

Önsen doğal fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) meşcerelerinde çap dağılımlarının modellenmesi

Fatih Sivrikaya^{a,*}, Ramazan Karakaş^b

Özet: Bu çalışmada Kahramanmaraş Orman Bölge Müdürlüğü, Kahramanmaraş Orman İşletme Müdürlüğü, Hartlap Orman İşletme Şefliğinde Önsen mahallesindeki doğal fıstıkçamı meşcerelerinin çap dağılımlarının modellenmesine ilişkin 3 parametrelili Weibull fonksiyonunun parametrelerinin tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında, alınan 30 adet örnek alandan elde edilen verilere bağlı olarak, doğal fıstıkçamı meşcerelerinin çap dağılımlarını modellemek üzere kullanılan 3 parametrelili Weibull fonksiyonunun parametrelerinin tahmin edilmesinde dağılımın yüzdelik değerlerine dayanan 6 farklı formül kullanılmıştır. Farklı parametre tahmin formüllerinin başarıları Rennolds vd. (1988) tarafından geliştirilen hata indeksi değerleri yardımıyla ortaya konulmuştur. Örnek alanların aktüel çap dağılımları ile Weibull dağılımına ilişkin farklı parametre tahmin yöntemleri ile elde edilen tahmini çap dağılımları arasındaki farklara dayanan hata indeksi değerlerine göre yapılan başarı sıralamasında; 2.967'lik ortalama sıra numarasına sahip olan %25, %50 ve %95'lik çap değerlerini birlikte kullanan yüzdelik (Percentile-Based) yöntemi, fıstıkçamı meşcerelerinin çap dağılımını modellemede en başarılı parametre tahmin yöntemi olarak belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Çap dağılımı, Hibrit, Olasılık yoğunluk fonksiyonu, Weibull dağılımı

Modeling diameter distributions in Önsen natural stone pine (*Pinus pinea* L.) stands

Abstract: In this study, parameters of Weibull function with three parameters were predicted for natural Stone Pine stands in Önsen town, which is in Kahramanmaraş Regional Directorate of Forestry Kahramanmaraş Directorate of State Forest Enterprise, Hartlap Forest Enterprise Chief. To model diameter distribution of natural Stone Pine, 30 sample plots were taken from field survey and six different methods were used for predicting parameters of Weibull function with three parameters. Error index values were applied for comparison of different parameter estimation methods. Percentile-Based method, which use 25%, 50% and 95% of diameter values together and have 2.967 average rank number, is the greatest successful function to define diameter distributions for Stone Pine based on error index values estimated by differences between actual diameter distribution and predicted diameter distribution in accordance with different parameter estimation methods.

Keywords: Diameter distribution, Hybrid, Probability density function, Weibull distribution

1. Giriş

Ormanların planlanması; ormanı oluşturan ağaç türleri, alandaki ekolojik koşullar ve halkın ormanlardan beklentileri gibi birçok ölçüt göz önünde bulundurularak orman amenajman planlarıyla gerçekleştirilmektedir. Orman işletmelerini sürdürülebilirlik ilkesine göre planlamak ve ormanlardan bugün ve gelecekte de en iyi şekilde yararlanmak için ormanın sahip olduğu ağaç hacminin bilinmesi ve belli periyotlarda yapılan ölçüm ve gözlemlerle meşceredeki artım ve büyüme ilişkilerinin ortaya konması gerekmektedir (Yavuz, 1995; Başkent vd., 2002; 2005).

Ormanların planlanmasında, orman ekosisteminin sahip olduğu artım ve büyüme potansiyelleri, meşcere yapıları ve meşcerenin yetişme ortamı verim gücü, yaşı, sıklık derecesi ve karışım oranı ve bunların aralarındaki ilişkiler hem ekonomik hem de biyolojik açıdan oldukça önemlidir (Yavuz vd., 2002). Ağaçların çap basamaklarına dağılımı meşcere yapılarının göstergesi olarak kullanılmaktadır (Maltamo, 1997). Bu bakımdan meşcere yapılarının ortaya

konulması için, günümüz ve gelecekteki çap dağılımlarının belirlenmesi gerekmektedir. Ancak, orman ekosisteminden elde edilecek ürün çeşitlerinin belirlenmesi meşcerelerin çap dağılımlarının tahmin edilmesi ile mümkün olabilmekte ve ormanların planlanmasında bu bilgiye ciddi anlamda gereksinim duyulmaktadır (Rennols vd., 1985; Borders ve Patterson, 1990; Laar ve Akça, 2007).

Ormancılıkta çap dağılımları konusunda yapılan öncü araştırmalar; Gram'ın 1883 yılında kayın meşcerelerinin çap dağılımlarını normal dağılım ve De Liocourt'un 1898 yılında değişik yaşlı meşcerelerde çap dağılımlarını üssel (eksponansiyel) dağılım ile modellediği çalışmalarıdır (Leak, 1965; Packard, 2000). Meyer ve Stevenson (1943), De Liocourt'un eksponansiyel dağılım modelini; "Negatif Exponansiyel Dağılım"a dönüştürerek değişik yaşlı karışık meşcerelerin çap dağılımını modellemek için kullanmışlardır (Yavuz vd., 2002). Özellikle 1930'lu yıllarda, çeşitli matematik serileri kullanılarak çap dağılımları modellenmeye çalışılırken, 1960'lı yıllardan itibaren de istatistik yoğunluk fonksiyonları (*probability*

✉ ^a Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi, Kastamonu

^b Adıyaman Orman İşletme Müdürlüğü, Adıyaman

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): fsivrikaya@kastamonu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 23.06.2020, **Accepted** (Kabul tarihi): 26.11.2020



Citation (Atıf): Sivrikaya, F., Karakaş, R., 2020. Önsen doğal fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) meşcerelerinde çap dağılımlarının modellenmesi. Turkish Journal of Forestry, 21(4): 364-372. DOI: [10.18182/tjf.756785](https://doi.org/10.18182/tjf.756785)

density function (pdf) kullanılmıştır (Packard, 2000). Olasılık yoğunluk fonksiyonları, belirli bir çap basamağındaki olası birey sayısının meşceredeki toplam birey sayısına oranı olarak tahminler yapan fonksiyonlar olup, 0 ile 1 arasında tahmin sonuçları vermektedirler (Bailey ve Dell, 1973). 1965 yılında Clutter ve Bennet'in (1965) 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 araştırma 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).

Ormancılıkta, meşceredeki ağaçların çap basamaklarına dağılımlarını modellemek üzere Johnson's SB (Johnson, 1949), Weibull (Weibull, 1951; Bailey ve Dell, 1973), Gamma (Nelson, 1964), Lognormal (Bliss ve Reinker, 1964), Beta (Clutter ve Bennet, 1965; Zöhrer, 1969) ve Normal (Bailey, 1980) dağılımı gibi farklı olasılık yoğunluk fonksiyonları kullanılmaktadır (Ercanlı ve Yavuz, 2010).

Ülkemizde, Saraçoğlu (1988) Karadeniz yöresindeki seçme olarak işletilen Göknar meşcerelerinin çap dağılımlarını Meyer'in üssel yoğunluk fonksiyonu ile modellemiştir. Carus (1996), aynı yaşlı Doğu kayını meşcerelerinin çap dağılımlarını modellemek için Gamma, 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, Gamma, Log-Normal, Normal ve Weibull dağılımlarını kullanmış ve en iyi dağılımın 2 parametrelili Weibull dağılımı olduğunu ifade etmiştir. Carus ve Çatal (2008) çalışmasında, 7 ağaç örnekleme yöntemine göre gerçekleştirilen örnek alanlarda çap basamaklarının modellenmesinde Normal, Log-Normal, Beta, Gamma ve Weibull dağılımlarını karşılaştırılmışlar ve en başarılı modelin Log-Normal fonksiyon olduğunu belirlemiştir. Ercanlı (2010) ve Ercanlı ve Yavuz (2010), Doğu ladini-Sarıçam karışık meşcerelerinin çap dağılımlarını modellemede Doğu ladini için Johnson's SB ve Sarıçam için de 3 parametrelili Weibull fonksiyonunun en başarılı fonksiyonlar olduğunu saptamıştır. Sönmez vd. (2010), Artvin yöresi saf Doğu ladini meşcerelerinin çap dağılımlarını modellemede, Johnson's SB fonksiyonunu en başarılı fonksiyon olarak belirlemiştir. Kahrman ve Yavuz (2011), Doğu kayını-Sarıçam karışık meşcerelerinin çap dağılımını modellemede her iki tür içinde en başarılı fonksiyonun Johnson's SB olduğunu ortaya koymuşlardır. Sakıcı ve Gülsunar (2012), Uludağ göknarı-Sarıçam karışık meşcerelerinde bulunan Uludağ göknarının çap dağılımlarının modellenmesinde en başarılı fonksiyonların 2 parametrelili Eksponansiyel ve 3 parametrelili Weibull

dağılımları olduğunu belirlemiştir. Sakıcı vd. (2016), Taşkoprü yöresi Karaçam meşcerelerinin çap dağılımlarının modellenmesi amacıyla Beta, Gamma, Johnson's SB, Lognormal, Normal ve Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonlarını incelemişler ve 3 parametrelili Gamma fonksiyonunun en başarılı fonksiyon olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Dal (2019), Kastamonu yöresi Sarıçam meşcerelerinin çap dağılımlarını modellemeyi amaçladığı çalışmada Beta, Gamma, Johnson's SB, Lognormal, Normal ve Weibull dağılımları arasından en uygun sonuçların Johnson's SB dağılımı ile elde edildiğini belirtmiştir.

Bu çalışmada Kahramanmaraş Orman Bölge Müdürlüğü, Kahramanmaraş Orman İşletme Müdürlüğü, Hartlap Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde Önsen mahallesindeki doğal Fıstıkçamı meşcerelerinden elde edilen 30 adet örnek alan verilerine bağlı olarak, meşcerelerin çap dağılımlarını modellemek üzere 3 parametrelili Weibull fonksiyonunun parametrelerinin tahmin edilmesine ilişkin çeşitli formüllerin karşılaştırılması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Araştırma alanı Kahramanmaraş Orman Bölge Müdürlüğü, Kahramanmaraş Orman İşletme Müdürlüğü, Hartlap Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde Önsen mahallesindeki doğal fıstık çamı meşcereleridir. Çalışma alanı UTM koordinat sistemine göre 302000-307000 doğu boylamları ve 4150000-4155000 kuzey enlemleri arasında bulunmaktadır. Çalışma alanındaki fıstıkçamı ormanı 740.5 ha olup bu alanın 355.7 ha'lık kısmı verimli, 347.6 ha'lık kısmı ise verimsiz, 34.2 ha orman toprağı (OT) ve 3 ha'ı ise ziraat alanıdır. Alanda Fıstıkçamı hakim tür olup bazı alanlarda saf bazı alanlarda ise Kızılçam ile karışım yapmaktadır. Saf meşcerelerin alanı (Çfbc2, Çfc1, Çfc2, BÇf) 416,2 ha, Kızılçam ile karışıma giren meşcerelerin alanı ise (ÇfÇzcd2, BÇfÇz) 287.1 ha'dır. Orman genel olarak tek tabakalıdır. Alan 1981 yılında tohum meşceresi olarak tefrik edilmiştir (Yılmaz vd., 2010). Bu çalışmada Önsen mahallesindeki Fıstıkçamı meşcerelerinden 300x300 metre mesafe aralığında alınan 30 adet örnek alandan alınan veriler kullanılmıştır. Örnek alanlar meşcere kapalılığına göre 400, 600 ve 800 m² büyüklüğünde ve daire biçiminde alınmıştır. Örnek alanlarda, 8 cm'den daha kalın tüm ağaçların göğüs çapları (d_{1,30}) çap ölçer ile mm duyarlılığında ölçülmüştür. Aynı zamanda farklı çap basamaklarına olabildiğince dengeli bir biçimde dağıtılan en az 20 ağacın boyu Blume-Leiss boy ölçeri ile cm hassasiyetinde ölçülmüştür. Tüm örnek alanların büyüklüğü, yükseltisi, bakışı, eğimi, yaşı, ağaç sayısı, meşcere tipi ve yaş özelliklerine ilişkin bilgiler Çizelge 1'de verilmiştir.

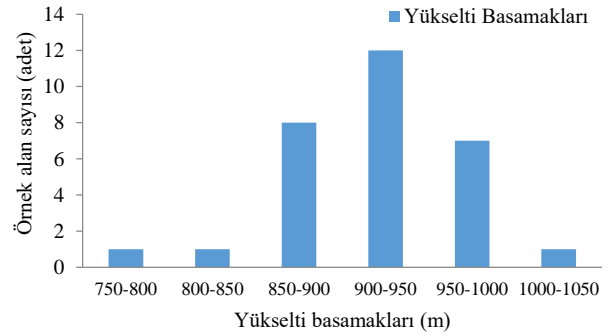
Çizelge 1. Örnek alanlara ilişkin genel bilgiler

Örnek alan no	Örnek alan büyüklüğü (m ²)	Yükselti (m)	Bakı (Derece)	Eğim (%)	Yaş	Çap (min)	Çap (max)	Ağaç sayısı	Meşcere tipi
1	800	797	282	13	30	15	43	11	Çfbc1
2	600	955	58	58	29	9	33	16	Çfed2
3	800	831	41	39	41	15	48	17	Çfc1
4	600	871	237	36	47	10	45	27	Çfbc2
5	800	994	120	51	39	10	52	28	Çfed1
6	800	863	82	25	35	10	39	40	Çfed1
7	600	872	278	38	37	9	45	19	Çfc2
8	800	965	189	23	41	11	45	30	Çfbc1
9	800	939	65	18	33	12	45	19	Çfbc1
10	600	990	78	30	39	17	47	14	Çfed2
11	600	897	287	29	42	14,5	47	32	Çfed2
12	600	949	22	11	28	8	35	25	Çfbc2
13	800	958	73	18	34	10	46	11	Çfbc1
14	800	890	342	26	41	9	48	40	Çfbc2
15	800	902	302	25	40	9	47	35	Çfed1
16	600	933	257	11	37	9	38	30	Çfbc2
17	800	906	125	27	35	8	41	37	Çfbc1
18	800	1009	26	35	30	15	37	14	Çfed1
19	800	893	264	26	54	8	58	26	Çfed1
20	800	936	257	31	36	8	51	11	Çfed1
21	600	973	114	5	33	8	41	33	Çfbc2
22	800	942	106	24	34	11	42	19	Çfc1
23	800	896	133	45	28	8	46	14	Çfc1
24	800	990	51	31	41	15	50	14	Çfbc1
25	800	902	357	13	52	13	51	23	Çfed1
26	800	921	234	23	37	9	34	21	Çfc1
27	800	944	223	16	30	9	31	26	Çfbc1
28	800	946	82	35	39	9	43	15	ÇfÇzcd1
29	800	933	62	29	45	10	47	18	Çfed1
30	600	872	215	32	44	13	51	19	Çfed2

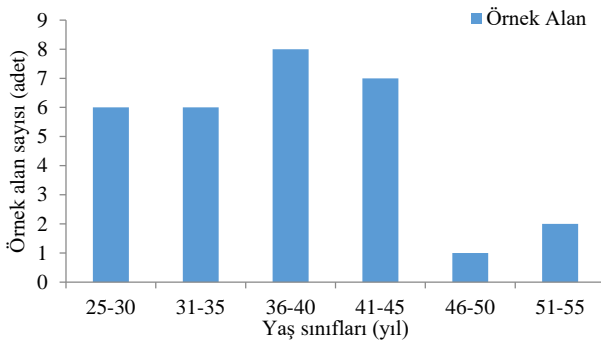
Daire biçiminde alınan örnek alanların büyüklükleri meşcere yapısı ve kapalılığa bağlı olarak 400 m² ile 800 m² arasında değişmektedir. Örnek alanların yaş sınıflarına dağılımları incelendiğinde (Şekil 1); 30 örnek alandan 6'sının 25-30 yaş aralığında, 6'sının 31-35 yaş aralığında, 8'inin 36-40 yaş aralığında, 7'sinin 41-45 yaş aralığında, 1'inin 46-50 yaş aralığında ve 2'sinin 51-55 yaş aralığında oldukları görülmektedir.

Örnek alanların yükseltiye bağlı dağılımları değerlendirildiğinde ise, verimli fıstıkçanı meşcerelerinin, çoğunlukla 850-1000 metre arasında yer aldıkları görülmektedir (Şekil 2).

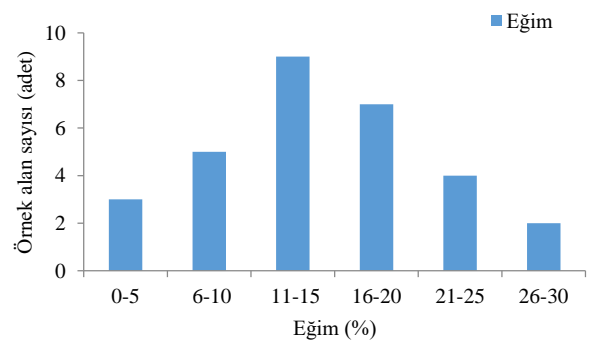
Örnek alanlara ilişkin eğim değerleri incelendiğinde (Çizelge 1 ve Şekil 3); 30 örnek alandan 3'ünün 0° ile 5°, 5'inin 6° ile 10°, 9'unun 11° ile 15°, 7'sinin 16° ile 20°, 4'ünün 21° ile 25° ve 2'sinin 26° ile 30° arasında yer aldığı görülmektedir (Şekil 3).



Şekil 2. Örnek alanların yükselti basamaklarına dağılımı



Şekil 1. Örnek alanların yaş sınıflarına dağılımları



Şekil 3. Örnek alanların eğim basamaklarına dağılımları

2.2. Yöntem

Bu çalışmada, diğer birçok çap dağılımına ilişkin çalışmada başarıyla kullanılmış olan 3 parametrelili Weibull dağılımı fıstıkçamı meşcerelerinin göğüs çapı dağılımını modellemede kullanılmak üzere seçilmiştir.

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

Bu formülde, x : çap (cm), α, β, γ ise olasılık yoğunluk fonksiyonunun parametreleridir. Bu parametrelerden, α (alfa); Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonunun konum (location) parametresi iken, β (beta); ölçek (scale) parametresi ve γ (lambda) ise; biçim (shape) parametresidir. Özellikle fonksiyonun konum parametresi (α) çap dağılımındaki en küçük çap değeri ile ilişkili iken, ölçek parametresi (β) çap dağılımının yaygınlığını ve biçim parametresi (γ) ise dağılımın biçimini tanımlamaktadır.

2.2.1. Parametre tahmin yöntemleri

Ormancılıkta çap dağılımlarının modellenmesinde yaygın bir şekilde tercih edilen 3 parametrelili Weibull dağılımlarına ilişkin parametrelerin tahmin edilmesinde farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler (i) doğrusal olmayan regresyon analizi (nonlinear regression) (ii) maksimum olabilirlik (maximum likelihood estimation), (iii) dağılım momentlerini esas alan eşitlikler (moment-based parameter recovery), (iv) dağılım yüzdeliklerini esas alan eşitlikler (percentile-based parameter recovery) ve (v) son iki yöntemi bütünleştiren eşitlikler (hybrid methods)'dir. Bu çalışmada, özellikle çap dağılımlarının modellenmesinde basit ve uygulanabilir yöntemler olarak tercih edilen yöntemler olan; maksimum olabilirlik, yüzdelikleri esas alan eşitlikler ve hibrid yöntemi kullanılmıştır.

2.2.1.1. Maksimum olabilirlik yöntemi

Bu yöntem ile çalışmamızda elde edilen 30 örnek alan için 3 parametrelili Weibull dağılımının parametreleri tahmin edilmiştir. Söz konusu bu tahminlerin yapılmasında, SAS 9.0 istatistik paket programındaki CAPABILITY özelliği kullanılmıştır (SAS Institute Inc., 2004).

2.2.1.2. Yüzdelikleri esas alan eşitlikler

3 parametrelili Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonunun parametrelerinin tahmin edilmesinde, özellikle çap dağılımlarının belirli yüzdeliklerine karşılık gelen çap değerlerinin kullanımını dikkate alan formüller başarıyla kullanılmıştır (Knowe, 1992; Bailey vd., 1989; Knowe vd., 1994; Knowe vd., 1997; Liu vd., 2004; Cao, 2004). Bu yöntemin esasını oluşturan çap dağılımlarına ilişkin yüzdeliklerin kullanımında, farklı yüzdelik değerleri tercih edilmektedir. Farklı yüzdelik 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 4 farklı yüzdelik yöntemi kullanılmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2'deki eşitliklerde; d_{min} ; örnek alandaki minimum çapı, $d_{%63}$; çap dağılımda verileri küçükten büyüğe doğru sıralandığında %63'lük veriye karşılık gelen çap değerini, $d_{%31}$; %31'lik veriye karşılık gelen çap değerini, $d_{%95}$; %95'lik veriye karşılık gelen çap değerini, $d_{%50}$; %50'lik veriye karşılık gelen çap değerini, $d_{%25}$; %25'lik veriye karşılık gelen çap değerini ifade etmektedir.

2.2.1.3. Hibrid Yöntem

Bu yöntemde, çap dağılımına ilişkin yüzdelik değerlerle birlikte çap değerlerinin göğüs yüzeyi orta ağacına karşılık gelen orta çap (d_g) değeri kullanılmaktadır. Aşağıda bu yöntemle ilişkin eşitlikler verilmiştir.

$$\alpha = \frac{n^{0.3333} \cdot d_{min} - d_{%50}}{n^{0.3333} - 1}$$

$$\gamma = \frac{2.343088}{\ln(d_{%95} - \alpha) - \ln(d_{%25} - \alpha)}$$

$$\beta = \frac{\alpha \cdot r_1}{r_2} \sqrt{\left(\frac{\alpha}{r_2}\right) (r_1^2 - r_1) + \left(\frac{d_g^2}{r_2}\right)}$$

Bu eşitlikte, n ; örnek alandaki ağaç sayısını, d_g ; örnek alan için hesaplanan göğüs yüzeyi orta ağacının çapını ve r ; Gamma dağılımını ifade etmekte, $r_1 = r \left(1 + \frac{1}{\gamma}\right)$ ve $r_2 = r \left(1 + \frac{2}{\gamma}\right)$ olarak hesap edilmektedir.

Çizelge 2. Parametre tahmininde kullanılan yüzdelik değerler ve eşitlikler

Yöntem	Yüzdelik değerler	Eşitlikler
I	%31-%63	$\alpha = 0.5 \times d_{min}$ $\beta = \frac{d_{%63} - \alpha}{(-\ln(1 - 0.63))^{\frac{1}{\gamma}}}$ $\beta = \frac{\ln\left(\frac{\ln(1 - 0.63)}{\ln(1 - 0.31)}\right)}{\ln(d_{%63} - \alpha) - \ln(d_{%31} - \alpha)}$
II	%50-%95	$\alpha = 0.5 \times d_{min}$ $\beta = \frac{d_{%50} - \alpha}{(-\ln(1 - 0.50))^{\frac{1}{\gamma}}}$ $\beta = \frac{\ln\left(\frac{\ln(1 - 0.95)}{\ln(1 - 0.50)}\right)}{\ln(d_{%95} - \alpha) - \ln(d_{%50} - \alpha)}$
III	%25, %50 ve %95	$\alpha = 0.5 \times d_{min}$ $\beta = \frac{d_{%50} - \alpha}{(-\ln(1 - 0.50))^{\frac{1}{\gamma}}}$ $\beta = \frac{\ln\left(\frac{\ln(1 - 0.95)}{\ln(1 - 0.25)}\right)}{\ln(d_{%95} - \alpha) - \ln(d_{%25} - \alpha)}$
IV	%31, %50 ve %63	$\alpha = 0.5 \times d_{min}$ $\beta = \frac{d_{%50} - \alpha}{(-\ln(1 - 0.50))^{\frac{1}{\gamma}}}$ $\beta = \frac{\ln\left(\frac{\ln(1 - 0.63)}{\ln(1 - 0.31)}\right)}{\ln(d_{%63} - \alpha) - \ln(d_{%31} - \alpha)}$

2.2.2. Parametre tahmin yöntemlerinin karşılaştırılması

Özellikle, kullanılan bu farklı parametre tahmin yöntemlerinden; ağaçların çap basamaklarına dağılımlarını en iyi temsil eden seçeneğin tespit edilmesi gerekmektedir. Farklı parametre tahmin yöntemlerinin karşılaştırılmasında, Rennolds vd. (1988) tarafından geliştirilen hata indeksi (error index) kullanılmıştır;

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

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

Bu çalışmada, örnek alanlar arasında 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, Weibull fonksiyonun parametrelerini tahmin etmede kullanılan 6 farklı yöntem, örnek alanların çap dağılımlarını temsil etmedeki başarıları yönünden 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; Sakıcı vd., 2016).

3. Bulgular

Bu çalışmada, Kahramanmaraş Orman Bölge Müdürlüğü, Kahramanmaraş Orman İşletme Müdürlüğü, Hartlap Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde Önsen mahallesindeki doğal fıstıkçami meşcerelerinin çap dağılımlarını modellemek üzere 3 parametrelili Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonu kullanılmıştır. 3 parametrelili Weibull dağılımın parametrelerini tahmin etmek üzere kullanılan 6 farklı parametre tahmin yöntemi ile elde edilen α , β , γ parametrelerine ilişkin tahmin sonuçları Çizelge 3'te verilmiştir. Bu çizelgelere, Maksimum Olabilirlik yöntemi (1), %31 ve %63'lük çap değerleri (2), %50 ve %95'lik çap değerleri (3), %25, %50 ve %95'lik çap değerleri (4), %31, %50 ve %63'lük çap değerleri (5) esas alan yüzdellikler yöntemi ve hibrid yöntemi (6) olmak üzere 6 farklı yöntemle ilişkin parametre tahminleri verilmiştir. Özellikle farklı yöntemlere ilişkin Weibull parametre tahminleri incelendiğinde, söz konusu bu tahminlerin önemli derecede farklılıklar gösterdiği görülmektedir.

Çizelge 3. Çap dağılımlarına ilişkin olasılıklı yoğunluk fonksiyonlarının α , β , γ parametre tahminleri

Örnek alan no	Maksimum olabilirlik			% 31 ve % 63			% 50 ve % 95			% 25, % 50 ve % 95			% 31, % 50 ve % 63			Hibrid		
	α	γ	β	α	γ	β	α	γ	β	α	γ	β	α	γ	β	α	γ	β
1	14.0	1.00	10.57	7.5	1.66	20.69	7.5	2.25	21.78	7.5	1.64	23.14	7.5	1.66	23.08	12.36	1.10	10.47
2	8.68	1.57	11.13	4.5	5.09	15.52	4.5	2.28	17.62	4.5	2.64	17.23	4.5	5.09	16.12	7.07	2.26	13.74
3	0.00	8.72	76.10	7.5	2.85	28.90	7.5	3.45	29.47	7.5	2.52	30.64	7.5	2.85	30.14	11.17	2.14	23.83
4	10.0	1.00	11.15	5.0	1.82	16.69	5.0	1.34	17.09	5.0	1.60	16.34	5.0	1.82	15.90	8.80	1.23	12.47
5	7.03	1.76	20.47	5.0	2.41	25.60	5.0	1.92	24.22	5.0	1.78	24.58	5.0	2.41	23.29	7.52	1.56	19.97
6	5.92	2.28	17.94	5.0	1.79	20.90	5.0	2.46	19.74	5.0	2.32	19.91	5.0	1.79	20.87	8.27	1.89	15.62
7	0.00	2.66	28.21	4.5	1.30	27.22	4.5	3.16	28.63	4.5	1.86	31.05	4.5	1.30	33.80	5.39	1.78	21.87
8	10.0	1.00	10.89	5.5	1.84	15.61	5.5	1.32	16.50	5.5	1.48	16.02	5.5	1.84	15.25	9.87	1.02	9.09
9	9.34	1.48	15.85	6.0	2.17	18.95	6.0	1.53	19.05	6.0	1.79	18.42	6.0	2.17	17.76	10.27	1.36	14.36
10	0.42	4.34	36.98	8.5	2.36	31.58	8.5	3.73	28.69	8.5	2.77	29.68	8.5	2.36	30.37	13.61	2.18	23.06
11	14.0	1.00	11.87	7.25	1.42	22.58	7.25	1.71	18.89	7.25	1.84	18.62	7.25	1.42	19.76	13.37	1.15	10.70
12	10.0	1.00	9.890	4.0	1.21	20.62	4.0	2.52	19.66	4.0	1.60	21.39	4.0	1.21	23.04	5.99	1.35	14.52
13	10.0	1.00	11.06	5.0	1.27	16.88	5.0	1.27	17.33	5.0	1.33	17.14	5.0	1.27	17.36	8.08	1.03	11.89
14	10.0	1.00	11.55	4.5	1.13	20.43	4.5	1.51	19.12	4.5	1.41	19.45	4.5	1.13	20.75	7.49	1.12	13.86
15	0.00	2.21	28.76	4.5	0.99	31.72	4.5	1.77	21.54	4.5	1.63	21.92	4.5	0.99	25.34	7.03	1.39	19.91
16	8.83	1.56	14.60	4.5	3.29	19.06	4.5	2.17	19.54	4.5	2.17	19.54	4.5	3.29	18.44	7.27	1.83	17.11
17	10.0	1.00	7.400	4.0	1.31	14.95	4.0	1.09	12.58	4.0	1.41	11.67	4.0	1.31	11.91	7.26	1.04	9.190
18	0.00	3.23	27.52	7.5	1.21	23.06	7.5	2.96	20.37	7.5	2.02	21.58	7.5	1.21	24.38	12.71	1.31	12.04
19	3.69	2.23	28.71	4.0	2.16	29.08	4.0	2.42	31.42	4.0	1.99	32.45	4.0	2.16	32.00	4.08	1.99	27.72
20	8.92	1.44	18.42	4.0	2.43	22.61	4.0	1.82	25.69	4.0	1.51	26.75	4.0	2.43	24.42	3.91	1.52	22.97
21	10.0	1.00	10.34	4.0	1.40	18.61	4.0	1.43	16.16	4.0	1.67	15.58	4.0	1.40	16.25	6.82	1.36	14.08
22	0.00	2.60	26.50	5.5	1.16	23.82	5.5	2.33	22.81	5.5	1.61	24.49	5.5	1.16	26.78	8.30	1.32	16.05
23	10.0	1.00	13.27	4.0	1.53	21.53	4.0	1.91	23.63	4.0	1.39	25.40	4.0	1.53	24.79	4.62	1.33	18.84
24	13.84	1.14	14.15	7.5	2.09	20.01	7.5	1.76	22.78	7.5	1.65	23.11	7.5	2.09	22.05	12.6	1.18	14.37
25	0.00	2.70	31.41	6.5	1.36	25.73	6.5	2.06	25.68	6.5	1.64	26.87	6.5	1.36	28.18	10.32	1.31	18.34
26	0.00	3.43	26.49	4.5	2.00	24.57	4.5	5.40	24.08	4.5	2.49	26.07	4.5	2.00	27.03	5.67	2.32	20.77
27	8.48	1.73	10.84	4.5	3.83	14.90	4.5	2.51	15.62	4.5	2.81	15.38	4.5	3.83	14.86	7.44	2.27	12.49
28	0.00	2.66	28.74	4.5	1.37	29.62	4.5	2.00	22.23	4.5	1.94	22.35	4.5	1.37	24.17	6.04	1.79	22.01
29	4.21	2.25	27.18	5.0	3.03	26.99	5.0	2.26	25.87	5.0	2.24	25.91	5.0	3.03	24.83	6.65	2.08	25.05
30	12.12	1.84	21.51	6.5	1.52	31.62	6.5	1.89	24.89	6.5	2.36	23.94	6.5	1.52	26.07	10.59	1.98	23.36

Fıstıkçamı meşcerelerinin çap dağılımlarını modellemek üzere kullanılan Weibull fonksiyonun parametrelerinin tahminine ilişkin 6 farklı yöntem ile elde edilen hata indeksi değerleri ve başarı sıraları, Çizelge 4'te verilmiştir. Parametre tahminlerine ilişkin başarı sıraları incelendiğinde, maksimum olabilirlik yöntemi; 6 kez 1. sırada, 2 kez 2. sırada, 4 kez 3. sırada, 5 kez 4. sırada, 4 kez 5. sırada, 9 kez 6. sırada yer almış olup, ortalama başarı sırası ise 3.867'dir. %31 ve %63'lük çap değerlerini kullanan yüzdellikler yöntemi; 10 kez 1. sırada, 4 kez 2. sırada, 4 kez 3. sırada, 2 kez 4. sırada, 4 kez 5. sırada, 6 kez 6. sırada yer almış olup, ortalama başarı sırası ise 3.133'tür. %50 ve %95'lik çap değerlerini kullanan yüzdellikler yöntemi; 4 kez 1. sırada, 4 kez 2. sırada, 7 kez 3. sırada, 3 kez 4. sırada, 6 kez 5. sırada, 6 kez 6. sırada yer almış olup, ortalama başarı sırası ise 3.700'dür. %25, %50 ve %95'lik çap değerlerini kullanan yüzdellikler yöntemi; 4 kez 1. sırada, 7 kez 2. sırada, 8 kez 3. sırada, 8 kez 4. sırada, 3 kez 5. sırada yer almış olup, ortalama başarı sırası ise 2.967'dir. %31, %50 ve %63'lük çap değerlerini kullanan yüzdellikler yöntemi; 3 kez 1. sırada, 10 kez 2. sırada, 4 kez 3. sırada, 3 kez 4. sırada, 6 kez 5. sırada, 4 kez 6. sırada yer almış olup, ortalama başarı sırası ise 3.367'dir. Hibrid yöntemi; 3 kez 1. sırada, 3 kez 2. sırada, 3 kez 3. sırada, 9 kez 4. sırada, 7 kez 5. sırada, 5 kez 6. sırada yer almış olup, ortalama başarı sırası ise 3.967'dir.

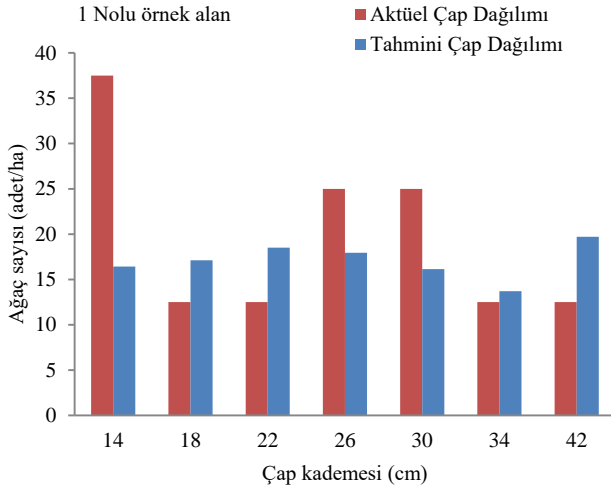
3 parametrelili Weibull dağılıma ilişkin parametre tahmin yöntemlerinin başarı durumları değerlendirildiğinde, en küçük 2.967'lik ortalama sıra numarasına sahip olan

%25, %50 ve %95'lik çap değerlerini kullanan yüzdellikler yönteminin fıstıkçamı meşcerelerinin çap dağılımını modellemede en başarılı parametre tahmin yöntemi olduğu ortaya çıkmaktadır. Daha sonra sırasıyla; %31 ve %63'lük çap değerlerini kullanan yüzdellikler yöntemi (3.1333 ortalama sıra numarası), %31, %50 ve %63'lük çap değerlerini kullanan yüzdellikler yöntemi (3.367 ortalama sıra numarası), %50 ve %95'lik çap değerlerini kullanan yüzdellikler yöntemi (3.700 ortalama sıra numarası), maksimum olabilirlik yöntemi (3.867 ortalama sıra numarası) ve hibrid yöntemi (3.967 ortalama sıra numarası) gelmektedir.

Bu çalışmada, çap dağılımlarını modellenmesinde en başarılı olarak belirlenen %25, %50 ve %95'lik çap değerlerini kullanarak elde edilen parametre tahminleri ile tahmini çap dağılımları, çalışma kapsamında alınmış olan 1 örnek alan için oluşturulmuş ve arazide ölçülen çap dağılımları ile birlikte karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Bu örnek alanda %25, %50 ve %95'lik çap değerlerini kullanan yüzdellikler yöntemi ile elde edilmiş tahmini çap dağılımları ile aktüel çap dağılımları karşılaştırıldığında; aktüel ağaç sayısı ile tahmin edilen ağaç sayısı, 7. çap kademesinde (32-36 cm) birbirine en yakın olarak tespit edilmiştir. İkinci sırada en başarılı tahmin 4 ağaçlık fark ile 16-20 cm çap arasını temsil eden 3. çap kademesinde iken, en başarısız tahmin ise 22 ağaçlık fark ile 12-16 cm çap arasını temsil eden 2. çap kademesinde gerçekleşmiştir (Şekil 4).

Çizelge 4. Fıstıkçamında çap dağılımlarına ilişkin hesaplanan hata indeksi değerleri ile bu değerlere göre belirlenen sıra numaraları

Örnek alan no	Max. olabilirlik		%31 ve %63		%50 ve %95		%25, %50 ve %95		%31, %50 ve %63		Hibrid	
	e	Sıra	e	Sıra	e	Sıra	e	Sıra	e	Sıra	e	Sıra
1	68.540	5	53.680	1	59.130	4	56.050	2	56.360	3	87.010	6
2	136.98	1	196.10	5	178.42	3	185.92	4	215.25	6	177.37	2
3	87.250	1	102.57	5	99.940	2	101.74	3	102.50	4	111.30	6
4	147.57	1	170.60	6	167.82	5	163.84	3	164.69	4	154.70	2
5	118.49	1	155.03	6	128.04	3	127.86	2	135.82	5	129.02	4
6	104.67	1	111.87	3	113.37	4	116.58	5	111.46	2	117.97	6
7	199.10	4	174.12	1	258.80	6	228.08	5	192.41	2	192.86	3
8	218.57	3	223.59	4	145.99	1	164.64	2	225.67	5	249.21	6
9	83.900	4	102.99	6	79.790	2	77.900	1	94.310	5	80.550	3
10	110.60	5	99.510	2	123.07	6	101.54	3	98.950	1	110.29	4
11	212.38	5	192.47	4	177.13	2	175.34	1	188.46	3	214.54	6
12	337.65	6	152.68	1	296.30	5	201.19	4	160.00	2	190.93	3
13	87.020	6	38.470	1	40.630	3	42.500	4	40.380	2	50.420	5
14	349.39	6	161.73	1	205.87	4	188.39	3	164.45	2	213.81	5
15	318.78	6	224.50	2	313.54	5	297.36	3	205.76	1	310.99	4
16	185.06	1	352.71	6	203.75	3	203.74	2	345.06	5	210.92	4
17	520.50	6	231.33	3	158.00	1	235.96	4	212.52	2	283.15	5
18	99.660	4	68.010	1	122.77	6	98.250	3	69.960	2	111.13	5
19	150.14	2	152.97	3	160.62	5	160.31	4	160.76	6	149.41	1
20	74.970	4	80.880	6	68.020	3	61.850	1	77.080	5	62.480	2
21	290.50	6	184.21	1	194.58	2	197.97	4	195.12	3	215.08	5
22	97.080	3	79.410	1	122.02	6	105.48	4	82.740	2	115.55	5
23	169.71	6	123.54	3	134.10	5	121.87	2	126.44	4	117.76	1
24	114.94	2	127.95	5	126.30	3	126.64	4	130.24	6	102.82	1
25	132.22	5	104.63	1	140.13	6	121.52	3	108.49	2	130.71	4
26	113.84	4	97.730	2	140.64	6	93.800	1	98.180	3	121.77	5
27	109.76	3	150.02	5	103.65	1	107.45	2	151.02	6	110.28	4
28	116.32	6	98.440	2	114.88	5	112.83	3	94.210	1	114.03	4
29	99.780	3	130.21	6	96.950	1	97.100	2	129.24	5	100.37	4
30	195.26	6	153.86	1	168.18	3	193.95	5	159.77	2	189.40	4
Ortalama sıra numarası		3.867		3.133		3.700		2.967		3.367		3.967



Şekil 4. 1 nolu örnek alandaki ağaçların aktüel çap dağılımları ile %25, %50 ve %95'lik çap değerlerini kullanan yüzdeler yöntemi ile elde edilmiş tahmini çap dağılımları

4. Tartışma ve sonuç

Bu çalışmada, Kahramanmaraş Orman Bölge Müdürlüğü, Kahramanmaraş Orman İşletme Müdürlüğü, Hartlap Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan doğal fıstıkçamı meşcerelerinin çap dağılımlarının modellenmesine ilişkin 3 parametrelili Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonunun parametre tahmin yöntemleri karşılaştırılmıştır. Doğal fıstıkçamı meşcerelerinin çap dağılımlarını modellemek üzere kullanılan 3 parametrelili Weibull fonksiyonunun parametrelerinin tahmin edilmesinde; Maksimum Olabilirlik yöntemi (1), %31 ve %63'lük çap değerleri (2), %50 ve %95'lik çap değerleri (3), %25, %50 ve %95'lik çap değerleri (4), %31, %50 ve %63'lük çap değerleri (5) esas alan yüzdeler yöntemi ve hibrid yöntemi (6) olmak üzere 6 farklı yöntem kullanılmıştır. Farklı parametre tahmin yöntemlerinin karşılaştırılmasında, Rennolds vd. (1988) tarafından geliştirilen hata indeksi (e) değeri kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında alınan 30 örnek alandaki aktüel çap dağılımları ile Weibull dağılımına ilişkin farklı parametre tahmin yöntemleri ile elde edilen tahmini çap dağılımları arasındaki farka dayanan hata indeksi değerlerine göre yapılan başarı sıralamasında; 2.967'lik ortalama sıra numarasına sahip olan %25, %50 ve %95'lik çap değerlerini kullanan yüzdeler yöntemi fıstıkçamı meşcerelerinin çap dağılımını modellemede en başarılı parametre tahmin yöntemi olarak belirlenmiştir. En başarılı parametre tahmin yöntemini ise, %31 ve %63'lük çap değerlerini kullanan yüzdeler yöntemi (3.1333 ortalama sıra numarası), %31, %50 ve %63'lük çap değerlerini kullanan yüzdeler yöntemi (3.367 ortalama sıra numarası), %50 ve %95'lik çap değerlerini kullanan yüzdeler yöntemi (3.700 ortalama sıra numarası), maksimum olabilirlik yöntemi (3.867 ortalama sıra numarası) ve hibrid yöntemi (3.967 ortalama sıra numarası) izlemiştir.

Meşcerelerin çap dağılımları, meşcere yaşı, verim gücü, sıklığı ve yetiştirme ortamı koşulları gibi çeşitli meşcere özelliklerinin değişmesi ile çok farklı yapılarda özellikler gösterebilmektedir. Bu bakımdan meşcerelerin çap dağılımlarını en iyi temsil eden dağılım yüzdeleri ve bu

yüzdeler değerleri esas alan parametre tahmin yöntemlerinin başarı durumları farklı yetiştirme ortamları ve meşcere kuruluşlarına göre oldukça değişkenlik gösterebilmektedir. Herhangi bir yetiştirme ortamında gelişim gösteren meşcere yapısı için çap dağılımını en iyi temsil eden yüzdeler değeri, başka bir yetiştirme ortamında gelişim gösteren meşcere için çap dağılımını temsil etmede başarılı olmayabilir.

Hartlap Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan doğal fıstıkçamı meşcerelerinin çap dağılımlarını, %25, %50 ve %95'lik yüzdeler değerleri en iyi şekilde temsil etmiş olup, bu yüzdeleri esas alan Weibull dağılımına ilişkin parametre tahmin yöntemleri de, diğer yüzdeleri esas alan yöntemlere göre aktüel çap dağılımlarını tahmin etmede en doğru sonuçları vermiştir. Cao (1997), Cao (2004), Liu vd. (2004), Poudel (2011) ve Poudel ve Cao (2013) yapmış olduğu çalışmalarda, Weibull dağılımına ilişkin parametrelerin tahmininde farklı yüzdeler değerleri dikkate alan yöntemlerin, farklı çap dağılımlarını modellemede başarılı olabileceğini belirlemişlerdir. Bu sonuç, olasılık yoğunluk fonksiyonlarının parametrelerinin farklı meşcere özelliklerinin bir sonucu olarak oluşan çap dağılımları ile değişmesi ve benzer meşcere koşullarının farklı çap dağılımlarına ve böylece bu dağılımları temsil eden farklı olasılıklı yoğunluk fonksiyonlarının parametre değerlerine sahip olmaları ile açıklanmaktadır.

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 duyulmaktadır.

Ülkemiz ormanları, çok farklı ağaç türleri ve yetiştirme ortamı koşulları ile birlikte oldukça farklı çeşitlilikte meşcere yapılarına ve çap dağılım dinamiklerine sahiptir. Bu bakımdan ülkemiz ormanlarını oluşturan ağaç türlerimiz ve meşcere kuruluşları için başarılı ve etkin çap dağılım modellerinin geliştirilmesi için çap dağılımlarını en iyi temsil eden parametre tahmin yöntemlerinin tespit edilmesi gerekmektedir. Meşcere kuruluşlarına ilişkin bu değişkenlik ve çeşitlilik, birçok açıdan ülkemiz için yararları mevcut iken, çap dağılım modellemesinde çözülmesi gereken en önemli problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Farklı yetiştirme ortamlarındaki ağaç türlerinin oluşturduğu meşcere yapıları için, çap dağılımlarını en iyi temsil eden parametre tahmin yöntemleri belirlenerek, çap dağılım modelleri geliştirilmelidir. Geliştirilecek çap dağılım modelleri ile normal ve sıklığa bağlı hasılat tablolarından elde edilecek meşcere düzeyindeki tahminler, çap sınıfı düzeyinde daha ayrıntılı olarak elde edilecektir. Ayrıca çap dağılım modellerini geliştirilmesinde esas alınan yüzdeler değerlerinin, gelecekteki meşcere koşulları için tahmin edilmesi ile ileriki yıllardaki meşcere çap dağılımları da elde edilebilecektir. Geçici deneme alanları yerine yarı devamlı veya devamlı deneme alanlarının oluşturulması ve bu alanlarda düzenli periyotlarla ölçümlerin yapılması çap dağılımının modellemesindeki başarıyı olumlu etkileyecek ve aynı zamanda daha doğru ve tutarlı sonuçlar elde edilecektir.

Açıklama

Verilerin değerlendirme ve analiz edilmesinde görüş, öneri ve değerlendirmeleri ile katkı sağlayan Doç. Dr. İlker ERCANLI'ya; arazi verilerinin elde edilmesinde yardımlarını esirgemeyen Kahramanmaraş Orman Bölge Müdürlüğü ve personeline teşekkür ederiz. Bu çalışma, Ramazan KARAKAŞ'ın Yüksek Lisans tezinin bir bölümünü içermektedir.

Kaynaklar

- Bailey, R.L., Dell, T.R., 1973. Quantifying diameter distributions with the Weibull function. *Forest Science*, 19: 97-104.
- Bailey, R.D., 1980. Individual tree growth derived from diameter distribution models. *Forest Science*, 26: 626-632.
- Bailey, R.L., Burgan, T.M., Jokela, E.J., 1989. Fertilized mid-rotation-aged slash pine plantations, stand structure and yield prediction models. *Southern Journal of Applied Forestry*, 13(2): 76-80.
- Başkent, E.Z., Köse, S., Yolasiğmaz, H.A., Çakır, G., Keleş, S., 2002. Orman amenajmanında yeni açılımlar çerçevesinde planlama sürecinin tasarımı. *Orman Amenajmanında Kavramsal Açılımlar Sempozyumu*, 18-19 Nisan, Bahçeköy, İstanbul. s. 23-37.
- Başkent, E.Z., Köse, S., Terzioğlu, S., Başkaya, Ş., Altun, L., 2005. Biyolojik çeşitliliğin orman amenajman planlarıyla bütünleştirilmesi: GEF Projesi Yansımaları-I (Tasarım), *Orman Mühendisliği Dergisi*, Sayı: 4-6, Cilt: 42, 31-37.
- Bliss, C.I., Reinker, K.A., 1964. A lognormal approach to diameter distributions in even-aged stands. *Forest Science*, 10: 350-360.
- Borders, B.E., Patterson, W.D., 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(2): 413-424.
- Cao, Q.V., 1997. A method to distribution mortality in diameter distribution models. *Forest Science*, 43(3): 435-441.
- Cao, Q.V., 2004. Predicting parameters of a Weibull function for modeling diameter distribution. *Forest science*, 50(5): 682-685.
- Carus, S., 1996. Aynı yaşlı Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) meşcerelerinde çap dağılımının bonitet ve yaşa göre değişimi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 46: 171-181.
- Carus, S., Çatal, Y., 2008. Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) meşcerelerinde 7 ağaç örnek nokta yöntemiyle meşcere ağaç sayısının çap basamaklarına dağılımının belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2: 158-169.
- Clutter, J.L., Bennett, F.A., 1965. Diameter distributions in old-field slash pine plantation. *Georgia Forest Research Council, Report No.13*.
- Dal, E., 2019. Kastamonu yöresi sarıçam meşcerelerinde çap dağılımlarının modellenmesi. *Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu*.
- 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, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon*.
- 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 Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 10(1): 68-83.
- Hafley, W.L., Schreuder, H.T., 1977. Statistical distribution for fitting diameter and height data in even-aged stands. *Canadian Journal of Forest Research*, 7: 481-487.
- Johnson, N.L., 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, B.R., Burkhardt H.E., Beck, D.E., 1986. A growth than dyield model for thinned stands of yellow-poplar. *Forest Science*, 32(2): 27-62.
- Knowe, S.A., 1992. Basal area and diameter distribution models for loblolly pine plantations with hardwood competition in the Piedmont and Upper Coastal Plain. *Southern Journal of Applied Forestry*, 16(2): 93-98.
- Knowe, S.A., Foster, G.S., Rousseau, R.J., Nance, W.L., 1994. Eastern cottonwood clonal mixing study: Predicted diameter distributions. *Canadian Journal of Forest Research*, 24(2): 405-414.
- 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(1): 49-60.
- Laar, A., Akça, A., 2007. *Forest Mensuration*. Springer, The Netherlands., 383 s.
- Leak, W.B., 1965. The J-shaped probability distribution. *Forest Science*, 11(4): 405-409.
- Liu, C., Zhang, S.Y., Lei, Y., Newton, P.F., 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(12): 2424-2432.
- 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.
- 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.
- Meyer, W.H., Stevenson, D.D., 1943. The structure and growth of virgin beach birch- maple-hemlock forests in northern pennsylvania. *Journal of Agricultural Research*, 67: 465-484.
- Nelson, T.C., 1964. Diameter distribution and growth of loblollypine. *Forest Science*, 10: 105-115.
- Nord-Larsen, T., Cao, Q.V., 2006. A diameter distribution model for even-aged beech in Denmark. *Forest Ecology and Management*, 231(1-3): 218-225.
- 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, New York, USA*.
- Palahí, M., Pukkala, T., Trasobares, A., 2006. 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 Świętokrzyski National Park (Poland). *Forest Ecology and Management*, 236(2-3): 393-402.
- Poudel, K. P., 2011. Evaluation of methods to predict Weibull parameters for characterizing diameter distributions, MSc, Louisiana State University, USA.
- Poudel, K.P., Cao, Q.V., 2013. Evaluation of methods to predict Weibull parameters for characterizing diameter distributions. *Forest Science*, 59(2): 243-252.
- Pukkala, T., Saramäki, J., Mubita, O., 1990. Management planning system for tree plantations. A case study for *Pinus kesiya*. *Silva Fennica*, 24(2): 171-180.

- Rennolls, K., Geary, D.N., Rollinson, T.J.D., 1985. Characterizing diameter distributions by the use of the Weibull distribution. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 58(1): 57-66.
- Reynolds, M.R., Burk, T.E., Huang, W.C., 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*, 12(3): 263-270.
- Sakıcı, O. E., Seki, M., Sağlam, F., Akyıldız, M. H., 2016. Modeling diameter distributions of black pine stands in Taşköprü region. *International Forestry Symposium*, 07-10 December, Kastamonu, Turkey, pp. 521-535.
- Saraçoğlu, Ö., 1988. Karadeniz Yöresi Gökmar Meşcerelerinde Artım ve Büyüme. OGM Yayınları, Ankara.
- Samaraki, J., 1992. A growth and yield prediction model of *pinus kesiya* in zambia. *Acta Forestalia Fennica*, 230: 68.
- SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT 9.1 User's Guide: Statistics, Version 9.1, SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Smalley, G.W., (1974). Yield tables and stand structure for loblolly pine plantations in Tennessee, Alabama, and Georgia highlands. USDA Forest Service, Research Paper, SO-96.
- Sönmez, T., Günlü, A., Karahalil, U., Ercanlı, İ., Şahin, A., 2010. Saf Doğu ladini meşcerelerinde çap dağılımının modellenmesi. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs, Artvin, s. 388-398.
- Weibull, W., 1951. A statistical distribution function of wide applicability. *Journal of Applied Mechanics*, 18: 293-297.
- Yavuz, H., 1995. Taşköprü orman işletmesinde sarıçam ve karaçam için uyumlu gövde çapı, gövde hacmi ve hacim oran denklem sistemlerinin geliştirilmesi. Basılmamış Doçentlik Tezi, Trabzon. .
- Yavuz, H., Gül, A.U., Mısır, N., Özçelik, R., Sakıcı, O.E., 2002. Meşcerelerde çap dağılımlarının düzenlenmesi ve bu dağılımlara ilişkin parametreler ile çeşitli meşcere öğeleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi. Orman Amenajmanında Kavramsal Açılımlar ve Yeni Hedefler Sempozyumu, 18-19 Nisan, İstanbul. s. 203-212.
- Yılmaz, M., Tonguç, F., Bozali, N., 2010. Kahramanmaraş-Önsen doğal fıstıkçanı ormanı üzerine genel bir değerlendirme. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs, Artvin, Cilt III, s. 895-904.
- Zöhrer, F., 1969. Ausgleich von Häufigkeitsverteilungen mit hilfe der beta-funktion. *Forstarchiv*, 40(3): 37-42.