



## Yapay Sinir Ağ Modelleri ile Ağaçların Hacim Tahminlerinde Transfer Fonksiyonunun ve Nöron Sayısının Etkisi: Başçatak (Akdağmadeni) Yöresi Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Örneği

İ. Ercanlı<sup>1</sup>, O. Kaya<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 18200, ÇANKIRI

<sup>2</sup>Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, 18200, ÇANKIRI

### MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 30 Mart 2019

Kabul Tarihi : 23 Temmuz 2019

\*Sorumlu yazarın e-posta adresi:  
ilkerercanlı@karatekin.edu.tr

### ÖZ

Bu çalışmada, Kayseri Orman Bölge Müdürlüğü, Akdağmadeni Orman İşletme Müdürlüğü, Başçatak İşletme Şefliği sınırları içinde yayılış gösteren Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) meşcerelerinden elde edilmiş 222 adet ağacın hacim tahminlerinin başarısına, Yapay Sinir Ağlarına

(YSA) ilişkin farklı Transfer Fonksiyonu ve Nöron sayılarının etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, beş farklı Transfer Fonksiyonu ve 100 farklı Nöron sayısı alternatifini içeren 500 farklı YSA modeli için veri eğitimleri gerçekleştirilmiş ve ağaç tahminleri elde edilmiştir. Çeşitli başarı ölçütlerine göre yapılan karşılaştırmada, gerek tek girişli gerekse çift girişli hacim tahminlerinde, Linear (Pure-Lin) Transfer Fonksiyonun giriş katman ile ara katmanı bağlantı noktasında ve Hiperbolik Tanjant Sigmoid (Tan-Sig) Transfer Fonksiyonun da ara katman ile çıkış katmanı bağlantı noktasında olduğu Transfer Fonksiyonu alternatifinin en başarılı hacim tahminlerini verdiği belirlenmiştir. Diğer taraftan, Nöron sayısının artışı ile belirgin bir hacim tahmin başarısı iyileşmesi elde edilememiştir. En başarılı tek girişli YSA modeli için HKT değeri; 3.0084, RMSE değeri; 0.1262,  $R^2_{düz.}$  değeri; 0.9720, AIC değeri; -785.6687 ve SBC değeri; -777.1746, THY değeri; %0.0889 ve OMHY değeri ise %9.2617 olarak hesaplanmıştır. En başarılı çift girişli YSA modeli için HKT değeri; 1.4510, RMSE değeri; 0.0879,  $R^2_{düz.}$  değeri; 0.9864, AIC değeri; -924.2006 ve SBC değeri; -905.2125, THY değeri; % -0.51682 ve OMHY değeri ise % 5.8764 olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmanın temel araştırma konusu olan Transfer Fonksiyonunun ve Nöron sayılarının YSA modelleri ile elde edilecek hacim tahminlerin başarısına etkisi belirlenmesinde, Nöron sayısının artırılması yerine, giriş, gizli ve çıktı katmanları arasında geçişi sağlayan uygun Transfer Fonksiyonun seçiminin önemli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Hacim tahmini, Yapay Sinir Ağları, Transfer Fonksiyonu, Nöron Sayısı.

## Effect of Transfer Function and Number of Neuron on Prediction Performance of Tree Volume by Artificial Neural Network Models: A Case Study of Scots Pine Stands in Başçatak (Akdağmadeni) Forests

### ABSTRACT

In this study, effect of different transfer function and number of neurons on volume prediction performance of Artificial Neural Network using single-input, diameter at breast height, and double-entry, diameter at breast height and total height was investigated by using 222 sample trees felled in Başçatak Planning Unit, Akdağmadeni Forest Enterprise, Kayseri Forest District Directorate. For this purpose, data training was performed with 500 different ANN model variants, including five different transfer functions and 100 different neuron number alternatives, and the volume predictions were obtained by using Artificial Neural Network Models. Both of single-entry and double-entry volume estimates, the transfer function alternatives including linear (pure-lin) at the connection point between input layer and the intermediate layer and the hyperbolic tangent sigmoid (intermediate-layer) at the connection point between the intermediate layer and the output layer provided the greatest performance. On the other hand, increase in the number of

*Bu makaleye atf:*

Ercanlı, İ., Kaya, O., 2019. Yapay Sinir Ağ Modelleri ile Ağaçların Hacim Tahminlerinde Transfer Fonksiyonunun ve Nöron Sayısının Etkisi: Başçatak (Akdağmadeni) Yöresi Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Örneği. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi 5(1): 28-37.

neurons showed no significant improvement at success of the volume predictions. Sum of squared error (SSE) was 3.0084, Root Mean Squared Error (RMSE) was 0.1262,  $R^2_{adj}$  was 0.9720, AIC was -785.6687, was -777.1746, percentage of sum of error (PSE) was 0.0889% and percentage of mean absolute error (PMAE) was 9.2617% for the best predictive single entry ANN model; and SSE was 1.4510, RMSE was 0.0879,  $R^2_{adj}$  was 0.9864, AIC was -924.2006, SBC of -905.2125, PSE was -0.51682% and PMAE was 5.8764% for the best predictive double entry ANN model,. The effect of the transfer function and the number of neurons, which are the main research subject of this study, on the prediction performance to be obtained by the ANN models is more dependent on use of appropriate transfer function, which allows the transition between the input, hidden, and output layers, rather than number of neurons.

**Keywords:** Volume Predictions, Artificial Neural Network, Transfer Function, Number of neuron.

## 1. Giriş

Asli meşcere hacmi, ormanların ana ürünü olan ve bu bakımdan da orman işletmelerinin sahip olduğu servetin büyük bir kısmını oluşturan temel meşcere büyüme ögesidir (Yavuz, 1999; Kapucu, 2004). Orman işletmeleri, gelirlerinin büyük bir kısmını, ormanın dikili ağaç servetini, işletme planları kapsamında hacim veya ağırlık birimi ile ölçüp, üretime konu ederek elde etmektedirler (Asan, 2000). Böylece, ormanların dikili ağaç servetini oluşturan meşcere asli hacmi, orman envanterinde en önemli ölçüm özelliği olarak esas alınmaktadır. Asli meşcere özelliğinin bu önemi ile birlikte ormancılık literatüründe, meşcere hacminin belirlenmesine ilişkin çeşitli yöntemler önerilmiş ve kullanılmıştır. Bu yöntemler içinde, “Ağaç Hacim Tabloları” yöntemi sıklıkla kullanılmıştır (Yavuz ve Sakıcı 2002).

Ağaç Hacim Tabloları, ağaçların göğüs çapları ya da boyları gibi özellikleri ile hacimleri arasındaki ampirik ilişkilerini modelleyen ve istatistik bilimin bir konusu olan Regresyon Analizi ile elde edilen regresyon denklemlerine dayanmaktadır (Firat, 1973; Loetsch et al. 1973). Ağaçların göğüs çapını içermeleri ile “Tek Girişli Ağaç Hacim Tabloları”, göğüs çapı ile birlikte ağaç boyunu da içermeleri ile de “Çift Girişli Ağaç Hacim Tabloları” olarak adlandırılmaktadır. Ağaç hacim denklemleri, kısmen ölçümü kolay olan göğüs çapı ve ağaç boyu özellikleri yardımıyla doğrudan ölçümü zor olan ağaç hacmini tahmin etmektedirler.

Ormancılıkta, bilgisayar biliminin gelişimine bağlı olarak çeşitli istatistik yazılımlarının kullanımının yaygınlaşması ile ağaçlar üzerindeki ölçümlerden sağlanan hacim verilerinin dengelenmesinde, ‘Regresyon Analizi’ yöntemlerinin kullanımı öne çıkmıştır (Yavuz 1995; Şentürk 1997). Özellikle günümüzde ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesinde, kompleks istatistiksel regresyon denklemleri de kullanılabilir. Söz konusu bu regresyon denklemlere ilişkin hataların normal dağılımı, tahmin değerinin değişimine bağlı olarak hata varyanslarının homojenliği, hatalar arasında önemli

bir korelasyonun olmaması, bağımsız değişkenler arasında bir korelasyonun olmaması gibi çeşitli istatistiksel varsayımların sağlanması durumunda, bu denklemler ile başarılı, etkin ve doğru tahminlerin elde edilmesi mümkün olabilmektedir (Orhunbilge, 2002). Ormancılık literatüründe, istatistik biliminin bir konusu olan regresyon modelleri yanında, farklı istatistiksel varsayımlarının sağlanmasını gerektirmeyen Yapay Sinir Ağları (YSA)’nın kullanımı öne çıkmakta ve her geçen gün çeşitli tek ağaç ve meşcere özelliklerinin tahmininde YSA modellerinin kullanımına ilişkin farklı çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Dünyada, farklı tek ağaç ve meşcere özelliklerinin tahmin edilmesinde YSA modellerinin kullanımına ilişkin çok sayıda çalışma geliştirilmesine karşın, ülkemizde bu konuda yapılan çalışmalar sınırlı sayıda kalmıştır. Ülkemizde, Diamantopoulou and Özçelik (2012), Özçelik et. al. (2013) ve Bolat (2015), ağaç boyunu; Özçelik et. al. (2008) ve Ercanlı vd. (2018a), ağaç hacmini; Ercanlı vd. (2016a) ve Günlü ve Ercanlı (2017), uzaktan algılama verileri ile meşcere karbonunu, Ercanlı vd. (2016b) çap artımını; Özçelik et. al. (2014), gövde çaplarını, Diamantopoulou et. al. (2015), Bolat ve Ercanlı (2016) ve Ercanlı ve Bolat (2017), çap dağılımlarını; Ercanlı vd. (2015), ağaçların yaş-boy ilişkilerini; Şenyurt vd. (2015), çeşitli meşcere özelliklerini; Ercanlı vd. (2018b), yaprak alan indeksini YSA modelleri ile tahmin etmişlerdir. Ercanlı vd. (2018c), Doğu Ladini-Sarıçam Karışık Meşcerelerinin çap dağılımlarının modellenmesinde farklı katman sayılarını içeren Yapay Zekanın diğer bir uygulaması olan Derin öğrenme Algoritmaları ile 3 parametrelili Weibull fonksiyonu ile elde edilen çap dağılımına ilişkin tahmin başarılarını karşılaştırmış, DÖA Derin öğrenme Algoritmaları ( $R^2=0.9184$ ) ile Weibull fonksiyonuna ( $R^2=0.6121$ ) göre tahmin başarısında belirgin bir iyileşme elde etmiştir.

YSA modellemesi konusunda, özellikle çeşitli tek ağaç ve meşcere özelliklerini tahmin eden başarılı YSA model yapılarının belirlenmesi büyük bir önem taşımaktadır. Özellikle, bugüne kadar yapılan YSA konusundaki çeşitli çalışmalarda, genellikle YSA modellerinin regresyon modelleri ile tahmin başarılarının karşılaştırılması yapılmış, farklı

YSA model yapılarının karşılaştırıldığı ve optimal YSA model yapısının belirlendiği çalışmalar oldukça sınırlı sayıda kalmıştır. Bu bakımdan, YSA konusunda çözülmesi ve açıklığa kavuşturulması gereken önemli bir konu, tek ağaç ve meşcere özelliklerini tahmin etmede başarılı ve etkin YSA model yapılarının belirlenmesidir. Bu konuda, YSA model yapısı tanımlayan önemli YSA yapı parametreleri ise; temel YSA modelini oluşturan giriş (input), gizli (hidden) ve çıktı (output) katmanları arasındaki Transfer Fonksiyon tipleri ve Nöron sayılarıdır (Esteban et al., 2009; Atkinson and Tatnall 1997; Ashraf et al., 2013). Bu çalışmada, Başçatak (Akdağmadeni) Yöresinde yayılış gösteren Sarıçam ağaçlarının hacimlerinin tahmin edilmesinde, farklı Transfer Fonksiyon tipleri ile çeşitli Nöron sayılarına ilişkin YSA model yapısı alternatiflerini içeren çeşitli YSA modellerinin karşılaştırması amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada, Kayseri Orman Bölge Müdürlüğü, Akdağmadeni Orman işletme Müdürlüğü, Başçatak

Çizelge 1. Örnek ağaçlara ilişkin istatistiksel bilgiler

		Min.	Max.	Ortalama	Standart Sapma
d <sub>1,30</sub> (cm)	Eğitim	8.00	59.00	29.87	13.02
	Denetim	8.10	57.50	31.51	11.96
h (m)	Eğitim	5.80	30.90	17.56	6.18
	Denetim	7.50	31.70	18.60	7.26
V (m <sup>3</sup> )	Eğitim	0.0211	2.9313	0.8513	0.7542
	Denetim	0.0221	2.9256	0.9362	0.8105

### 2.1. Ağaç Hacim Hesapları

Bu çalışmada, örnek ağaçların hacimleri; dip kütük, seksiyonlar ve uç parça olmak üzere üç ayrı bölümde hesaplanmış, bu kısımlara ilişkin hacimlerin toplanması ile de toplam gövde hacmi elde edilmiştir. Örnek ağaçlarda, dip kütüğün silindirik, uç parçanın ise koni biçiminde olduğu varsayımı ile hacimler hesaplanmıştır. Örnek ağaçların seksiyon bölüm hacimleri de, seksiyon uzunlukları eşit olduğundan "Huber" formülü ile hesaplanmıştır. Örnek ağaçların hacimlerinin hesaplanmasında kullanılan formüller aşağıda verilmiştir;

$$\text{Dip kısım için; } V_{\text{dip}} = \frac{\pi}{4} \cdot d_{0,3}^2 \cdot 0.3 \quad (1)$$

$$\text{Uç kısmı için; } V_{\text{uç}} = \frac{1}{3} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_{\text{uç}}^2 \cdot l_{\text{uç}} \quad (2)$$

$$\text{Seksiyon hacimleri için Huber formülü; } V_{\text{seksiyon}} = \frac{\pi}{4} \cdot (d_{1,30}^2 + \dots + d_n^2) \cdot 2 \quad (3)$$

İşletme Şefliği sınırları içinde yayılış gösteren Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) meşcerelerinden kesilerek elde edilen 222 adet ağaca ilişkin ölçüm verileri kullanılmıştır. Bu örnek ağaçlar, çalışma alanındaki farklı çap ve boylarda olmak üzere hacim gelişimindeki değişkenliği temsil etmek üzere seçilmiştir. Örnek ağaçlar, dip kütük yüksekliğinden (0.3 m) kestirilerek, ilk olarak 0.3 metrede dip çap ölçülmüş daha sonra, çelik şerit metre yardımıyla 1'er metre ara ile 1.3, 2.3, 3.3 ..... metrelerde gövde çapları ölçülmüştür. Örnek ağaçların toplam boyları ise çelik şerit metre ile ölçülerek belirlenmiştir. Bu çalışmada, kesilen 222 adet örnek ağaçta, toplam 2169 adet gövde çap ölçümü yapılmıştır. Çizelge 1'de, örnek ağaçlara ilişkin bazı tanımlayıcı istatistikler verilmiştir. YSA modellerinin eğitiminde (Training data), toplam verinin yaklaşık %85'i (n=190 ağaç); YSA modelleri ile elde edilen tahminlerin çalışmaya konu meşcerelere uygunluğunun denetiminde ise toplam verinin yaklaşık %15'i (n=32 ağaç) kullanılmıştır (Çizelge 1).

Bu formüllerde,  $V_{\text{dip}}$ : ağaçların toprak seviyesi ile 0.3 metre arasındaki kısmını,  $d_{0,3}$ : ağaçların 0.3 metre yüksekliğindeki çapını,  $V_{\text{uç}}$ : en son ölçülen seksiyon kısmı ile uç kısım arasında kalan kısmın hacmini,  $d_{\text{uç}}$ : uç kısmın dip çapını,  $l_{\text{uç}}$ : uç kısmın uzunluğunu,  $V_{\text{seksiyon}}$ : 2 metrelik seksiyon hacimlerini,  $d_{1,30}$  ve  $d_n$ : ağaç gövdelerinin 1.3 metre ve n. metre yüksekliklerde ölçülen çapları ifade etmektedir.

### 2.2. Yapay Sinir Ağ Modelleri

Temel bir YSA modeli, giriş katmanı (Input layer), gizli ya da ara katman (Hidden layer) ve çıktı katmanı (Output layer) olmak üzere üç katmandan oluşur. Bu katmanlar arasındaki bağlantılar ise, hiperbolik tanjant sigmoid (tan-sig), lojistik sigmoid (log-sig) ve lineer (pure-lin) fonksiyon olmak üzere üç farklı fonksiyon ile sağlanır. YSA modellerinde önemli bir konu da, özellikle ara katmanda bulunacak Nöron sayısının belirlenmesidir. Temelde, Transfer Fonksiyon tipi ve Nöron sayısı

parametreleri, YSA modelinin tahmin başarısını etkileyen önemli parametrelerdir. YSA modellerinin yapay Nöronlar içeren çok katmanlı ve paralel olarak çalışan yapısı, doğrusal olmayan ilişkilerin modellemesine ve tahminlerin başarıyla elde edilmesine imkan sağlar (Nasr et al., 2003).

YSA modellemesinde, önemli bir konu da; verilerin ağa sunulmadan önce aşırı salınımları engellemek ve sistem performansını arttırmak için normalizasyon işlemine tabi tutulması gerekmektedir. Modelleme çalışmalarında, genellikle verilerin [0,1] aralığında ölçeklendirilmesi önerilmektedir. Bu çalışmada da, veriler [0,1] aralığına ölçeklendirilerek normalize edilmiştir. Verilerin normalize edilmesinde kullanılmış formül aşağıda verilmiştir.

$$X_{norm} = \frac{(X_i - X_{min})}{(X_{max} - X_{min})}$$

YSA ile elde edilen tahminlere ilişkin geri dönüşüm işlemine ilişkin formül de aşağıda verilmiştir.

$$X_{denorm} = X_{tahmin} \cdot (X_{max} - X_{min}) + X_{min} \quad (5)$$

YSA modelinin oluşturulmasında; ağaçların dendrometrik formüller ile hesaplanan toplam hacmi, çıktı değişkeni (target variable); tek girişli tahminler için göğüs çapı, çift girişli tahminler için de göğüs çapı ile birlikte ağaç boyu giriş (input) değişkeni olarak alınmıştır. YSA modellerinin eğitiminde, transfer fonksiyonu olarak; Hiperbolik Tanjant Sigmoid (Tan-Sig), Lojistik Sigmoid (Log-Sig) ve Linear (Pure-Lin) fonksiyonu olmak üzere üç farklı Transfer Fonksiyon kullanılmıştır. Bu çalışmada, YSA modellerinin üç katmanlı yapısında, giriş katmanı ile ara katman ve ara katman ile çıkış katmanı arasında bağlantı noktalarında farklı

Transfer Fonksiyon seçenekleri için eğitimler gerçekleştirilmiştir. YSA modellerinin üç katmanlı yapısında, katmanlar arası bağlantı noktalarına ilişkin transfer fonksiyon seçenekleri, Tablo 2’de verilmiştir. Yapılan ön analizlerde, Lojistik Sigmoid (Log-Sig)’in ara katman ile çıkış katmanı bağlantı noktasında olduğu ve Linear (Pure-Lin)’in giriş katmanı ile ara katman ve ara katman ile çıkış katmanı bağlantı noktalarında olduğu alternatiflerin (A1, A4, A7 ve A9) anlamlı ve başarılı sonuçlar vermediği belirlenmiş olup, bu nedenle bu alternatiflerin değerlendirilmesi çalışmadan çıkarılmıştır. Böylece beş Transfer Fonksiyonu alternatifi için eğitimler gerçekleştirilmiş ve tahminler elde edilmiştir.

YSA modellerinde, tahmin başarısını etkileyen diğer bir önemli parametre de, ağ yapısının ara katmanında kullanılacak Nöron sayısıdır. Bu çalışmada, 1’den 100’e kadar Nöron sayısı olmak üzere, 100 farklı Nöron sayısı seçeneği için veri eğitimi gerçekleştirilmiş ve tahminler elde edilmiştir. Böylece, beş farklı transfer fonksiyonu ve 100 farklı Nöron sayısı alternatifi olmak üzere toplam 500 farklı YSA alternatifi için veri eğitimi gerçekleştirilmiş ve tahminler elde edilmiştir. Bu farklı YSA modellerinin eğitim sürecinde, en çok tercih edilen İleri Beslemeli-Geri Yayımlı (Feed-Forward Backprop Artificial Neural Network) Yapay Sinir Ağ yapısı kullanılmıştır. Bu çalışmada, farklı YSA alternatiflerini içeren İleri Beslemeli-Geri Yayımlı YSA modellerinin eğitim süreçlerinin gerçekleştirilmesinde ve hacim tahminlerinin elde edilmesinde, “the Mathworks MATLAB” yazılımının R2015 versiyonu içindeki Neural Network Toolbox (NNTOOL) modülü kullanılmıştır (The MathWorks Inc., 2015).

Tablo 2. Transfer fonksiyon alternatifleri

Alternatifler	Giriş Katman - Ara Katman Fonksiyonu	Ara Katman - Giriş Katman Fonksiyonu
A1	Lojistik Sigmoid (Log-Sig)	Lojistik sigmoid (Log-Sig)
A2	Lojistik Sigmoid (Log-Sig)	Hiperbolik Tanjant Sigmoid (Tan-Sig)
A3	Lojistik Sigmoid (Log-Sig)	Linear (Pure-Lin)
A4	Hiperbolik Tanjant Sigmoid (Tan-Sig)	Lojistik Sigmoid (Log-Sig)
A5	Hiperbolik Tanjant Sigmoid (Tan-Sig)	Hiperbolik Tanjant Sigmoid (Tan-Sig)
A6	Hiperbolik tanjant sigmoid (Tan-Sig)	Linear (Pure-Lin)
A7	Linear (Pure-Lin)	Lojistik Sigmoid (Log-Sig)
A8	Linear (Pure-Lin)	Hiperbolik Tanjant Sigmoid (Tan-Sig)
A9	Linear (Pure-Lin)	Linear (Pure-Lin)

### 2.3. YSA Modellerinin Tahminlerinin Karşılaştırılması ve Denetlemesi

500 farklı YSA modelinden hacim tahminlerinde en başarılı olan YSA yapısının belirlenmesinde,

çeşitli istatistiki ölçüt değerleri kullanılmıştır. Bu başarı ölçütleri ise; Düzeltilmiş Belirtme Katsayısı ( $R_{adi}^2$ ), Akaike Bilgi Ölçütü (AIC), Schwarz’ın Bayesian Bilgi Ölçütü (SBC), Hataların Ortalama Kare Kökü (the root mean square error, RMSE) değeri, Toplam Hata Yüzdesi (THY) ve Ortalama

Mutlak Hata Yüzdesi (OMHY) olmak üzere altı adettir. Kullanılan bu ölçütlere ilişkin formüller aşağıda verilmiştir.

$$\text{Düzeltilmiş Belirtme Katsayısı (R}_{\text{düz.}}^2) = 1 - \frac{HKT \cdot (n-1)}{YAKT \cdot (n-p)} \quad (6)$$

$$\text{Akaike Bilgi Ölçütü (AIC)} = n \cdot \ln\left(\frac{HKT}{n}\right) + 2k \quad (7)$$

$$\text{Schwarz'ın Bayesian Bilgi Ölçütü (SBC)} = n \cdot \ln\left(\frac{HKT}{n}\right) + k \cdot \ln(n) \quad (8)$$

$$\text{Hataların Ortalama Kare Kökü (RMSE)} = \sqrt{\frac{HKT}{n-k}} \quad (9)$$

$$\text{Toplam Hata Yüzdesi (TH)} = \frac{\sum_{i=1}^n \hat{V}_i - \sum_{i=1}^n V_i}{\sum_{i=1}^n V_i} \quad (10)$$

$$\text{Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi (OMHY)} = \frac{\sum_{i=1}^n |\hat{V}_i - V_i|}{\sum_{i=1}^n V_i} \quad (11)$$

Bu formüllerde, HKT; regresyon dışı kareler toplamı olup, gözlem değerinden farklı yöntemler ile elde edilen tahmin değerlerinin çıkarılması ile elde edilen model hatalarının karesi olarak hesaplanmıştır. YAKT ise; Y ayrılış kareler toplamı olup, gözlem değerinden gözlem değerlerine ilişkin ortalama değerinin çıkarılması elde edilen farkın karesi alınarak hesaplanmıştır. Formüllerdeki k değeri; tahminlerde kullanılan girdi değişken sayısını, n; veri sayısını göstermektedir.  $\hat{V}$ ; hacim denklemleri ve YSA modelleri ile tahmin edilen hacim değerlerini, V; arazide ölçülen çap değerleri ve boy değerleri ile hesaplanan hacim değerlerini göstermektedir. Bu ölçüt değerlerinden, 0 ile 1 arasında değer alan belirtme katsayısının, mümkün olduğunca 1'e yakın bir değer alması istenilmektedir. Diğer ölçüt değerlerinin küçük değerler alması, daha başarılı tahminlerin elde edildiğini göstermektedir.

En başarılı olan YSA modeli belirlendikten sonra YSA modelleri ile elde edilen tahminlerin denetleme süreci (validation), modellerinin eğitiminde kullanılmamış 32 ağaçtan oluşan veriler ile gerçekleştirilmiştir. Bunun için YSA modellerinin eğitiminde kullanılmamış olan 32 adet ağacın hacmi, en başarılı olarak belirlenen YSA modeli ile tahmin edilmiş (simülasyonlar), bu tahmin değerleri ile gözlem değerleri arasındaki fark da, "Eşlendirilmiş İki Örnek Testi (Paired t test)" ile test edilmiştir. Denetleme süreci için ayrılan ağaçların bölümlene yöntemi ile elde edilen hacim değerleri ile en başarılı olarak belirlenen YSA modeli kullanılarak tahmin edilen ağaç hacim değerleri arasında, istatistiksel olarak bir farklılık olması durumunda ( $p < 0.05$ ); geliştirilen bu YSA modellerinin çalışma alanındaki ağaçların hacim tahmininde kullanılmaya uygun olmadığı sonucuna varılır. Bununla birlikte gözlemlenen ve YSA modelleri tarafından tahmin edilen hacim değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmaması durumunda ise ( $p > 0.05$ );

YSA modelinin çalışma alanındaki hacim tahminleri için uygun olduğu sonucuna varılabilir.

### 3. Bulgular

Çizelge 2'de, bu çalışmada tek girişli ve göğüs çapına bağlı olarak hacim tahminlerini sunan YSA modellerinin farklı transfer fonksiyon seçenekleri için ortalama başarı ölçüt değerleri verilmiştir. Bu seçeneklerden en başarılı sonuçlar, Linear (Pure-Lin) fonksiyonun giriş katman ile ara katmanı bağlantı noktasında olduğu ve Hiperbolik Tanjant Sigmoid (Tan-Sig) fonksiyonun in ara katman ile çıkış katmanı bağlantı noktasında olduğu (A8) YSA modeli ile elde edilmiştir. Bu transfer fonksiyonu seçeneği için (A8) ortalama HKT değeri; 5.1129, RMSE değeri; 0.1644,  $R^2_{\text{düz.}}$  değeri; 0.9524, AIC değeri; -685.0331 ve SBC değeri ise; -676.5391 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 1 ve 2'de, bu çalışmada tek girişli hacim tahminlerini sunan YSA modellerinin farklı Nöron sayısı seçenekleri için  $R^2_{\text{düz.}}$  ve RMSE değerlerinin değişimi verilmiştir. Tek girişli hacim tahminleri için transfer fonksiyonu ile Nöron sayısı birlikte değerlendirildiğinde, en başarılı hacim tahminleri transfer fonksiyonu; Lojistik Sigmoid (Log-Sig) fonksiyonun giriş katman ile ara katmanı bağlantı noktasında olduğu ve Hiperbolik Tanjant Sigmoid (Tan-Sig) fonksiyonun da ara katman ile çıkış katmanı bağlantı noktasında olduğu ve 74 Nöron sayısına sahip YSA modeli olmuştur. Bu en başarılı tek girişli YSA modeli için HKT değeri; 3.0084, RMSE değeri; 0.1262,  $R^2_{\text{düz.}}$  değeri; 0.9720, AIC değeri; -785.6687 ve SBC değeri ise; -777.1746 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca bu YSA modeli için hesaplanan THY değeri; %0.0889 ve OMHY değeri ise %9.2617'dir.

Çizelge 2. Tek girişli hacim tahminleri için transfer fonksiyon seçeneklerine ilişkin ortalama başarı ölçüt değerleri

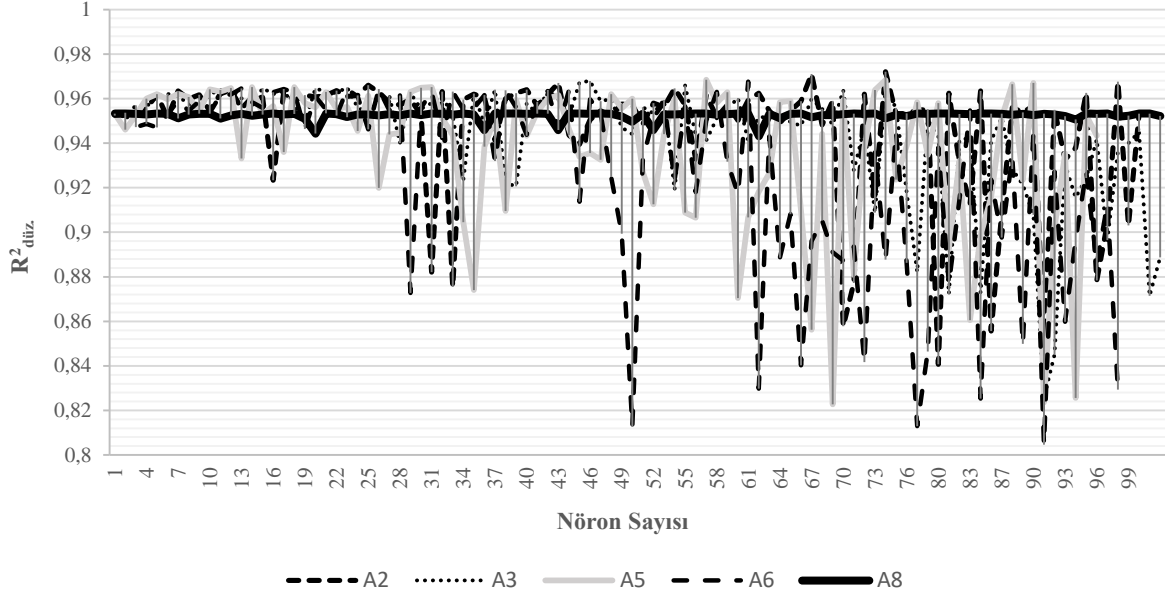
Transfer Fonksiyon seçenekleri	HKT	$R^2_{düz.}$	RMSE	AIC	SBC
A2	6.2812	0.9416	0.1751	-672.7444	-664.2504
A3	6.0500	0.9437	0.1752	-667.8994	-659.4054
A5	8.5499	0.9205	0.1986	-632.8056	-624.3116
A6	8.5495	0.9205	0.2036	-619.1113	-610.6173
<b>A8</b>	<b>5.1129</b>	<b>0.9524</b>	<b>0.1644</b>	<b>-685.0331</b>	<b>-676.5391</b>

Çizelge 3’de, çift girişli, göğüs çapı ile birlikte ağaç boyuna göre, hacim tahminlerini sunan YSA modellerinin farklı transfer fonksiyon seçenekleri için ortalama başarı ölçüt değerleri verilmiştir. Bu seçeneklerden en başarılı sonuçlar, tek girişli tahminlere benzer olarak Linear (Pure-Lin) fonksiyonun giriş katman ile ara katmanı bağlantı noktasında olduğu ve Hiperbolik Tanjant Sigmoid (Tan-Sig) fonksiyonun da ara katman ile çıkış katmanı bağlantı noktasında olduğu (A8) YSA modeli vermiştir. Bu transfer fonksiyonu seçeneği için (A8) ortalama HKT değeri; 2.4661, RMSE değeri; 0.1145,  $R^2_{düz.}$  değeri; 0.9769, AIC değeri; -823.7076 ve SBC değeri ise; -804.7195 olarak hesaplanmıştır. Şekil 3 ve 4’de ise, çift girişli hacim tahminlerini sunan YSA modellerinin farklı Nöron

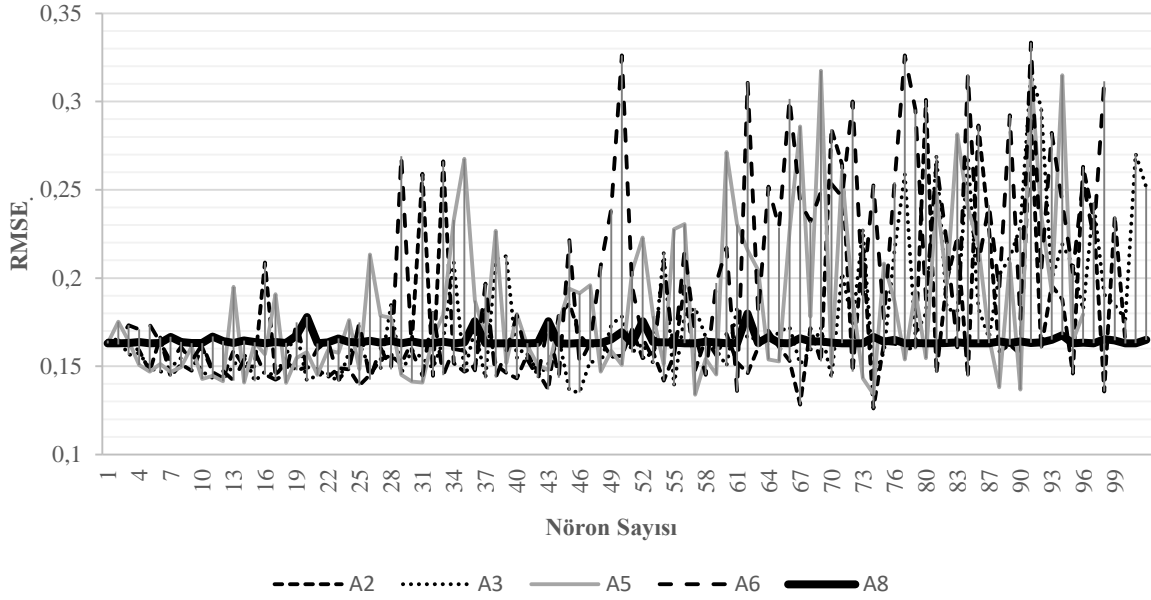
sayısı seçenekleri için  $R^2_{düz.}$  ve RMSE değerlerinin değişimi görülebilir. Çift girişli hacim tahminleri için transfer fonksiyonu ile Nöron sayısı birlikte değerlendirildiğinde, en başarılı hacim tahminleri transfer fonksiyonu; Lojistik Sigmoid (Log-Sig) fonksiyonun giriş katman ile ara katmanı bağlantı noktasında olduğu ve Linear (Pure-Lin) fonksiyonun ara katman ile çıkış katmanı bağlantı noktasında olduğu ve 56 Nöron sayısına sahip YSA modelidir. Bu en başarılı tek girişli YSA modeli için HKT değeri; 1.4510, RMSE değeri; 0.0879,  $R^2_{düz.}$  değeri; 0.9864, AIC değeri; -924.2006 ve SBC değeri ise; -905.2125 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca bu YSA modeli için hesaplanan THY değeri; % -0.51682 ve OMHY değeri ise % 5.8764’dır.

Çizelge 3. Çift girişli hacim tahminleri için transfer fonksiyon seçeneklerine ilişkin ortalama başarı ölçüt değerleri

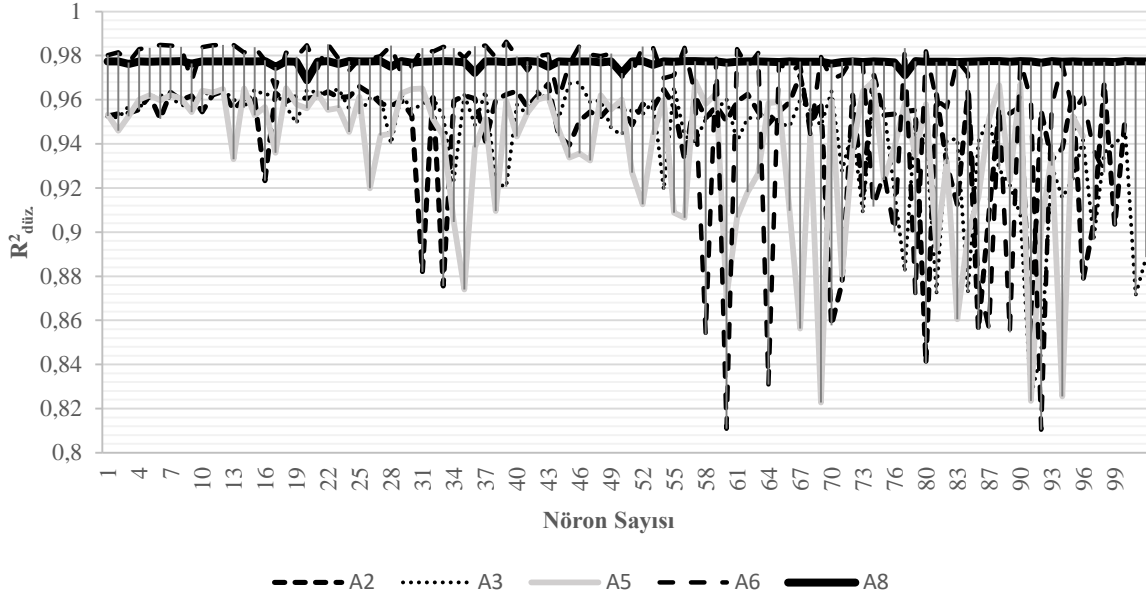
Transfer Fonksiyon seçenekleri	HKT	$R^2_{düz.}$	RMSE	AIC	SBC
A2	2.6677	0.9751	0.1158	-827.7643	-808.7762
A3	2.8155	0.9737	0.1171	-826.4578	-807.4697
A5	3.4768	0.9675	0.1279	-798.8013	-779.8132
A6	5.2901	0.9505	0.1461	-769.4619	-750.4738
<b>A8</b>	<b>2.4661</b>	<b>0.9769</b>	<b>0.1145</b>	<b>-823.7076</b>	<b>-804.7195</b>



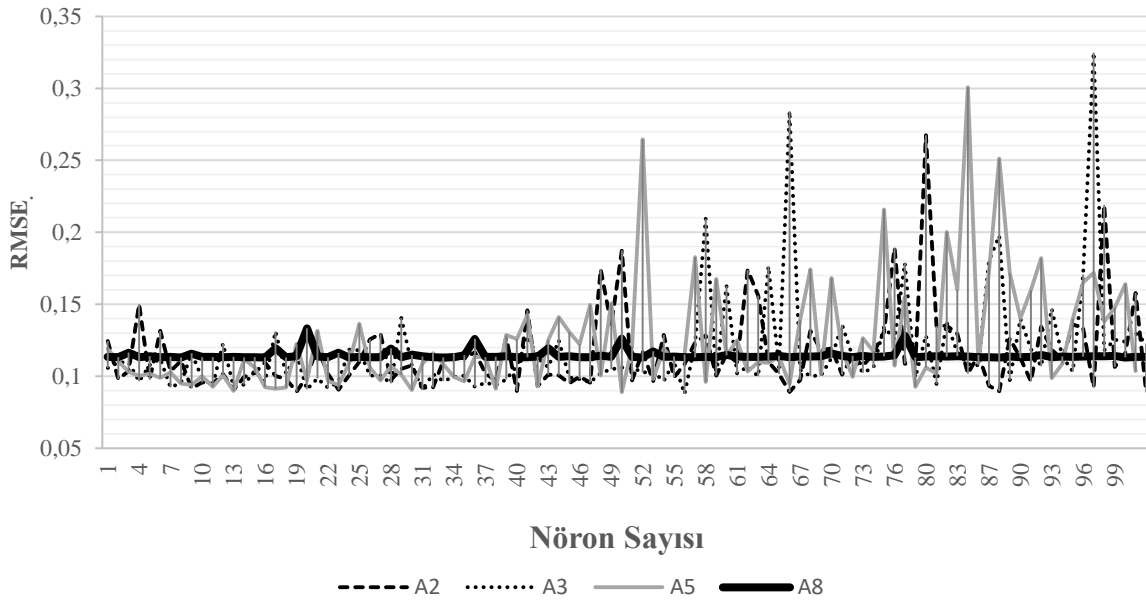
Şekil 1. Tek girişli hacim tahminlerinde farklı transfer fonksiyonu ve Nöron sayılarına göre  $R^2_{düz.}$  değerinin değişimi



Şekil 2. Tek girişli hacim tahminlerinde farklı transfer fonksiyonu ve Nöron sayılarına göre RMSE değerinin değişimi



Şekil 3. Çift girişli hacim tahminlerinde farklı transfer fonksiyonu ve Nöron sayılarına göre  $R^2_{düz.}$  değerinin değişimi



Şekil 4. Çift girişli hacim tahminlerinde farklı transfer fonksiyonu ve Nöron sayılarına göre RMSE değerinin değişimi

En başarılı olarak belirlenen tek ve çift girişli YSA modellerine ilişkin denetleme süreci (validation), modellerinin eğitiminde kullanılmamış olan 32 ağaç verisi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, tek ve çift girişli YSA modelleri ile elde edilen tahminleri denetlemek için; YSA modellerinin eğitiminde kullanılmamış örnek ağaçlar için YSA modeli ile hacim tahminleri elde edilmiştir. Tek girişli YSA elde edilen tahmin değerleri ile gözlem değerleri arasındaki farka ilişkin “Eşlendirilmiş İki Örnek Testi (Paired t test)” sonucunda; ortalama fark  $\bar{D} = -0.01159$ , farka ilişkin standart sapma  $S_D = 0.04459$ , t hesap değeri  $t = -1.0716$ ,  $p = 0.2998$  olarak hesaplanmıştır. Çift

girişli YSA modelinin denetiminde, ortalama fark  $\bar{D} = -0.03665$ , farka ilişkin standart sapma  $S_D = 0.12167$ , t hesap değeri  $t = -1.2420$ ,  $p = 0.2321$  olarak elde edilmiştir. Böylece örnek ağaçların bölümlenme yöntemi ile hesaplanan hacmi ile tek ve çift girişli YSA modelleri ile tahmin edilen ağaç hacimleri arasında % 95 güvenle anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir.

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, Yapay Sinir Ağları modelleri ile ağaçların hacim tahminlerinin göğüs çapı ya da göğüs çapı ile birlikte ağaç boyuna göre elde



edilmesinde, Transfer Fonksiyonu tipi ile Nöron sayısının etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, farklı Transfer Fonksiyonu tipi ile Nöron sayıları seçeneklerinden oluşan 500 farklı YSA modeli eğitilmiş ve çeşitli başarı ölçütleri ile elde edilen tahminlerin başarı durumları karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmada, gerek tek girişli gerekse çift girişli hacim tahminleri için Linear (Pure-Lin) fonksiyonun giriş katman ile ara katmanı bağlantı noktasında olduğu ve Hiperbolik Tanjant Sigmoid (Tan-Sig) fonksiyonun ara katman ile çıkış katmanı bağlantı noktasında olduğu (A8) Transfer Fonksiyonunun en başarılı tahmin sonuçlarını verdiği belirlenmiştir. Tek girişli hacim tahminleri için en başarılı belirlenen Transfer Fonksiyonu seçeneğinin (A8), en başarısız olarak elde edilen transfer fonksiyon seçeneğine göre (A6) HKT,  $R^2_{düz.}$ , RMSE, AIC, SBC değerlerinde sırasıyla, -%40.1971, %3.1971, -%19.2384, %10.6478 ve %10.7959 oranlarında iyileşmeler elde edilmiştir. Çift girişli hacim tahminleri için ise, tek girişli hacim tahminlerinde de olduğu gibi en başarılı belirlenen Transfer Fonksiyonu seçeneğinin (A8), en başarısız olarak elde edilen transfer fonksiyon seçeneğine göre (A6) HKT,  $R^2_{düz.}$ , RMSE, AIC, SBC değerlerinde sırasıyla, -%53.382, %2.6411, -%21.6136, %7.0498, %7.2282 oranlarında iyileşmeler elde edilmiştir. Bu değerler dikkate alındığında, Transfer Fonksiyonu tipinin tahmin başarısında önemli oranda etkili olduğu görülmektedir. 100 Nöron seçeneğine göre  $R^2_{düz.}$  ve RMSE değerlerinin değişimleri incelendiğinde ise (Şekil 1, 2, 3 ve 4); özellikle Nöron sayısının değişimine göre tahmin başarılarında belirgin bir artan ya da azalan bir trend gözlemlenmemiştir. Diğer taraftan, Şekil 1-4 incelendiğinde, özellikle A8 transfer fonksiyonu dışındaki diğer transfer fonksiyonu seçeneklerinin oldukça dengesiz, farklı Nöron sayılarına göre oldukça farklı  $R^2_{düz.}$  ve RMSE değerlerini üretebildikleri görülmektedir. A8 transfer fonksiyonu seçeneği için ise, Nöron sayılarındaki değişime göre dengeli ve tutarlı bir  $R^2_{düz.}$  ve RMSE değişimi gözlemlenmiştir. Bu bakımdan, transfer fonksiyonu değişimine göre çeşitli başarı ölçütlerinde görülen iyileşmeler, Nöron sayısının artışına göre elde edilememiştir. Diğer taraftan, uygun olmayan Transfer fonksiyonu seçimi ile tahmin başarılarında önemli oranda kötüleşmeler görülmektedir (şekil 1-4). Dolayısıyla, özellikle fazla Nöron sayılarını içeren YSA modellerinin kullanımı yerine, uygun ve başarılı Transfer Fonksiyonu seçimi, başarılı ve tutarlı tahminlerin elde edilmesinde daha önemli olduğu sonucuna ulaşılabilir. Bu çalışmanın temel araştırma konusu olan Transfer Fonksiyonun ve Nöron sayılarının YSA modelleri ile elde edilecek tahminlerin

başarısına etkisi olarak da, Nöron sayısının artırılması yerine; giriş, gizli ve çıktı katmanları arasında geçişi sağlayan uygun Transfer Fonksiyonun seçiminin daha önemli olduğu sonucuna varılabilir. Nöron sayılarının artırılması, YSA modellerinin tahmin başarısını artırmadığı gibi, oldukça karmaşık ve uygulaması zor olan YSA modellerinin elde edilmesine neden olabilmektedir.

Son yıllardaki artım ve büyüme modellemesi konusundaki literatür incelendiğinde; YSA modelleri, çeşitli tek ağaç ve meşcere özelliklerini modellemede sahip oldukları çeşitli avantajları ile belirli ölçüde klasik istatistik yöntemlerinin yerine geçmekte ve daha sıklıkla kullanılmaktadır. Bu bakımdan, çeşitli tek ağaç ve meşcere özelliklerini YSA ile modelleyen çok sayıda çalışma gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte, optimal YSA modellerinin belirlenmesi üzerine ise yeterli çalışma gerçekleştirilmemiştir. YSA modellemesi konusunda yapılan birçok çalışmada, araştırmacı tarafından belirlenen belirli bir Nöron sayısı ve transfer fonksiyonuna sahip YSA modeli ile klasik regresyon modelleri karşılaştırılmıştır. Bu çalışmalarda, YSA modellerinin sahip oldukları oldukça ileri düzeydeki doğrusal olmayan (nonlinear) model yapıları ve çeşitli istatistiksel varsayımların sağlanmasını gerektirmeyen özellikleri ile çeşitli tek ağaç ve meşcere özelliklerinin tahmininde oldukça başarılı sonuçlar vermişlerdir. Ancak, çeşitli Transfer Fonksiyonları ile Nöron sayılarını içeren farklı YSA model yapılarının karşılaştırılması ve ideal YSA modelinin belirlenmesi, artım ve büyüme modellemesinde önemli bir ihtiyaç olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada da olduğu gibi, farklı YSA modellerinin karşılaştırılması ve başarılı YSA model yapılarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu ideal YSA modeline karar vermede sadece çeşitli başarı ölçütlerinin değerlendirilmesi yanında, YSA modellerinin çeşitli artım ve büyüme kanuniyetlerini de sağlayıp sağlamadığının değerlendirilmesi de önem taşımaktadır.

## Kaynaklar

- Asan, Ü. 2000. Ulusal orman envanteri kavramı ve Türkiye'deki durumu. T.C. Orman Bakanlığı, Teknik Bülten, 1, 2.
- Ashraf, M. I., Zhao, Z., Bourque, A., MacLean, D.A., Meng, F. 2013. "Integrating biophysical controls in forest growth and yield predictions generated with artificial intelligence technology", Canadian Journal of Forest Research, 43, 1162–1171.
- Atkinson, P. M., Tatnall, A. R. 1997. Introduction: neural networks in remote sensing, International Journal of Remote Sensing. 18, 4, 699–709.
- Bolat, F. 2015. Predictions for Oriental Beech Tree Heights Based on Artificial Neural Network in Kestel

Forests. The 10th International Beech Symposium, 1-6 September, 2015, Kastamonu, Turkey.

Bolat, İ., Ercanlı, İ. 2016. Using Artificial Neural Network in Describing Diameter Distribution in an Even-Aged Forest. International Forestry Symposium, 7-10 December 2016, Kastamonu-Turkey

Diamantopoulou, M. J., Özçelik, R. 2012. Evaluation of different modeling approaches for total tree-height estimation in Mediterranean Region of Turkey. Forest Systems, 21, 3, 383-397.

Diamantopoulou, M. J., Özçelik, R., Crecente-Campo, F., Eler, Ü. 2015. Estimation of Weibull function parameters for modelling tree diameter distribution using least squares and artificial neural networks methods. Biosystem Engineering, 133, 33-45.

Ercanlı, İ., Kahriman, A., Bolat, F. 2015. Applications of Artificial Neural Network for Predicting the Relationships Between Height And Age For Oriental Beech, The 10th International Beech Symposium, 1-6 September, 2015, Kastamonu, Turkey.

Ercanlı, İ., Günlü, A., Şenyurt, M., Bolat, F., Kahriman, A. 2016a. Artificial neural network for predicting stand carbon stock from remote sensing data for even-aged scots pine (*pinus sylvestris* L.) Stands in the taşköprü-çiftlik forests, 1st International Symposium of Forest Engineering and Technologies (FETEC 2016), Bursa Technical University, Faculty of Forestry, 2-4 June 2016, Bursa-TURKEY.

Ercanlı, İ., Kahriman, A., Yavuz, H. 2016b. Predicting Oriental Spruce and Scots Pine Tree Diameter Increments Based on Artificial Neural Network Located in Mixed Oriental Spruce-Scots Pine Stands at Trabzon and Giresun Forest District. International Forestry Symposium, 7-10 December 2016, Kastamonu-Turkey

Ercanlı, İ., Bolat, F. 2017. Diameter distribution Modeling based on Artificial Neural Networks for Kunduz Forests. International Symposium on New Horizons in Forestry-ISFOR 2017, Isparta University, Faculty of Forestry, 18-20 October, Isparta, Turkey.

Ercanlı, İ., Kurt, A. K., Şenyurt, M., Günlü, A., Keleş, S., 2018a, Tarsus Yöresi Anadolu Karaçamı Ağaçlarında Hacim Tahminlerinin Yapay Sinir Ağları ile Elde Edilmesi. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, Cilt 4, Sayı 1, 25-37.

Ercanlı, İ., Günlü, A., Şenyurt, M., Keleş, S., 2018b. Artificial neural network models predicting the leaf area index: a case study in pure even-aged Crimean pine forests from Turkey, Forest Ecosystems, 5-29.

Ercanlı, İ., Bolat, F., Yavuz, H., 2018c. Ormanların Çap Dağılımlarının Modellenmesinde Derin Öğrenme Algoritmalarının Kullanımı: Trabzon ve Giresun Ormanları Doğu Ladini-Sarıçam Karışık Meşcereleri Örneği, Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, Cilt 4, Sayı 2, 122-132.

Esteban, L.G., Fernandez, F.G., de Palacios, P. 2009. MOE Prediction in *Abies pinsapo* boiss. Timber: application of an artificial neural network using non-destructive testing. Computers and Structures, 87, 1360-1365.

Fırat, F. 1973. Dendrometri, IV. Baskı, İ.Ü. Orman Fakültesi, İ.Ü Yayın No: 1800, Orman Yayın No: 193, Kutulmuş Matbaası, İstanbul.

Günlü, A., Ercanlı, İ. 2017. Evaluating some artificial neural networks and multiple linear regression model for predicting carbon of pure oriental beech stand in Göldağ forests. International Symposium on New Horizons in Forestry-ISFOR 2017, Isparta University, Faculty of Forestry, 18-20 October, Isparta, Turkey.

Kapucu, F. 2004. Orman amenajmanı. KTÜ Orman Fakültesi Yay No, 215 / 33, ISBN-975-6983-35-3, 514 s.

Loetsch, F., Zöhrer, F., Haller, KE. 1973. Forest Inventory, Volume 2. BLV Verlagsgesellschaft mbH, München.

MATLAB and Statistics Toolbox Release 2015, The MathWorks, Inc., Natick, Massachusetts, United States.

Nasr, G. E., Badr, E. A., Joun, C. 2003. Backpropagation neural networks for modeling gasoline consumption, Energy Conversion and Management, 44, 6, 893-905.

Orhunbilge, N. 2002. Uygulamalı Regresyon Ve Korelasyon Analizi, İ.Ü. İşletme Fakültesi Yayınları, İstanbul.

Özçelik, R., Diamantopoulou, M.J., Wiant, H. R., Brooks, J. R. 2008. Comparative study of standard and modern methods for estimating tree bole volume of three species in Turkey. Forest Products Journal, 58, 6, 73-81.

Özçelik, R., Diamantopoulou, M. J., Crecente-Campo, F., Eler, U. 2013. Estimating Crimean juniper tree height using nonlinear regression and artificial neural network models, Forest Ecology and Management 306, 52-60.

Özçelik, R., Diamantopoulou, M. J., Brooks, J. R. 2014. The use of tree crown variables in over-bark diameter and volume prediction models. Journal of Biogeosciences and Forestry, 7, 132-139.

Şentürk, N. 1997. Dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Wahl. subsp. *Oxycarpa* (Bieb. ExWilld.) Franco&RochaAfonso) gövde hacim ve ağaç hacim tablolarının düzenlenmesi. Yüksek lisans tezi, K.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Şenyurt, M., Ercanlı, İ., Yavuz, H., Kahriman, A. 2015. Predicting Stand Yield Parameters Based On Artificial Neural Network for Oriental Beech in Kestel Forests, Bursa. The 10th International Beech Symposium, 1-6 September, 2015, Kastamonu, Turkey.

Yavuz, H. 1995. Taşköprü Orman İşletmesinde Sarıçam ve Karaçam için Uyumlu Gövde Çapı, Gövde Hacmi ve Hacim Oran Denklem Sistemlerinin Geliştirilmesi (Basılmamıştır), Trabzon.

Yavuz, H. 1999. Taşköprü Yöresinde Karaçam için Hacim Fonksiyonları ve Hacim Tabloları, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23, 5, 1181-1189.

Yavuz, H., Sakıcı, O. E. 2002. Gövde profili modellerinin bilimsel ve pratik açıdan irdelenmesi. Orman Amenajmanı'nda kavramsal açılımlar ve yeni hedefler sempozyomu, İstanbul, 233-241.