

## مقارنة طريقة Centroid مع ثلاثة معادلات قياسية لتقدير حجم الجذوع الخشبية

محمد يونس سليم العلاف

قسم الغابات / كلية الزراعة والغابات / جامعة الموصل – العراق

E-mail: moalaf@yahoo.com

### الخلاصة

أخذت طريقة Centroid مع ثلاث طرق الأخرى التي يمكن استخدامها في تقدير حجم الجذوع المقطوعة (Newton`s, Smalian`s, Huber`s) ولاربعة أنواع من أشجار الغابات (اليوكالبتوس، الجنار، السرو، والصنوبر) والمختلفة من ناحية طبيعية النمو، لتحديد أي من هذه المعادلات هي الأفضل والأدق في تقدير الحجم لهذه الأنواع، لذا أخذت (30) شجرة من كل نوع من الأنواع المذكورة سابقا. وأخذت قياسات القطر مستويات مختلفة عند سطح الأرض ابتداء من ارتفاع (0,3، 1,3، 2,3، 3,3، 4,3، 5,3، ولغاية 6,3) م وهو يمثل طول القطعة الخشبية المرغوبة في الأسواق، ومن خلال استخدام النماذج الرياضية لـ (Smalian`s, Huber`s, Centroid Newton`s). وقدر الحجم الحقيقي للقطعة الخشبية بطول واحد متر، وجمع القطع الخشبية للجذع الخشبي الواحد نكون قد حسبنا الحجم الحقيقي له، ومن خلال المقارنة بالحجم المستخدم من المعادلة والحجم الحقيقي واستخدام متوسط الخطأ والخطأ القياسي واختيار T-test، وجد أن المعادلات الأربعة لا يوجد بينها وبين معاملة المقارنة فرق معنوي ولكن أعطت معادلة Newton`s الأفضل في تقدير عن باقي المعادلات متساوية تقريبا في الدقة مقارنة مع معاملة المقارنة لذلك نوصي باستخدام معادلة Newton`s بالاستخدام وهي مازالت الأفضل في التقدير لحجم الجذوع الخشبية سواء المقطوعة أو الواقفة. الكلمات الدالة: حجم الساق، طريقة سنترويد، معادلات مترية، قياسات الغابات.

تاريخ تسلّم البحث: 2013/11/18، وقبوله: 2014/2/17.

### المقدمة

حجم الجذوع الخشبية النامية في مشجر ما هو النمو التراكمي الحاصل في الغابة على فترات زمنية مختلفة والنتائج من تأثير مختلف العوامل المتداخلة مع بعضها سواء أكانت بيئة أم التنافس الحاصل بين الأشجار في المشجر نفسه. لذلك فإن هناك تباين حاصل في نمو الأشجار نفسها وهذا ينعكس على الحجم الناتج في نهاية دورة العمر، ولما كان تقدير الحجم لهذه الجذوع، يواجه الكثير من التحديات فمنها القياسات الحقلية والوقت والكلفة ولذلك تستخدم المعادلات الرياضية لتقدير حجم الجذوع الخشبية سواء كانت للأشجار الواقفة أم المقطوعة، بالاعتماد على القطر والارتفاع أو طول القطعة الخشبية ونهايتها الكبرى والصغرى، حيث يوجد هناك ارتباط بين الحجم الكلي للشجرة أو القطعة الخشبية والقطر عند مستوى الصدر والارتفاع وهذا ما لاحظته (Akindele, Lemay (2007)، ويعد القطر من أفضل المتغيرات المستخدمة في قياس الحجم لسهولة قياسه وقلّة كلفته في حين أن الارتفاع يعتبر مكلفا وخاصة في المشاجر الكثيفة وذات الارتفاعات العالية لذلك فإن حجم القطع الخشبية أو حجم المشجر ككل يمكننا حسابه من خلال المعادلات الرياضية المختلفة وخاصة معادلات (Huber`s, Smalian`s, Newton`s) وهذه المعادلات تعتمد على القطر عند مختلف الارتفاعات ولما كان هناك أهمية كبيرة لهذه المعادلات في تقدير الحجم فإن البحث عن المعادلة الأفضل والأدق في تقدير الحجم يبقى هدفاً الكثير من الباحثين، ومن الطرق الحديثة في هذا المجال هي طريقة Centriod في تقدير حجم القطع الخشبية والمعدة من قبل Grogioier وآخرون (2000) والتي تعتمد دقة الاستدقاق ومفادها، إن الحجم للقطعة الخشبية يختلف باختلاف الأقطار وعند طرفي القطعة الخشبية إضافة إلى طولها فإن لدرجه التناقص التي تحدث في هذه القطعة بالنسبة للقطر لها الدور الكبير في الحجم ولقد استخدمت هذه الطريقة من قبل العديد من الباحثين ومنهم Wood وآخرون (2000) والذي وجدوا من خلال دراستهم أن هناك تباين بين الطرق المختلفة لتقدير الحجم بين معادلات التقليدية وطريقة Centriod وتوصلوا إلى أن هذه الطريقة هي الأكثر دقة من باقي الطرق الأخرى وكذلك Wiant وآخرون (1992) قاموا بتقدير حجوم الجذوع الخشبية للعديد من أنواع الأشجار الغابائية باستخدام كل من Newton`s, Smalian`s, Huber`s & Centriod، وتوصلوا إلى إن معادلة Centriod هي الأفضل في التقدير معتمدين في المفاضلة على المقاييس الإحصائية الخطأ القياسي ودرجة الانحراف، لذا جاءت هذه الدراسة لتقدير حجم الجذوع الخشبية لأربعة أنواع من الأشجار الغابات (الجنار، السرو، اليوكالبتوس، الصنوبر) وبطول (6)م لقطعه الخشبية للمقارنة في القياس Centriod, Newton`s, Smalian`s, Huber`s والحجم الحقيقي للجذوع الخشبية للأنواع المختلفة تحت الدراسة مستخدما فيها المقاييس الإحصائية للمفاضلة بين المعادلات لتحديد أفضلها.

### مواد البحث وطرقه

أجريت عملية مسح أولي على الأنواع المختلفة لأشجار الغابات المنتشرة في غابات نينوى للتعرف على الأنواع وطبيعة نموها في الغابة، ومنها اختيرت أربعة أنواع مختلفة منتشرة في الغابة يمكننا أخذها كعينات للدراسة وهي (الجنار، اليوكالبتوس، والسرو، والصنوبر) ولغرض الدراسة أخذت البيانات من (30) شجرة من كل نوع لأخذ القياسات الحقلية وكانت هذه الأشجار نامية بصورة طبيعية وغير مصابه بالأمراض، الحشرات ونامية بصورة طبيعيه ومنها أخذت

قياسات القطر عند مستوى الصدر، الارتفاع الكلي وقياسات القطر عند مستويات مختلفة وبطول (6) م من مستوى سطح الأرض، مستخدمين سلالم وكالبيبر لقياس القطر و Haga لقياس الارتفاع، فكانت متوسط الأقطار عند مستوى الصدر كما في الجدول (1) ولقد تم قياس القطر عند مستوى الصدر ولمسافات متساوية وبطول واحد متر وهذه القياسات أخذت لكل جذع خشبي.

الجدول (1): البيانات الأولية للأشجار المستخدمة في المقارنة بين طرق تقدير حجم الجذوع الخشبية  
Table (1): Data for forest species tree using for comparing between different volumes stem estimate

الانحراف القياسي للارتفاع standard deviation of height	متوسط الارتفاع الكلي (م) mean total height(m)	الانحراف القياسي للقطر standard deviation of diameter	متوسط القطر (سم) mean diameter(cm)	عدد الجذوع No. of stem	الأنواع species
12.3	19.3	10.7	26.7	30	يوكالبتوس Eucalyptus
10.8	18.7	11.6	26.2	30	جنار Sycamore
4.2	16.9	3.6	17.9	30	سرو Cypress
5.4	12.2	3.6	18.5	30	صنوبر Pine

حسبت حجوم الجذوع الخشبية لأنواع قيد الدراسة وجذع بطول (6) م مستخدمين معادلات Newton`s, Smalian`s, Huber`s, وكذلك طريقه Contriod وهي على التوالي:

$$\text{Huber`s} = ML$$

$$\text{Smalian`s} = L/2(B+S)$$

$$\text{Newton`s} = L/6 (B+4M+S)$$

$$\text{Centriod`s} = SL + (1/2)b_1L^2 + (1/3)b_2L^3$$

اذ أن:

$$B1 = (B - S - b_2L^2)L$$

$$B2 = (B - C(L/e) - S(1 - (L/e)/(L^2 - Le)))$$

$$B = \text{مساحة المقطع العرضي الكبرى للجذع الخشبي م}^2$$

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

$$M = \text{مساحه المقطع العرضي عند منتصف طول الجذع الخشبي م}^2$$

$$S = \text{مساحه المقطع العرضي عند النهاية الصغرى للجذع الخشبية م}^2$$

$$L = \text{طول الجذع الخشبي م}$$

C = مساحه القطع العرضي عند منتصف الحجم للجذع الخشبي م<sup>2</sup> المقاس على مسافة (q) من النهاية الكبرى للجذع الخشبي حيث ان

$$q = L - \frac{\sqrt{(do)(dn)^4 - \sqrt{2}}}{((\frac{do}{dn})^2 \times \sqrt{2})} (\alpha - \beta)$$

$$E = L - q$$

do, dn = القطر عند النهاية الكبرى والصغرى لجذع الخشبي على التوالي (سم).

لغرض تطبيق المعادلات سابقه الذكر على البيانات الحقلية لأنواع الثلاثة ولمختلف عينات الدراسة فقد استخدمت المعادلات الثلاثة الأولى بصورة مباشرة وبهذا تم تقدير الحجم، أما بالنسبة لطريقه Centriod تم تقديرها من خلال تهيئة القياسات عن للجذع الخشبي عند النهاية الكبرى (do) والصغرى (dn) وكذلك طول الجذع، ثم بعد ذلك مسافة q.

Centriod ابتداءً من الجزء الكبير للجذع الخشبي والذي يمثل منتصف الحجم للجذع والذي يحسب بالمعادلة

$$q = L - \frac{\sqrt{\left(\frac{do}{dn}\right)^4 - \sqrt{2}}}{\left(\left(\frac{do}{dn}\right)^2 - 1\right)\sqrt{2}}$$

ثم يلي ذلك تقدير ثوابت Centriod كل من (b1) و (b2) واخيراً يقدر الحجم بهذه الطريقة، معتمد في التطبيق هذا على ما ذكره Wood وآخرون (1990) في دراسته على استخدام طريقه Centriod لتقدير حجوم الأشجار الصلدة في استراليا، واستخدام برنامج Excel في تحليل البيانات وتقدير الحجوم للأنواع الأربعة، أما بالنسبة للتقدير الحقيقي للجذوع الخشبية فقد تم بالاعتماد على قياسات المسافات على طول الساق الرئيسي للجذع واستخدام معادله Smalian's في تقدير كل جزء من الجذع وجمعها للجذع كاملاً واخيراً التقدير الحقيقي للجذع وهذا ما اشار إليه (Patterson وآخرون 1993) وبهذا يمكننا من تقدير الحجم للجذع الخشبي للأنواع الأربعة في هذا الدراسة، وتم اخذ اليوكالبتوس انموذجاً لهذه الدراسة، وكما في الجدول (2).

الجدول (2): حجوم الجذوع الخشبية لأشجار اليوكالبتوس بالطرق الأربعة النامية في غابة نينوى. Table (2): Volume stem wood for Eucalyptus tree by four method

الحجم الحقيقي (م <sup>3</sup> ) Volume True	الحجم المقدر (م <sup>3</sup> ) بطريقة سنترويد Volume estimate by Centroid method	الحجم المقدر (م <sup>3</sup> ) بطريقة نيوتن Volume estimate by Newton's method	الحجم المقدر (م <sup>3</sup> ) بطريقة سمالين Volume estimate by Smalian's method	الحجم المقدر (م <sup>3</sup> ) بطريقة هيوبر Volume estimate by Huber's method	القطر (سم) عند مستوى الارتفاع / Diameter at breast height / م						
					6.3	5.3	4.3	3.3	2.3	1.3	0.3
0.758414965	0.583008686	0.764999235	0.861485625	0.675604	24	36	36.5	39	40.5	45	55.5
0.714013685	0.382351067	0.788168535	0.930993525	0.71675604	33	35	37.5	39	38.5	40.5	53.5
0.10542686	0.090631701	0.10653951	0.1489245	0.09236304	10.5	11	12.5	14	17	18	21.5
0.04773923	0.0362367	0.05662734	0.0848232	0.04252941	6	7.5	8	9.5	10.5	11.5	18
0.502021135	0.436627499	0.490501935	0.678880125	0.39631284	23	25.5	28	29	35.5	39.5	48.5
0.1257949	0.09746548	0.129748080	0.14796936	0.12063744	12	13	14.5	16	17.5	19	22
0.088599665	0.064483147	0.094974495	0.113156505	0.08588349	10	11	13	13.5	14	15.5	19.5
0.92868314	0.724191268	1.02903108	1.17857124	0.954261	39	24.5	43	45	48	54	59
0.14469686	0.122395893	0.14616294	0.18189864	0.12829509	14	14	14.5	16.5	17.5	21.5	24
0.351996645	0.220317664	0.387693075	0.550231605	0.30642381	23	24	24.5	25.5	26.5	30	42.5
0.262238515	0.220733636	0.291324495	0.396842985	0.23856525	15.5	16.5	21	22.5	24.5	28	38
0.140632415	0.138670746	0.137857335	0.187141185	0.11321541	12	13	14	15.5	17.5	22	25.5
0.17052343	0.121645236	0.16615137	0.17589033	0.16128189	15.5	16.5	17.5	18.5	19.5	22	22.5
0.443391025	0.337917716	0.437801595	0.465172785	0.424116	28	28	28.5	30	32.5	33.5	34.5
0.448823375	0.258292531	0.460499655	0.475775685	0.45286164	25.5	28	29.5	31	32	33	37
0.26855444	0.189867761	0.25808244	0.2756754	0.24928596	21	22	22	23	24	27	27
0.21001596	0.139609157	0.20553918	0.20098386	0.20781684	18	19.5	20	21	22	23	23
0.08165542	0.046879111	0.09220596	0.1048509	0.08588349	11	11	12.5	13	13.5	14	18
0.35983101	0.196698964	0.36136254	0.3970197	0.34353396	23	26.5	27	27	27.5	29	34
0.08427342	0.054273476	0.09558318	0.12747042	0.07963956	10	11	12.5	13	13.5	14.5	21
0.30305968	0.187502644	0.3451833	0.37369332	0.33092829	19	21	25.5	26.5	24.5	27	35
0.57084181	0.420112937	0.61677462	0.76081698	0.54473544	27	28.5	31	34	34.5	40	50
0.43606717	0.131630346	0.40872216	0.72759456	0.24928596	28	29	30	23	23.5	36	48
0.22403535	0.159710805	0.23821182	0.25847514	0.22808016	16	17.5	20.5	22	23	24.5	29
0.1286747	0.09746548	0.12480006	0.14796936	0.11321541	12	14	15	15.5	18	19	22
0.08751974	0.059436513	0.09652566	0.11781	0.08588349	10	11	13	13.5	14	15	20
0.105878465	0.064888234	0.117986715	0.155803725	0.09907821	11.5	13	14	14.5	15	16	23
0.1630911	0.438999446	0.68400486	0.89747658	0.577269	28	30	33	35	38	41	55
0.10826739	0.063120622	0.1182027	0.12817728	0.11321541	12	13	15	15.5	15.5	16	20
0.31059952	0.168170416	0.35452956	0.4264722	0.31855824	21	22.5	23	26	27	26.5	37

الجدول (3): تقدير متوسط الانحراف لطرق تقدير حجوم الجذوع الخشبية بالطرق الأربعة لأشجار اليوكالبتوس في نينوى.

Table (3): mean bias estimated of volume stem wood four method Eucalptus trees in Ninveah

متوسط الانحراف طريقة هيوبر Mean bias of Huber's method	متوسط الانحراف طريقة سمالين Mean bias of Smalian`s method	متوسط الانحراف طريقة نيوتن Mean bias of Newton`s method	متوسط الانحراف طريقة سينترويد Mean bias of Centroid method	القطر عند مستوى الصدراسم Diameter at breast height
0.041659	-0.10307	-0.00658	0.175406	45
-0.00274	-0.21698	-0.07415	0.331663	40.5
0.013064	-0.2947	-0.00111	0.014795	18
0.00521	-0.03708	-0.00889	0.11503	11.5
0.105708	-0.17686	0.011519	0.0653940	39.5
0.005157	-0.02217	-0.00395	0.028329	19
0.002716	-0.02456	-0.00637	0.024117	15.5
-0.02558	-0.24989	-0.10035	0.220449	54
0.016402	-0.0372	-0.00147	0.022301	21.5
0.045573	-0.19823	-0.0357	0.131679	30
0.023673	-0.1346	-0.02909	0.041505	28
0.027417	-0.04651	0.002775	0.001962	22
0.009242	-0.00537	0.004372	0.048878	22
0.019275	-0.02178	0.005589	0.105473	33.5
-0.00404	-0.02695	-0.01168	0.189931	33
0.019268	-0.00712	0.010472	0.078687	27
0.002199	0.009032	0.004477	0.070407	23
-0.00423	-0.0232	-0.01055	0.034776	14
0.016297	-0.03719	-0.00153	0.163132	29
0.004634	-0.0432	-0.01131	0.03	14.5
-0.02787	-0.07063	-0.04212	0.115557	27
0.026088	-0.18998	-0.04593	0.150729	40
0.186781	-0.29153	0.027345	0.122437	36
-0.00404	-0.03444	-0.01418	0.064325	24.5
0.015459	-0.01929	0.003875	0.031209	19
0.001636	-0.03029	-0.00901	0.028083	15
0.0068	-0.04993	-0.01211	0.04099	16
0.053643	-0.26656	-0.05309	0.191912	41
-0.00495	-0.01991	-0.00994	0.045147	16
-0.00796	-0.11587	-0.04393	0.142429	26.5
0.018883	-0.08403	-0.01542	0.094224	Average المعدل
0.566496	-2.52083	-0.46261	2.826732	Total المجموع
0.40485	0.088078	0.027139	0.076814	s.d الانحراف القياسي

ولإيجاد الفروق المعنوية بالطرق المختلفة، فقد استخدم متوسط الانحراف Mean Error (bias) مستخدمين العلاقة التالية

$$Bias = (1/n) \sum_{i=1}^n (\hat{V}_i - V_i)$$

وكذلك مقياس:

$$t - statistics = \left( \frac{Bias}{S.D of Bias} \right) \sqrt{n}$$

حيث ان

$$V_i = \text{حجم القطعة المقدره م}^3$$

$$V_i = \text{حجم جذوع الحقيقي م}^3$$

$$N = \text{عدد المشاهدات}$$

$$S.D = \text{الانحراف القياسي Standard deviation}$$

### النتائج والمناقشة

إن تقدير حجم الجذوع الخشبية، يعد ذو أهمية بالغه لأغراض مختلفة يأتي في مقدمتها التثمين والبيع لهذه الجذوع، لذا نرى أن المعادلة الأفضل في التقدير تعتبر هدفاً للمنتجين الغابانيين ولهذا طبقت المعادلات الأربعة على أربعة أنواع من أشجار الغابات النامية في غابة نينوى، لنجد إي من المعادلات تعطينا اقل انحرافات في تقدير الجذع خشبي ومنها حصلنا على الجدول (4).

الجدول (4): المقارنة الإحصائية للجذوع الخشبية المقدره للطرق الأربعة.

Table (4): Statistical comparing of stem wood estimate four methods

اختبار تي T-test	الانحراف القياسي Standard deviation	متوسط الانحراف Mean bias	متوسط الحجم (م <sup>3</sup> ) Mean volume (m)	الطريقة Method	العدد Number	النوع Species
			0.30477	True	30	اليوكالبتوس Eucalyptus
2.29	0.04048	0.01888	0.28588	Huber`s		
5.13	0.08800	0.08403	0.38880	Smalian`s		
3.16	0.02713	0.01542	0.32019	Netwon`s		
6.54	0.07680	0.09024	0.21453	Contriod		
			0.32124	True	30	جناز Sycamore
0.65	0.11318	0.01311	0.308104	Huber`s		
6.98	0.04436	-0.05568	0.37689	Smalian`s		
4.84	0.01128	-0.00982	0.331035	Netwon`s		
5.5	0.1272	0.12568	0.1955296	Contriod		
			0.1149	True	30	سرو Cypress
6.8	0.00365	0.004513	0.110387	Huber`s		
1.3	0.00586	-0.00138	0.128715	Smalian`s		
4.4	0.00202	-0.0016	0.11649	Netwon`s		
67.2	0.002029	0.024517	0.090383	Contriod		
			0.121553	True	30	صنوبر Pine
6.4	0.00589	0.00682	0.11473	Huber`s		
-8.5	0.01544	-0.02367	0.14522	Smalian`s		
-4.05	0.00458	-0.00334	0.12489	Netwon`s		
6.35	0.025065	0.02348	0.09808	Contriod		

من خلال الجدول أعلاه، نرى ان المقاييس الإحصائية المستخدمة في المفاضلة بين الطرق الأربعة مقارنة مع الحقيقي للأربعة أنواع من اشجار الغابات (اليوكالبتوس، الجناز، السرو، الصنوبر) اعطت متوسط خطأ متدني عند مستوى معنوي 0.05، وخاصة معادلة Newton`s كان لها اقل متوسط خطأ لأنواع الاشجار المدروسة، يليها كل من (Centriod, Huber`s, Smalian`s) على التوالي من ناحية الدقة وعند نفس مستوى الاحتمالية، وهذا ما نلاحظه في جدول (4).

وهذا ينطبق كذلك على اختبار (T) عند مستوى احتماليه 0.05، حيث نرى ان معادلة Newton`s تأتي في المرتبة الأولى ثم بعد ذلك كل من Centriod, Huber`s, Smalian`s ولقد تبين من الجدول (4) كذلك عدم وجود فروق معنوية بين هذه المعادلات الأربعة والحجم الحقيقي المقاس بهذا الاختبار، لذا نوصي باستخدام معادلة Newton`s في تقدير حجم الأخشاب والجذوع والأشجار الواقعة للأنواع الأربعة، حيث أظهرت هذه الطريقة دقة عاليه مقارنة مع

الطرق الأربعة، وعلى الرغم من ان الطرق الأربعة كانت غير معنوية مع الحجم الحقيقي إلى ان طريقة Newton's كانت هي الأقرب إلى الحجم الحقيقي لكافة الاختبارات المستخدمة في المقارنة لكل من متوسط الخطأ والخطأ القياسي واختبار (T)، حيث أظهرت المعادلات الأخرى تباين في الدقة من نوع إلى آخر وهذا ما شاهدناه في جدول (4).

## COMPARISON OF CENTROID METHOD AND TREE STANDARD FORMULA FOR ESTIMATION LOG VOLUME

Mohammed Younis Salim Al-allaf  
Forest Dept., College of Agriculture and Forestry, Mosul University. Iraq  
E-mail: moalaf@yahoo.com

### ABSTRACT

Centroid method with three of the traditional methods used to estimate the volume of logs (Newton's, Smalian's, Huber's) and four species Eucalyptus, Platanus, Cypress and Pine. Different in terms of natural growth had been adopted to determine which of these equations are the best and most accurate in estimating the volume of these species so (30) tree of each species were taken. The measurements taken are the diameter at the breast, height and elevations at various levels began to 0.3, 1.3, 2.3 and up to 6.3 m which represents length of the piece of wood desired in market, and through the use of ordinary models for Newton's, Smalian's, Huber's, Centroid and the real comparing of the volume of the equations and the true volume by using bias, standard error and T-test, we found that equations of comparisons have no-significant effect, but the equation of Newton's have best estimate for rest of equations in roughly, we recommend using the equation of Newton's was the best in estimate of volume of the logs of wood.

Keywords: Volume steam, Centroid method, Allometric question, Mensuration

Received: 18/11/2013, Accepted: 17/2/2014.

### المصادر

- Akindede and Lemay, (2006). Non-Gnear Regressian Model of Timber Volume Etimatisn in Natural Forest Ecosystem, Saethuost Nigeria, *Research Journal of Forestry*. (2): 40-54, 2007.
- Coble, D.W., and Y.J. Lee. (2003). Use of the centroid method to estimate volumes of Japanese red cedar trees in southern Korea. *Korean Journal of Ecology* 26(3):123 – 127.
- Freese, F. (1960). Testing accuracy. *Forest Science Journal* 6(3)139-145.
- Grogire, T.G., H.V. Wiant and G.M. Furnival (1986). Estmation of bole Volum by importance Somplng, *Conadan Journal of Forest Research*, 16(3)554-556.
- Husch,B., T. W. Beersand J.N. Kershaw, (2003). Forest Menasueation. *Joha Wiley and Soms, Inc., New Jersey, U.S.A, p. 949.*
- Lynch, T.B., H.V. Wiant, Jr., and D.W. Patterson. (1994). Comparison of log volume estimates using formulae for log center of gravity and center of volume. *Conadan Journal of Forest Research*, 24(1)133-138.
- Patterson, D. W., H. V. Wiant and G. B. Wood, (1993). Comparison of Centroid method and Taper Systems For eshinating Tree Volumes, *Northern Purnal of Applied Forestry*, 10(19), 8-9.
- Patterson, D.W. and P.F. Doruska. (2004). A new and improved modification to Smalian's equation for butt logs. *Forest Product Journal* 54(4):69-72.

- Patterson, D.W., H. V. Wiant, and G. B. Wood. (1993a). Log volume estimations. *Journal of Forestry* 91(8):39-41.
- Patterson, D.W., H. V. Wiant, and G. B. Wood. (1993b). Errors in estimating the volume of butt logs. *Forest Product Journal* 43(3):41-44.
- Patterson, D.W., H.V. Wiant and G. B. Wood, (1993). Volume estimation, *Journal of Forestry*, 91(8), 39-41.
- Wiant, H. V., G. B. Wood and R. R. Forslund (1991). Comparison of Centroid and ParCone estimate of Tree Volume, *Canadian Journal of Forest Research*: 21(5) 714-717.
- Wiant, H. V., G.B. Wood, and G.M. Furnival. (1992). Estimating log volume using the centroid position. *Forest Science* 38(1):187-191.
- Wiant, H.V., Jr., D.W. Patterson, C.C. Hassler, G.B. Wood, and J.C. Rennie. (1996). Comparison of formulas for estimating volumes of butt logs of Appalachian hardwoods. *Northern Journal of Applied Forestry* 13(1): 5-7.
- Wood, G. B., and H. V. Wiant, (1990). Estimating The Volume of Austrain hard Woods using Centroid Sampling, *Austrain Journal of Forestry*: 53(4) 271-274.
- Yavuz, H. (1999). Comparison of the centroid method and four standard formulas for estimating log volumes. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 23(1999)597-602.