

Vezirköprü-Sarıççek Orman İşletme Şefliği Sınırları İçerisinde Yer Alan Meşcerelerin Çap Dağılımlarının 3 Parametrelili Weibull Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu İle Modellenmesi

*İlker ERCANLI¹, Ferhat BOLAT¹, Aydın KAHRİMAN²

¹Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Çankırı

²Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Artvin

*Sorumlu yazar: ilkerercanli@karatekin.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, Sarıççek Orman İşletme Şefliğinde yayılış gösteren farklı meşcereleri için 3 parametrelili Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonun parametrelerinin tahmine ilişkin farklı eşitlikler ile çap dağılımlarının modellenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, çalışmaya konu meşcerelerden alınmış 428 örnek alan verisi kullanılarak çap dağılımlarının %25, %31, %50, %63 ve %95'lik değerlerine karşılık gelen çapları esas alan 5 farklı yüzdellik yöntemi ile 3 parametrelili Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonun parametreleri tahmin edilmiştir. Rennolds vd. (1988) tarafından geliştirilen hata indeksine bağlı olarak yapılan karşılaştırmada, %31, %50 ve %63'lük değerleri esas alan eşitliklere dayanan parametre tahmin yöntemi; çalışma alanındaki meşcerelerinin çap dağılımını modellemeye en başarılı parametre tahmin yöntemi olarak belirlenmiştir. Ayrıca, olasılık yoğunluk fonksiyonun parametrelerinin çeşitli meşcere özelliklerine göre değişimleri değerlendirildiğinde; parametre değerleri ile ağaç tür karışımları ve çağ sınıfları arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler elde edilmiştir. Meşcere kapalılığının ise meşcere çap dağılımını modelleyen Weibull fonksiyonun parametre değeri üzerinde bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Çap dağılım modelleri, 3 Parametrelili Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonu, Yüzdellikleri esas alan parametre tahmin yöntemi

Modelling Stand Diameter Distribution by Using 3-Parameters Weibull Probability Density Function in Sarıççek-Vezirköprü Forest Enterprise

Abstract

In this study, it is aiming to model stand diameter distribution by using different parameter prediction methods for 3-Parameter Weibull probability density function in Sarıççek Forest Enterprise. The parameter of Weibull pdf were estimated by using five methods based on 25th, 31th, 50th, 63th and 95th percentiles obtained from data including 428 sample plots. In evaluations based on Rennolds et. al. (1988)'s error index values, the method using some equations including 31th, 50th and 63th percentiles were assessed to the most successful technique for modeling stand diameter in studied forest areas. When the relationships between the parameters of Weibull function and some stand attributes were analyzed, the statistical significant relationships were obtained for species admixtures and stand diameter classes. However, it is determined that stand crown closure has no effect on the value of the parameters of 3-Parameter Weibull probability density function.

Keywords: Stand diameter distribution models, 3-Parameter Weibull probability density function, Parameter prediction method based on percentile values

Giriş

Ormanların artım ve büyüme potansiyelleri ile birlikte meşcere yapıları hakkındaki bilgiler ve meşcere yapılarının; yetiştirme ortamı verim gücü, yaş, sıklık derecesi ve karışım oranı ile ilişkilerinin bilinmesi; ormanların planlanması açısından önem taşımaktadır (Yavuz vd., 2002). Meşcere yapılarını, meşcere içinde ağaçların çap basamaklarına dağılımı tanımlanmakta ve özellikle, günümüz ve gelecekteki çap dağılımlarının ortaya konulması ile de başta orman amenajmanı olmak üzere ormancılık uygulamalarına meşcere hakkında önemli bir bilgi kaynağı sağlanmaktadır (Maltoma, 1997). Ormanlardan elde edilecek ürün çeşitlerinin

belirlenmesi, meşcerelerin çap dağılımlarının tahmin edilmesi ile mümkün olabilmekte ve ormanların planlanmasında da bu bilgiye ciddi anlamda gereksinim duyulmaktadır (Rennolds et. al., 1985; Borders and Patterson, 1990; Laar and Akça, 2007).

Ormancılıkta çap dağılımları konusundaki ilk çalışmalar olarak; 1883 yılında Gram'ın kayın meşcerelerinin çap dağılımlarını normal dağılım ve 1898 yılında De Liocourt'un değişik yaşlı meşcerelerde çap dağılımlarını exponential dağılım ile modellediği çalışmalar ifade edilebilir (Leak, 1965; Packard, 2000). Meyer ve Stevenson (1943), De Liocourt'un exponential dağılım modelini;

“Negatif Exponansiyel Dağılım”a dönüştürerek değişik yaşlı karışık meşcerelerin çap dağılımını modellemek için kullanmışlardır (Yavuz vd., 2002). Özellikle 1930’lı yıllarda, çeşitli matematik serileri kullanılarak çap dağılımları modellenmeye çalışırken, özellikle 1960’lı yıllarla birlikte ise, ormancılıkta çap dağılımlarının modellenmesinde istatistik yoğunluk fonksiyonları “probability density function (pdf)”kullanılmıştır (Packard, 2000). Olasılık yoğunluk fonksiyonları, belirli bir çap başmağındaki olası birey sayısının meşceredeki toplam birey sayısına oranı olarak tahminler yapan fonksiyonlar olup, 0 ile 1 arasında tahmin sonuçları vermektedirler (Bailey ve Dell, 1973). Clutter ve Bennet (1965)’in çap dağılımlarını dört parametrelili beta fonksiyonu ile modellediği çalışma ise çap dağılımlarının modellenmesinde olasılık yoğunluk fonksiyonlarının ilk olarak kullanıldığı çalışmadır (Packard, 2000). Daha sonraki yıllarda, çap dağılımlarının modellenmesinde farklı olasılık yoğunluk fonksiyonları kullanılarak birçok çalışma gerçekleştirilmiştir (Bailey ve Dell, 1973; Smalley ve Bailey, 1974; Haffley ve Schreuder, 1977; Rennols vd., 1985; Knoebel vd., 1986; Pukkala vd., 1990; Saramaki, 1992; Maltamo vd., 1995; Maltamo, 1997; Packard, 2000; Liu vd., 2004; Palahi vd., 2006; Podlaski 2006; Nord-Larsen ve Cao, 2006; Palahi vd., 2007).

Ormancılıkta, meşceredeki ağaçların çap basamaklarına dağılımlarını modellemek üzere Normal (Bailey, 1980), Lognormal (Bliss ve Reinker, 1964), Gamma (Nelson, 1964), Beta (Clutter ve Bennet, 1965; Zöhrer, 1969), Johnson’s SB (Johnson, 1949) ve Weibull dağılımı (Weibull, 1951; Bailey ve Dell, 1973) gibi farklı olasılık yoğunluk fonksiyonları kullanılmaktadır (Ercanlı ve Yavuz, 2010). Ancak, son yıllardaki çalışmalarda, 3 parametrelili Weibull dağılımı kullanımı öne çıkmaktadır. Bu olasılık yoğunluk fonksiyonu, 3 parametrelili esnek fonksiyon yapısı ile özellikle farklı çap dağılımlarını modellemede, başarılı sonuçlar vermiştir.

Ülkemizde, Saraçoğlu (1988) tarafından Karadeniz Yöresi değişik yaşlı Gökmar meşcerelerinin çap dağılımlarını, Meyer’in üssel yoğunluk fonksiyonu ile modellemiştir. Daha sonraki yıllarda, Meyer’in üssel yoğunluk fonksiyonunu, Atıcı (1998) değişik yaşlı Doğu Kayını meşcereleri için kullanmıştır. Carus (1996), eşit yaşlı Doğu kayını meşcerelerin çap dağılımlarını modellemek üzere, Gama, Beta, Weibull ve Normal dağılımları

kullanmış ve Gamma dağılımının çap dağılımlarını modellemede en başarılı fonksiyon olduğunu ifade etmiştir. Yavuz vd. (2002), Dişbudak meşcerelerinin çap dağılımlarının modellenmesinde, Normal, Log-Normal, Gamma ve Weibull dağılımlarını kullanmış ve en başarılı dağılımın 2 parametrelili Weibull dağılımı olduğunu ifade etmiştir. Carus ve Çatal (2008) çalışmasında, 7 ağaç örnekleme yöntemine göre elde edilmiş örnek alanlarda çap basamaklarının modellenmesinde Beta, Gamma, Normal, Log-Normal ve Weibull dağılımları karşılaştırılmış ve en uygun modelin log-Normal fonksiyonun olduğu belirlenmiştir. Ercanlı (2010) ve Ercanlı ve Yavuz (2010), Doğu ladini-Sarıçam karışık meşcerelerinin çap dağılımlarını modellemede Sarıçam için ise 3 parametrelili Weibull fonksiyonun en başarılı fonksiyonlar olduğunu saptamıştır. Sönmez vd. (2010) ve Kahrıman ve Yavuz (2011), meşcerelerin çap dağılımlarını modellemede, olasılık yoğunluk fonksiyonları kullanmışlardır. Karakaş (2013) doğal Fıstık çamı meşcerelerinin çap dağılımlarını Weibull fonksiyonu ile oluşturmuş ve bu fonksiyona ait parametrelerin tahmininde maksimum olabilirlik, yüzdellik değerleri esas alan yöntem ve hibrid yöntemini kullanmış ve en başarılı parametre tahmin yönteminin yüzdellikleri esas alan metot olduğunu ortaya koymuştur. Ercanlı vd. (2013) 3-parametrelili Weibull fonksiyonunun parametrelerini çap dağılımının bazı yüzdellik ve moment değerleri ile tahmin etmiş ve 25%, 50% and 63% değerleri kullanan yöntemin en başarılı olduğunu ortaya koymuşlardır. Doğdaş (2014), Burdur-Ağlasun yöresi Kızılcım (Pinus brutia Ten.) ormanlarında ağaç sayısı, hacim ve hacim artımının çap basamaklarına dağılımlarının modellenmesinde; çap dağılımlarını temsil etmede en başarılı fonksiyonların meşcere ağaç sayısı için Johnson SB meşcere hacim ve meşcere hacim artımı için 3 Parametrelili Gamma olduğu tespit etmiştir.

Bu çalışmada, Amasya Orman Bölge Müdürlüğü, Vezirköprü Orman İşletme Müdürlüğü, Sarıççek Orman İşletme Şefliğinde yayılış gösteren farklı meşcerelerin çap dağılımlarının modellenmesinde, 3 parametrelili Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonun parametrelerinin tahmine ilişkin farklı eşitlikler ile çap dağılımlarının modellenmesi amaçlanmaktadır.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada kullanılan veriler, Amasya Orman Bölge Müdürlüğü, Vezirköprü Orman İşletme

Müdürlüğü, Sarıçiçek Orman İşletme Şefliğinde yapılan Orman amenajmanı envanter çalışmalarında elde edilmiştir. Bu envanter çalışmasında, farklı orman meşcerelerinin yapılarını temsil etmek üzere 428 adet örnek alan alınmıştır. Bu örnek alanlarda, standart orman envanteri ölçümleri yapılmıştır. Özellikle örnek alanların meşcere tiplerine dağılımı ile çap ölçümlerine ilişkin çeşitli istatistikler ise, Tablo 1’de verilmiştir. Özellikle Tablo 1 incelendiğinde, 53 farklı meşcere tipi gözlemlenmiş olup, en çok rastlanılan ilk 5 meşcere tipi ise; 45 kez CkCd3, 37 kez Ckc3, 31 kez Czcd2, 28 kez Ckbc3 ve 19 kez Ckcd1’dir. Bu meşcere tipleri bütünüyle değerlendirildiğinde ise, çalışma alanındaki meşcerelerin Karaçam, Kızılçam, Sarıçam, Kayın ve Meşe ağaç türlerinden oluşan meşcereler olduğu görülmektedir.

Olasılık Yoğunluk Fonksiyonları

Ormancılıkta, belirli çap basamaklarındaki/kademelerindeki birey sayılarını modellemek ve çap dağılım modellerini geliştirmek üzere, istatistik biliminde önemli bir yeri olan Olasılık Yoğunluk Fonksiyonları “Probability Density Function (pdf)” kullanılmaktadır. Bu fonksiyonlar, belirli bir çap basamağındaki birey sayısının, meşceredeki toplam ağaç sayısına oranını veren ve böylece 0 ile 1 arasında tahminler yapan fonksiyonlardır. Bu fonksiyonlara örnek olarak; Normal (Bailey, 1980), Lognormal (Bliss ve Reinker, 1964), Gamma (Nelson, 1964), Beta (Clutter ve Bennet, 1965; Zöhrer, 1969), Johnson’s SB (Johnson, 1949) ve Weibull dağılımı (Weibull, 1951; Bailey ve Dell, 1973) gibi farklı olasılık yoğunluk fonksiyonları verilebilir.

Çap dağılımlarının modellenmesine ilişkin bu süreçte birçok farklı olasılık yoğunluk fonksiyonu denenmiştir. Diğer taraftan yapılan birçok çalışmada, çap dağılımlarını modellemede 3 Parametrelili Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonu başarılı sonuçlar vermiştir (Smalley ve Bailey 1974, Lohrey ve Bailey 1977; Feduccia vd. 1979, Matney ve Sullivan 1982, Clutter vd. 1984, Baldwin ve Feduccia 1987; Liu vd., 2004; Čavlović vd., 2006; Palahi vd. 2006; Zhang ve Liu, 2006; Gorgoso-Varela vd. 2007; Jiang ve Brooks 2009; Andrasev vd. 2009). Bu çalışmada da, diğer birçok çap dağılımına ilişkin çalışmada başarıyla kullanılmış olan 3 parametrelili Weibull fonksiyonu; meşcerelerinin çap dağılımını modellemede kullanılmak üzere seçilmiştir.

Tablo 1. Örnek alanların meşcere tiplerine dağılımı ve çeşitli istatistiksel bilgiler

Meşcere Tipi	Örnek Alan Sayısı	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı (%)
Çkb ₃	8	14.36	5.17	35.98
Çkbc ₂	2	21.57	6.30	29.19
Çkbc ₃	28	17.11	7.65	44.73
Çkc ₂	7	19.68	10.60	53.85
Çkc ₃	37	19.84	8.04	40.52
Çkcd ₁	19	21.86	12.88	58.90
Çkcd ₂	13	21.48	10.41	48.44
Çkcd ₃	45	22.76	10.57	46.45
ÇkÇscd ₃	6	23.31	11.97	51.34
ÇkÇsd ₃	8	35.45	19.43	54.81
ÇkÇsKncd ₃	6	22.94	12.44	54.24
ÇkÇzc ₂	15	19.21	9.12	47.47
ÇkÇzc ₃	3	18.19	8.11	44.62
Çkd ₂	6	26.98	15.72	58.26
Çkd ₃	10	28.99	12.07	41.64
ÇkKnc ₃	4	18.88	10.19	53.99
ÇkKnd ₃	8	22.87	11.66	50.99
ÇkKnMab ₃	5	9.67	1.88	19.40
ÇkMbc ₂	2	18.44	8.84	47.96
Çsb ₃	5	11.53	2.42	20.95
ÇsÇkb ₃	4	13.10	6.02	45.98
ÇsÇkc ₃	6	21.48	9.28	43.18
ÇsÇkd ₁	3	34.10	21.23	62.25
ÇsÇkd ₃	6	30.54	13.49	44.19
ÇsÇkKnab ₃	5	9.77	1.67	17.08
Çsd ₃	8	39.21	10.52	26.83
ÇsKnbc ₃	4	12.05	3.87	32.14
ÇsKnÇkd ₃	9	27.75	13.35	48.11
ÇsKnd ₃	6	28.93	12.19	42.14
Çzbc ₂	3	17.01	5.41	31.79
Çzc ₂	9	23.12	7.54	32.64
Çzc ₃	7	20.23	8.00	39.56
Çzcd ₂	31	23.54	9.34	39.66
Çzcd ₃	2	29.15	9.25	31.72
ÇzÇkc ₂	4	21.56	10.40	48.21
ÇzÇkc ₃	3	19.12	7.50	39.24
ÇzÇkcd ₂	8	21.09	8.67	41.13
Çzd ₁	3	25.76	10.89	42.26
Knc ₃	3	18.52	6.22	33.57
Kncd ₂	3	23.32	11.53	49.44
Kncd ₃	6	22.06	11.71	53.08
KnÇkbc ₃	8	18.60	9.90	53.21
KnÇkc ₃	6	19.53	9.52	48.72
KnÇkcd ₁	3	22.23	11.45	51.52
KnÇkcd ₃	3	23.02	11.75	51.05

Tablo 1.(devam)

Meşcere Tipi	Örnek Alan Sayısı	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı (%)
KnÇkGbc ₃	3	19.03	11.39	59.85
KnÇsab ₃	4	14.96	2.82	18.87
KnÇsc ₃	4	24.01	11.32	47.13
KnÇscd ₃	7	21.06	11.35	53.89
KnÇsÇkc ₃	6	23.74	11.87	50.00
KnÇsd ₃	4	24.92	16.82	67.48
Kn _{d3}	3	25.90	12.98	50.12
KnGÇkcd ₃	7	19.08	11.73	61.50

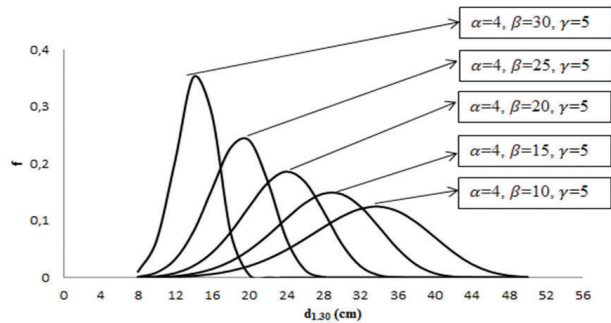
3 parametrelili Weibull Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu (Bailey ve Dell, 1973)

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

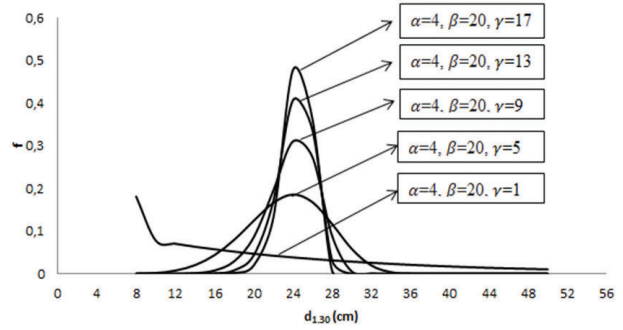
Bu formülde, x: çap (cm), α, β, γ ise olasılık yoğunluk fonksiyonun parametreleridir. Bu parametrelerden, α (alfa); Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonun konum (location) parametresi iken, β (beta); ölçek (scale) parametresi ve γ (lambda) ise; biçim (shape) parametresidir. Kümülatif Weibull dağılımı ise aşağıda verilmiştir.

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

Weibull fonksiyonun konum parametresi (α); çap dağılımdaki en küçük çap değeri ile ilişkili iken, ölçek parametresi (β); çap dağılımın yaygınlığını ve biçim parametresi (γ) ise; dağılımın şeklini tanımlamaktadır. Şekil 1’de, ölçek parametresine (β) göre Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonuna değişimi görülebilirken, biçim parametresine (γ) bağlı olarak değişim ise Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 1. Ölçek parametresine (β) göre Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonunun değişimi



Şekil 2. Biçim parametresine (γ) göre Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonunun değişimi

Parametre Tahmin Yöntemleri

Ormancılıkta çap dağılımlarının modellenmesinde yaygın bir şekilde tercih edilen 3 parametrelili Weibull fonksiyona ilişkin parametrelerin tahmin edilmesinde farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler (i) doğrusal olmayan regresyon analizi (nonlinear regression), (ii) maksimum olasılık (maximum likelihood estimation), (iii) dağılım momentlerini esas alan eşitlikler (moment-based parameter recovery), (iv) dağılım yüzdeleri esas alan eşitlikler (percentile-based parameter recovery)’dir. Bu çalışmada, özellikle çap dağılımlarının modellenmesinde basit ve uygulanabilir yöntemler olan ve meşcerelerin çap dağılımlarının modellenmesinde başarıyla uygulanan (Knowe, 1992; Bailey vd., 1989; Knowe vd., 1997; Liu vd., 2004; Cao, 2004; Produel, 2011; Produel ve Cao, 2013) yüzdeleri esas alan eşitlikler kullanılmıştır.

Çap dağılımlarına ilişkin yüzdelerin kullanımında, farklı yüzde değerleri tercih edilmektedir. Farklı yüzde değerlerin kullanımı ile birlikte farklı parametre tahminine ilişkin eşitlikler söz konusu olmaktadır. Bu çalışmada; çap dağılımlarının %25, %31, %50, %63 ve %95’lik değerlerine karşılık gelen çapları esas alan 5 farklı yöntem kullanılmıştır. Bu 5 farklı yöntemle ilişkin eşitlikler, Tablo 2’de ayrıntılı olarak verilmiştir. Bu eşitliklerde yer alan çap dağılımına ilişkin çeşitli yüzde değerlerinin hesaplanmasında SPSS adlı bir istatistik paket programı kullanılmıştır (SPSS 15.0 Inc., 2005).

Farklı tahmin yöntemlerinin karşılaştırılması

Bir örnek alanda ağaçların çap basamaklarına dağılımını modellemek üzere kullanılan 3 parametrelili Weibull fonksiyonun parametrelerinin tahmin edilmesinde; Tablo 2’de eşitlikleri verilmiş

Tablo 2. Olasılık Yoğunluk fonksiyonlarının parametrelerinin tahminine ilişkin eşitlikler

Yöntem	Eşitlikler
%31 ve %63'lük değerleri esas alan eşitlikler	$\alpha = 0.5 \cdot d_{min}$ $\gamma = \frac{\ln\left(\frac{\ln(1-0.63)}{\ln(1-0.31)}\right)}{\ln(d_{%63}-\alpha)-\ln(d_{%31}-\alpha)}$ $\beta = \frac{d_{%63}-\alpha}{(-\ln(1-0.63))^{\frac{1}{\gamma}}}$
%50 ve %95'lük değerleri esas alan eşitlikler	$\alpha = 0.5 \cdot d_{min}$ $\gamma = \frac{\ln\left(\frac{\ln(1-0.95)}{\ln(1-0.50)}\right)}{\ln(d_{%95}-\alpha)-\ln(d_{%50}-\alpha)}$ $\beta = \frac{d_{%50}-\alpha}{(-\ln(1-0.50))^{\frac{1}{\gamma}}}$
%25, %50 ve %95'lük değerleri esas alan eşitlikler	$\alpha = 0.5 \cdot d_{min}$ $\gamma = \frac{\ln\left(\frac{\ln(1-0.95)}{\ln(1-0.25)}\right)}{\ln(d_{%95}-\alpha)-\ln(d_{%25}-\alpha)}$ $\beta = \frac{d_{%50}-\alpha}{(-\ln(1-0.50))^{\frac{1}{\gamma}}}$
%31, %50 ve %63'lük değerleri esas alan eşitlikler	$\alpha = 0.5 \cdot d_{min}$ $\gamma = \frac{\ln\left(\frac{\ln(1-0.63)}{\ln(1-0.31)}\right)}{\ln(d_{%63}-\alpha)-\ln(d_{%31}-\alpha)}$ $\beta = \frac{d_{%50}-\alpha}{(-\ln(1-0.50))^{\frac{1}{\gamma}}}$
Minimum çapı ve dg ile %25, %50 ve %95'lük değerleri esas alan eşitlikler	$\alpha = \frac{n^{0.3333} \cdot d_{min} - d_{%50}}{n^{0.3333} - 1}$ $\gamma = \frac{2.343088}{\ln(d_{%95}-\alpha)-\ln(d_{%25}-\alpha)}$ $\beta = \frac{\alpha \cdot \Gamma_1}{\Gamma_2} + \sqrt{\left(\frac{\alpha}{\Gamma_2}\right) \cdot (\Gamma_1^2 - \Gamma_1) + \left(\frac{dg^2}{\Gamma_2}\right)}$

Eşitliklerde; n; örnek alandaki ağaç sayısını, d_{min} ; örnek alandaki minimum çapı, $d_{(%25)}$, $d_{(%31)}$, $d_{(%50)}$, $d_{(%63)}$, $d_{(%95)}$; çap dağılımında verileri küçükten büyüğe doğru sıralandığında %25'lik, %31'lik, %50'lik, %63'lik ve %95'lik veriye karşılık gelen çap değerini, d_g ; örnek alan için hesaplanan göğüs yüzeyi orta ağacının çapını ve Γ ; gamma dağılımını ifade etmekte, $\Gamma_1 = \Gamma(1+1/\gamma)$ ve $\Gamma_2 = \Gamma(1+2/\gamma)$ olarak hesaplanmaktadır.

5 farklı yöntem kullanılmıştır. Çap dağılımlarının modellenmesinde kullanılan bu yöntemlerden ağaçların çap basamaklarına dağılımlarını en iyi temsil eden fonksiyonun belirlenmesinde, Rennolds vd. (1988) tarafından geliştirilen hata indeksi "error index" değeri kullanılmıştır;

$$e = \sum_{i=1}^m |N_{Tahmin} - N_{aktüel}|$$

Burada e ; hata indeksini, m ; örnek alandaki çap basamağı sayısı, N_{Tahmin} ; ilgili olasılık yoğunluk fonksiyonu ile tahmin edilen ağaç sayısı, $N_{aktüel}$; çap basamağındaki ölçülen ağaç sayısını göstermektedir.

Bu çalışmada, örnek alanda en küçük hata indeksine sahip parametre tahmin yöntemine 1 sıra numarası verilerek, hata indeksinin değerine bağlı olarak giderek artan bir şekilde parametre tahmin yöntemlerine sıra numaraları verilmiştir. Bu bakımdan, 5 farklı yöntem örnek alanların çap dağılımlarını temsil etmedeki başarıları bakımından sıralanmıştır. Parametre tahmin yöntemlerinin örnek alanlardaki çap dağılımlarını modellemedeki başarı durumlarını ifade eden sıra numaralarının ortalaması alınarak, en küçük sıra numarası ortalamasına sahip yöntem; çap dağılımlarını en iyi temsil eden fonksiyon olarak kabul edilmiştir (Ercanlı, 2010).

Tablo 3. Olasılık Yoğunluk fonksiyonlarının parametre tahminine ilişkin çeşitli istatistikî değerler

	Parametreler	Min.	Max.	Ort.	Std. sapma	Varyasyon Katsayısı
%31 ve %63'lük değerleri esas alan eşitlikler	α	4.0000	16.5000	4.3233	1.4655	33.8977
	β	5.0065	64.9951	19.8248	7.7679	39.1827
	γ	0.5050	9.6530	2.1442	1.2676	59.1176
%50 ve %95'lik değerleri esas alan eşitlikler	α	4.0000	16.5000	4.3233	1.4655	33.8977
	β	4.7281	66.2921	19.3931	7.2345	37.3045
	γ	0.5546	9.4953	2.0625	1.1105	53.8424
%25, %50 ve %95'lik değerleri esas alan eşitlikler	α	4.0000	16.5000	4.3233	1.4655	33.8977
	β	4.4405	71.7820	19.4803	7.8540	40.3177
	γ	0.7261	7.5289	1.9747	0.9223	46.7058
%31, %50 ve %63'lük değerleri esas alan eşitlikler	α	4.0000	16.5000	4.3233	1.4655	33.8977
	β	4.3461	75.8001	19.7232	8.3979	42.5788
	γ	0.5050	9.6530	2.1442	1.2676	59.1176
Minimum çap ve dg ile %25, %50 ve %95'lük değerleri esas alan eşitlikler	α	-6.5029	31.0602	6.9630	3.0717	44.1146
	β	0.4610	7.7944	1.5730	0.8243	52.4031
	γ	0.5215	73.5410	20.1254	7.5215	37.3732

Bulgular

Tablo 3'te, 5 farklı yöntem ile hesaplanan 3 parametrelili Weibull fonksiyonunun parametre tahminine ilişkin çeşitli istatistiki bilgiler verilmiştir. Bu değerler değerlendirildiğinde, ilk dört yöntemin parametre tahmin değerleri arasında önemli farklar mevcut değilken, özellikle minimum çap ve dg ile %25, %50 ve %95'lük değerleri esas alan eşitliklere dayanan 5. yöntemin parametre tahminlerinin diğer yöntemlerden önemli farklar gösterdiği görülmektedir.

Tablo 4'te, bu çalışmada kullanılan 3 parametrelili Weibull fonksiyonunun parametre tahminine ilişkin 5 farklı yöntemin hata indeksi değerine göre aldığı sıra numaraları dağılımları ile ortalama sıra numarası değerleri verilmiştir. Tablo 4 incelendiğinde, Weibull fonksiyonu için; %31 ve %63'lük değerleri esas alan eşitliklere dayanan parametre tahmin yöntemi; 86 kez 1. sırada, 112 kez 2. sırada, 57 kez 3. sırada, 82 kez 4. sırada, 91 kez 5. sırada yer almış olup, ortalama sıra numarası 2.95327'dir. %50 ve %95'lük değerleri esas alan eşitliklere dayanan parametre tahmin yöntemi; 108 kez 1. sırada, 64 kez 2. sırada, 82 kez 3. sırada, 66 kez 4. sırada, 108 kez 5. sırada yer almış olup, ortalama sıra numarası 3.00467'dir. %25, %50 ve %95'lük değerleri esas alan eşitliklere dayanan parametre tahmin yöntemi; 50 kez 1. sırada, 91 kez 2. sırada, 134 kez 3. sırada, 108 kez 4. sırada, 45 kez 5. sırada yer almış olup, ortalama sıra numarası 3.01635'dir. %31, %50 ve %63'lük değerleri esas alan eşitliklere dayanan parametre tahmin yöntemi; 85 kez 1. sırada, 102 kez 2. sırada, 72 kez 3. sırada, 102 kez 4. sırada, 67 kez 5. sırada yer almış olup, ortalama sıra numarası 2.91589'dur. Minimum çapı ve dg ile %25, %50 ve %95'lük değerleri esas alan eşitliklere dayanan parametre tahmin yöntemi; 99 kez 1. sırada, 59 kez 2. sırada, 85 kez 3. sırada, 69 kez 4. sırada, 116 kez 5. sırada ve 15 kez ise 6. sırada yer almış olup, ortalama sıra numarası 3.10280'dir.

3 parametrelili Weibull fonksiyonunun parametre tahmin yöntemlerine başarı durumları değerlendirildiğinde, en küçük 2.91589'lük ortalama sıra numarasına sahip olan %31, %50 ve %63'lük değerleri esas alan eşitliklere dayanan Weibull fonksiyonuna ilişkin parametre tahmin yöntemi; çalışma alanındaki meşcerelerinin çap dağılımını modellemede en başarılı parametre tahmin yöntemi olduğu ortaya çıkmaktadır. Daha sonra sırasıyla; %31 ve %63'lük çap değerlerinin kullanan yüzdellikler yöntemi (2.95327 ortalama

sıra numarası), %50 ve %95'lik çap değerlerini kullanan yüzdellikler yöntemi (3.00467 ortalama sıra numarası), %25, %50 ve %95'lik çap değerlerini kullanan yüzdellikler yöntemi (3.01635 ortalama sıra numarası) gelmektedir. En son sırada ise; minimum çap ve dg ile %25, %50 ve %95'lik çap değerlerini kullanan yüzdellikler yöntemidir (3.10280 ortalama sıra numarası) gelmektedir.

Tablo 4. Olasılık Yoğunluk fonksiyonlarının parametre tahminine ilişkin kullanılan yöntemlerin hata indeksi değerine göre aldığı sıra numaraları dağılımları ve ortalama sıra numaraları

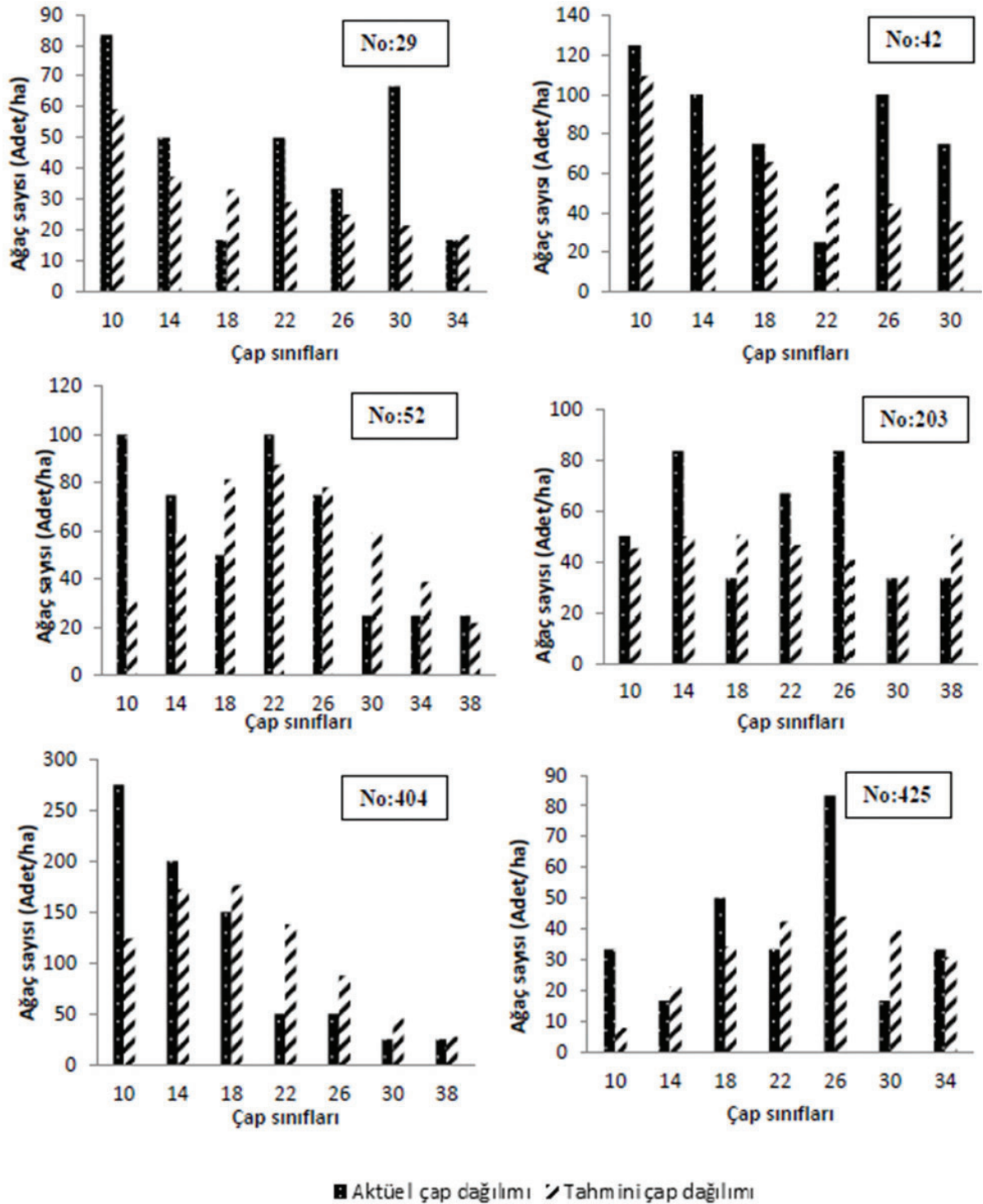
Parametre Tahmin Yöntemi	Sıra Numaraları					Ort.Sıra No
	1	2	3	4	5	
%31 ve %63'lük değerleri esas alan eşitlikler	86	112	57	82	91	2,95327
%50 ve %95'lik değerleri esas alan eşitlikler	108	64	82	66	108	3,00467
%25, %50 ve %95'lik değerleri esas alan eşitlikler	50	91	134	108	45	3,01635
%31, %50 ve %63'lük değerleri esas alan eşitlikler	85	102	72	102	67	2,91589
Minimum çap ve dg ile %25, %50 ve %95'lük değerleri esas alan eşitlikler	99	59	85	69	116	3,10280

Bu çalışmada çap dağılımlarını modellemede en başarılı olarak belirlenen %31, %50 ve %63'lük çap değerlerini kullanan yüzdellikler yöntemi ile gerçekleştirilen parametre tahminleri ile tahmini çap dağılımları, çalışma kapsamında alınmış olan 6 örnek alan için oluşturulmuş ve arazide gözlemlenen çap dağılımları ile birlikte Şekil 3'te verilmiştir. Bu şekiller incelendiğinde, farklı meşcere yapıları için 3 parametrelili Weibull dağılımları ile aktüel çap dağılımlarına yakın dağılımlar elde edildiği görülmektedir.

Meşcerelerin çap dağılımlarını modellemek üzere 3 parametrelili Weibull fonksiyonunun parametrelerini tahmin eden en iyi yöntem belirlendikten sonra, %31, %50 ve %63'lük çap değerlerini kullanan yüzdellikler yöntemi ile tahmin edilen parametrelerin bazı meşcere özellikleri ile ilişkileri de araştırılmıştır. Bu çalışmada değerlendirilen meşcere özellikleri; ağaç tür karışımları, çağ sınıfları ve kapalılıktır. Ağaç tür karışımları arasındaki farklılığı test etmek için yapılan tek yönlü varyans analizi ile ağaç tür çeşitleri arasında α ($F_{\text{hesap}}=0.782$, $P(0.584) > 0.05$) için bir farklılık belirlenemezken, β ($F_{\text{hesap}}=3.238$,

P (0.000) < 0.05) ve γ (Fhesap=6.744, P (0.000) < 0.05) parametreleri için ise istatistiksel olarak anlamlı farklar hesaplanmıştır. Homojen alt grupları belirlemek üzere yapılan S-N-K (Student-Newman-Keuls) analizi sonuçları Tablo 5’de verilmiştir. Analiz sonuçları değerlendirildiğinde; CkKnMe en dūřuk β parametresine sahip iken, Cz, Kn, KnCsCk,

CsCk, CkCs, Cs ve CsKnCk en yūřsek, dięer aęaę tūr karıřımları ise orta deęerdeki β parametre deęerlerine sahiptirler. Cs, CkCsKn ve CkKnMe aęaę tūr karıřımlarına iliřkin γ parametre deęerleri, dięer tūr karıřımlardan daha būyuk deęerlerde hesaplanmıřtır (Tablo 5).



Şekil 3. Bazı örnek alanlar için 3 paramereli Weibull dağılımı ile tahmin edilen çap dağılımları ile aktüel çap dağılımlarını gösteren grafik

Tablo 5. Ağaç tür çeşitlerine göre β ve γ parametreleri için S-N-K analizi sonuçları

Ağaç tür çeşitleri	Veri Sayısı	Ortalamalar	
		β	γ
CkKnMe	5	5.3453 ^a	3.7975 ^b
CsCkKn	5	6.1980 ^{ab}	1.7100 ^a
KnGck	7	14.8268 ^{ab}	1.6890 ^a
CkCz	3	16.7411 ^{ab}	1.7597 ^a
KnCk	20	17.2393 ^{ab}	1.9871 ^a
CkKn	13	17.4980 ^{ab}	1.9252 ^a
KnCkG	3	18.2227 ^{ab}	1.3335 ^a
KnCs	18	18.4378 ^{ab}	1.7900 ^a
CkMe	2	18.6508 ^{ab}	1.4723 ^a
CsKn	10	18.9255 ^{ab}	3.3114 ^{ab}
Ck	174	19.0358 ^{ab}	2.0439 ^a
CkCsKn	6	19.7759 ^{bc}	4.1658 ^b
Cz	56	21.2816 ^c	2.3394 ^a
Kn	15	21.6287 ^c	1.5746 ^a
KnCsCk	6	22.5825 ^c	1.6958 ^a
CsCk	34	22.6436 ^c	2.0277 ^a
CkCs	29	22.7246 ^c	1.6300 ^a
Cs	13	23.8778 ^c	4.6543 ^b
CsKnCk	10	25.1225 ^c	1.8530 ^a

a, ab, b, bc ve c ortalama değerlerine göre S-N-K analizi ile belirlenen farklı grupları gösterir, grupların sıralanışı a<ab<b<bc<c biçimindedir.

Meşcerelerin saf ya da karışık olması ile ağaç tür karışım durumlarına göre 3 parametrelili Weibull fonksiyonun parametrelerinin değişimi analiz edildikten sonra, ayrıca meşcerelerin çağ sınıfları ile kapalılığa göre parametrelerin değişimi de değerlendirilmiştir. Yapılan tek yönlü varyans analizi sonuçlarına göre; meşcere kapalılığına göre arasında α (Fhesap=0.859, P (0.424) > 0.05), β (Fhesap=2.483, P (0.085) > 0.05) ve γ (Fhesap=2.234, P (0.108) > 0.05) parametreleri için istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmemiştir. Meşcere çağ sınıfları bakımından ise; α (Fhesap=4.603, P (0.254) > 0.05) parametresi için önemli bir fark belirlenemezken, β (Fhesap=49.335, P (0.000) < 0.05) ve γ (Fhesap=6.949, P (0.000) < 0.05) parametreleri için istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar elde edilmiştir. Tablo 6'daki analiz sonuçları değerlendirildiğinde; en yüksek β parametresine d çağ sınıfındaki meşcereler

sahip iken, daha sonra sırasıyla cd ve c ile bc ve b meşcereleri gelmekte ve en küçük parametre değerine ise ab çağ sınıfındaki meşcerelerin sahip olduğu anlaşılmaktadır (Tablo 6). Bununla birlikte, en yüksek γ parametresi; ab çağ sınıfındaki meşcereler ile en küçük γ parametresi ise; bc, c, cd ve d çağ sınıfındaki meşcereler için hesaplanmış olup, b çağ sınıfındaki meşcereler için ise orta düzeyde γ parametresi elde edilmiştir (Tablo 6).

Tablo 6. Ağaç tür çeşitlerine göre β ve γ parametreleri için S-N-K analizi sonuçları

Ağaç Tür Çeşitleri	Veri Sayısı	Ortalamalar	
		β	γ
ab	13	7.1579a	3.5880c
b	21	9.7536a	2.9255b
bc	46	14.6407b	2.1812a
c	115	18.4772c	2.0401a
cd	159	20.4363c	1.9066a
d	75	28.3283d	2.3168a

a, ab, b, bc ve c ortalama değerlerine göre S-N-K analizi ile belirlenen farklı grupları gösterir, grupların sıralanışı a<ab<b<bc<c <d biçimindedir.

Sonuç ve Tartışma

Bu çalışmada, Amasya Orman Bölge Müdürlüğü, Vezirköprü Orman İşletme Müdürlüğü, Sarıççek Orman İşletme Şefliğinde yayılış gösteren meşcerelerin çap dağılımlarının 3 parametrelili Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonu modellemesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, Çalışmaya konu orman işletme şefliğinde 2008 Orman amenajmanı envanter çalışmalarında elde edilen 428 adet örnek alan karnesi kullanılarak, çap dağılımlarının %25, %31, %50, %63 ve %95'lik değerlerine karşılık gelen çapları esas alan 5 farklı yöntem ile 3 parametrelili Weibull fonksiyonun parametreleri tahmin edilmiştir. Rennolds vd. (1988)'in hata indeksi değerine göre örnek alanlar ölçeğinde yapılan sırlamada en küçük sıra numarasına sahip olan %31, %50 ve %63'lük çap değerlerini kullanan yüzdelikler yöntemi, çeşitli ağaç türlerinin biraraya gelerek oluşturduğu farklı yapıdaki meşcerelerin çap dağılımlarını modellemede en başarılı yöntem olarak belirlenmiştir. Lohrey ve Bailey (1977), çap dağılımlarını modelleyen Weibull fonksiyonun parametrelerinin hesaplanmasında, %24 ve %93'lik değerlere karşılık gelen çapları kullanmışlardır. McTague ve Bailey (1987), %10, %63 ve %93'lik

değerlere karşılık gelen çapları kullanarak Weibull fonksiyonun parametrelerini hesaplamışlardır. Bailey (1989), minimum çap, göğüs yüzeyi orta ağacının çapı (dg) ve %25, %50 ve %95'lik değerlere karşılık gelen çaplar ile Weibull fonksiyonuna ilişkin parametre hesabı yapmıştır. Bullock ve Burkhart (2005), göğüs yüzeyi orta ağacının çapı (dg) ve %25 ve %97'lik değerler ile Weibull parametrelerini elde etmişlerdir. Pouduel (2011), farklı yüzdellikleri kullanarak çap dağılımlarını modelleme başarılarını karşılaştırdığı çalışmada; göğüs yüzeyi orta ağacının çapı (dg) ve %25, %50 ve %95'lik değerlere karşılık gelen çaplar yapılan parametre hesabına ilişkin yöntem, en başarılı tahmin sonuçlarını vermiştir. Bunun gibi Weibull fonksiyonun parametrelerinin hesaplanmasında çeşitli yüzdellikleri kullanan çalışmalarda, Brooks vd, 1992; Knowe vd., 2005; Lee ve Coble, 2006; Coble ve Lee, 2008; Jiang ve Brooks, 2009 gibi, farklı yüzdellik değerler; çap dağılımlarının modellenmesinde başarılı sonuçlar vermişlerdir. Özellikle, meşcere yaşı, verim gücü, sıklığı ve mikro yetişme ortamı koşulları gibi çeşitli meşcere özelliklerinin değişmesi ile meşcerelerin çap dağılımları oldukça farklı yapılar oluşturabilmektedir. Bu bakımdan, meşcerelerin çap dağılımlarını en iyi temsil eden dağılım yüzdellikleri ve bu yüzdellik değerleri esas alan parametre tahmin yöntemlerinin başarı durumları; farklı yetişme ortamları ve meşcere kuruluşlarına göre oldukça değişkenlik gösterebilmektedir. Herhangi bir yetişme ortamında gelişim gösteren meşcere yapısı için çap dağılımını en iyi temsil eden yüzdellik değeri, başka bir yetişme ortamında gelişim gösteren meşcere için çap dağılımını temsil etmede başarılı olmayabilmektedir. Sarıçiçek Orman İşletme Şefliğinde yayılış gösteren meşcerelerin çap dağılımlarını, %31, %50 ve %63'lük çap değerlerini kullanan yüzdellikler yöntemi en iyi bir şekilde temsil etmiş olup, böylece bu yüzdellikleri esas alan Weibull dağılımına ilişkin parametre tahmin yöntemleri de, diğer yüzdellikleri esas alan yöntemlere göre aktüel çap dağılımlarını tahmin etmede en doğru sonuçlar elde edilmiştir.

Bu çalışmada, çap dağılımını en iyi temsil eden parametre tahmin yönteminin belirlenmesi yanında, 3 parametrelili Weibull fonksiyonun 31, %50 ve %63'lük çap değerlerini kullanan yüzdellikler yöntemi ile tahmin edilen parametreleri ile çeşitli meşcere özellikleri arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Meşcerelerin karışım durumları ile çap dağılımlarını modelleyen Weibull fonksiyonun

parametreleri arasındaki istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler elde edilmiştir. β parametresi için 4 farklı grup elde edilmiş olup, γ parametresi için ise 2 farklı grupta meşcere tipleri gruplanmıştır. Özellikle, farklı gruplarda yer alan ağaç tür karışımları değerlendirildiğinde, meşcerelerin saf ya da karışık olmasına ya da belirli türler için parametrelerin değişiminde bir trend gözlemlenmemiştir. Cz, Kn, KnCsCk, CsCk, CkCs, Cs ve CsKnCk karışımlarının β parametre değerleri ile Cs, CkCsKn ve CkKnMe ağaç tür karışımları için ise; γ parametre değeri diğer ağaç tür karışımlarından daha yüksek değerlerde elde edilmiştir. Söz konusu bu meşcere tiplerinin meşcere yaşı, verim gücü ve sıklığı gibi meşcere özelliklerinin farklılıkları; meşcere yapılarının farklılaşmasına ve böylece meşcere yapılarını modelleyen Weibull fonksiyonuna ilişkin parametre değerlerinin de farklı gruplarda elde edilmesine neden olmuştur. Ancak bu ağaç tür karışımlarının farklı gruplara dağılımları değerlendirildiğinde; gerek saf meşcereler ile ikili ve üçlü karışımlarının aynı gruplarda yer alması ile açıkça görüldüğü üzere; ağaç türü karışım durumunun Weibull fonksiyonuna ilişkin parametreler üzerinde etkili olmadığı anlaşılmaktadır. Özellikle, weibull fonksiyonuna ilişkin parametreler üzerinde; ağaç tür karışımından daha önemli olan meşcerelerin yaş, verim gücü ve sıklık gibi özelliklerin etkili olduğu beklenmektedir. Meşcere yaşının belirli ölçüde göstergesi olan çağ sınıfları açısından elde edilen belirgin gruplar değerlendirildiğinde; meşcere özelliklerinin Weibull fonksiyonun parametreler üzerindeki etkisi belirgin bir şekilde görülmektedir. "d, cd ve c" çağ sınıflarına ilişkin β parametresi değerleri ile "ab ve b" çağ sınıflarına ilişkin γ parametre değerleri; diğer çağ sınıflarına göre daha yüksek değerlerde elde edilmiştir. Meşcere kapalılığının ise meşcere yapısını modelleyen Weibull fonksiyonun parametreleri üzerinde istatistiki olarak önemli bir etkisi elde edilmemiş olup, bu durum meşcere kapalılığının meşcere yapısını etkileyen bir özellik olmaması ile açıklanabilmektedir.

Çap dağılım modelleri, meşcere yapıları hakkında daha ayrıntılı tahminlerin elde edilmesinde ve ormanlardan elde edilecek ürün çeşitlerinin belirlenmesinde önem taşımaktadır. Ülkemizde, artım ve büyümenin tahmin edilmesinde; hali hazırda normal hasılat tabloları ile sıklığa bağlı hasılat tabloları kullanılmakla beraber, bu tablolar meşcerenin tamamı hakkında tahminler sunmaktadırlar. Bununla birlikte, başta orman

amenajmanı olmak üzere çeşitli ormancılık faaliyetlerinde meşcere yapıları hakkında daha ayrıntılı tahminlere ihtiyaç belirginleşmektedir. 3 Parametrelili Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonları ile sıklığa bağlı hasılat tabloları tahmin edilen meşcere ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve hacmi gibi meşcere öğelerinin meşcerenin çap basamaklarına dağılımları tahmin edilebilir. Böylece meşcere ve çap dağılım modelleri bütünlüştirilerek daha ayrıntılı tahminler elde edilebilir. ap basamaklarına ağaç sayılarının dağılımı elde edildikten sonra, ayrıca göğüs yüzeyi ve hacim dağılımları da ağaç sayıları dağılımları kullanılarak elde edilebilir. ap dağılım modelleri, özellikle tüm meşcere için elde edilen meşcere öğelerine ilişkin tahminlerin, çap basamakları için daha ayrıntılı şekilde elde edilmesine olanak sağlayabilirler. ap basamakları ölçeğinde meşcere hakkında daha ayrıntılı bir şekilde elde edilebilecek bu tahminler, başta orman amenajmanı ve silvikültür olmak üzere çeşitli ormancılık uygulamaları için önemli bir altlık oluşturmaktadır.

Teşekkür

Bu çalışmada kullanılan verilerin sağlanmasındaki yardımları ve katkıları için Orman Genel Müdürlüğüne teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Atıcı, E. 1998. Değişkiyaşlı Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsly.) Ormanlarında Artım ve Büyüme, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Andrasev, S., Bobinac, M., Orlovic, S. 2009. Diameter structure models of Black Poplar selected clones in the section Aigeiros (Duby) obtained by the Weibull distribution. Sumarski List 133: 589-603

Bailey RD (1980) Individual Tree Growth Derived From Diameter Distribution Models, Forest Science, 26, 626-632.

Bailey RL, Dell TR (1973) Quantifying Diameter Distributions with The Weibull Function, Forest Science, 19, 97-104

Bailey RL, Burgan TM, Jokela EJ (1989) Fertilized mid-rotation aged slash pine plantations—Stand structure and yield prediction models. South. J. Appl. For. 13:76-80.

Baldwin VC, Feduccia DP (1987) Loblolly pine growth and yield prediction for managed West Gulf plantations. USDA For. Serv. Res. Pap. SO 236, 27 s.

Bliss CI, ve Reinker KA (1964) A Lognormal Approach to Diameter Distributions in Even-Aged Stands, Forest Science, 10, 350-360.

Borders BE, Patterson WD (1990) Projecting stand tables: a comparison of the weibull diameter distribution method, a percentile-based projection method and a basal area growth projection method, Forest Science, 36, 413-424.

Bullock B, Burkhart H (2005) Juvenile diameter distributions of loblolly pine characterized by the two-parameter Weibull function, New Forests 29, 233-244.

Brooks JR, Borders BE, Bailey RL (1992) Predicting diameter distributions for site prepared loblolly and slash pine plantations. South. J. Appl. For. 16: 130-133

Cao QV (2004) Predicting Parameters of A Weibull Function for Modelling Diameter Distribution. Forest Science, 50, 682 - 685.

Carus S (1996) Aynı Yaşlı Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsly.) Meşcerelerinde ap Dağılımının Bonitet ve Yařa Göre Deęiřmi, İstanbul Orman Fakóltesi Dergisi, 46, 171-181.

Carus S, atal Y (2008) Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Meşcerelerinde 7-Ağaç Örnek Nokta Yöntemiyle Meşcere Ağaç Sayısının ap Basamaklarına Dağılımının Belirlenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakóltesi Dergisi, 2, 158-169.

avlović J, Božić M, Boncina A (2006) Stand Structure of An Uneven-Aged Fir-Beech Forest with An Irregular Diameter Structure: Modeling The Development of The Belevine Forest, Croatia, European Journal of Forest Research, 125, 4, 325-333.

Clutter JL, Bennett FA (1965) Diameter Distributions in Old-Field Slash Pine Plantation, Georgia Forest Research Council, Report No.13.

Clutter JL, Harms WR, Brister GH, Rhenney JW (1984) Stand structure and yields of site-prepared loblolly pine plantations in the lower coastal plain of the Carolinas, Georgia, and North Florida. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. SE-27, 173 s.

Coble DW, Lee YJ (2008) A new diameter distribution model for unmanaged slash pine plantations in East Texas. South. J. Appl. For. 32: 89-94.

Ercanlı İ (2010) Trabzon ve Giresun orman bölge müdürlükleri sınırları içerisinde yer alan Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link)-Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Karışık meşcerelerine ilişkin büyüme modelleri, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Ercanlı İ, Yavuz H (2010) Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link)-Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Karışık Meşcerelerinde ap Dağılımlarının Olasılık Yoğunluk Fonksiyonları İle Belirlenmesi, Kastamonu Orman Fakóltesi Dergisi, 10 (1), 68-83.

Feduccia DP, Dell TR, Mann WF, Polmer BH (1979) Yields of unthinned loblolly pine plantations on cutover sites in the West Gulf region. USDA For. Serv. Res. Pap. So-148, 88 s.

- Gorgoso-Varela JJ, Alvarez-Gonzalez JG, Rojo A, Grandas-Arias JA (2007) Modelling diameter distributions of *Betula alba* L. stands in northwest Spain with the two-parameter Weibull function. *Invest. Agrar. Sist. Recur. For.* 16: 113-123.
- Hafley WL, Schreuder HT (1977) Statistical distributions for fitting diameter and height data in even-aged stands, *Canadian Journal of Forest Research*, 4, 481–487.
- Jiang LC, Brooks JR (2009) Predicting diameter distributions for young longleaf pine plantations in Southwest Georgia. *South. J. Appl. For.* 33: 25-28.
- Johnson NL (1949) Systems of Frequency Curves Generated By Methods of Translation, *Biometrika*, 36, 149-176.
- Kahriman A, Yavuz H (2011) Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)-Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) Karışık Meşcerelerinde Çap Dağılımlarının Olasılık Yoğunluk Fonksiyonları ile Belirlenmesi, *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 12 (2), 109-125.
- Knoebel BR, Burkhart HE, Beck DE (1986) A Growth and Yield Model for Thinned Stands of Yellow-Poplar, *Forest Science Monograph*, 27, 39 s.
- Knowe SA (1992) Basal Area and Diameter Distribution Models for loblolly Pine Plantations with Hardwood Competition in The Piedmont And Upper Coastal Plain. *South. J. Appl. For.*, 16, 93–98.
- Knowe SA, Ahrens GA, DeBell DS (1997) Comparison of diameter-distribution prediction, stand-table -projection and individual-tree growth modeling approaches for young red alder plantations. *For. Ecol. Manage.* 96: 207-216
- Knowe SA, Radosevich SR, Shula RG (2005) Basal area and diameter distribution prediction equations for young Douglas-Fir plantations with hardwood competition: Coast ranges. *West. J. Appl. For.* 20: 77-93.
- Leak WB (1965) The J-Shaped Probability Distribution, *Forest Science*, 11, 405–409.
- Lee YJ, Coble DW (2006) A new diameter distribution model for unmanaged loblolly pine plantations in East Texas. *South. J. Appl. For.* 30: 13-20.
- Liu C, Zhang SY, Lei Y, Newton PF, Zhang L (2004) Evaluation of Three Methods for Predicting Diameter Distributions of Black Spruce (*Picea mariana*) Plantations in Central Canada, *Canadian Journal of Forest Research*, 34, 2424 – 2432
- Lohrey RE, Bailey RL (1977) Yield tables and stand structure for unthinned long leaf pine plantations in Louisiana and Texas. *USDA For. Ser. Res. Pap. SO-133*. 55 s
- Maltamo M (1997) Comparing basal area diameter distributions estimated by tree species and for the entire growing stock in a mixed stand. *Silva Fenn* 31(1); 53-65.
- Maltamo M, Puumalainen J, Paivinen R (1995) Comparison of Beta and Weibull Functions for Modeling Basal Area Diameter Distributions in Stands of *Pinus Sylvestris* and *Picea Abies*, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 10, 184-295.
- Matney TG, Sullivan AD (1982) Compatible stand and stock tables for thinned and unthinned loblolly pine stands. *For. Sci.* 28: 161-171.
- McTague JP, Bailey RL (1987) Compatible basal area and diameter distribution models for thinned loblolly-pine plantations in Santa Catarina, Brazil. *For. Sci.* 33: 43-51.
- Meyer HA, Stevenson DD (1943) The structure and growth of virgin beech-birch-maple-hemlock forests in northern Pennsylvania. *J. Agr. Res.* 67: 465-484
- Nelson TC (1964) Diameter Distribution and Growth of Loblolly Pine, *Forest Science*, 10, 105–115.
- Nord-Larsen T, Cao QV (2006) A Diameter Distribution Model for Even-Aged Beech in Denmark, *Forest Ecology and Management*, 231, 218–225.
- Packard KC (2000) Modeling Tree Diameter Distributions for Mixed-Species Conifer Forests in The Northeast United States, Master Thesis, State University of New York, New York, USA., 129 s.
- Palahi M, Pukkala T, Trasobares A (2006) Calibrating Predicted Tree Diameter Distributions in Catalonia (Spain), *Silva Fennica*, 40, 3, 487–500.
- Palahi M, Pukkala T, Trasobares A (2007) Modelling The Diameter Distribution of *Pinus Sylvestris*, *Pinus Nigra* and *Pinus Halepensis* Forest Stands in Catalonia Using The Truncated Weibull Function, *Forestry*, 79, 5, 553-562.
- Podlaski R (2006) Suitability of The Selected Statistical Distributions for Fitting Diameter Data in Distinguished Development Stages and Phases of Near-Natural Mixed Forests in The Świątokrzyski National Park (Poland), *Forest Ecology and Management*, 236, 393–402
- Poudel KP (2011) Evaluation of methods to predict weibull parameters for characterizing diameter distributions, MSc. Graduate Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College, 60 s.
- Poudel KP, Cao QV (2013) Evaluation of methods to predict weibull parameters for characterizing diameter distributions, *Forest Science*, 59 (2), 243-252
- Pukkala T, Saramaki J, Mubita O (1990) Management Planning System For Tree Plantations; A Case Study for *Pinus Kesiya* in Zambia, *Silva Fennica*, 24, 171–180
- Rennolls K, Geary DN, Rollinson TJD (1985) Characterizing diameter distributions by the use of the Weibull distribution, *Forestry*, 58, 58–66.
- Reynolds MR, Burke TE, Huang W (1988) Goodness-of-Tests and Model Selection Procedures for Diameter Distribution models, *Forest Science*, 34, 373-379.
- Saraçoğlu Ö (1988) Karadeniz Yöresi Göknar Meşcerelerinde Artım ve Büyüme, *O. G. M. Yayınları*, No: 25, 312.

Smalley GW, Bailey RL (1974) Yield Tables and Stand Structure for Shortleaf Pine Plantations in The Tennessee, Alabama and Georgia Highlands. USDA Forest Service Research Paper, 97 s.

Samaraki J (1992) A Growth and Yield Prediction Model of Pinus Kesiya in Zambia, Acta Forestalia Fennica, 230, 68.

Sönmez T, Günlü A, Karahalil U, Ercanlı İ, Şahin A (2010) Saf Doğu Ladini Meşcerelerinde Çap Dağılımının Modellenmesi, "III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi Bildiriler Kitabı. 20-22 Mayıs 2010, Artvin", Cilt: I, 388-398

SPSS Institute Inc., 2005. SPSS Base 12.0 User's Guide, 688 s.

Yavuz H, Gül AU, Mısır N, Özçelik R, Sakıcı OE (2002) Meşcerelerde Çap Dağılımlarının Düzenlenmesi ve Bu Dağılımlara İlişkin Parametreler ile Çeşitli Meşcere Öğeleri Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi, Orman Amenajmanında Kavramsal Açılımlar ve Yeni Hedefler Sempozyumu, 18-19 Nisan İstanbul

van Lear A, Akça A (2007) Forest mensuration: in: Managing Forest Ecosystems, Dordrecht, The Netherlands: Springer, 383 s.

Weibull W (1951) A Statistical Distribution Function of Wide Applicability, J. Appl. Mech., 18, 293–297.

Zhang L, Liu C (2006) Fitting Irregular Diameter Distributions of Forest Stands By Weibull, Modified Weibull and Mixture Weibull Models, Journal Forest Research, 11, 369–372.