

SAF DOĞU LADİNİ MEŞCERELERİNDE ÇAP DAĞILIMININ MODELLENMESİ

Turan SÖNMEZ¹, Alkan GÜNLÜ², Uzay KARAHALİL³,
İlker ERCANLI², Abdurrahman ŞAHİN¹

¹A.Ç.Ü. Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği, 08000, Artvin

²Ç.K.Ü. Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği, 18200, Çankırı

³K.T.Ü. Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği, 61080, Trabzon

ÖZET

Ormanların meşcere yapıları, bu meşcerelerin günümüz ve gelecekteki çap dağılımlarının ortaya konulması ile tanımlanmaktadır. Meşcerelerin çap dağılımının modellenmesi ise, meşcerelerden elde edilebilecek ürün çeşitleri tahmini olanağı sağlaması bakımından da ormanlık planlanmasında karar verme sürecinde değerli bir bilgi olmaktadır. Bu çalışmada, Artvin yöresi saf Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link) meşcerelerinden alınan 45 adet örnek alan verilerine bağlı olarak, çap dağılımlarının modellemede başarıları bakımından 2 parametrelili Weibull, 3 parametrelili Weibull, 2 parametrelili Gamma, 3 parametrelili Gamma, Beta, 2 parametrelili Lognormal, 3 parametrelili Lognormal, Normal, Johnson S_B olasılıklı yoğunluk fonksiyonları karşılaştırılmıştır. Rennolds vd. (1988) tarafından geliştirilen hata indeksi "error index" değerlerine bağlı olarak yapılan bu karşılaştırmada, farklı çap dağılımlarını temsil etmede en başarılı fonksiyon olarak Johnson S_B fonksiyonu belirlenmiştir. Daha sonra ise; Beta, 2 parametrelili Weibull, Normal, 3 parametrelili Gamma, 3 parametrelili Weibull, 3 parametrelili Lognormal, 2 parametrelili Gamma, 2 parametrelili Lognormal fonksiyonları gelmektedir. 4 parametrelili Johnson S_B fonksiyonu, farklı yapıdaki çap dağılımlarını temsil etmede kabiliyetleri ve esneklikleri oldukça yüksek olup, farklı çap dağılımlarını modelleme oldukça başarılı bir fonksiyondur.

Anahtar Kelimeler: Çap dağılımı, Doğu Ladini, Olasılıklı yoğunluk fonksiyonları

DIAMETER DISTRIBUTION MODELLING FOR PURE ORIENTAL SPRUCE

ABSTRACT

Stand dynamics were characterized by displaying actual and predicted diameter distribution. The modeling diameter distribution is valuable information to can be used to forecast the range of products, which might be expected from a stand in forest management. In this study, some probability density functions, Weibull with two parameters, Weibull with three parameters, Gamma with two parameters, Gamma with three parameters, Beta, Lognormal with two parameters, Lognormal with three parameters, Normal, Johnson S_B , were compared based on describing different diameter distribution for oriental spruce (*Picea orientalis* (L.) Link) stands in Artvin province. The results based on error index of Rennolds et al. (1988) showed that Johnson S_B function is the best successful function to describe diameter distributions, and other functions were ranged in order of merit, Beta, Weibull with two parameters, Normal, Gamma with three parameters, Weibull with three parameters, Lognormal with three parameters, Gamma with two parameters, Lognormal with two parameters. The Johnson S_B with four parameters is flexible and capable to describe different diameter distributions, and so this function was successfully used to model diameter distributions.

Keywords: Diameter distribution, Oriental spruce, Probability density functions

1. GİRİŞ

Ormanların planlanması, bu ormanların artım ve büyüme potansiyelleri ile birlikte meşcere yapıları hakkındaki bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bir meşcere içinde ağaçların çap basamaklarına dağılımı, meşcerenin yapısı hakkında önemli bilgiler veren bir meşcere

özelliği olarak büyük bir önem taşımaktadır (Maltoma, 1997). Ormanların meşcere yapıları, bu meşcerelerin günümüz ve gelecekteki çap dağılımlarının ortaya konulması ile tanımlanmaktadır. Özellikle, meşcerelerin çap dağılımının modellenmesi ise, meşcerelerden elde edilebilecek ürün çeşitleri tahmini olanağı sağlaması bakımından da ormancılık planlanmasında karar verme sürecinde değerli bir bilgi olmaktadır (Hyink ve Moser, 1983).

Ormancılıkta çap dağılımları, belirli bir olasılıklı yoğunluk fonksiyonları "probability density function (pdf)" ile modellenmektedirler (Rennolls vd., 1985; Maltamo, 1997). Çap dağılımlarının modellenmesinde, 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 olasılıklı yoğunluk fonksiyonları (pdf) kullanılmaktadır. Nelson (1964) çap dağılımlarının modellenmesinde gamma fonksiyonunu, Clutter ve Bennet (1965) beta dağılımını, Bailey ve Dell (1973) 3 parametrelili weibull dağılımını, Hafley ve Schreuder (1977) Johnson'un SB fonksiyonlarını önermişlerdir. Özellikle günümüzde 3 parametrelili weibull dağılımı ile Johnson S_B dağılımları, model yapılarının oldukça esnek olmaları nedeniyle farklı çağ dağılımlarını modellemedeki başarıları ile diğer dağılım fonksiyonlarında daha öne çıkmaktadırlar (Matney ve Sullivan 1982; Rennolls vd. 1985).

Bu çalışmada Artvin merkez işletmesi sınırları içerisinde yer alan Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link) meşcerelerinden alınan 45 adet deneme alanı verisine bağlı olarak, bu meşcerelerinin çap dağılımlarının modellenmesinde, 3 parametrelili Weibull, 2 parametrelili Weibull, 2 parametrelili Gamma, 3 parametrelili Gamma, Beta, 2 parametrelili Lognormal, 3 parametrelili Lognormal, Normal, Johnson S_B gibi 9 farklı olasılıklı yoğunluk fonksiyonları çap dağılımlarını temsil başarılarına göre karşılaştırılacaktır. Böylece bu meşcerelerin çap dağılımlarını modellemede başarı ile kullanılabilecek fonksiyon belirlenmiş olacaktır.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmada, Artvin Bölge Müdürlüğü, Artvin İşletme Müdürlüğü, Artvin Merkez İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan saf Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link) meşcerelerinden alınan 45 adet örnek alan verileri kullanılmıştır. Örnek alanlar, meşcere kapalılığına göre, 400, 600 ve 800 m² büyüklüğünde, daire biçiminde ve 300 m aralık ve mesafe ile sistematik örnekleme ile alınmıştır. Her bir örnek alanda; tüm ağaçların göğüs çapları, her çap basamağından olabildiğince eşit sayıda toplam 10 ağacın boyu, her çap basamağından boyu ölçülen her bir ağacın göğüs yüksekliği yaşı ölçülmüştür. Tablo 1'de örnek alanların alındığı meşcerelere ilişkin çeşitli istatistiksel bilgiler verilmiştir.

Tablo 1. Örnek alanlara ilişkin çeşitli istatistiki bilgiler

Değişkenler	Min.	Max.	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma
Yaş (yıl)	43	131	92.4	24.5
Çap (yıl)	8	90.4	26.5	14.6
Boy (m)	4.80	38.8	21.3	6.3
Ağaç Sayısı (N/ha)	188	1950	691	405
Yükselti (m)	806	1689	1274	242
Eğim (%)	10	44	28.8	8.4
Bakı (Derece)	0	300	52.6	78.6

Çap dağılımlarının elde edilmesinde, ilk aşama çeşitli istatistiksel yoğunluk fonksiyonlarının parametrelerinin tahmin edilmesidir. Bu çalışmada, 3 parametrelili Weibull, 2 parametrelili Weibull, 2 parametrelili Gamma, 3 parametrelili Gamma, Beta, 2 parametrelili Lognormal, 3 parametrelili Lognormal, Normal, Johnson S_B gibi 9 farklı olasılıklı yoğunluk fonksiyonlarının parametreleri tahmin edilmiştir. Bu çalışmada parametreleri tahmin edilen istatistiksel yoğunluk fonksiyonları ise, aşağıda verilmiştir.

2 parametrelili Gamma Olasılıklı Yoğunluk Fonksiyonu (Nelson, 1964);

$$F(x, \alpha, \beta) = \alpha \cdot e^{-\beta \cdot x} \quad (1)$$

3 parametrelili Gamma Olasılıklı Yoğunluk Fonksiyonu (Lawless, 1982);

$$F(x, \alpha, \beta, \gamma) = \frac{(x-\gamma)^{\alpha-1}}{\beta^{\alpha} \Gamma(\alpha)} \cdot \exp(-(x-\gamma)/\beta) \quad (2)$$

Beta Olasılıklı Yoğunluk Fonksiyonu (Clutter ve Bennet, 1965);

$$F(x, \alpha_1, \alpha_2, a, b) = \frac{1}{B(\alpha_1, \alpha_2)} \cdot \frac{(x-1)^{\alpha_1-1} \cdot (b-x)^{\alpha_2-1}}{(b-a)^{\alpha_1+\alpha_2-1}} \quad (3)$$

2 parametrelili Log-normal Olasılıklı Yoğunluk Fonksiyonu (Bliss ve Reinker, 1964);

$$F(x, \mu, \sigma) = \frac{\exp\left(-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\ln(x)-\mu}{\sigma}\right)^2\right)}{x \cdot \sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \quad (4)$$

3 parametrelili Log-normal Olasılıklı Yoğunluk Fonksiyonu (Bliss ve Reinker, 1964);

$$F(x, \mu, \sigma, \gamma) = \frac{\exp\left(-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\ln(x-\gamma)-\mu}{\sigma}\right)^2\right)}{(x-\gamma) \cdot \sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \quad (5)$$

Normal Olasılıklı Yoğunluk Fonksiyonu (Bailey, 1980);

$$F(x, \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \exp\left(-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right) \quad (6)$$

2 parametrelili Weibull Olasılıklı Yoğunluk Fonksiyonu (Schreuder ve Swank, 1964);

$$F(x, \alpha, \beta) = \frac{\alpha}{\beta} \cdot \left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha-1} \cdot \exp\left(-\left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha}\right) \quad (7)$$

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

$$F(x, \alpha, \beta, \gamma) = \frac{\alpha}{\beta} \cdot \left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^{\alpha-1} \cdot \exp\left(-\left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^{\alpha}\right) \quad (8)$$

Johnson S_B Olasılıklı Yoğunluk Fonksiyonu (Johnson, 1949);

$$F(x, \delta, \lambda, \gamma, \xi) = \frac{\delta}{\lambda \sqrt{2 \cdot \pi \cdot z \cdot (1-z)}} \cdot \exp\left(-\frac{1}{2} \cdot \left(\gamma + \delta \cdot \ln\left(\frac{z}{1-z}\right)\right)^2\right) \quad (9)$$

$$\text{Burada } z = \frac{x-\xi}{\lambda} \text{ dir} \quad (10)$$

Bu formüllerde, x: çaplar (cm), μ : aritmetik ortalama, σ : standart sapma, $\alpha_1, \alpha_2, a, b, \gamma, \alpha, \beta, \delta, \lambda, \gamma, \xi$ ise fonksiyonların parametreleridir. Yukarıda formülleri verilen istatistiksel dağılımların parametrelerinin tahmini, *EasyFit* adlı paket programı ile (EasyFit 5.1 Inc., 2009) gerçekleştirilmiştir. Parametrelerin tahmin edilmesinde, maksimum olabilirlik "*Maximum Likelihood Estimation, MLE*" yöntemi kullanılmıştır.

Yukarıda formülleri verilen istatistiksel dağılım fonksiyonlarının, çap dağılımlarını temsil etmedeki başarı düzeylerini belirlemek üzere, Rennolds vd. (1988) tarafından geliştirilen hata indeksi "error index" kullanılmıştır;

$$e = \sum_{i=1}^m |N_{Tahmin} - N_{aktüel}| \quad (11)$$

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

Bu çalışmada parametreleri tahmin edilen istatistiksel dağılım fonksiyonlarının örnek alandaki çap dağılımlarını temsil etme başarıları, hata indeksi değerinin küçük olması ile ifade edilmiştir. Bu amaçla örnek alanda en küçük hata indeksine sahip dağılım fonksiyonuna 1 sıra numarası verilerek, giderek artan bir şekilde hata değerlerine sahip istatistiksel dağılımlara sıra numaraları verilerek, örnek alandaki çap dağılımlarını temsil etme başarıları bakımından sıralanmıştır. İstatistiksel dağılım fonksiyonlarının örnek alanlardaki çap dağılımlarını modellemedeki başarı durumlarını ifade eden sıra numaraları toplanarak, toplamda en küçük sıra numarasına sahip dağılım fonksiyonu; çap dağılımlarını en iyi temsil eden fonksiyon olarak kabul edilmiştir.

3. BULGULAR

Bu çalışmada, örnek alanlara ilişkin çap dağılımlarının modellenmesi amacıyla test edilen 3 parametrelili Weibull, 2 parametrelili Weibull, 2 parametrelili Gamma, 3 parametrelili Gamma, Beta, 2 parametrelili Lognormal, 3 parametrelili Lognormal, Normal, Johnson S_B dağılımlarının parametre değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

45 adet örnek alanda parametreleri tahmin edilen bu 9 farklı istatistiksel yoğunluk fonksiyonun çap dağılımlarını temsil etmede başarılı olan dağılım fonksiyonunun belirlenmesinde kullanılan hata indeksine ilişkin sonuçlar ise, Tablo 3'te verilmiştir. Tablo 3 incelendiğinde; Beta dağılımı için ortalama başarı sıra numarası ortalaması ise, 3.555'dir. 2 parametrelili Gamma için ortalama başarı sıra numarası ortalaması ise, 6.00'dir. 3

parametrelili Gamma için ortalama başarı sıra numarası ortalaması ise, 4.911'dir. 2 parametrelili Lognormal için ortalama başarı sıra numarası ortalaması ise, 7.689'dir. 3 parametrelili Lognormal için ortalama başarı sıra numarası ortalaması ise, 5.444'dür. Normal için ortalama başarı sıra numarası ortalaması ise, 4.711'dir. 2 parametrelili Weibull dağılımı için ortalama başarı sıra numarası ortalaması ise, 4.511'dir. 3 parametrelili Weibull dağılımı için ortalama başarı sıra numarası ortalaması ise, 5.0222'dir. Johnson S_B dağılımı için ortalama başarı sıra numarası ortalaması ise, 3.15666'dir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Artvin yöresi saf Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link) meşcerelerinden alınan 45 adet örnek alan verilerine bağlı olarak, çap dağılımlarının modellenmede başarıları bakımından 3 parametrelili Weibull, 2 parametrelili Weibull, 2 parametrelili Gamma, 3 parametrelili Gamma, Beta, 2 parametrelili Lognormal, 3 parametrelili Lognormal, Normal, Johnson S_B dağılımları karşılaştırılmıştır. Rennolds vd. (1988) tarafından geliştirilen hata indeksi "error index" değerlerine bağlı olarak yapılan sıralamada, çap dağılımlarını modellemede en düşük hata değerlerine sahip ve dolayısıyla modellemede en başarılı olasılıklı yoğunluk fonksiyonu, 3.1566 ortalama başarı sıralamasıyla Johnson S_B dağılımı olduğu belirlenmiştir. Diğer fonksiyonlar ise şu şekilde sıralanmaktadır; Beta dağılımı (ortalama başarı sırası: 3.555), 2 parametrelili Weibull dağılımı (4.511), Normal dağılımı (4.711), 3 parametrelili Gamma dağılımı (4.911), 3 parametrelili Weibull dağılımı (5.022), 3 parametrelili Lognormal dağılımı (5.444), 2 parametrelili Gamma dağılımı (6.00), 2 parametrelili Lognormal dağılımıdır (7.689). Özellikle, Johnson S_B dağılımı, 4 parametrelili bir dağılım olup, farklı çap dağılımlarını modelleme oldukça başarılı bir dağılımdır. Çünkü 4 parametrelili olması ile farklı yapıdaki çap dağılımlarını temsil etmede kabiliyetleri ve esneklikleri oldukça yüksektir. Bu özellikleri ile son yıllarda çap dağılımlarının modellenmesinde başarıyla kullanılmaktadır. Yarı devamlı veya devamlı deneme alanlarının tesis edilmesi ve deneme alanlarının belirli periyotlarla ölçülmesi, Doğu Ladini meşcerelerinin çap dağılımlarındaki modelleme başarılarını daha da artıracaktır. Dünyada, çap dağılımlarına ilişkin modeller, belirli periyotlarla ölçülen deneme alanlarına bağlı olarak düzenlenmekte ve böylece meşcere yapılarına ilişkin bu gibi ayrıntılı sonuçlar daha doğru ve tutarlı bir şekilde elde edilebilmektedir. Bu bakımdan, ormancılığımızda yarı devamlı ve devamlı deneme alanlarının tesis edilerek belirli periyotlarla ölçülmesi ile elde edilecek bilgiler, başta orman amenajmanı olmak üzere birçok ormancılık uygulamasında çok büyük bir katkılar sağlayacaktır.

5. KAYNAKLAR

- Bailey R.L., ve Dell, T.R. (1973). Quantifying diameter distribution with Weibull function, *Forest Science* 19: 97-104.
- Bailey, R.D. (1980). Individual Tree Growth Derived From Diameter Distribution Models, *Forest Science*, 26, 626-632.
- Bliss, C.I., ve Reinker, K.A. (1964). A Lognormal Approach to Diameter Distributions in Even-Aged Stands, *Forest Science*, 10, 350-360.
- Clutter, J.L., ve Bennett, F.A. (1965). Diameter distributions in old-field slash pine plantation, Georgia Forest Research Council, Report No.13.

- Hafley W.L., Schreuder H.T. (1977). Statistical distributions for fitting diameter and height data in even-aged stands. *Can J For Res* 4:481–487.
- Hyink, D.M., ve Moser, J.W. (1983). A generalized framework for projecting forest yield and stand structure using diameter distributions. *For. Sci.* 29, 85-95.
- Johnson, N.L. (1949). Systems of Frequency Curves Generated By Methods of Translation, *Biometrika*, 36, 149-176.
- Maltamo, M. (1997). Comparing Basal Area Diameter Distributions Estimated By Tree Species and for The Entire Growing Stock in a Mixed Stand, *Silva Fennica*, 31, 53–65.
- Matney, T.G., ve Sullivan, A.D. (1982). Compatible stand and stock tables for unthinned loblolly pine stands, *Forest Science* 28: 161–171.
- Nelson, T.C. (1964). Diameter distribution and growth of loblolly pine. *For. Sci.* 10, 105–114.
- Reynolds, M.R., Burk, T.E., ve Huang, W.C. 1988. Goodness-of-fit tests and model selection procedures for diameter distribution models. *For. Sci.* 34: 373–399.
- Reynolds, K., Geary, D. N., ve Rollinson, T. J. D., 1985, Characterising diameter distribution by the use of the weibull distribution, *Forestry*. 58:57-66.
- Weibull, W., 1951. A Statistical Distribution Function of Wide Applicability, *J. Appl. Mech.*, 18, 293–297.
- Zöhrer, F., 1969. Ausgleich Von Häufigkeitsverteilungen Mit Hilfe Der Beta-Funktion, *Forstarchiv*, 40, 37-42.

Tablo 2. Çap dağılımlarına ilişkin Olasılıklı Yoğunluk Fonksiyonlarının Parametre Tahminleri

Örnek Alanı No	Beta				2 parametrelili Gamma		3 parametrelili Gamma			Johnson S _B				2 parametrelili LogNormal		3 parametrelili LogNormal			Normal		2 par. Weibull		3 parametrelili Weibull		
1	0.51	1.37	8.10	48.84	3.55	5.05	0.78	11.4	8.10	1.1	0.7	46.94	7.02	0.5	2.8	1.	1.	7.5	9.5	17.	2.	19.	0.9	10.8	8.1
2	0.96	0.75	27.8	44.10	56.6	0.65	121.8	0.44	-17.3	-0.3	0.5	17.39	26.7	0.1	3.6	0.	4.	-	4.9	37.	7.	38.	8.4	35.0	4.0
3	1.20	0.72	8.00	40.40	11.2	2.57	202.9	0.63	-98.5	-1.0	0.6	39.71	-1.14	0.4	3.3	0.	5.	-	8.6	28.	2.	32.	9.3	57	5.7
4	0.94	2.37	8.20	87.08	4.29	7.21	12.01	4.28	-20.4	-	-	-	-	0.6	0.6	0.	4.	-63	14.	30.	2.	34.	1.8	29.5	4.6
5	0.50	1.40	8.00	58.30	2.89	6.84	0.68	15.4	8.00	1.0	0.6	52.10	7.34	0.5	2.8	1.	2.	7.0	11.	19.	2.	21.	0.9	10.0	8.0
6	1.31	0.93	8.44	49.20	8.07	3.88	58.57	1.43	-52.1	0.0	0.9	49.0	6.52	0.4	3.4	0.	5.	-	11.	31.	2.	34.	2.9	32.3	2.5
7	0.27	0.45	8.00	53.60	2.21	11.3	0.60	20.9	8.00	0.3	0.1	41.43	9.94	0.7	3.0	1.	2.	7.7	16.	25.	1.	27.	0.6	13.1	8.0
8	0.50	1.75	8.00	47.52	3.80	4.16	0.83	8.25	8.00	1.7	0.9	55.25	5.99	0.5	2.7	7.	0.	8.0	8.1	15.	2.	17.	0.7	6.5	8.0
9	0.51	1.56	8.00	56.21	3.10	6.02	0.59	11.5	8.00	2.0	1.0	86.22	4.07	0.5	2.8	1.	1.	7.9	10.	18.	2.	20.	0.6	9.8	8.0
10	1.06	1.81	21.0	58.00	14.5	2.38	3.60	4.77	17.4	1.7	1.3	71.55	17.4	0.2	3.5	0.	3.	10.	9.1	34.	4.	36.	1.7	16.4	20.
11	1.15	0.90	7.36	60.50	6.76	5.61	128.1	1.32	-132	-1.7	1.8	138.6	-59.5	0.5	3.5	0.	6.	-	14.	37.	1.	43.	7.6	95.4	-52
12	0.57	0.70	8.00	34.00	5.26	3.74	0.85	11.9	8.00	-0.1	0.3	24.43	6.82	0.5	2.9	0.	5.	-	8.6	19.	2.	22.	0.8	11.6	8.0
13	14.9	83.4	-18.3	282.5	6.17	4.46	27.93	2.05	-29.6	-	-	-	-	0.5	3.2	0.	4.	-60	11.	27.	2.	29.	2.3	26.6	3.9
14	0.65	0.64	8.00	44.60	4.76	5.54	29.41	2.21	-38.8	-0.1	0.5	39.75	6.24	0.5	3.1	0.	5.	-	12.	26.	2.	29.	2.0	25.6	3.6
15	1.17	0.92	6.56	54.30	6.80	4.99	168.7	1.01	-135	-0.9	1.2	78.90	-18.7	0.5	3.4	0.	5.	-	13.	34.	2.	39.	11	126	-86
16	1.82	0.59	7.28	57.20	16.3	2.78	295.7	0.68	-155	-2.2	0.8	101.1	-45.0	0.4	3.8	0.	6.	-	11.	45.	2.	54.	15	103	-
17	0.51	0.85	8.40	53.40	3.17	7.95	0.71	23.2	8.40	0.3	0.3	41.64	8.84	0.6	3.1	1.	2.	6.5	14.	25.	1.	27.	0.9	16.2	8.4
18	0.75	0.75	8.60	68.40	4.15	9.27	0.79	29.5	8.60	-0.3	0.4	57.79	3.15	0.7	3.5	0.	6.	-	18.	38.	1.	44.	78	117	-

Tablo 2'nin Devamı

Örnek Alan No	Beta				2 parametrelili Gamma		3 parametrelili Gamma			Johnson S _B				2 parametrelili LogNormal		3 parametrelili LogNormal			Normal		2 par. Weibull		3 parametrelili Weibull		
19	0.63	0.57	10.9	62.40	4.84	7.88	65.96	2.11	-101	-0.2	0.5	58.28	4.77	0.6	3.5	0.0	5.9	-316	17.	38.	1.8	42.8	5.6	85.3	-40
20	0.64	1.11	8.10	66.44	3.20	8.48	0.76	22.7	8.10	0.8	0.8	70.89	4.60	0.6	3.1	0.5	3.2	-1.6	15.	27.	1.9	29.6	0.6	16.0	8.1
21	0.73	0.88	30.4	56.80	27.18	1.56	3.11	4.80	27.4	0.4	0.8	34.85	28.5	0.2	3.7	0.3	3.2	16.9	8.1	42.	5.8	44.5	1.7	14.8	29.1
22	1.74	0.94	3.62	53.80	9.29	3.78	147.5	0.94	-104	-	-	-	-	0.4	3.5	0.0	6.0	-362	11.	35.	2.2	39.8	5.5	57.2	-18
23	0.52	1.98	8.00	98.40	2.12	11.02	0.92	17.0	8.00	2.1	0.8	136.8	8.54	0.6	3.0	0.9	2.5	6.5	16.	23.	2.1	24.1	0.9	16.1	8.0
24	0.44	0.78	8.00	64.50	2.43	11.67	0.75	28.2	8.00	0.3	0.3	51.61	9.03	0.7	3.1	1.2	2.5	7.1	18.	28.	1.6	30.6	0.7	14.6	8.0
25	0.78	0.43	9.90	62.70	6.67	6.58	112.0	1.62	-137	-0.7	0.5	62.72	-0.3	0.5	3.7	0.0	6.4	-575	17.	43.	1.7	50.5	12	14	-1
26	0.82	0.78	9.50	72.20	4.58	9.09	96.09	1.97	-147	-0.4	0.9	94.53	-13	0.6	3.6	0.0	6.3	-489	19.	41.	1.6	47.2	4.9	86.0	-37
27	2.03	0.86	16.6	57.20	25.97	1.70	185.8	0.65	-76	-4.4	2.4	168.9	-99	0.2	3.8	0.0	5.7	-261	8.7	44.	4.7	47.7	27.2	188	-14
28	1.16	0.83	6.88	36.80	9.68	2.59	140.6	0.69	-71	-0.5	0.6	31.64	4.83	0.4	3.2	0.0	5.6	-239	8.0	25.	2.9	27.9	38	24	-2
29	0.46	0.71	8.60	48.40	3.35	7.21	0.90	15.7	8.60	0.3	0.3	36.80	9.49	0.6	3.0	1.0	2.4	7.3	13.	24.	1.9	26.7	0.9	16.8	8.6
30	0.51	0.53	8.30	66.50	3.23	11.33	0.92	27.3	8.30	-0.1	0.4	61.13	5.22	0.7	3.4	0.1	5.7	-251	20.	36.	1.5	40.8	1.1	29.4	8.1
31	0.78	1.38	8.10	45.72	5.46	3.46	0.62	11.4	8.10	0.5	0.8	36.05	5.78	0.4	2.8	0.5	2.7	2.2	8.1	18.	2.6	20.7	1.3	11.9	7.8
32	0.32	0.49	8.00	46.80	2.75	8.52	0.58	22.0	8.00	0.2	0.2	36.24	8.76	0.6	3.0	1.5	2.0	7.7	14.	23.	1.6	25.9	0.7	14.0	8.0
33	0.39	1.19	8.10	66.88	2.23	9.48	0.64	19.5	8.10	0.9	0.5	57.12	6.20	0.6	2.8	1.6	1.7	8.0	14.	21.	1.7	23.0	0.7	12.0	8.1
34	0.78	1.33	8.10	54.47	4.81	5.32	16.74	2.88	-22	0.1	1.0	58.98	-2.3	0.5	3.1	0.1	5.1	-134	11.	25.	2.1	28.5	1.8	22.8	5.2
35	0.95	0.93	12.1	47.00	8.32	3.57	48.00	1.48	-41	-0.1	0.7	41.44	8.79	0.4	3.3	0.1	5.2	-143	10.	29.	2.9	32.7	2.5	26.4	6.3
36	0.75	2.19	8.00	64.92	3.81	5.18	0.89	12.1	8.00	4.8	2.0	243.3	-2.3	0.5	2.9	0.6	2.6	3.1	10.	19.	2.3	21.3	0.7	9.4	8.0

Tablo 2'nin Devamı

Örnek Alan No	Beta				2 parametrelili Gamma		3 parametrelili Gamma			Johnson S _B				2 parametrelili LogNormal		3 parametrelili LogNormal			Normal		2 par. Weibull		3 parametrelili Weibull		
37	0.41	0.97	8.00	51.73	2.74	7.53	0.70	14.9	8.00	0.7	0.5	46.43	6.57	0.6	2.9	1.5	1.8	7.7	12.	20.	1.8	22.7	0.7	10.3	8.0
38	0.69	0.94	8.70	42.40	5.01	4.59	0.85	15.2	8.70	0.1	0.6	38.06	5.73	0.5	3.0	0.2	3.7	-8.6	10.	23.	2.3	25.5	1.2	15.0	8.6
39	0.59	0.73	8.10	39.80	4.62	4.82	1.15	12.3	7.99	0.2	0.5	33.35	8.12	0.5	3.0	0.5	2.9	1.2	10.	22.	2.3	24.8	1.3	15.4	7.8
40	0.60	1.45	8.00	45.60	4.60	3.64	0.75	10.1	8.00	1.4	0.9	46.92	6.23	0.4	2.7	0.8	2.0	6.5	7.8	16.	2.6	18.3	0.9	8.3	8.0
41	0.90	1.53	8.20	34.04	7.43	2.47	2.65	4.49	6.43	0.4	0.8	30.31	5.90	0.4	2.8	0.3	3.1	-4.5	6.7	18.	3.0	20.0	1.6	12.2	7.4
42	1.18	0.89	24.8	62.10	30.83	1.58	148.5	0.72	-58	-1.7	1.8	82.98	-9.9	0.2	3.9	0.0	5.7	-23	8.8	48.	5.5	51.9	8.2	61.6	-9.3
43	0.57	0.69	8.30	32.40	5.81	3.30	1.46	7.67	7.99	0.2	0.4	23.89	9.29	0.4	2.9	0.6	2.5	4.5	8.0	19.	2.5	21.2	1.3	12.1	8.0
44	0.71	1.83	9.40	108.4	2.74	11.66	0.89	23.1	9.40	2.7	1.2	232.0	6.15	0.6	3.3	0.6	3.3	-0.1	19.	32.	2.1	32.8	1.1	23.8	9.2
45	0.52	0.65	12.2	60.50	4.27	7.88	0.88	21.0	12.2	0.5	0.6	64.28	9.97	0.5	3.4	0.5	3.5	-2.5	16.	33.	2.1	35.9	1.3	24.0	11

Tablo 3. İstatistiksel yoğunluk fonksiyonlarının hata indeksi değerleri ve başarı sıraları

Ornek Alan	Normal		2 par. Gamma		3 par. Gamma		Beta		2 par. Log normal		3 par. Log normal		2 par. Weibull		3 par. Weibull		Johnson S_B	
1	56.	9	15.	2	15.	3	10.	1	48.	8	19.	7	16.	4	17.	6	16.9	5
2	9.9	8	7.1	5	10.	9	3.7	1	7.5	7	6.7	4	6.4	3	7.2	6	3.88	2
3	15.	1	18.	5	16.	3	18.	6	22.	8	15.	2	18.	7	25.	9	17.6	4
4	14.	1	17.	7	15.	4	16.	5	45.	8	15.	3	15.	2	16.	6	-	9
5	18.	9	13.	5	10.	1	10.	2	15.	7	15.	6	16.	8	12.	4	11.8	3
6	10.	5	11.	8	10.	6	10.	4	11.	9	10.	7	9.7	2	10.	3	9.34	1
7	23.	7	23.	8	16.	3	11.	1	24.	9	21.	5	22.	6	16.	4	14.9	2
8	24.	8	17.	5	13.	2	15.	4	19.	6	27.	9	22.	7	8.9	1	14.5	3
9	13.	4	12.	2	16.	9	14.	6	16.	8	14.	5	13.	3	10.	1	15.3	7
1	9.0	9	6.5	6	4.5	2	7.8	7	6.0	5	5.0	4	8.4	8	4.8	3	4.57	1
1	9.9	1	11.	5	10.	3	12.	7	14.	8	15.	9	11.	6	10.	2	10.3	4
1	21.	2	26.	8	25.	7	22.	6	26.	9	22.	5	21.	3	22.	4	12.3	1
1	11.	2	12.	7	11.	4	11.	5	12.	8	11.	3	10.	1	11.	6	-	9
1	8.1	4	10.	8	8.8	6	5.1	1	10.	9	8.6	5	7.7	3	9.2	7	5.20	2
1	10.	3	13.	8	11.	5	13.	7	16.	9	11.	4	12.	6	9.4	1	10.1	2
1	9.7	4	10.	5	10.	6	9.6	3	13.	7	9.5	2	14.	8	15.	9	9.31	1
1	18.	7	20.	8	13.	3	11.	2	20.	9	17.	5	18.	6	15.	4	9.68	1
1	18.	4	24.	7	27.	9	17.	3	25.	8	18.	5	20.	6	13.	2	10.9	1
1	7.9	5	9.4	9	8.3	6	5.0	1	9.1	8	8.3	7	6.6	3	7.8	4	5.24	2
2	13.	4	13.	5	13.	6	12.	1	14.	8	13.	7	12.	2	15.	9	12.4	3
2	5.2	8	4.7	6	4.3	4	1.8	1	4.9	7	4.6	5	5.7	9	4.1	3	3.02	2
2	5.9	4	5.6	1	5.8	2	7.0	7	7.4	8	5.9	3	7.0	6	6.5	5	-	9
2	18.	6	15.	4	15.	3	14.	1	18.	7	16.	5	19.	9	14.	2	18.6	8
2	15.	9	14.	7	13.	4	9.1	1	14.	6	15.	8	13.	5	11.	3	10.7	2
2	5.5	3	6.8	7	5.8	4	4.5	2	7.4	8	5.9	5	6.4	6	9.9	9	3.86	1
2	7.4	4	9.7	8	7.8	7	6.4	1	10.	9	7.8	6	6.8	3	7.4	5	6.71	2
2	5.6	1	6.2	5	5.9	3	7.2	9	7.2	8	5.8	2	7.2	7	6.5	6	6.27	4
2	11.	3	14.	7	12.	5	8.3	2	16.	8	11.	4	12.	6	17.	9	6.02	1
2	13.	3	16.	6	17.	8	7.8	1	17.	7	19.	9	14.	4	15.	5	10.3	2
3	12.	5	15.	9	12.	4	11.	1	14.	8	13.	6	11.	3	13.	7	11.7	2
3	13.	6	14.	7	11.	1	13.	5	14.	9	14.	8	13.	4	12.	3	12.3	2
3	18.	4	21.	8	17.	3	11.	2	21.	9	18.	7	18.	6	18.	5	9.95	1
3	21.	3	22.	4	24.	7	17.	1	27.	9	22.	5	23.	6	24.	8	18.5	2
3	21.	2	23.	7	21.	5	24.	9	23.	8	21.	3	20.	1	22.	6	21.5	4
3	11.	4	12.	9	11.	6	11.	3	12.	8	11.	5	10.	1	12.	7	11.0	2
3	14.	1	14.	4	14.	3	46.	9	15.	6	15.	8	14.	2	15.	7	15.1	5
3	20.	6	19.	4	20.	8	12.	1	23.	9	20.	7	20.	5	17.	3	15.5	2
3	10.	2	13.	5	17.	8	11.	4	14.	6	18.	9	10.	1	17.	7	10.6	3
3	22.	8	22.	9	19.	3	11.	1	21.	7	21.	6	20.	5	20.	4	11.8	2

Tablo 3'ün Devamı

Ornek Alan	Normal		2 par. Gamma		3 par. Gamma		Beta		2 par. Log normal		3 par. Log normal		2 par. Weibull		3 par. Weibull		Johnson S _B	
4	14.	6	12.	4	10.	1	13.	5	15.	8	14.	7	15.	9	11.	2	11.8	3
4	7.0	5	6.2	2	7.2	9	6.8	4	7.2	8	6.5	3	5.4	1	7.0	6	7.14	7
4	8.4	4	8.9	8	8.6	6	8.0	3	9.3	9	8.6	7	7.3	1	8.4	5	8.00	2
4	15.	9	14.	8	10.	3	9.3	2	13.	6	12.	5	13.	7	11.	4	5.93	1
4	7.1	7	4.9	4	7.6	8	9.6	9	4.5	3	4.5	2	4.0	1	6.4	6	5.81	5
4	1.8	2	2.6	4	5.1	9	2.3	3	3.7	7	3.5	6	1.5	1	4.0	8	2.72	5