	6.3149	16.642	4585.4	720	0.80
٨	5.7765	3.8855	9.6623	1985.6	684	0.76
٩	1.7528	1.8015	3.5544	1295.8	664	0.73
١٠	2.8773	2.4876	5.3650	2057.2	668	0.74
١١	10.9090	5.7405	16.650	2103.1	664	0.73
١٢	5.2763	3.7011	8.9774	2313.4	672	0.74
١٣	4.1637	3.3912	7.5550	2386.1	676	0.75
١٤	1.7860	2.0801	3.8670	4563.5	692	0.76
١٥	1.6624	1.7626	3.4250	2912.5	664	0.73
١٦	1.6148	1.9488	3.5636	2854.7	676	0.75
١٧	2.2918	2.4932	4.7851	3068.4	708	0.78
١٨	1.8643	1.7653	3.6297	2030.3	636	0.70
١٩	7.3131	4.9603	12.273	2159.3	680	0.75
٢٠	3.6035	2.6989	6.3025	2388.5	664	0.73
٢١	11.290	7.5637	18.854	4690.2	792	0.88
٢٢	5.2276	3.9687	9.1963	2669.9	676	0.75
٢٣	3.4649	2.8358	6.3007	1859.8	664	0.73
٢٤	1.3294	1.5156	2.8450	1739.3	656	0.72
٢٥	4.9002	3.7201	8.6204	3380.3	680	0.75
٢٦	6.7748	5.0289	11.803	4294.2	720	0.80
٢٧	2.7803	2.5063	5.2867	1851.8	672	0.74
٢٨	3.3748	3.0261	6.4009	2943.2	676	0.75
٢٩	8.0567	6.1166	14.173	4447.4	804	0.89
٣٠	4.4121	3.9153	8.3280	2870.6	732	0.81

الوزن الجاف للأفرع/كغم	الوزن الرطب للأفرع/كغم	الوزن الجاف للساق/كغم	الوزن الرطب للساق/كغم	الموقع
1375.1050	1545.0620	6773.3490	7610.5050	1
1243.3490	1397.0220	6026.8040	6771.6900	2
1140.6170	1281.5920	5614.9560	6308.9400	3
1392.3680	1564.4580	6814.6210	7656.8770	4
508.8700	571.7641	2621.1340	2945.0940	5
305.4621	343.2158	1697.2970	1907.0760	6
3036.1850	3411.4440	13687.9800	15379.7600	7
1042.9970	1171.9070	4984.8300	5600.9330	8
341.8527	384.1042	1807.3960	2030.7820	9
712.7981	800.8967	3538.8350	3976.2190	10
1792.3560	2013.8830	8150.3820	9157.7320	11
929.6569	1044.5580	4510.8900	5068.4160	12
711.5973	799.5475	3614.1730	4060.8690	13
433.4169	486.9853	2322.2230	2609.2400	14
366.5620	411.8674	1931.6530	2170.3960	15
367.2481	403.5694	1995.3710	2192.7150	16
548.7101	602.9782	2897.9720	3184.5840	17
532.1923	584.8268	2689.3540	2955.3340	18
1412.7430	1552.4650	6726.4140	7391.6630	19
578.0981	635.2727	2931.8640	3221.8280	20
2356.7160	2377.5200	10277.3100	11293.7500	21
922.8507	1014.1220	4591.1820	5045.2550	22
678.4277	745.5249	3390.4500	3725.7690	23
234.7183	257.9322	1291.2530	1418.9590	24
1606.3620	1765.2340	5322.4200	5848.8140	25
1606.7590	1765.6690	7695.7910	8456.9140	26
768.5255	844.5335	3840.1980	4219.9980	27
778.9052	855.9397	3926.6620	4315.0130	28
1930.2330	2234.7670	9762.0940	10727.5800	29
808.6243	888.5981	4165.0640	4576.9940	30

الوزن الجاف الكلي/كغم	الوزن الرطب الكلي/كغم	الوزن الجاف للأوراق/كغم	الوزن الرطب للأوراق/كغم	الموقع
8447.3380	9491.3910	298.8839	335.8246	1
7524.3470	8454.3230	254.1942	285.6114	2
7002.9230	7868.4530	247.3498	277.9212	3
8502.3270	9553.1760	295.3383	331.8408	4
3261.1670	3664.2330	131.1635	147.3747	5
2107.8830	2368.4080	105.1234	118.1162	6
17194.9700	19320.1900	470.8034	528.9926	7
6229.8930	6999.8790	202.0653	227.0396	8
2246.5810	2524.2490	97.3330	109.3629	9
4411.2940	4956.5100	159.6612	179.3946	10
10229.9500	11494.3300	287.2153	322.7138	11
5631.3540	6327.3650	190.8072	214.3901	12
4499.6100	5055.7420	173.8396	195.3254	13
2885.4730	3242.1040	129.8327	145.8794	14
2401.2780	2698.0660	103.0636	115.8018	15
2478.6490	2723.7900	116.0301	127.5056	16
3602.2780	3958.5470	155.5959	170.9845	17
3349.0760	3680.3030	127.5296	140.1424	18
8408.9250	9240.5770	269.7680	296.4484	19
3650.4060	4011.4350	140.4443	154.3344	20
13080.1000	14161.4500	446.0646	490.1808	21
6436.8840	6288.3330	208.3507	228.9563	22
4224.7050	4642.5330	155.8272	171.2387	23
1603.7300	1762.3410	77.7592	85.4497	24
7232.6250	7947.9390	303.8416	333.8919	25
9616.4030	10567.4800	313.8524	344.8927	26
4785.1540	5258.4110	176.4311	193.8803	27
4890.5190	5374.1970	184.9521	203.2440	28
12072.5800	13380.2000	380.2517	417.8591	29
5182.1010	5694.6170	208.4130	229.0253	30

Summary

The study was performed for three areas in the northern of Iraq ; Acra, Atroosh and Zaweeta aimed at estimating LAI, live volume, and mass of Bruti pine stands which are located between latitude line ($^{\circ}36\ 43^- - ^{\circ}36\ 54^-$) and longitude line ($^{\circ}43\ 02^- - ^{\circ}44\ 00^-$) and height from sea level (681 – 1014) m .

Research method for data collection is depended on Mult-phase sampling space data (space survey) it is first phase and field data (ground survey) it is second phase . Ground survey has been done in summer 2007 where the basic data of the study was collected including tree and stand variables from (30) samples or locations. Space data applied in the study were taken from landsat 7 by Enhanced thematic mapper plus ETM+ using channels (1, 2, 3, 4, 5, 7). The study has sought to find a set of equations to estimate LAI equations for estimating stand and tree weight as well as stand and tree volume through a number of equations of linear regression and non-linear regression methods which are available in computer as statgraft software. To make a comparison among the equations employed for each group of various axes of the study and choose the best one that represents data; the researcher has used accuracy measurements such as the Coefficient of Determination, standard error, Bias, and Othomo test. Results were as follows :

1–Equations of LAI Estimation :

A. LAI estimation equation from the ground survey where two equations were chosen. The first by using the area occupied by sample's trees as an independent variable by applying non-linear regression method. The second by using quadratic diameter mean and density as independent variables through the non-linear regression method and based on accuracy measurement used in the study :

$$LAI = -1.16417 + 0.1351ScL^{-0.4068}$$

$$R^2_{adj} = 0.9996 \quad S.E = 0.007 \quad n = 0.0004 \quad m = 09999 \quad Bais = 0.0012$$

$$LAI = 0.6865 + 0.0000015D G^{0.3897} N^{2.205}$$

$$R^2_{adj} = 0.9342 \quad S.E = 0.001 \quad n = 0.0001 \quad m = 1.0004 \quad Bais = 0.0047$$

B. LAI estimation equation from space data by the denotation of channels (3, 4) the equation was derived by means of non-linear regression method :

$$LAI = 0.0079B_3^{0.3131} B_4^{0.6955}$$

$$R^2_{adj} = 0.9992 \quad S.E = 0.001 \quad n = 0.0001 \quad m = 1.0001 \quad Bais = -0.0001$$

C. LAI estimation equation by integrating ground data with space data by the denotation of the area occupied by sample's trees and SR :

$$LAI = -1.1662 + 0.13449SCL^{0.4089} SR^{0.0029}$$

$$R^2_{adj} = 0.9993 \quad S.E = 0.0003 \quad n = -0.0019 \quad m = 1.0025 \quad Bais = 0.0012$$

2. Equations of estimating the weight of stand's stem by the denotation of its variables and space data :

A. Estimation equation of stem wet weight by the denotation of diameters quadratic mean, height and density mean :

$$WGS = 65.4143 + 0.0297DG^2 Hm^{0.8242} N$$

$$R^2_{adj} = 0.9815 \quad S.E = 454.97 \quad n = 0.0099 \quad m = 0.9999 \quad Bais = -0.0311$$

B. Estimation equation of stem wet weight by denotation of diameter quadratic mean, height mean and channel 4 (B_4):

$$WGS = -27198.5 + 406.063DG + 720.443Hm + 156.414B_4$$

$$R^2_{adj} = 0.9257 \quad S.E = 929.93 \quad n = -0.0008 \quad m = 1.0 \quad Bais = 0.05$$

3- Estimation equation of stand branches' wet weight by denotation its variables and data :

A. Estimation equation of branches' wet weight by denotation of diameter quadratic, height and density mean :

$$WGB = -848.933 + 2.2529DG^2 + 0.5940Hm^{0.3626}N$$

$$R^2_{adj.} = 0.9621 \quad S.E = 141.51 \quad n = 0.0238 \quad m = 1.0001 \quad Bais = 4.1933$$

B. Estimation equation of branches' wet weight by denotation of diameter quadratic mean , height mean and B_4 :

$$WGB = -3291.88 + 2.1554 DG^2 + 12.3424 Hm^{0.4232}B_4$$

$$R^2_{adj.} = 0.9255 \quad S.E = 198.44 \quad n = 0.032 \quad m = 1.0002 \quad Bais = 1.5900$$

4- Estimation equations of leaves' wet weight by denotation of stand variables and space data :

A. Estimation equation of leaves wet weight by denotation of diameter quadratic mean, height and density mean :

$$WGL = -166.504 + 0.03654DG^2 Hm^{1.10986} + 3.25036N$$

$$R^2_{adj.} = 0.9565 \quad S.E = 23.43 \quad n = 0.0001 \quad m = 0.5999 \quad Bais = 0.0008$$

B- Estimation equation of leaves' wet weight by denotation of diameter quadratic mean, height mean and channel 4 (B_4):

$$WGL = -480.222 + 1.0DG^{0.3635}Hm^{0.2624}B_4^{1.0331}$$

$$R^2_{adj.} = 0.9449 \quad S.E = 18.45 \quad n = 0.2971 \quad m = 0.9987 \quad Bais = 0.0508$$

5- Estimation equations of the total wet weight by denotation of field and space data :

A. Wet weight equation by denotation of diameter quadratic mean, height and density mean :

$$WGT = 209.586 + 0.01049DG^2/0.4278Hm^{0.8595}N^{1.074}$$

$$R^2_{adj.} = 0.9872 \quad S.E = 458.01 \quad n = -0.004 \quad m = 1.0 \quad Bais = 0.0052$$

B. Total wet weight equation by denotation of B_4 , SR :

$$WGT = -20621.4 + 263.387B_4 - 2584.56SR$$

$$R^2_{adj.} = 0.3582 \quad S.E = 2588 \quad n = -0.7128 \quad m = 1.0001 \quad Bais = -0.1180$$

C. Total wet equation by denotation of diameter quadratic mean, height mean and SR:

$$WGT = -40145.5 + 571.409DG + 949.826Hm + 11952.8SR$$

$$R^2_{adj.} = 0.8764 \quad S.E = 1517 \quad n = 0.0058 \quad m = 0.9999 \quad Bais = -0.0590$$

6. Stem's dry weight equation by denotation of stand variables and space data: :

A. Stem's dry equation by denotation of density, diameter quadratic mean and height mean :

$$WDS = -1314.2 + 67.564N + 413.13DG + 592.838Hm$$

$$R^2_{adj.} = 0.9128 \quad S.E = 856.18 \quad n = -0.043 \quad m = 1.0001 \quad Bais = -0.011$$

B. Stem's dry weight equation by denotation of channel 4:diameter quadratic mean and height mean :

$$WDS = -16411.4 + 142.06B_4 + 1.0DG^{1.8557}/Hm^{-1.3074}$$

$$R^2_{adj.} = 0.9625 \quad S.E = 561.41 \quad n = 2.090 \quad m = 0.9999 \quad Bais = 0.5026$$

7. Dry weight equation of branches by denotation of stand variables and space data :

A. Branches' dry weight equation by denotation of diameter quadratic mean, height and density mean :

$$WDB = -893.88 + 2.10712DG^2 + 1.0Hm^{1.2667}N$$

$$R^2_{adj.} = 0.9514 \quad S.E = 146.005 \quad n = 0.6418 \quad m = 0.9993 \quad Bais = -0.0109$$

B. Branches' dry weight equation by denotation of diameter quadratic mean, height mean and channel (4):

$$WDB = -1447.21 + 1.874DG^2 + 1.8293(Hm \times B_4)$$

$$R^2_{adj.} = 0.9024 \quad S.E = 213.73 \quad n = -0.0233 \quad m = 1.0002 \quad Bais = -0.0739$$

8. Leaves' dry weight equation by denotation of stand variables and space data :

A. Leaves' dry weight equation by denotation of diameter quadratic mean, density and height mean :

$$WDL = -138.26 + 0.2958DG^2 + 0.64441NHm^{0.7456}$$

$$R^2_{adj.} = 0.9620 \quad S.E = 19.72 \quad n = -0.0005 \quad m = 1.0 \quad Bais = 0.0134$$

B. Leaves' dry weight equation by denotation of diameter quadratic mean, height mean and channel (4) :

$$WDL = -818.714 + 0.2560DG^2 + 23.943Hm + 6.1172B_4$$

$$R^2_{adj.} = 0.9480 \quad S.E = 23.08 \quad n = -0.0002 \quad m = 1.0 \quad Bais = -0.001$$

9. Estimation equations of total dry weight by denotation of stand variables and space data :

A. Total dry weight equation by denotation of diameter quadratic, height and density mean :

$$WDT = -11.3349 + 0.032963DG^2Hm^{0.755262}N^{1.04044}$$

$$R^2_{adj.} = 0.9885 \quad S.E = 412.063 \quad n = 0.0043 \quad m = 1.0 \quad Bais = 0.993$$

B. Total dry weight equation by denotation of channels (4, 5, 7):

$$WDT = -29982.9 + 235.785B_4 + 206.266B_5 - 188.135B_7$$

$$R^2_{adj.} = 0.4651 \quad S.E = 2821 \quad n = 0.0049 \quad m = 0.9999 \quad Bais = -0.047$$

C. Total dry weight equation by denotation of diameter quadratic mean, height mean and channel (4):

$$WDT = -30736.3 + 463.979DG + 808.684Hm + 176.392B_4$$

$$R^2_{adj.} = 0.9289 \quad S.E = 1028 \quad n = 0.0058 \quad m = 0.9999 \quad Bais = -0.059$$

10. Stem's volume estimation equations by denotation of stand's variables and space data :

A. Stem's volume equation by denotation of diameter quadratic mean and density :

$$VS = 0.2069 + 0.00004DG^{2.8897}/N^{-1.07778}$$

$$R^2_{adj.} = 0.9855 \quad S.E = 0.33 \quad n = 0.0007 \quad m = 0.9998 \quad Bais = -0.0141$$

B. Stem's volume equation by denotation of diameter quadratic mean, density and channel (4):

$$VS = 0.0000003DG^{2.6944}N^{0.66602}B_4^{1.11173}$$

$$R^2_{adj.} = 0.9910 \quad S.E = 0.28 \quad n = 0.0075 \quad m = 0.9995 \quad Bais = 0.1671$$

11. Branches' volume estimation equation by denotation of stand variable and space data :

A. Branches' volume equation by denotation of diameter quadratic mean and density :

$$VB = 0.396747 + 0.000051DG^{1.95863}N^{1.17125}$$

$$R^2_{adj.} = 0.9796 \quad S.E = 0.23 \quad n = 0.0007 \quad m = 0.9999 \quad Bais = -0.005$$

B. Branches' volume equation by denotation of diameter quadratic mean, density and channel (4):

$$VB = -0.033208 + 0.0000089DG^{1.66072}N^{0.7104}B_4$$

$$R^2_{adj.} = 0.9814 \quad S.E = 0.20 \quad n = 0.0002 \quad m = 1.0008 \quad Bais = 0.0889$$

12. Volume estimation equations by denotation of stand variables and space data :

A. Total volume equation by denotation of diameter quadratic and density:

$$VT = 0.74006 + 0.00002DG^{2.55213}N^{1.12446}$$

$$R^2_{adj.} = 0.9814 \quad S.E = 0.57 \quad n = 0.0002 \quad m = 0.9999 \quad Bais = -0.0041$$

B. Total volume equation by denotation of channels (3, 4, 5, 7):

$$VT = -59.101 + 0.6653B_3 + 0.1484B_4 + 8.7999(B_5/B_7)$$

$$R^2_{adj.} = 0.5123 \quad S.E = 3.22 \quad n = 0.0001 \quad m = 1.0001 \quad Bais = -0.0001$$

C. Total volume equation by denotation of diameter quadratic mean, density and channel (4):

$$VT = 0.9560 + 0.000001DG^{2.39891}N^{0.75594}B_4$$

$$R^2_{adj.} = 0.9883 \quad S.E = 0.49 \quad n = 0.0001 \quad m = 0.9999 \quad Bais = -0.0014$$

University of Mosul
College of Agriculture and Forestry



**Remote Sensing Applications for yield
Estimation of *Pinus brutia* Stands in North
of Iraq**

Ahmed Bahjat Khalaf Ghaueeh

M.Sc./ Thesis
Forestry Sciences

Supervised by

Dr. Muzahim Saeed Younis
Assistant Professor

Dr. Mohammed Younis Al-Allaf
Assistant Professor

1430 A.H.

2009 A.D.

**Remote Sensing Applications for yield
Estimation of *Pinus brutia* Stands in North
of Iraq**

A Thesis submitted

by

Ahmed Bahjat Khalaf Ghaueeh

to

**The Council of the College of Agriculture and
Forestry- University of Mosul**

**In Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Sciences**

in

Forestry Sciences

Supervised by

Dr. Muzahim Saeed Younis
Assistant Professor

Dr. Mohammed Younis Al-Allaf
Assistant Professor

1430 A.H.

2009 A.D.