

Bursa-Kestel Ormanlarında Çap Dağılımlarının Weibull Fonksiyonu ile Modellenmesi

Ferhat BOLAT^{1*} İlker ERCANLI¹

¹Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Müh. Bölümü, Çankırı, Türkiye

*Sorumlu yazar: fbolat@karatekin.edu.tr

Geliş Tarihi: 02.05.2016

Kabul Tarihi: 13.02.2017

Özet: Orman işletmelerinin uzun dönemli ekonomik ve silvikültürel değerlendirmelerinin yapılabilmesi için meşcereler hakkında detaylı bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. Çap dağılım modelleri, meşcere ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve hacminin çap sınıfları düzeyinde elde edilmesine imkân sunmaktadır. Böylece, hem silvikültürel müdahalelerin meşcere yapıları üzerine etkisi hem de orman işletmelerinin ekonomik analizi daha detaylı yapılabilmektedir. Bu çalışmada çap dağılımları üç parametrelili Weibull fonksiyonu ile tahmin edilmiştir. Weibull fonksiyonuna ilişkin parametreler; maksimum olabilirlik ile dağılımın belirli yüzdeliklerini esas alan eşitliklere dayanan farklı yöntemler kullanılarak tahmin edilmiştir. Farklı parametre tahmin yöntemlerini karşılaştırmak üzere Reynolds hata indeks değerine göre yapılan karşılaştırmalarda; %31 ve %63'lük değerlerini esas alan yöntem, 2.61 ortalama başarı sırası ile Weibull fonksiyonuna ilişkin parametrelerin tahmin edilmesinde en başarılı yöntem olarak belirlenmiştir. En başarılı olarak belirlenen bu yöntem ile tahmin edilen dağılımın örnek alanlardaki çap dağılımına uygunluğu Kolmogorov-Smirnov analizine göre test edilmiş olup sonuçlara göre Weibull fonksiyonu 312 örnek alanın 305'inde istatistiksel olarak uygun bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Çap dağılımı, 3 parametrelili Weibull, Olasılık yoğunluk fonksiyonu, meşcere yapısı

Modeling Diameter Distributions by Using Weibull Function in Forests Located Kestel-Bursa

Abstract: Detailed data about forest stands are needed for economic and silvicultural interpretation of forest enterprises for a long time. Diameter distribution models (DDMs) allow to predict number of trees, basal area and stand volume at level of diameter classes. So, both effects of silvicultural treatments on forest stands and economic analysis of forest enterprise can be made with more details. In this study, diameter distributions were predicted by three-parameter Weibull function. The parameters of the Weibull function were predicted by maximum likelihood and percentile-based methods. According to the comparison based on Reynold's error index, the method based on 31th and 63rd percentiles with an average success order of 2.61 was assessed as the most successful in prediction of parameters of the Weibull function. The eligible of the predicted distribution by the most successful method for the observed distribution was tested by Kolmogorov-Smirnov analyze, and the results showed that the Weibull function was suitable for 305 of total 312 sample plots.

Key words: Diameter distribution, 3-parameter Weibull, probability density function, stand structure

Giriş

Ormancılık bilimi açısından artım ve büyüme modelleri, çeşitli koşullar altındaki meşcerelerin artım ve büyüme değerlerini tahmin eden denklem sistemleridir (Vanclay, 1994; Mısır, 2003). Söz konusu bu modeller, silvikültürel işlem seçeneklerinin, meşcere artım ve büyüme değerlerinin tahmin edilmesi ve bir meşcereden elde edilebilecek odun hasılasının belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadırlar (Akalp, 1982).

Meşcerelerin artım ve büyüme ilişkilerinin ve meşcere parametrelerinin uzun süreli değişimlerini tahmin eden modeller;

modellendiği birime göre meşcere, tek ağaç ve çap dağılım modelleri olmak üzere üç farklı düzeyde geliştirilirler (Zhang ve Lei, 2010). Ülkemizde genellikle orman amenajman planlarının hazırlanmasında, optimal kuruluşun belirlenmesinde, artım ve büyüme değerlerinin tahmin edilmesinde hasılat tablosu olarak bilinen tam meşcere modelleri kullanılmaktadır. Ancak, hasılat tabloları, meşcere ağaç sayısı, meşcere göğüs yüzeyi ve meşcere hacmi gibi meşcerenin tümü için tahminler sunduğundan meşcere yapıları hakkında daha detaylı bilgiler sağlayamamaktadırlar. Tek ağaç modelleri ise meşcere yapıları hakkında detaylı bilgiler



sunmasına rağmen modelde yer alan değişkenlerin genel orman envanter çalışmalarında elde edilememesi ve verilerin toplanması sürecinde daha yoğun emek, daha fazla iş gücü ve daha çok zaman gerektirmesi bakımından uygulamada yer bulamamaktadır. Çap dağılım modelleri ise diğer iki modelle kıyaslandığında, modelde yer alan değişkenlerin genel envanter çalışmalarında rahatlıkla elde edilmesi ve bir meşcereden elde edilebilecek ürün çeşitlerinin tahmin edilmesine imkan sağlamaları ile öne çıkmaktadır (Bolat, 2015).

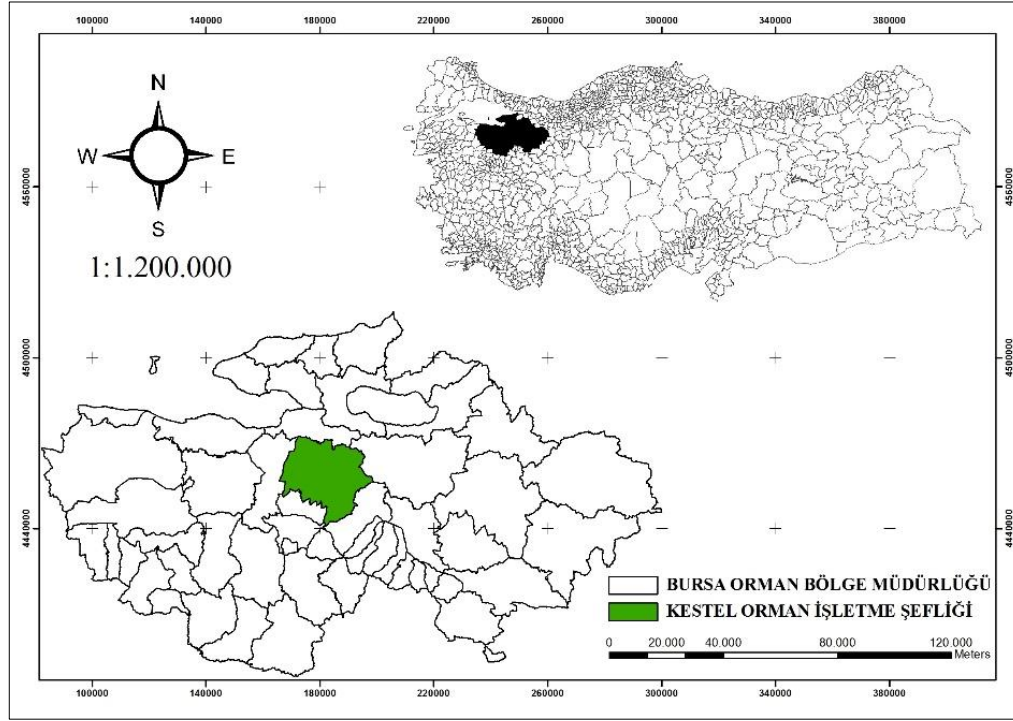
Orman işletmelerinin ekonomik analizlerinin verimli bir şekilde yapılabilmesi için meşcerenin tümü yerine, belirli çap aralığındaki tahminlere ihtiyaç vardır. Çünkü ormanlardan elde edilecek ürünlerin ekonomik değerini belirleyen temel faktörlerden birisi de, bu ürünlerin hangi çap değerinde elde edildiğidir. Bu amaçla, belirli bir çap değerinden sonra ya da belirli bir çap aralığına kadar veya iki çap değeri arasında alınabilecek hacim ve hacim elemanları, çap dağılım modelleri ile tahmin edilmektedir. Çap dağılım modellerinin geliştirilmesi sürecinde özellikle 1960'lı yıllardan itibaren istatistik biliminin temel konularından birisi olan olasılık yoğunluk fonksiyonları kullanılmaya başlanmıştır (Packard 2000). Ormanlık çalışmalarında çap dağılım modellerinin oluşturulmasında yaygın olarak kullanılan olasılık yoğunluk fonksiyonları: Johnson's SB (Johnson, 1949), Weibull (Weibull, 1951), Gamma (Nelson, 1964), Log-normal (Bliss ve Reineker, 1964) ve Beta (Clutter ve Bennet, 1965) fonksiyonu olarak sıralanabilir. Ancak son zamanlarda çap dağılımı konusunda yapılan araştırmalar, bir dağılıma ilişkin konum, şekil ve ölçek parametrelerini içeren Weibull fonksiyonunun

farklı kuruluşlardaki meşcerelerin çap dağılımlarını temsil etmede diğer yöntemlere göre daha başarılı olduğunu ortaya koymuştur (Podlaski ve Zasada, 2008; Ercanlı ve Yavuz, 2010; Sakıcı ve Gülsunar, 2012; Sönmez ve ark. 2015). Günümüzde Weibull fonksiyonunun üstünlüğü kabul edilmiş ve olasılık yoğunluk fonksiyonlarına ait parametrelerin hangi yöntemlerle daha iyi tahmin edileceği çalışmalara konu edilmektedir. Ormanlık çalışmalarında çap dağılım fonksiyonlarının parametreleri, maksimum olabilirlik (Zarnoch ve Dell, 1985; Özdemir, 2015; Bolat, 2015), moment (Lei, 2008) ve hibrid yöntemi (Liu ve ark., 2013) ile dağılımın yüzdeler değerlerini esas alan yöntemle (Borders ve ark., 1987; Bolat, 2015) tahmin edilmektedir. Ancak birçok çalışmada çap dağılımlarının yüzdeler değerlerini esas alan yöntemlerin biyolojik kanuniyetleri açıklamada daha başarılı oldukları belirtilmektedir (Borders ve ark., 1987; Knowe ve ark., 1997; Maltamo ve ark., 2000; Liu ve ark., 2004; Gorgoso-Varela, 2015). Bu çalışmada farklı ağaç türlerini bir arada içeren eşit yaşlı saf ve karışık meşcerelerde çap dağılımlarının (i) Weibull fonksiyonu ile modellenmesi, (ii) maksimum olabilirlik yöntemi ile dağılımların çeşitli yüzdelerlerini kullanan eşitlikleri esas alan parametre tahmin yöntemlerinin çap dağılımlarını modellemedeki başarılarının karşılaştırılması amaçlanmaktadır.

Materyal ve Metot

Materyal

Bu çalışmada kullanılan veriler, Bursa Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Kestel Orman İşletme Şefliği sınırları içerisindeki ormanlarda gerçekleştirilmiş orman envanterine ilişkin verilerden elde edilmiştir (Bolat, 2015) (Şekil 1)



Şekil 1. Çalışma alanı

Tablo 1. Meşcere tipi düzeyinde göğüs çapına ($d_{1.3}$) ait tanımlayıcı istatistikler

Rumuz	N (adet)	Minimum (cm)	Maksimum (cm)	\bar{X} (cm)	S	C_v (%)	Basıklık Katsayısı (BK)	Çarpıklık Katsayısı (ÇK)
Çk	36	8.0	65.0	18.9	10.1	53.7	1.1	0.9
ÇkM	23	8.0	63.0	15.1	8.6	57.2	1.6	2.8
Çz	52	8.0	65.0	19.3	9.5	49.3	1.0	0.8
G	25	8.0	72.0	19.1	9.0	47.2	1.1	1.9
GKn	38	8.0	120.0	17.9	10.8	60.3	2.7	14.7
Kn	62	8.0	147.0	15.7	8.2	52.0	3.4	29.2
KnÇk	23	8.0	67.0	14.0	7.5	53.3	2.6	9.9
KnG	53	8.0	90.0	17.1	9.4	55.2	2.3	8.5

N= Her bir meşcere tipinin toplam örnek alan sayısı, \bar{X} = Meşcere tipi düzeyinde aritmetik ortalama göğüs çapı ($d_{1.3}$) değeri, S= Standart sapma, C_v = Varyasyon katsayısı.

Çk= Karaçam, Çz= Kızılcım, G= Gökmar, Kn= Kayın, M= Meşe.

ÇK<0 (sola çarpık dağılım), ÇK>0 (sağa çarpık dağılım), ÇK=0 normal dağılım.

BK<3 (yayvan tepeli dağılım), BK>3 (sivri tepeli dağılım), BK=0 (normal tepeli dağılım)

Çalışma alanının deniz seviyesinden yüksekliği ortalama 1250 m olup, 29° 13' 00" - 29° 21' 54" doğu boylamları ile 40° 00' 00" - 40° 12' 10" kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Çalışma alanında Karadeniz iklimi hakim olup, aylık ortalama sıcaklıklar -1.8 °C ile 24.6 °C arasında ve yıllık ortalama yağış 800 mm ile 1020 mm arasında değişmektedir.

Çalışmada kullanılan veriler saf ve karışık ormanlardan alınmış 312 adet örnek alandan oluşmaktadır (OGM, 2005). Söz konusu örnek alanlarda yayılış yapan ağaç türleri Karaçam (*Pinus nigra* J.F. Arnold), Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.), Gökmar (*Abies bornmülleriana* Mattfeld), Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky), Meşe (*Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl.) dir.

Çalışmada kullanılan göğüs çapına ilişkin verilere ait çeşitli tanımlayıcı istatistikler Tablo 1'de verilmiştir. Çalışmaya konu her bir meşcere tipinin gelişim çağı düzeyinde örnek alan sayılarının dağılımına ilişkin bilgiler Tablo 2'de verilmiştir. Söz konusu meşcerelerin %79.5'i üç kapalı (kapalılık>%70), %19.6'sı iki kapalı (%40-%70) ve %1'i bir kapalı (%11-%40)'dır.

Metot

Ağaçların çap basamaklarına dağılımlarının tahmin edilmesinde üç parametrelili Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonu kullanılmıştır.

$$F(x, \alpha, \beta, \gamma) = \frac{\gamma}{\beta} \cdot \left(\frac{x - \alpha}{\beta}\right)^{\gamma-1} * \exp\left(-\left(\frac{x - \alpha}{\beta}\right)^\gamma\right)$$

Burada:

x: Çap değeri

α : Konum parametresi

β : Ölçek parametresi

γ : Şekil parametresi

Weibull fonksiyonunun konum parametresi (α) dağılımın başlangıç noktasını, ölçek parametresi (β) dağılımın basıklığını, şekil parametresi (γ) ise çarpıklığını tanımlamaktadır.

Tablo 2. Meşcere tipi düzeyinde gelişim çağılarına göre örnek alan sayılarının dağılımı

Meşcere Tipi	Gelişim Çağı	n	n(%)
Çk	bc	6	16.7
	c	21	58.3
	cd	8	22.2
	d	1	2.8
ÇkM	b	7	30.4
	c	16	69.6
Çz	b	1	1.9
	bc	12	23.1
	c	34	65.4
	d	5	9.6
G	c	25	100
GKn	bc	5	13.2
	c	22	57.9
	cd	11	28.9
Kn	b	7	11.3
	bc	19	30.6
	c	26	41.9
	cd	4	6.5
	d	6	9.7
KnÇk	bc	22	95.7
	c	1	4.3
KnG	bc	12	22.6
	c	24	45.3
	cd	8	15.1
	d	9	17.0

n: Her bir meşcere tipi içerisindeki farklı gelişim çağılarına ilişkin örnek alan sayıları
Gelişim çağıları: b= sınırlılık-direklik, c= ince, d:=orta ve kalın ağaçlık çağı

Parametre tahmin yöntemleri

Weibull fonksiyonuna ait β ve γ parametrelerinin tahmin edilmesinde maksimum olabilirlik yöntemi ile çap dağılımının farklı yüzdeliklerini kullanan eşitlikleri esas alan yöntemler kullanılmıştır (Tablo 3). α parametresi ise, her bir örnek alandaki minimum çapın yarısı olarak alınmıştır (Frazier, 1981).

Maksimum olabilirlik yöntemi

Maksimum olabilirlik yöntemi ile β ve γ parametre değerlerinin tahmin edilmesinde SAS 9.0 istatistik yazılımındaki CAPABILITY

prosedürü kullanılmıştır. Maksimum olabilirlik yöntemine ilişkin eşitlikler:

$$\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - a)^{\gamma} \ln(x_i - a)}{\sum_{i=1}^n (x_i - a)^{\gamma}} - \frac{1}{\gamma} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - a)$$

$$\beta = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - a)^{\gamma} \right)^{\frac{1}{\gamma}}$$

Burada;

n: örnek gözlem sayısı

x_i : i. çap basamağının orta değeri

Tablo 3. Parametre tahmininde kullanılan yüzdeler ve eşitlikler

Yöntem	Yüzdeler	Eşitlikler
I	%31-%63	$\alpha = 0.5 \times d_{min}$ $\beta = \frac{d_{\%63} - \alpha}{(-\ln(1 - 0.63))^{\frac{1}{\gamma}}}$ $\gamma = \frac{\ln\left(\frac{\ln(1 - 0.63)}{\ln(1 - 0.31)}\right)}{\ln(d_{\%63} - \alpha) - \ln(d_{\%31} - \alpha)}$
II	%25-%50-%95	$\alpha = 0.5 \times d_{min}$ $\beta = \frac{d_{\%50} - \alpha}{(-\ln(1 - 0.50))^{\frac{1}{\gamma}}}$ $\gamma = \frac{\ln\left(\frac{\ln(1 - 0.95)}{\ln(1 - 0.25)}\right)}{\ln(d_{\%95} - \alpha) - \ln(d_{\%25} - \alpha)}$
III	%31-%50-%63	$\alpha = 0.5 \times d_{min}$ $\beta = \frac{d_{\%50} - \alpha}{(-\ln(1 - 0.50))^{\frac{1}{\gamma}}}$ $\gamma = \frac{\ln\left(\frac{\ln(1 - 0.63)}{\ln(1 - 0.31)}\right)}{\ln(d_{\%63} - \alpha) - \ln(d_{\%31} - \alpha)}$
IV	%50-%95	$\alpha = 0.5 \times d_{min}$ $\beta = \frac{d_{\%50} - \alpha}{(-\ln(1 - 0.50))^{\frac{1}{\gamma}}}$ $\gamma = \frac{\ln\left(\frac{\ln(1 - 0.95)}{\ln(1 - 0.50)}\right)}{\ln(d_{\%95} - \alpha) - \ln(d_{\%50} - \alpha)}$
V	$d_{min}, d_g,$ %25-%50-%95	$\alpha = \frac{n^{0.3333} \cdot d_{min} - d_{\%50}}{n^{0.3333} - 1}$ $\gamma = \frac{2.343088}{\ln(d_{\%95} - \alpha) - \ln(d_{\%25} - \alpha)}$ $\beta = \frac{\alpha \cdot \Gamma_1}{\Gamma_2} + \sqrt{\left(\frac{\alpha}{\Gamma_2}\right) \cdot (\Gamma_1^2 - \Gamma_1) + \left(\frac{d_g^2}{\Gamma_2}\right)}$

n= her bir örnek alandaki ağaç sayısı d_{min} = her bir örnek alandaki minimum çap, d_g = her bir örnek alan için hesaplanan göğüs yüzeyi orta ağacının çapı, $d_{\%25}, d_{\%31}, d_{\%50}, d_{\%63}, d_{\%95}$ = verileri küçükten büyüğe doğru sıralandığında %25'lik, %31'lik, %50'lik, %63'lik ve %95'lik veriye karşılık çap değeri,

$$\Gamma_1 = \Gamma\left(1 + \frac{1}{\gamma}\right), \Gamma_2 = \Gamma\left(1 + \frac{2}{\gamma}\right)$$

Yüzdeler esas alan yöntem

Yüzdeler esas alan yöntemler ile β ve γ parametrelerini tahmin etmek için çap dağılımının belirli yüzdelerine karşılık gelen çap değerlerini esas alan eşitliklere dayanmaktadırlar. Bu çalışmada, yüzdeler esas alan yöntemler olarak; I. yöntemde %31-%63, II. yöntemde %25-%50-%95, III. yöntemde %31-%50-%63, IV.

yöntemde %50-%95 ve V. yöntemde ise, minimum çap, göğüs yüzeyi orta ağacının çapı (d_g) ile %25-%50-%95'lik değerlerine karşılık gelen çap değerleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan 5 farklı yüzdeler yöntemine ilişkin eşitlikler Tablo 3'de verilmiştir.

Parametre tahmin yöntemlerinin karşılaştırılması

Parametre tahmin yöntemlerinden çalışmaya konu meşcerelerin çap dağılımların modellemeye en başarılı olanını belirlemek için Reynolds ve ark. (1988) tarafından geliştirilen hata indeks değeri kullanılmıştır.

$$e = \sum_{i=1}^m |N_{ölçülen} - N_{tahmin}|$$

Burada;

e: Hata değeri

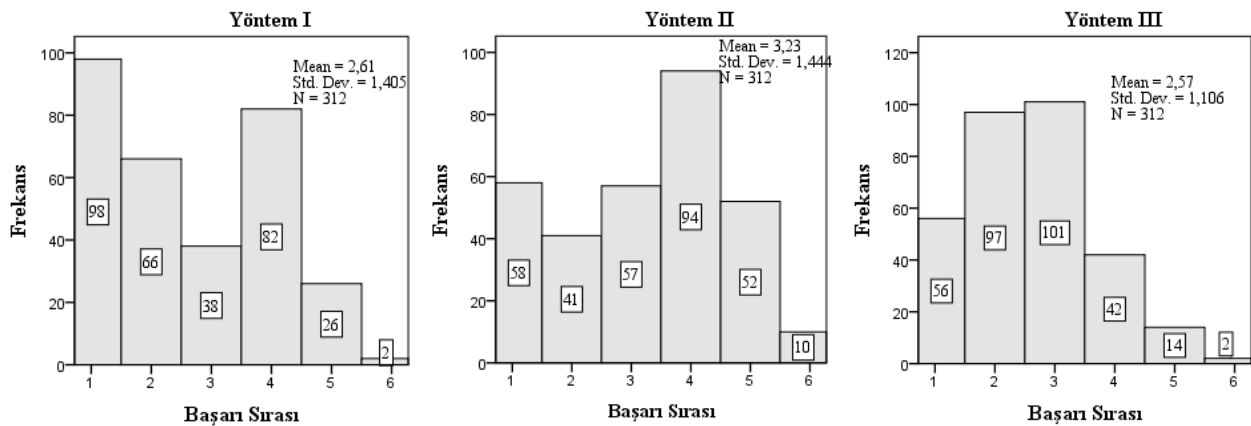
N: Ağaç sayısı

Her bir örnek alandaki en küçük hata değerine sahip olan yöntem, meşcerelerin çap dağılımını temsil etmede 1. sırayı alırken, hata değerinin büyüklüğüne göre diğer yöntemler 2., 3., 4., 5. ve 6. sırayı almıştır. Bu şekilde her bir örnek alan için parametre hesaplama yöntemlerine karşılık gelen başarı sıralarının toplamı alınmış ve en küçük ortalama başarı

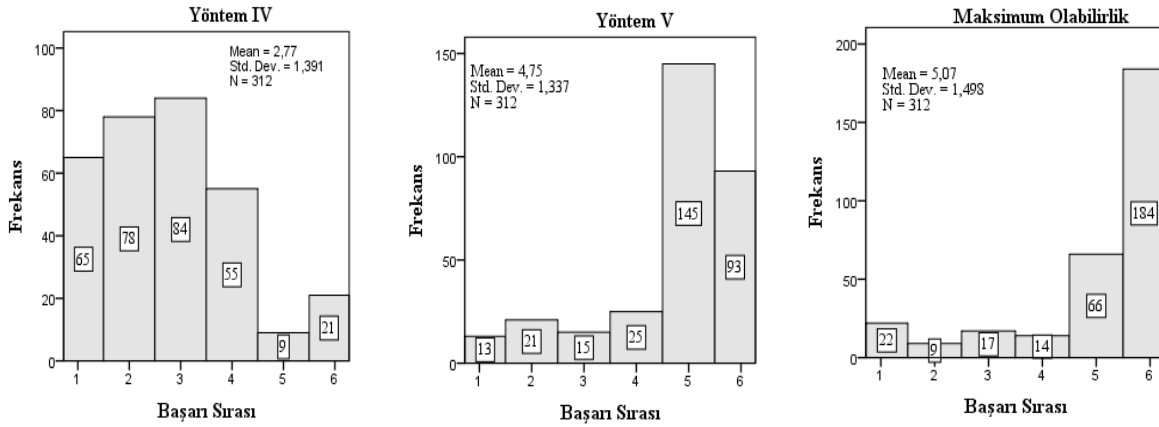
sırasına sahip olan yöntem çalışma alanındaki meşcerelerin çap dağılımlarının modellenmesinde en başarılı olarak belirlenmiştir. Çok sayıda örnek alan olması nedeniyle parametre tahmin yöntemlerinin her bir örnek alanlardaki başarı sırası ayrı ayrı verilememiştir. Bunun yerine, kısaca bir yöntemin kaç kez 1., 2., 3., 4., 5. ve 6. olduğu belirtilmiştir (Tablo 4 ve Şekil 2). En başarılı olarak belirlenen parametre tahmin yöntemiyle oluşturulan üç parametrelili Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonunun istatistiksel olarak örnek alanlara uygunluğu Kolmogorov-Smirnov analizi (K-S) ile test edilmiştir. K-S analizine ilişkin hesap değeri; çap basamağı düzeyinde hesaplanan iki oransal birikimli frekanslara ilişkin farkların en büyüğü olarak alınmıştır. Tablo değeri ise, % 95 güven düzeyi için; $1.36/\sqrt{\text{örnek alandaki ağaç sayısı}}$ olarak hesaplanmıştır. Hesap değeri tablo değerinden küçük ise geliştirilen Weibull fonksiyonun örnek alana uygun olduğu sonucuna varılır.

Tablo 4. Parametre tahmin yöntemlerinin başarı sırasına göre frekans değerleri

Yöntem	Örnek alan sayısı	Başarı Sırası						Ortalama
		1	2	3	4	5	6	
I	312	98	66	38	82	26	2	2.61
II	312	58	41	57	94	52	10	3.23
III	312	56	97	101	42	14	2	2.57
IV	312	65	78	84	55	9	21	2.77
V	312	13	21	15	25	145	93	4.75
Maksimum Olabilirlik	312	22	9	17	14	66	184	5.07



Şekil 2. Parametre tahmin yöntemlerinin başarı frekansları



Şekil 2. (Devamı)

Bulgular

Parametre tahmin yöntemlerine ilişkin bulgular

Hata indeks değerine göre; maksimum olabilirlik yöntemine ilişkin ortalama başarı sırası 5.07'dir. Yüzdelerik değerleri esas alan yöntemlerden I. yönteme ilişkin başarı sırası 2.61, II. yönteme ilişkin başarı sırası 3.23, III. yönteme ilişkin başarı sırası 2.57, IV. yönteme ilişkin başarı sırası 2.77 ve V. yönteme ilişkin başarı sırası 4.75 olarak elde edilmiştir (Tablo 4). Böylece, 2.60 ortalama başarı sırasına sahip olan I. yöntem çap dağılımlarını modellemede en başarılı, maksimum olabilirlik yöntemi ise en başarısız yöntem olarak belirlenmiştir. Tahmini çap dağılımlarının örnek alanlara uygunluğu Kolmogorov-Simirnov analizi ile test edilmiş ve %31-%63'lük yüzdelerikler ile geliştirilen Weibull fonksiyonunun %95 güvenle, 312 örnek alandan 305'inde uygun olduğu belirlenmiştir.

Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, üç parametrelili Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonuna ilişkin parametrelerin tahmininde maksimum olabilirlik ve çap dağılımlarının çeşitli yüzdeleriklerini esas alan yöntemler kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan farklı parametre tahmin yöntemlerinden, Reynolds hata indeks değerine göre en başarılı olanı 2.48 ortalama başarı sırasına sahip olan Yöntem I (%31-%63) olarak belirlenmiştir. Benzer konuda daha önce yapılan birçok çalışmada

yüzdelerik değerleri esas alan yöntemlerin farklı çap dağılımlarını tahmin etmede başarılı olduğu ortaya konmuştur. Örneğin, Poudel (2011) ve Karakaş (2013) çap dağılımlarının %25-%50-%95'lik değerlerini esas alan yöntemin (Yöntem II) daha başarılı olduğunu belirlerken, Ercanlı ve ark. (2013) çap dağılımlarının %25, %50-%63'lük değerleri esas alan yöntemin (Yöntem III) daha başarılı olduğunu belirlemişlerdir. Benzer şekilde, Kangas ve Maltamo (2000) Sarıçam, Ladin ve Betula meşcerelerinde yaptığı çalışmada yüzdelerik değerleri esas alan yöntemlerin değişik meşcere yapılarını temsil etmede oldukça başarılı olduklarını belirtmişlerdir. Liu ve ark. (2004) ladin plantasyon ormanlarında üç parametrelili Weibull fonksiyonuna ait parametrelerin yüzdelerik değerleri esas alan yöntemlerle (%25-%50-%95) tahmin edildiğinde meşcere yapılarını temsil etmede başarı oranının arttığını bildirmişlerdir. Bir diğer çalışmada Liu ve ark. (2009) ladin plantasyonlarında yaptıkları araştırmanın sonucunda yüzdelerik değerleri esas alan yöntemin (%25-%50-%93) çap dağılımlarını tanımlamada daha başarılı olduğunu ortaya koymuşlardır.

Meşcere çap dağılımları meşcere yaşı, yetişme ortamı verim gücü, sıklık gibi meşcere özelliklerine, silvikültürel müdahalelerin sıklığı ve şiddetine göre farklılık gösterdiğinden parametre tahmininde hangi yüzdelerik değerlerin üstün olduğu meşcere yapılarına göre değişebilmektedir.

Ülkemiz ormanları çok farklı ağaç türlerinden ve farklı yetiştirme ortamlarından oluşmaktadır. Bu nedenle, farklı yetiştirme ortamlarında gelişim gösteren çeşitli ağaç türlerinden oluşan meşcereler için, uygun çap dağılım modellerinin oluşturulabilmesi amacıyla çap dağılımlarını en iyi temsil eden parametre tahmin yöntemlerinin belirlenmesi önem kazanmaktadır. Bu nedenle parametre değerlerinin hesaplanmasında kullanılan yüzdelik değerlerin çeşitli meşcere özellikleri ile ilişkilerini modelleyen ve gelecekteki çap dağılımlarını tahmin eden eşitliklerin geliştirilmesi gerekmektedir.

Teşekkür

Bu çalışmada kullanılan veriler Orman Genel Müdürlüğü envanter çalışmalarından elde edilmiştir. Verilerin sağlanmasındaki yardımlarından dolayı Orman Genel Müdürlüğüne teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Akalp T. 1982. Simulasyon tekniği ve meşcere modelleri. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 32(1), 166-172.

Bliss C.I., Reinker K.A. 1964. A lognormal approach to diameter distributions in even-aged stands. Forest Science, 10(3), 350-360.

Bolat F. 2015. Bursa-Kestel Orman İşletme Şefliği içerisindeki meşcereler için çap dağılım modellerinin geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, ÇKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 77 s. Çankırı.

Borders B.E., Souter R.A., Bailey R.L., Ware K.D. 1987. Percentile based distributions characterize forest tables. Forest Science, 33(2), 570-576.

Clutter J.L., Bennet F.A. 1965. Diameter distributions in old-field slash pine plantation. Georgia Forest Research Council, Report No: 13, 9p. USA.

Ercanlı İ., Yavuz H. 2010. Doğu ladini (*Picea Orientalis* (L.) Link)-Sarıçam (*Pinus Sylvestris* L.) karışık meşcerelerinde çap dağılımlarının olasılık yoğunluk fonksiyonları ile belirlenmesi. Kastamonu Orman Fakültesi Dergisi, 10(1), 68-83.

Ercanlı İ., Bolat F., Kahrıman A. 2013. Comparing parameter recovery methods for diameter distribution models of Oriental spruce (*Picea orientalis* (L.) Link.) and Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) mixed stands located Trabzon and

Giresun Forest Regional Directorate. International Caucasian Forestry Symposium (24-26 October), 119-126, Artvin, Turkey.

Frazier J.R. 1981. Compatible whole-stand and diameter distribution models for Loblolly pine plantations. PhD thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, 125 p. Blacksburg.

Gorgoso-Varela J.J. 2015. Comparison of estimation methods for fitting Weibull distribution to the natural stand of Oluwa forest reserve, Onda State, Nigeria. Journal of Research in Forestry, Wildlife and Environment, 7(2), 81-90.

Johnson N.L. 1949. System of frequency curves generated by methods of translation. Biometrika, 36(1/2), 149-176.

Kangas A., Maltamo M. 2000. Performance of percentile based diameter distribution prediction and Weibull method in independent data sets. Silva Fennica, 34(4), 381-398.

Karakaş R. 2013. Önsen doğal Fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) meşcerelerinde çap dağılımlarının modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, KSÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 67s. Kahramanmaraş.

Knowe S.A., Ahrens G.R., DeBell D.S. 1997. Comparison of diameter-distribution prediction, stand-table projection and individual-tree growth modeling approaches for young red alder plantations. Forest Ecology and Management, 98, 49-60.

Lei Y. 2008. Evaluation of three methods for estimating the Weibull distribution parameters of Chinese Pine (*Pinus tabulaeformis*). Journal of Forest Science, 54(12), 566-571.

Liu C., Zhang S.Y., Lei Y., Newton P.F., Zhang L. 2004. Evaluation of tree methods for predicting diameter distributions of black spruce (*Picea mariana*) plantations in central Canada. Canadian Journal of Forest Research, 34(12), 2424-2432.

Liu C., Beaulieu J., Prigent G., Zhang S.Y. 2009. Applications and comparison of six methods for predicting parameters of the Weibull function in the thinned *Picea glauca* plantations. Scandinavian Journal of Forest Research, 24(1), 67-75.

Maltamo M., Kangas A., Uuttera J., Torniainen T., Saramäki J. 2000. Comparison of percentile based prediction methods and Weibull distribution in describing diameter distribution of heterogenous Scots pine stands. Forest Ecology and Management 133: 263-274.

Mısır N. 2003. Karaçam ağaçlarına ilişkin büyüme modelleri. Doktora tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 209s. Trabzon.

Nelson T.C. 1964. Diameter distribution and growth of Loblolly pine. *Forest Science*, 10(1), 105-114.

OGM 2005. Orman envanter verileri.

Özdemir G.A. 2015. Modeling the diameter distribution of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) stands. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 66(2), 548-558.

Packard K.C. 2000. Modeling tree diameter distributions for mixed-species conifer forests in the Northeast United States. Master thesis, State University of New York, 129p. USA.

Podlaski R., Zasada M. 2008. Comparison of selected statistical distributions for modelling the diameter distributions in near-natural *Abies-Fagus* forests in the Swietokrzyski National Park (Poland). *European Journal of Forest Research*, 127(6), 455-463.

Poudell K.P. 2011. Evaluation of methods to predict Weibull parameters for characterizing diameter distributions. Master Thesis, Graduate Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College, 60p. USA.

Reynolds M.R., Thomas B.E., Won-Chin H. 1988. Goodness-of-fit tests and model selection procedures for diameter distribution models. *Forest Science*, 34(2), 373-399.

Sakıcı O. E., Gülsunar M. 2012. Diameter distribution of Bornmullerian fir in mixed stands. *Kastamonu University, Journal of Forestry Faculty, Special Issue*, 263-270.

Sönmez T., Karahalil U., Günlü A., Şahin A. 2015. Aynı yaşlı ve saf Doğu ladini (*Picea orientalis* (L.) Link.) meşcerelerinde çap dağılımlarının bonitet ve yaş sınıfları için değerlendirilmesi. *Kastamonu Üni. Orman Fakültesi Dergisi*, 15 (1), 26-36.

Vanclay J.K. 1994. Modelling forest growth: Applications to mixed tropical forests. ISBN: 0851989136, 978-0851989136, 312p. Denmark.

Weibull W. 1951. A statistical distribution function of wide applicability. *Journal of Applied Mechanics*, (18), 293-297.

Zarnoch S.J., Dell T.R. 1985. An evaluation of percentiles and maximum likelihood estimators of Weibull parameters. *Forest Science*, 31(1), 260-268.

Zhang X., Lei Y. 2010. A linkage among whole-stand model, individual-tree model and diameter-distribution model. *Journal of Forest Science*, 56(12), 600-608.