

Stem analysis program (GOAP) for evaluating of increment and growth data at individual tree

Gafura Aylak Özdemir^{1*}, Emrah Özdemir¹

^{1*} Istanbul University Faculty of Forestry, Department of Forest Yield and Biometry, 34473, Istanbul, Turkey

* Corresponding author e-mail (İletişim yazarı e-posta): gafura@istanbul.edu.tr

Received (Geliş): 03.03.2016 - Revised (Düzeltilme): 14.03.2016 - Accepted (Kabul): 15.03.2016

Abstract: Stem analysis is a method evaluating in a detailed way data of increment and growth of individual tree at the past periods and widely used in various forestry disciplines. Untreated data of stem analysis consist of annual ring count and measurement procedures performed on cross sections taken from individual tree by section method. The evaluation of obtained this untreated data takes quite some time. Thus, a computer software was developed in this study to quickly and efficiently perform stem analysis. This computer software developed to evaluate untreated data of stem analysis as numerical and graphical was programmed as macro by utilizing Visual Basic for Application feature of MS Excel 2013 program currently the most widely used. In developed this computer software, growth height model is formed from two different approaches, individual tree volume depending on section method, cross-sectional area, increments of diameter, height and volume, volume increment percent and stem form factor at breast height are calculated depending on desired period lengths. This calculated values are given as table. Development of diameter, height, volume, increments of these variables, volume increment percent and stem form factor at breast height according to periodic age are given as chart. Stem model showing development of diameter, height and shape of individual tree in the past periods also can be taken from computer software as chart.

Keywords: Macro programming, section method, user form, increment calculations, volume calculations

Tek ağaçta artım ve büyüme verilerinin değerlendirilmesi için gövde analiz programı (GOAP)

Özet: Gövde analizi, tek ağacın geçmiş dönemlerdeki artım ve büyüme verilerini ayrıntılı bir şekilde değerlendiren ve değişik ormancılık bilim dallarında sıkça kullanılan bir yöntemdir. Gövde analizinin ham verilerini, bölümlenme yöntemi ile tek ağaçtan alınan kesitler üzerinde gerçekleştirilen yıllık halka sayım ve ölçüm işlemleri oluşturmaktadır. Elde edilen bu ham verilerin değerlendirilmesi oldukça zaman almaktadır. Bu nedenle gövde analizinin kısa sürede ve etkin bir şekilde yapılması için bu çalışma kapsamında bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Gövde analizi ham verilerini sayısal ve grafik olarak değerlendirmek için geliştirilen bu bilgisayar yazılımı, günümüzde oldukça yaygın kullanılan MS Excel 2013 programının Visual Basic For Application özelliğinden yararlanılarak makro olarak programlanmıştır. Geliştirilen bu programda değişik yaşlardaki (periyotlardaki) boy değerlerinin hesaplanması için iki farklı yaklaşımla boylanma modeli oluşturulmakta, istenen dönem (periyot) uzunluklarına göre, bölümlenme yöntemine göre tek ağacın hacmi, kesit yüzeyleri, çap, boy ve hacim artımları ile hacim artım yüzdeleri ve göğüs boyu gövde şekil katsayıları hesaplanmaktadır. Hesaplanan bu değerler tablo halinde verilmektedir. Çap boy, hacim ve bu değişkenlerin artımları ile hacim artım yüzdesi ve göğüs boyu gövde şekil katsayısının periyodik yaşlara göre gelişimleri ise grafik olarak verilmektedir. Ayrıca programdan, ağacın geçmiş dönemlerdeki boy, çap ve şekil gelişimlerini gösteren gövde modeli de grafik olarak alınabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Makro programlama, bölümlenme yöntemi, kullanıcı formu, artım hesapları, hacim hesapları

1.GİRİŞ

Tek ağacın çeşitli özelliklerine (çap, boy, hacim vb.) ait geçmiş dönemlerdeki artım ve büyüme miktarları, gövde analizi yöntemiyle gerçeğe en yakın olarak belirlenebilmektedir. Gövde analizi yöntemi ile bilimsel araştırmalarda ve özellikle ormanların planlanmasında kullanılan yardımcı tabloların düzenlenmesinde

Cite (Atıf) : Özdemir, G.A., Özdemir, E., 2016. Stem analysis program (GOAP) for evaluating of increment and growth data at individual tree. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 66(2): 659-673. DOI: [10.17099/jffiu.61540](http://dx.doi.org/10.17099/jffiu.61540)



güvenilir veriler sağlanabilmektedir. Gövde analizi yönteminde tek ağaçların gösterdiği artım ve büyüme ilişkileri incelenerek, bu ağaçların geçmişteki durumları, komşuluk ilişkileri, içerisinde bulunduğu meşcerenin yapısı ve yetiştirme ortamı koşullarına ilişkin oldukça önemli bilgiler elde edilebilmektedir. Bu nedenle gövde analizi yöntemi değişik ormancılık ve doğa disiplinlerinde sıkça başvurulan bir araştırma tekniğidir (Kalıpsız, 1999).

Gövde analizi, bölümlenme (seksiyon) yöntemiyle ağacın değişik yüksekliklerinden alınan enine kesitler üzerinde yapılan yıllık halka sayımları ve ölçümleri ile gerçekleştirilmektedir. Bu yöntem, veri toplama ve veri analizi olarak iki aşamada yürütülmektedir. Bu kapsamda incelendiğinde veri toplama aşamasını, arazi ve büro çalışmaları oluşturmaktadır. Arazide gövde analizi yapılmasına karar verilen ağaç belirlenir, dikili halde göğüs çapı ölçülerek ağacın kesim işlemi mümkün olduğunda toprak yüzeyinden gerçekleştirilir. Bu işlemden sonra ağaç dallarından temizlenerek, gövde boyu ölçülür. Gövde boyu ölçüldükten sonra gövde analizinde kullanılacak olan hacim formülüne ve karşılaştırılan seksiyon uzunluğuna bağlı olarak gövdenin değişik yüksekliklerinden enine kesitler alınmaktadır. Çoğu zaman toprak yüzeyinden kesit almak zor olduğu için yaş tespiti yerde kalan kütük üzerinde yapılabilmekte ve ilk kesit genellikle yerden 0.3 m yükseklikten alınmaktadır.

Örneğin; hacimlendirmede 2 m'lik seksiyonlar halinde Orta Yüzey (Huber) formülünün kullanılması durumunda, 0.3 m'den başlamak üzere her iki metrelik seksiyonların orta noktalarından (1.3, 3.3, 5.3, 7.3) 5-10 cm kalınlıklarında enine kesitler alınmaktadır. Aynı zamanda bu yöntemle ormancılık açısından önemli olan 1.3 m yüksekliğe ait enine kesitin alınması nedeniyle, bu yüksekliğe ait artım ve büyüme verilerinin analizi de mümkün olmaktadır.

Alınan kesitler üzerine kesit numarası ve kesit yüksekliği verileri yazılır. Ağacın bulunduğu yöreye ve meşcereye ait bilgiler kayıt altına alındıktan sonra enine kesitler büroya getirilir. Kesitlerin üst yüzeyleri düzeltildikten sonra her kesitin düzeltilen yüzünde belirli yönde ya da biri en kalın çap yönünde olarak özden geçecek şekilde iki çap işaretlenir (Kalıpsız, 1999). Bu işaretlemeler üzerinde yıllık halka sayımı ve belirli periyot uzunluklarında çap ölçümleri gerçekleştirilerek ham veriler elde edilir ve veri toplama aşaması tamamlanır.

Veri analizi aşamasında, elde edilen bu ham veriler yardımıyla, belirli dönemler (periyotlar) halinde tek ağacın çap, boy, hacim ve bu değişkenlerin artım değerleri ile hacim artım yüzdesi ve göğüs boyu gövde şekil katsayılarına ait değerlerin hesaplanması, ayrıca bu değişkenlerin yaşa bağlı olarak grafiklerinin ve gövde modelinin (boyuna kesit) çizilmesi gerekmektedir. Bu işlemlerin hızlı ve etkin bir şekilde yerine getirilebilmesi için bu aşamada bilgisayar programlarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu kapsamda, Saraçoğlu (1985) tarafından FORTRAN 77 programlama dili ile GOVANA isimli bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Program, tek ağacın kesit yüksekliği ve bu kesit yüksekliğine vardığı kesit yaşları yardımıyla ağacın boylanma eğrisinin denklemini en küçük kareler yöntemi ile elde ettikten sonra periyodik boyları hesaplamaktadır. Daha sonra seksiyonlara dayalı olarak göğüs yüzeyi, hacim, artım ve yüzdeleri ile göğüs boyu gövde şekil katsayısı bulunmaktadır. Ayrıca programda periyodik yaşlarda gövde şeklini sayısal olarak tanımlayan p ve r katsayıları da tahmin edilerek ağaca ait dönel cisim gibi birçok değerler hesaplanmaktadır. Program toplamda 48 çeşit ayrı değeri periyodik yaşlara göre vermektedir.

Atıcı (2003) tarafından gövde analizi ham verilerinin bilgisayar ortamında değerlendirilmesine olanak sağlayan MS QuickBasic 4.5 programlama dili ile GOVAN isimli bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Bu programda boylanma eğrisine ait denklem, 5 farklı matematiksel model ve enterpolasyon yöntemi ile elde edilebilmektedir. Ağacın hacim hesapları bölümlenme yöntemine göre, artım hesapları periyotlar arası fark olarak, artım yüzdeleri ise Pressler, Breyman I-II, ve Leibnitz formüllerine göre hesaplanabilmektedir. Ayrıca program, ağacın boylanma eğrisini ve boyuna kesitini (gövde modeli) de çizmektedir.

Newton (2003), değişik kesit yüksekliklerine ait enine kesitlerden elde edilen yıllık halka genişliklerine bağlı olarak, çap, boy, hacim ve bunların artım değerleri ile gövde profilini ortaya koyan bir gövde analiz

programı (SAP) geliştirmiştir. Bu program Windows 95, 98, 2000 işletim sistemleri içerisindeki MS-DOS ortamında çalıştırılabilmektedir.

Çeşitli amaçlar için yıllık halkaların analizinde kullanılan ve bir görüntü analiz sistemi olan WinDendro aygıtına ait yazılım içerisinde de gövde analizinin gerçekleştirilmesi için bir program da geliştirilmiştir (WinDENDRO, 2015)

Özdemir (2005), sahilçamında tek ağacın artım ve büyüme ilişkilerinden yararlanarak bir anlamda ağacın kesilmeden gövde analizini gerçekleştiren bir simülasyon programı geliştirmiştir. Simülasyon modelinden çıktı olarak ağacın birer yıllık periyotlar halinde değişik yüksekliklerine ait kesit çapları ve boyları tahmin edilmekte ve bu kesit çaplarına ve boylarına göre periyodik hacim, hacim artımı, hacim artım yüzdesi, çap ve boy artım değerleri ile göğüs boyu gövde şekil katsayısı değerleri elde edilmektedir.

Yukarıda değinildiği üzere gövde analizinin hızlı ve güvenilir bir şekilde gerçekleştirilmesi amacıyla oluşturulan programlar, FORTRAN 77, QuickBasic 4.5 programlama dillerinde ve MS- DOS ortamında geliştirilmiştir.

Ele alınan bir problemin bilgisayar ortamında etkin bir şekilde çözümünün gerçekleştirilmesi, problemin iyi bir şekilde analiz edilerek, hatasız çalışan bir programın tasarlanmasıyla mümkündür. Problemin bilgisayar ortamında etkin ve hatasız bir şekilde çözümlenmesi için, problemin analiz edilerek tanımlanması, problemin formüle edilmesi, tasarlanacak programa ait akış diyagramının (Flowcharts) oluşturulması, programa ait kodların yazımı ve hatalarından arındırılması, programın çalıştırılarak sonuçların yorumlanması ve programın değişik koşullar altında çalıştırılarak genelleştirilmesi aşamalarının yerine getirilmesi gerekmektedir (Akalp ve Saraçoğlu, 1989). Bu aşamaların yerine getiren bir bilgisayar programının tasarlanacağı programlama dilinin ve işletim sistemlerinin özelliklerinin bilinmesi oldukça önemlidir (Atıcı, 2003). Bilgisayar teknolojisinin hızla gelişmesiyle birlikte programlama dilleri de gelişim göstermektedir. Bu nedenle geliştirilecek yazılımların güncel programlama dillerinde geliştirilmesi ve geliştirilen yazılımların etkin ve verimli bir şekilde kullanılabilir nitelikte olması gerekmektedir. Programlama dilinin seçiminde, tasarlanan programın yaygın bir kullanıcı kitlesi tarafından kullanılabilmesi ve değişik işletim sistemlerinde çalıştırılabilmesi gibi özelliklerin göz önüne alınması gerekmektedir. Bilgisayar programlarının tasarlanmasında, belirli programlama dilleri kullanılabildiği gibi aynı zamanda oluşturulmuş bir paket programa bir programlama dili entegre edilerek oluşturulan makro programlama özelliğinden de yararlanılmaktadır. Günümüzde MS Excel, Visual Basic for Application (VBA) ortamında makro programlama, gerek kod yazımı gerekse temel programın arşiv fonksiyonlarını kullanabilme gibi kolaylıklar sağladığından dolayı çeşitli bilim dallarında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Özellikle ormancılıkta meşçere hacim ve hacim elemanlarının, bonitet derecesi, sıklık derecesi ve yaş ile olan ilişkileri MS Excel, Visual Basic for Application (VBA) ortamında makro olarak programlanarak, çıktı olarak, Batı Karadeniz yöresi Sarıçam meşçereleri için (Şenyurt, 2011), Sedir meşçereleri için (Yıldızbakan ve ark., 2012), Trakya yöresi meşe meşçereleri için (Özdemir ve Saraçoğlu, 2016) hasılat tabloları elde edilmiştir

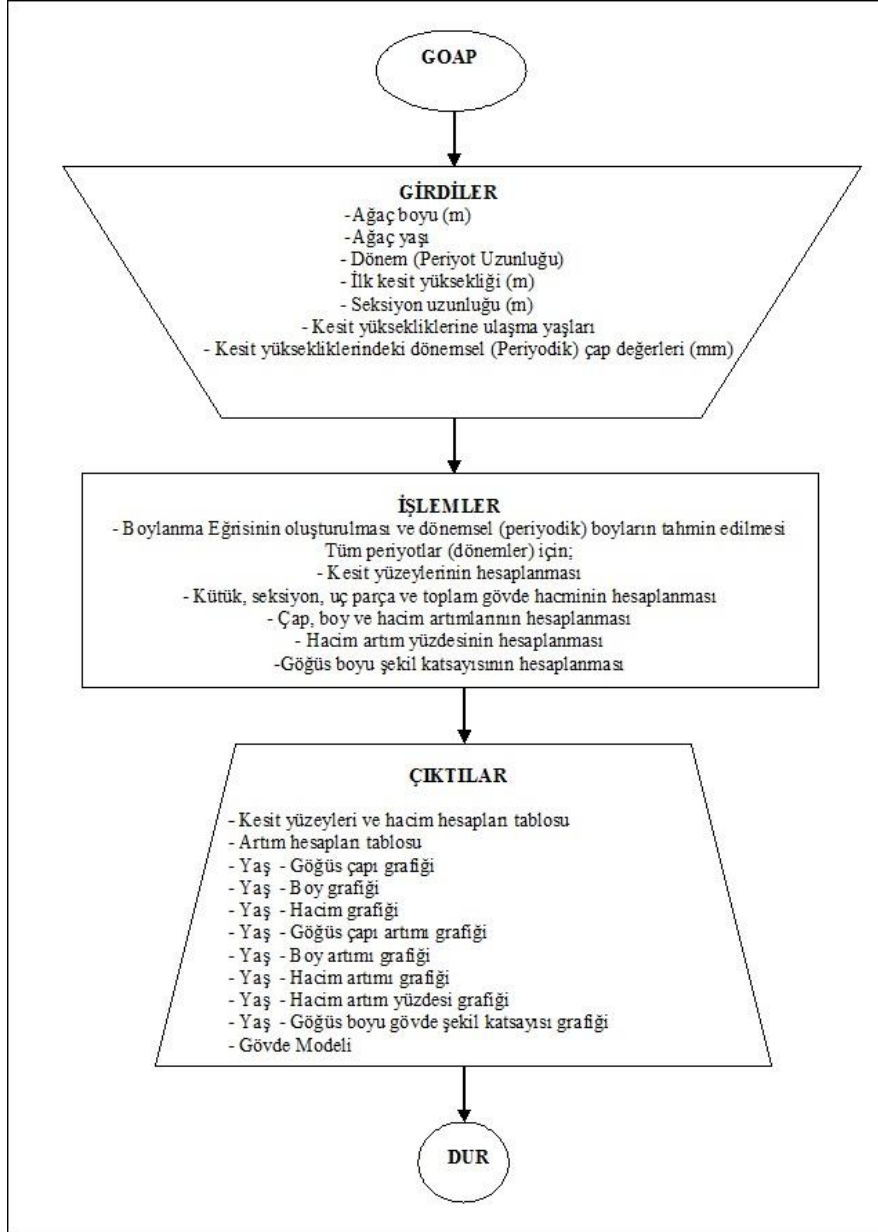
Ercanlı (2010), Trabzon ve Giresun Orman Bölge Müdürlükleri sınırları içerisinde yayılış gösteren Doğu ladini – Sarıçam karışık meşçerelerine ilişkin büyüme modellerinin oluşturulması kapsamında yarışma endekslerinin hesaplanmasını, Özdemir (2014), Karadeniz yöresi göknar meşçerelerinin aktüel kuruluşlarını optimal kuruluşlara götürülmesi için geliştirdiği iterasyon yöntemini, Özdemir (2011) karışık meşçereler için geliştirdiği simülasyon modelini MS Excel, Visual Basic for Application (VBA) ortamında makro olarak programlamışlardır.

Bu çalışmada, günümüzde oldukça yaygın olarak kullanılan MS Excel 2013 programının Visual Basic For Application (VBA) ortamında makro olarak geliştirilen bir gövde analizi programının tanıtılması amaçlanmıştır. Program, ham gövde analizi verilerini sayısal ve grafik olarak değerlendirmektedir. Geliştirilen bu programda değişik yaşlardaki (periyotlardaki) boy değerlerinin hesaplanması için iki farklı boylanma modeli oluşturulmakta, istenen periyot uzunluklarına göre, bölümlene yöntemine göre tek

ağacın hacmi, kesit yüzeyleri, çap, boy ve hacim artımları ile hacim artım yüzdeleri ve göğüs boyu gövde şekil katsayıları hesaplanmaktadır. Ayrıca programdan, çap, boy, hacim, çap artımı, boy artımı, hacim artımı, hacim artım yüzdesi ve göğüs boyu gövde şekil katsayısının yaşa göre gelişimini veren grafikler ile gövdenin boyuna kesiti (gövde modeli) çıktı olarak alınabilmektedir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma kapsamında MS Excel 2013 programının Visual Basic For Application (VBA) ortamında makro olarak geliştirilen gövde analizi programı (GOAP), girdiler, işlemler ve çıktılar olmak üzere 3 ana aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamaları içeren gövde analiz programının ana akış diyagramı Şekil / Figure 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Gövde analizi programına ait genel akış diyagramı
Figure 1. The general flowchart of stem analysis computer software

2.1. Gövde Analizi Programı Girdiler Aşaması

Gövde analizi ham verileri gövde analizi programının girdilerini teşkil etmektedir. Ağacın yaşı tespit edildikten sonra, bölümlenme (seksiyon) yöntemi temel alınarak, karşılaştırılan seksiyon uzunluğuna ve ilk kesit yüksekliğine göre kesit alınacak yükseklikler belirlenmektedir. İlk kesit yüksekliğinin dışındaki kesitler, çalışmada oluşturulan gövde analizi programı, seksiyon hacimlerinin orta yüzey (HUBER) formülüne göre hesapladığından dolayı kesitlerin seksiyon ortalarından alınması gerekmektedir. Bu yöntemle, çeşitli yüksekliklerden alınan kesitlerdeki yıllık halka sayıları ve periyodik yaşlara ait çap değerleri ölçülmekte ve aşağıdaki Tablo / Table 1 hazırlanmaktadır. Bu tablodaki veriler gövde analizinin ham verilerini oluşturmaktadır. Gövde analizi programında bu veriler girdi olarak alınmaktadır.

Tablo 1. Gövde analizi programının girdilerini oluşturan gövde analizi ham verileri
Table 1. Untreated data of stem analysis constituting inputs of stem analysis computer software

Bölge Müdürlüğü:	İstanbul	Ağaç Boyu (m):	18.80
İşletme Müdürlüğü:	Bahçeköy	Ağaç Yaşı (Yıl):	33
İşletme Şefliği:	Bentler	Dönem (Periyot) Uzunluğu:	5
Örnek Alan No:	24	İlk Kesit Yüksekliği:	0.3
Ağaç No:	S1	Seksiyon Uzunluğu (m)	2
Ağaç Türü:	Sahilçamı	Kesim Tarihi:	16.02.2002
Analizi Yapan:	E.ÖZDEMİR		

Kesit No	Kesit Yüksekliği (m)	Seksiyon Uzunluğu (m)	Kesitteki Yıllık Halka Sayısı	Yaşlarda Milimetre Olarak Çaplar							
				5	10	15	20	25	30	33	Kabuklu Çap
1	0.3	0.3	32	25	102	142.5	164	183	205	216.5	247
2	1.3	2	30	8	92	125.5	151	172	191.5	206.5	234
3	3.3	2	27		50	111.5	138.5	156.5	178	193	218
4	5.3	2	25		13.5	90	127.5	148.5	170	185.5	210
5	7.3	2	22			58	117	143	166.5	182.5	202
6	9.3	2	19			5	70	120	149	170	188
7	11.3	2	15				17	81	118	147.5	159
8	13.3	2	12					51	99.5	123	132
9	15.3	2	9					10	56.5	100.5	106
10	17.55	2.5	3							35	38

2.2 Gövde Analizi Programı İşlemler Aşaması

Oluşturulan gövde analizi programına gövde analizi ham verileri girdi olarak verildikten sonra işlemler aşamasına geçilmektedir. Bu aşamada periyodik yaşlardaki gövde hacim değerlerinin bulunabilmesi için periyodik yaşlardaki ağaç boylarının tahmin edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla çalışmamızda oluşturulan gövde analizi programında iki farklı yaklaşım izlenmektedir. Birinci yaklaşımda, öncelikle kesitteki yıllık halka sayıları ile ağaç yaşı arasındaki farklar hesaplanarak ağacın her bir kesit yüksekliğine ulaşma yaşları hesaplanmaktadır. Daha sonra kesit yüksekliği bağımlı, ağacın bu kesit yüksekliklerine ulaşmak için aldığı yıl sayısı bağımsız değişken alınarak boylanma modeli oluşturulmaktadır. Bu modellerden ilki Prodan (1961) tarafından önerilen, boylanma eğrisinin bilinen genel şekline uygun olan ve birçok araştırmacı tarafından (Akalp, 1978; Asan, 1984; Usta, 1991; Erkan, 1996; Özcan, 2003; Özdemir, 2005; Çatal, 2009; Şenyurt, 2011; Özdemir ve Saraçoğlu, 2016) kullanılan boylanma modelidir (Formül 1).

$$h = \frac{t^2}{a_0 + a_1 * t + a_2 * t^2} \quad (1)$$

Formül 1'de t: kesit yüksekliğine ulaştığı yıl sayısı, h: kesit yüksekliği (m), a₀, a₁, a₂ denklem katsayılarını göstermektedir. Gövde analizi programı kapsamında yukarıdaki modelin katsayıları, belirtme katsayısı, standart hatası, denklemin anlamlılığını gösteren F katsayısı gibi modele ait istatistikler hesaplanmaktadır.

Katsayıları hesaplanan bu modele göre ağacın istenen dönem (periyot) uzunluklarına göre periyodik yaşlardaki boyları tahmin edilmektedir.

İkinci yaklaşımda ise, kesit yüksekliği (h_i) ile bu yüksekliğe ulaştığı yıl sayısının (t_i) kesim noktalarının (t_i, h_i) doğrusal olarak birleştirilmesi ile boylanma poligonları elde edilmektedir. Kesit yükseklikleri (h_i) ordine eksenine (y) bu yüksekliğe ulaştığı yıl sayısı (t_i) apsis (x) eksenine işaretlenmektedir. x ve y koordinatları belli olan iki noktanın ($A(x_1, y_1)$, $B(x_2, y_2)$) doğru denkleminin katsayıları ($y=a+b*x$) aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır (Formül 2).

$$b = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)} \quad a = y_2 - (b * x_2) \quad (2)$$

Boylanma poligonları oluşturulurken, başlangıç noktası (0,0) koordinatı (orjin), ara noktalar kesit yükseklikleri (h_i) ile bu yüksekliğe ulaştığı yıl sayısının (t_i) kesim noktalarına ait koordinatlar (t_i, h_i), bitiş noktası ise ağacın kesildiği tarihteki yaşı (t_n) ile boy değerinin kesim noktasına ait koordinatlar (t_n, h_n) esas alınmaktadır. Böylece bir poligonun bitiş noktası bir sonraki poligonun başlangıç noktası olmakta ve birleşik kırıklı doğrular elde edilmektedir. Tablo 1'deki veriler esas alındığında boylanma poligonlarının başlangıç ve bitiş noktaları Tablo / Table 2'de görüldüğü gibidir.

Tablo 2. Boylanma poligonlarının başlangıç ve bitiş noktaları
Table 2. Start and end point of growth polygons

Koordinatlar	Nokta No											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
x	0	1	3	6	8	11	14	18	21	24	30	33
y	0	0.3	1.3	3.3	5.3	7.3	9.3	11.3	13.3	15.3	17.55	18.8

x: Kesitteki yıllık halka sayısı ile ağaç yaşı arasındaki fark olarak hesaplanan kesit yüksekliğine ulaşma yaşları
y: Kesit yükseklikleri (m)

Bu yapıda, nokta sayısının bir eksiği ($n-1$) kadar doğrusal poligon elde edilmektedir. Daha sonra bu poligonlar yardımıyla periyodik yaşlardaki boy değerleri hesaplanmaktadır. Örneğin tablo 2'deki verilere göre 10. yaş periyoduna ait periyodik boy değeri 8. ve 11. yaş arasında olduğu için 5. ve 6.noktaların birleştirilmesinden elde edilen doğru denklemden hesaplanmaktadır. Sonuçta periyodik yaşlara ait boy değerleri enterpolasyon yöntemi ile elde edilmektedir.

Periyodik yaşlara ait boy değerlerinin hesaplanmasından sonra, kesit yüksekliklerinde periyodik yaşlara ait kesit yüzeyleri formül 3 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$g_{i;t} = \frac{\pi}{4} * d_{i;t}^2 \quad (3)$$

Formülde, $g_{i;t}$: i. kesit yüksekliğindeki t. yaş periyoduna ait kesit yüzeyi değerini (dm^2), $d_{i;t}$: i. kesit yüksekliğindeki t. yaş periyoduna ait kesit çapı değerini (dm) göstermektedir.

Periyodik yaşlara ait hacim değerleri, kütük hacmi, seksiyon hacmi, uç parça hacmi ve toplam gövde hacmi olarak hesaplanmaktadır. Kütük hacmi, birinci seksiyonun başlangıç noktası ile toprak yüzeyi arasında kalan parçanın hacmidir ve bu hacim silindirik hacmi olarak aşağıdaki formül 4 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$V_{k;t} = \frac{\pi}{4} * d_{k;t}^2 * h_k \quad (4)$$

Formülde, $V_{k;t}$: t. yaş periyoduna ait kütük hacmini (dm^3), $d_{k;t}$: t. yaş periyoduna ait kütük çapını (dm), h_k : kütük yüksekliğini (dm) göstermektedir.

Seksiyon hacimleri, seksiyon ortalarından alınan kesitler üzerindeki periyodik çap değerlerine ve seksiyon uzunluğuna göre formül 5 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$V_{s;t} = \frac{\pi}{4} * (d_{1;t}^2 + d_{2;t}^2 + d_{3;t}^2 + \dots + d_{n;t}^2) * h_s \quad (5)$$

Formülde, $V_{s;t}$: t. yaş periyotuna ait seksiyon hacmini (dm^3), $d_{1;t} + d_{2;t} + d_{3;t} + \dots + d_{n;t}$: t. yaş periyoduna ait seksiyon orta çaplarını (dm) h_s : seksiyon uzunluğunu (dm) göstermektedir.

Uç parçanın hacmi ise koni hacmi olarak formül 6 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$V_{u;t} = \frac{1}{3} * \frac{\pi}{4} * d_{u\zeta;t}^2 * h_{u;t} \quad (6)$$

Formülde, $V_{u;t}$: t. yaş periyotuna ait uç parça hacmini (dm^3), $d_{u\zeta;t}$: t. yaş periyoduna ait uç parça taban çapını (dm), $h_{u;t}$: t. yaş periyotuna ait uç parça uzunluğunu (dm) göstermektedir.

Toplam gövde hacmi, kütük hacmi, seksiyon hacmi ve uç parça hacimlerinin toplamı olarak hesaplanmaktadır (Formül 7)

$$V_{g;t} = V_{k;t} + V_{s;t} + V_{u;t} \quad (7)$$

Periyodik yaşlardaki hacim bileşenlerine (kütük hacmi, seksiyon hacmi, uç parça hacmi ve toplam gövde hacmi) ait değerler hesaplandıktan sonra periyodik göğüs çapı, boy, gövde hacmi artım değerleri ile hacim artım yüzdesi ve göğüs boyu gövde şekil katsayısı değerleri hesaplanmaktadır.

Çalışmamızda oluşturulan gövde analizi programında periyodik cari çap, boy ve hacim artımları aşağıdaki formüller yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{I}_d = d_s - d_b \quad (8)$$

$$\dot{I}_h = h_s - h_b \quad (9)$$

$$\dot{I}_v = V_s - V_b \quad (10)$$

Formüllerde; \dot{I}_d , \dot{I}_h , \dot{I}_v , sırasıyla periyodik cari çap (cm), boy (m) ve hacim (dm^3) artım değerlerini, d_s , h_s , V_s sırasıyla periyot sonu çap (cm), boy (m) ve hacim (dm^3) değerlerini, d_b , h_b , V_b sırasıyla periyot başı çap (cm), boy (m) ve hacim (dm^3) değerlerini göstermektedir (Kalıpsız, 1999).

Hacim artım yüzdesi Pressler'in önerdiği aşağıdaki formül 11 yardımıyla hesaplanmaktadır (Kalıpsız, 1999).

$$P_v = \frac{200}{n} * \frac{V_s - V_b}{V_s + V_b} \quad (11)$$

Formülde, P_v : Hacim artım yüzdesini, V_s : dönem sonu gövde hacmini, V_b : dönem başı gövde hacmini, n : dönem (periyot) uzunluğunu göstermektedir.

Periyodik yaşlardaki göğüs boyu gövde şekil katsayısı, periyodik yaşta hesaplanan gövde hacminin bu yaştaki silindirik hacmine oranlanması ile bulunmaktadır (Kalıpsız, 1999).

$$f_{1.3;t} = \frac{V_{g;t}}{\frac{\pi}{4} * d_{1.3;t}^2 * h_t} \quad (12)$$

Formülde, $f_{1,3,t}$: t. yaş periyoduna ait göğüs boyu gövde şekil katsayısını, $V_{g,t}$: t. yaş periyoduna ait gövde hacmini (dm^3), $d_{1,3,t}$: t. yaş periyoduna ait göğüs çapını (dm), h_t : t. yaş periyoduna ait boyu (dm) göstermektedir.

2.3 Gövde Analizi Programı Çıktılar Aşaması

Bu aşamada işlemler aşamasında hesaplanan değerler tablo ve grafik olarak verilmektedir. Bu kapsamda, periyodik yaşlardaki kesit yüzeyleri ve hacim bileşenlerine (kütük hacmi, seksiyon hacmi, uç parça hacmi ve toplam gövde hacmi) ait değerler **Kesit yüzeyleri ve Hacim Hesapları Tablosu** olarak, periyodik yaşlardaki çap, boy, gövde hacmi ve bunlara ait periyodik cari artım değerleri ile hacim artım yüzdesi ve göğüs boyu gövde şekil katsayısı değerleri ise **Artım Hesapları Tablosu** olarak verilmektedir. Periyodik, göğüs çapı, boy, gövde hacmi ve bunların artımları ile hacim artım yüzdesi ve göğüs boyu gövde şekil katsayısı değerlerinin yaşa göre gelişimleri grafik şeklinde verilmektedir. Ayrıca gövdenin boyuna kesitini gösteren **Gövde Modeli** de grafik çıktı olarak alınabilmektedir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde çalışma kapsamında MS Excel 2013 programının Visual Basic For Application özelliğinden yararlanılarak oluşturulan gövde analizi makro programının (GOAP) tanıtımı yapılmıştır. Bu amaçla, İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü, Bahçeköy Orman İşletme Müdürlüğü, Bentler Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan sahilçamı meşcerelerinden gövde analizi amacıyla kesilen 33 yaşında ve 18.8 m boyundaki bir sahilçamı ağacına ait ham gövde analizi verileri, çalışma kapsamında oluşturulan gövde analizi programı ile sayısal ve grafik olarak değerlendirilmiştir.

3.1 Programın Genel Tanıtımı

Gövde analizi programına ait MS Excel dosyası açıldığında, gövde analizi programına ait alt menüler, **Eklentiler** sekmesi altında yer alan **Gövde Analizi** menüsü içerisinde ekrana gelmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Gövde analizi programının alt menüleri
Figure 2. Submenus of stem analysis computer software

Şekil / Figure 2'den de görüleceği üzere gövde analizi programı

- Veri Girişi
- Boylanma
- Boylanma Modelinin Seçimi ve Hacim Hesapları
- Artım Hesapları
- Grafikler
- Gövde Modeli
- Temizle

alt menülerinden oluşmaktadır. Gövde analizi işlemi, bu alt menülerin yukarıdan aşağıya doğru sırayla seçilmesi ile yürütülmektedir. Bu alt menüler yardımıyla programın sırasıyla girdiler, işlemler ve çıktılar aşamaları tamamlanmaktadır. Programın tanıtımı, her bir alt menü komutunun yerine getirdiği işlevler ayrı bir başlık altında açıklanarak, yapılacaktır.

3.2 Veri Girişi

Veri Girişi komutu seçildiğinde veri girişi kullanıcı formu ekrana gelmektedir. Bu forma, ağacın kesildiği bölge müdürlüğü, işletme müdürlüğü, işletme şefliği, örnek alan numarası, ağaç numarası, ağaç türü, kesim tarihi ve analizi yapan kişi bilgilerinden oluşan tek ağaca ait genel bilgiler ile ağaç boyu, yaşı, gövde analizinin yapılacağı dönem (periyot) uzunluğu, seksiyon uzunluğu, ilk kesit yüksekliği verilerinden oluşan tek ağaç gövde analizi genel verileri girilmektedir (Şekil / Figure 3).

Şekil 3. Veri girişi kullanıcı formu
Figure 3. Data entry user form

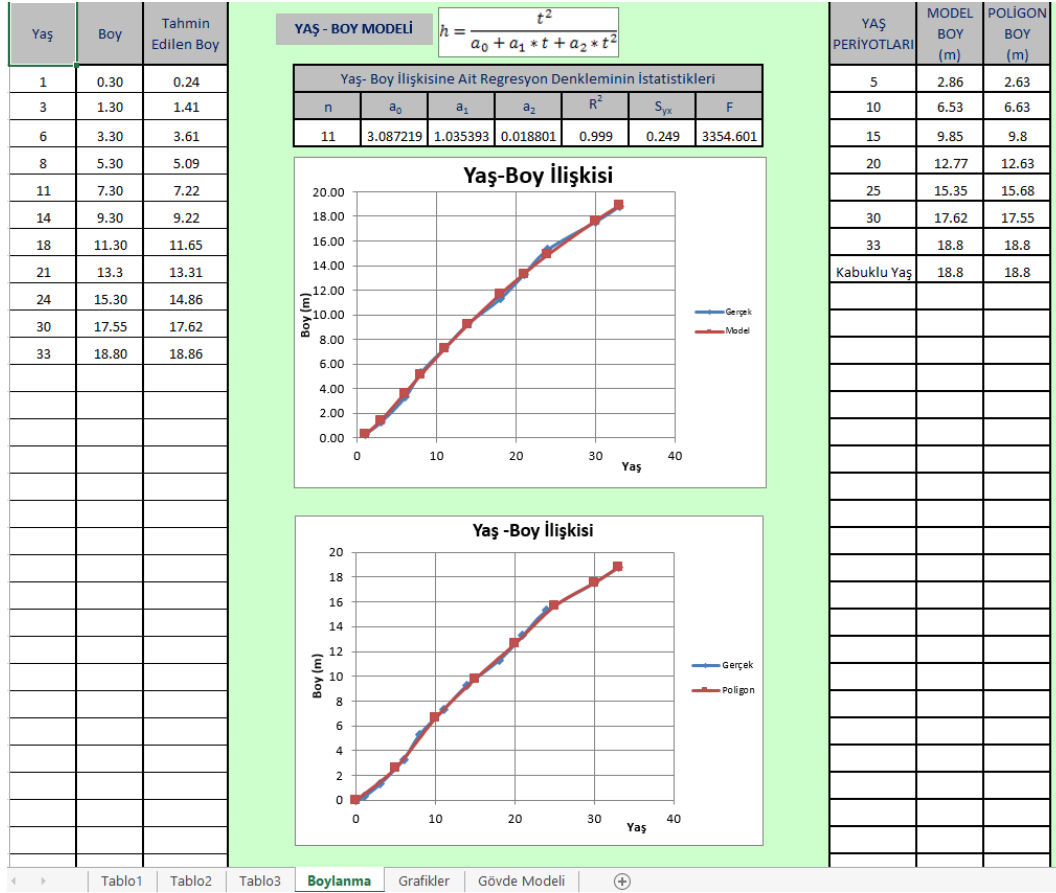
Kullanıcı formu üzerindeki **Veri Girişi** komut düğmesi seçildiğinde, ağaç boyuna, ilk kesit yüksekliğine ve orta yüzey formülüne göre kesitlerin alındığı yükseklikler ve kesit sayısı, ağaç yaşına göre, periyot sayısı hesaplanmaktadır. Hesaplanan bu değerler ve **Veri Girişi** kullanıcı formuna girilen veriler ve bilgiler Tablo1 çalışma sayfasındaki ilgili yerlere yazdırılmaktadır. Aynı zamanda kesit ve periyot sayısına göre, kesitlerdeki yıllık halka sayılarının ve periyodik kesit çaplarının girileceği hücreler biçimlendirilmekte ve bu veriler girilerek gövde analizi ham veri tablosu hazırlanmaktadır (Şekil / Figure 4).

GÖVDE ANALİZİNE AİT ÖLÇÜMLER												
Örnek Alan No:	24	Ağaç Boyu (m):	18,8	Periyot Uzunluğu:	5	Periyot Sayısı:	8,00	Bölge Müdürlüğü:	Istanbul			
Ağaç No:	S1	Ağaç Yaşı:	33	Seksiyon Uzunluğu (m):	2	Kesit Sayısı:	10,00	İşletme Müdürlüğü:	Bahçeköy			
Ağaç Türü:	Sahilçamı	Son Kesit Yüksekliği (m):	17,55	İlk Kesit Yüksekliği (m):	0,3	Kesim Tarihi:	16.02.2002	İşletme Şefliği:	Bentler			
Analizi Yapan:		Emrah ÖZDEMİR										
Kesit No	Kesit Yüksekliği (m)	Seksiyon Uzunluğu (m)	Kesitteki Yıllık Halka Sayısı	Ağacın Kesit Yüksekliğinin Aldığı Yıl Sayısı	Yaşlarda Milimetre Olarak Çaplar							
					5	10	15	20	25	30	33	Kabuklu Çap
1	0,3	0,3	32		25	102	142,5	164	183	205	216,5	247
2	1,3	2	30		8	92	125,5	151	172	191,5	206,5	234
3	3,3	2	27			50	111,5	138,5	156,5	178	193	218
4	5,3	2	25			13,5	90	127,5	148,5	170	185,5	210
5	7,3	2	22				58	117	143	166,5	182,5	202
6	9,3	2	19				5	70	120	149	170	188
7	11,3	2	15					17	81	118	147,5	159
8	13,3	2	12						51	99,5	123	132
9	15,3	2	9						10	56,5	100,5	106
10	17,55	2,5	3								35	38

Şekil 4. Gövde analizi ham verilerinin girildiği Tablo1 çalışma sayfası
Figure 4. Table1 worksheet entered untreated data of stem analysis

3.3 Boylanma

Verilerek girilip gövde analiz ham verileri tablosu oluşturulduktan sonra programın girdiler aşaması tamamlanmaktadır. Periyodik yaşlardaki boyları tahmin etmek için **Boylanma** komutu seçilmektedir. Ağacın kesit yüksekliklerini aldıkları yıl sayıları da hesaplanıp Tablo1 çalışma sayfasındaki ilgili hücrelere yazdırılmaktadır. Periyodik yaşlardaki boylar, Prodan (1961) tarafından önerilen boylanma modeline ve boylanma poligonlarına göre iki farklı yaklaşımla elde edilerek **Boylanma** çalışma sayfası ekrana gelmektedir (Şekil / Figure 5).



Şekil 5. Boylanma çalışma sayfası
Figure 5. Growing worksheet

Çalışma sayfasının sol üstünde yer alan yaş, boy ve tahmin edilen boy değerleri yer almaktadır. Yaş değerleri ağacın kesit yüksekliklerini aldıkları yıl sayısını, boy değerleri kesit yüksekliklerini, tahmin edilen boy değerleri ise kesit yüksekliklerini aldıkları yıl sayısına göre Prodan (1961) tarafından önerilen modelden elde edilen değerlerdir. Bu değerler kullanıcıyı bilgilendirmek için verilmektedir. Prodan (1961) tarafından önerilen modelin katsayıları ve modele ilişkin istatistikler program içerisinde hesaplanmakta ve **Boylanma** çalışma sayfasında verilmektedir. Boylanma çalışma sayfasının sağ üst köşesinde ise periyodik yaşlarda tahmin edilen boy değerleri, Prodan (1961) tarafından önerilen boylanma modeline ve boylanma poligonlarına göre verilmektedir. Ayrıca gerçek yaş-boy değerleri iki farklı yaklaşımla elde edilen boy değerleri karşılaştırmalı grafik olarak da gösterilmektedir.

3.4 Boylanma Modelinin Seçimi ve Hacim Hesapları

Ağaçların yetiştirme ortamlarının değişkenlik göstermesinden dolayı her ağacın boylanma eğrisini tanımlayacak genel bir boylanma modelinin bulunması oldukça zordur. Ancak ağaçların boylanma eğrilerinin ana niteliği benzer olup, S eğrisinin (Sigmoid) özelliklerine uymaktadır (Günel, 1978). Bu nedenle periyodik yaşlardaki boylar iki farklı yaklaşımla elde edildikten sonra hangi boylanma yaklaşımının seçileceği kullanıcıya bırakılmaktadır. Çalışma kapsamında oluşturulan gövde analizi programı, farklı ağaç verileri ile çalıştırıldığında periyodik yaşlardaki boyların tahmin edilmesinde boylanma poligonlarının daha sağlıklı sonuçlar verdiği görülmüştür. **Boylanma Modelinin Seçimi ve Hacim Hesapları** komutu seçildiğinde aşağıdaki **Hacim Hesapları** kullanıcı formu ekrana gelmektedir (Şekil / Figure 6).

Şekil 6. Hacim hesapları kullanıcı formu
Figure 6. Volume calculations user form

Bu form üzerinde kullanıcının analizini yaptığı ağacın boylanma seyrine uygun modeli seçmesine olanak tanınmaktadır. Boylanma modelinin seçiminden sonra **Hacim Hesapları** komut düğmesi seçilerek periyodik yaşlarda, kesit yüksekliklerine ait kesit yüzeyi ve hacim bileşenlerine (kütük hacmi, seksiyon hacmi, uç parça hacmi ve toplam gövde hacmi) ait değer hesaplanıp, Tablo2 çalışma sayfası üzerinde kesit yüzeyleri ve hacim hesapları tablosu elde edilmektedir (Şekil / Figure 7).

KESİT YÜZEYLERİ ve HACİM HESAPLARI TABLOSU								
KESİT YÜZEYLERİ (dm ²)								
Kesit Yüksekliği (m)	5	10	15	20	25	30	33	Kabuklu Çap
0.3	0.0491	0.8175	1.5955	2.1133	2.6313	3.302	3.6828	4.7936
1.3	0.005	0.665	1.2375	1.7915	2.3245	2.8814	3.3505	4.3023
3.3		0.1964	0.9768	1.5072	1.9244	2.4895	2.9267	3.734
5.3		0.0143	0.6364	1.2773	1.7327	2.2707	2.7037	3.465
7.3			0.2643	1.0756	1.6067	2.1782	2.6169	3.206
9.3			0.002	0.385	1.1314	1.7444	2.2707	2.777
11.3				0.0227	0.5155	1.094	1.7094	1.9864
13.3					0.2044	0.7779	1.1887	1.369
15.3					0.0079	0.2508	0.7936	0.8828
17.55							0.0962	0.1135
HACİMLER (dm ³)								
Kütük	0.1473	2.4524	4.7865	6.3398	7.8938	9.9059	11.0485	14.3807
Seksiyonlar	0.1006	17.5155	62.3016	121.1846	188.7906	273.7366	351.2037	434.4513
Uç Parça	0.0003	0.001	0.4758	0.0015	0.3161	0.3226	3.3741	3.7535
Gövde Hacmi	0.2482	19.9689	67.5639	127.526	197.0005	283.965	365.6262	452.5855

Şekil 7. Tablo 2 çalışma sayfası
Figure 7. Table 2 worksheet

3.5. Artım Hesapları

Artım Hesapları komutu seçildiğinde, periyodik yaşlardaki göğüs çapı (cm), boy (m), gövde hacmi (dm³), cari çap (cm), boy (m) hacim (dm³) artım değerleri ile hacim artım yüzdesi ve göğüs boyu gövde şekil katsayıları hesaplanarak Tablo3 çalışma sayfası üzerinde artım hesapları tablosu elde edilmektedir (Şekil / Figure 8).

ARTIM HESAPLARI								
Yaş	Göğüs Çapı (cm)	Boy (m)	Gövde Hacmi (dm ³)	Periyodik Artımlar			Hacim Artım Yüzdesi P _v (%)	Göğüs Boyu Şekil Katsayısı f _{1,3}
				Çapta (cm)	Boyda (m)	Hacimde (dm ³)		
5	0.8	2.63	0.2482	0.8	2.63	0.2482	40	1.877
10	9.2	6.63	19.9689	8.4	4	19.7207	39.02	0.453
15	12.55	9.8	67.5639	3.35	3.17	47.595	21.75	0.557
20	15.1	12.63	127.526	2.55	2.83	59.9621	12.29	0.564
25	17.2	15.68	197.0005	2.1	3.05	69.4745	8.56	0.541
30	19.15	17.55	283.965	1.95	1.87	86.9645	7.23	0.562
33	20.65	18.8	365.6262	1.5	1.25	81.6612	8.38	0.58
Kabuklu	23.4	-	452.5855	2.75	-	86.9593	-	0.56

Şekil 8. Tablo 3 çalışma sayfası

Figure 8. Table 3 worksheet

Yukarıdaki tabloda kabuklu yaşta, çap artımı sütunundaki değer 1.3 m yükseklikteki kabuk kalınlığı, hacim artımı sütunundaki değer, gövdenin sahip olduğu kabuk hacmini göstermektedir.

3.6 Grafikler

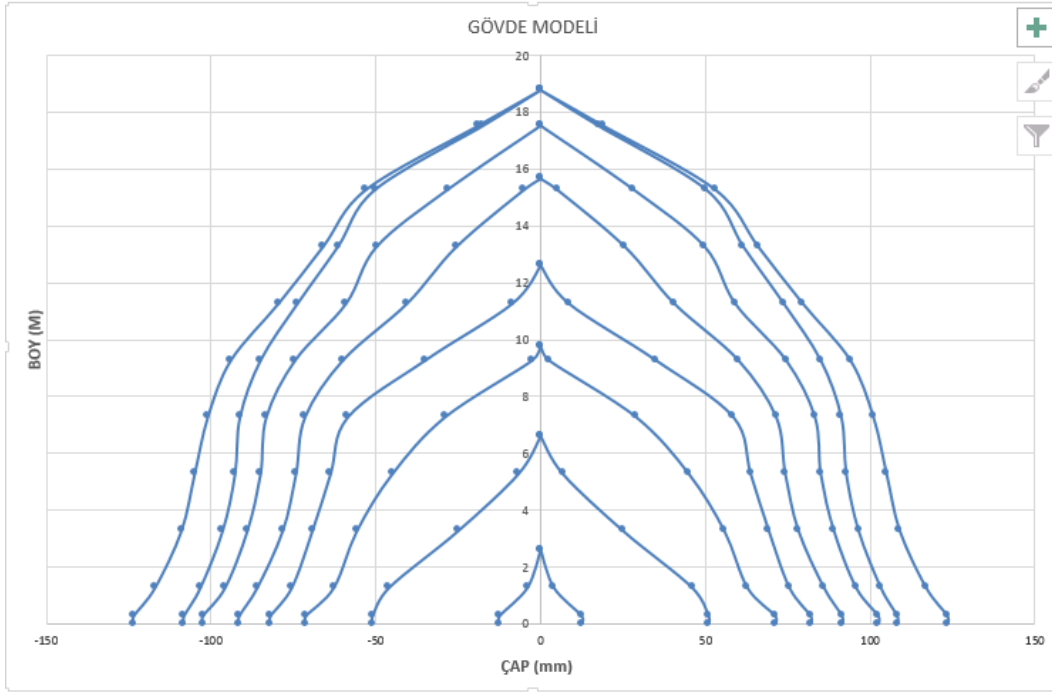
Grafikler komutu seçildiğinde, artım hesapları tablosundaki değerlerin (çap, boy, hacim, çap artımı, boy artımı, hacim artımı, hacim artım yüzdesi, göğüs boyu gövde şekil katsayısı) periyodik yaşlara göre gelişimleri grafik olarak elde edilmektedir. **Grafikler** çalışma sayfasında, program tarafından çizilen grafikler çıktı olarak verilmektedir (Şekil / Figure 9).

3.7 Gövde Modeli

Gövde modeli, ağacın periyodik yaşlardaki çap, boy ve şekil gelişmelerini gösteren gövdenin boyuna kesitidir (Fırat, 1962). **Gövde Modeli** komutu seçildiğinde gövdenin boyuna kesiti diğer bir deyişle gövde modeli çizilmektedir. Gövde modeli, MS Excel'in grafik yapısına göre çizildiği için gövde modelinin dik eksenini grafiğin ordina eksenini olarak alınmakta, çizim koordinat sisteminin I. ve II. bölgelerinde gerçekleştirilmektedir. Kesit yüksekliklerindeki periyodik çapların yarısı I. bölgede yarısı ise II. bölgede işaretlendiğinden dolayı II. bölgede işaretlenen yarıçap değerleri negatif değerler gibi görünmektedir. Ancak bu değerler I. bölgedeki değerlerin bir simetriği görünümündendir. Bu çizim makro programda otomatik olarak yaptırıldığı için grafik çizim mantığına göre gerçekleştirilmektedir. Gövde modeli ayrı bir çalışma sayfası üzerinde çizilmektedir (Şekil / Figure 10).



Şekil 9. Grafikler çalışma sayfası
Figure 9. Graphs worksheet



Şekil 10. Gövde Modeli
Figure 10. Stem Model

3.8 Temizle

Temizle komutu seçildiğinde, gövde analizi programının girdilerine ve çıktıklarına ait Tablo / Table 1, 2 ve 3, Grafikler ve Gövde Modeli çalışma sayfalarında bulunan sayısal ve grafiksel veriler temizlenerek yeni bir ağacın gövde analizinin yapılmasına olanak sağlanmaktadır.

4. SONUÇLAR

Çalışma kapsamında, tek ağacın artım ve büyüme verilerinin değerlendirilmesi için kullanılan bir yöntem olan gövde analizinin bilgisayar ortamında gerçekleştirilmesine olanak sağlayan bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Bu program günümüzde oldukça yaygın kullanılan MS Excel 2013 programının Visual Basic For Application özelliğinden yararlanılarak makro olarak programlanmıştır. Program MS Excel programı olan tüm bilgisayarlarda çalıştırılabilir özellikte olup, ham gövde analizi verilerini istenen dönem (periyot) uzunluklarına göre kısa sürede sayısal ve grafik olarak değerlendirebilmektedir. Programa girdi olarak gövde analizi ham verileri verilmekte ve aşağıdaki çıktılar elde edilmektedir.

- İki farklı yaklaşıma göre elde edilen boylanma modelleri
- Kesit yüzeyleri ve hacim hesapları tablosu
- Artım Hesapları tablosu
- Çap, boy, hacim, çap artımı, boy artımı, hacim artımı, hacim artım yüzdesi, göğüs boyu gövde şekil katsayısı değerlerinin periyodik yaşlara göre gelişimlerini veren grafikler
- Gövde modeli

Bu özelliklerinden dolayı çalışma kapsamında oluşturulan bu programın MS Excel 2013 ortamında geliştirilmesiyle, gövde analizi verilerine ihtiyaç duyan farklı ormancılık disiplinlerinde yaygın bir kullanım olanağına sahip olması beklenmektedir. Ayrıca yukarıda sayılan çıktıkların farklı alt menü komutları ile alınması programa etkin bir kullanım kolaylığı sağlamaktadır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

Akalp, T., 1978. Türkiyedeki Doğu Ladini (*Picea orientalis* Lk. Carr) Ormanlarında Hasılat Araştırmaları. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 2483, O.F. Yayın No: 261, İstanbul.

Akalp, T. ve Saraçoğlu, Ö., 1989. Applesoft Basic Bilgisayar Programlama. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 3554, O.F. Yayın No: 403, İstanbul.

Asan, Ü., 1984. Kazdağı Gökarnarı (*Abies equi-trojani* Aschers, et Sinten.) Ormanlarının Hasılat ve Amenajman Esasları Üzerine Araştırmalar. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 3205, O.F. Yayın No: 365, İstanbul.

Atıcı, E., 2003. Tek ağaç artım ve büyüme verilerinin bilgisayar destekli istatistik analizi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 53(2): 37-55.

Çatal, Y., 2009. Batı Akdeniz Bölgesi Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Meşcerelerinde Artım ve Büyüme. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

Ercanlı, İ., 2010. Trabzon ve Giresun Orman Bölge Müdürlükleri Sınırları İçerisinde Yer Alan Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link) – Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Karışık Meşcerelerine İlişkin Büyüme Modelleri. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Erkan, N., 1996. Kızılçamda (*Pinus brutia* Ten.) Meşcere Gelişmesinin Simülasyonu. Güneydoğu Anadolu Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Yayınları, Teknik Bülten No:1, Elazığ.

Fırat, F., 1962. Dendrometri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 984, O.F. Yayın No: 82, İstanbul.

- Günel, A., 1978. Tek Ağaç ve Meşcerede Artım ve Büyümenin Matematiksel Modelleri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 2408, O.F. Yayın No: 254, İstanbul.
- Kalıpsız, A., 1999. Dendrometri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 3194, O.F. Yayın No: 354, İstanbul.
- Newton, P.F., 2003. Stem analysis program for coniferous forest tree species. *Computers and Electronics in Agriculture* 39: 61-66.
- Özcan, B.G., 2003. Sahilçamı (*Pinus pinaster* Ait.) Ağaçlandırmalarında Artım ve Büyüme. Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No:195, İzmit.
- Özdemir, E., 2005. Tek Ağaçta Artım ve Büyümenin Simulasyonu (Sahilçamı Örneği). Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özdemir, E., 2011. Karışık Meşcerelerde Artım ve Büyümenin Simulasyonu (Büyükdüz Örneği). Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özdemir, G.A., 2014. Karadeniz yöresi göknar meşcerelerinde aktüel kuruluşun optimal kuruluşa götürülmesi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 64(1): 51-66.
- Özdemir, G.A. ve Saraçoğlu, Ö., 2016. Trakya meşe ormanlarında artım ve büyüme ilişkileri. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 66(1): 211-243.
- Prodan, M., 1961. Forstliche Biometrie. BLV Verlagsgesellschaft, München.
- Saraçoğlu, Ö., 1985. Gövde analizi bilgisayar programı. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 35(1): 108-131.
- Şenyurt, M., 2011. Batı Karadeniz Yöresi Sarıçam Meşcerelerinde Artım ve Büyüme. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Usta, H.Z., 1991. Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) Ağaçlandırmalarında Hasılat Araştırmaları. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten No: 219, Ankara.
- Yıldızbakan, A., Saraçoğlu, Ö., Akgün, C., Aydın, A.C., 2012. Sedir (*Cedrus libani* A.RİCH.) Meşcerelerinin Hacim Artımını Maksimize Eden Optimum Kuruluşlar. Orman Genel Müdürlüğü, Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, DOA Yayın No: 69, ISBN:978-605-4610-35-8, Tarsus.
- WinDENDRO, 2015. WinDENDRO (An image analysis system for tree-ring analysis) brochure. http://regent.qc.ca/assets/images_windendro/WinDENDRO.pdf (Ziyaret tarihi: 12 Şubat 2016).