



Yapay Zekâ ile Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ve Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Ağaçlarında Üst Boy Tahmini

Upper Height Prediction in Turkish Red Pine (*Pinus brutia* Ten.) and Black Pine (*Pinus nigra* Arnold.) with Artificial Intelligence

Emre Kuzugüdenli

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Yenişarbademli MYO, Ormancılık Bölümü, 32850 Isparta, TÜRKİYE

Başvuru/Received: 31/12/2020

Kabul / Accepted: 11/03/2021

Çevrimiçi Basım / Published Online: 23/05/2021

Son Versiyon/Final Version: 18/06/2021

Öz

Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ve karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Türkiye için ekonomik ve ekolojik olarak yüksek öneme sahip asli orman ağacı türleridir. Üst boy yetiştirme ortamının verimliliğini belirlemek için kullanılan önemli parametrelerden biridir. Gerçekleştirilen bu çalışmada karaçam ve kızılçam türünde üst boyun göğüs çapı ve ağaç yaşı parametreleriyle tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Bununla birlikte göğüs çapından ağaç boyu tahmininde sıklıkla kullanılan regresyon analizi ile bir tür yapay zekâ uygulaması olan Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemiyle elde edilen sonuçların kıyaslanması da hedeflenmektedir. YSA ile eğitilen ağın tahmini ile gerçek üst boy değerleri arasındaki ilişkiler incelendiğinde karaçama ait tahmin gücü en fazla olan model için R^2 değeri 0,58 olarak, kızılçama ait model için R^2 değeri 0,78 olarak belirlenmiştir. YSA ve regresyon modelleri karşılaştırıldığında kızılçama ait en iyi YSA modelinin başarısının ($R^2 = 0,78$) regresyon analizi ile tahmin edilen üst boy modelinin başarısına ($R^2 = 0,11$) göre daha başarılı olduğu görülmektedir. Benzer şekilde karaçama ait en iyi YSA modelinin başarısının ($R^2 = 0,58$) regresyon analizi ile tahmin edilen üst boy modelinin başarısına ($R^2 = 0,37$) göre daha başarılı olduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler

“Yapay Sinir Ağları (YSA), Regresyon modeli, Üst boy tahmini, Kızılçam, Karaçam”

Abstract

Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.) and larch (*Pinus nigra* Arnold.) forests are essential tree species with high economic and ecological importance for Turkey. Upper height which is one of the important parameters used to determine the site productivity of forests. In this study, it was aimed to estimate the breast height diameter and tree age parameters in larch and Turkish red pine. In addition, it is aimed to compare the results obtained by the regression analysis, which is frequently used in estimating upper height from breast height diameter, and Artificial Neural Networks (ANN) method, which is a kind of artificial intelligence application. When the relationships between the estimation of the network trained with ANN and the real upper height values were examined, the R^2 value was determined as 0.58 for the model with the highest predictive power of the larch and the R^2 value for the Turkish red pine model as 0.78. When ANN and regression models are compared, it is seen that the success of the best ANN model of Turkish red pine ($R^2 = 0.78$) is more successful than the success of the upper height model estimated by regression analysis ($R^2 = 0.11$). Similarly, it is seen that the success of the best ANN model of larch ($R^2 = 0.58$) is more successful than the success of the upper height model ($R^2 = 0.37$) estimated by regression analysis.

Key Words

“Artificial Neural Networks (ANN), Regression model, Upper height estimation, Turkish red pine, Larch”

1. Giriş

Ormanların planlanması ve yönetilebilmesi için ormanların üretmiş oldukları üretim miktarının hesaplanması gerekir (Kalıpsız, 1994). Hesaplamalarda kullanılan göğüs çapı değişkeni ölçüm kolaylığı açısından oldukça pratiktir. Ağaç boyu değişkeni de çap gibi üretim hesaplamalarında kullanımıyla birlikte ekolojik çalışmaların önemli bir parametresi olan yetiştirme ortamı verim gücünün belirlenmesi içinde kullanılmaktadır. Ormancılık açısından önemli olan ağaç boyu parametresinin ölçümünün zaman alıcı olması ve hatalı ölçüm yapılabilmesinden dolayı ölçümü daha pratik ve doğru olan göğüs çapı ve yaş gibi değişkenler yardımı ile tahmin edilebilmektedir. Göğüs çapı ile ağaç boyu arasındaki ilişkinin ortaya koyulmasında regresyon modellerinden faydalanılmakta olup çeşitli yöre ve ağaç türleri için birçok regresyon modeli geliştirilmiştir (Saraçoğlu, 1988; Carus, 1998; Temesgen vd., 2007).

Gerçekleştirilen bu çalışmada ağaçlandırma çalışmalarında en çok kullanılan türlerden olan karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) ve kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) tercih edilmiştir. Türkiye yaklaşık 23 milyon hektar orman alanına sahip olup bu alanın yaklaşık 13 milyon hektarı verimli, 10 milyon hektarı ise bozuk niteliktedir (OGM, 2020). Bozuk olan bu sahalar potansiyel ağaçlandırma sahaları olup buralarda kullanılacak ağaç türleri titizlikle seçilmelidir. Genel olarak düzensiz yağışların ve fakir toprakların olduğu alanlar erozyon tehlikesi yüksek alanlar olarak değerlendirilmektedir. Bu alanlarda gerçekleştirilecek ağaçlandırmalardaki başarı mevcut ekolojik koşullara adapte olabilen ve derin kök sistemine sahip türlerin kullanımıyla mümkündür. Çünkü derine inen köklerin toprağı daha iyi tuttuğu yüzeysel akışı azalttığı bilinmektedir (Turna vd., 2007). Bu özellikler dikkate alındığında kazık kök yapan ve kanaatkâr bir ağaç türü olan karaçamın karasal iklim bölgelerindeki ağaçlandırma alanları için önemli bir tür olduğu belirtilmektedir (Ürgeç, 1998).

Karaçam Türkiye’de karasal iklime en çok sokulabilen çam türü olup İç Anadolu, Ege, Akdeniz ve Marmara bölgesinin dağlık kesimleriyle Batı Karadeniz’de doğal olarak yayılışını yapar. 700m ile 1700m arasında orman kurar. Toprak istekleri bakımından da oldukça kanaatkâr bir tür olan karaçam, kış soğuklarına olduğu kadar yaz kuraklığına karşıda dayanıklıdır (Saatçioğlu, 1976). Karaçam bu kanaatkâr özelliklerinden dolayı karasal iklim koşullarına sahip ağaçlandırmalarda da başarıyı artırmak için sıklıkla tercih edilmektedir.

Türkiye için bir diğer önemli asli orman ağacı türü olan kızılçam Türkiye’de en geniş yayılışa sahip ağaç türüdür. Yayılışını genel olarak Akdeniz ikliminin hâkim olduğu alanlarda yapmaktadır. En yüksek rakımda ki yayılışını 1451 metrede yer alan Afyon-Çal Dağında yapan kızılçam (Genç vd., 1997), çoğu ağaç türüne göre hızlı büyümesi, kurak ve yarı kurak sahalarda yetiştirilmesi ve kanaatkâr bir tür olması nedeniyle Akdeniz ikliminin etkisi altındaki alanlarda gerçekleştirilen ağaçlandırma çalışmalarında çoğunlukla tercih edilmektedir (Anonim, 2015).

Gerçekleştirilen bu çalışmada Türkiye ağaçlandırmalarında kullanılan önemli ağaç türlerinden karaçam ve kızılçamın üretim miktarlarının ve yetiştirme ortamı verim gücünün belirlenmesinde kullanılan üst boyun göğüs çapı ve ağaç yaşı parametreleriyle tahmin edilmesi amaçlanmıştır.

Ağaç türlerinin verimliliğiyle alakalı çalışmalar bakıldığında yöntem olarak regresyon analizinin temel analiz olarak kullanıldığı görülmektedir (Günlü vd., 2006; Özkan vd., 2008; Özkan ve Kuzugüdenli, 2010). Gerçekleştirilen bu çalışmada da literatürde ki yapılan çalışmaların modellenme yöntemlerine paralel olarak bu çalışmada regresyon analizi ile bir tür yapay zekâ uygulaması olan Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemiyle elde edilen sonuçların kıyaslanması da hedeflenmektedir. Ormancılıkla ilgili çalışmalarda sıklıkla kullanılan regresyon yöntemiyle (Yavuz, 1995) güvenilir tahminler elde edebilmek için bazı varsayımların bulunması gerekmektedir. Bu varsayımlar çoklu bağlantı ve otokorelasyon probleminin olmaması, verilerin normal dağılım göstermesi ve hata varyanslarının homojen olması şeklindedir (Orhunbilge, 2002).

Son yıllarda sıkça tercih edilen Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Çıkarım (ANFIS), Yapay Sinir Ağları (YSA) ve Bulanık Mantık gibi yapay zekâ uygulamaları araştırmacılar tarafından sıklıkla tercih edilmektedir (Çatal ve Saplıoğlu, 2018; Kuzugüdenli, 2018a; Kuzugüdenli, 2018b; Küçükerdem vd., 2019). Bu uygulamalardan varsayımların olmaması, tahmin başarısının yüksek olması ve birbirleriyle karmaşık ilişkilere sahip olan verilerin kolaylıkla modellenebilmesinden dolayı YSA araştırmada yöntem olarak tercih edilmiştir (Ashraf et al., 2013).

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Çalışmada, karaçam ve kızılçam meşcerelerinden alınan örnek alan verileri kullanılmıştır. Söz konusu karaçam meşcereleri Antalya Orman Bölge Müdürlüğü, Gazipaşa Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde yer almaktadır. Bu meşcerelerden toplam 54 örnek alan alınmıştır. Kızılçam meşcereleri ise Konya Orman Bölge Müdürlüğü, Beyşehir Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde yer almaktadır. Bu meşcerelerden toplam 30 örnek alan alınmıştır.

2.2. Metot

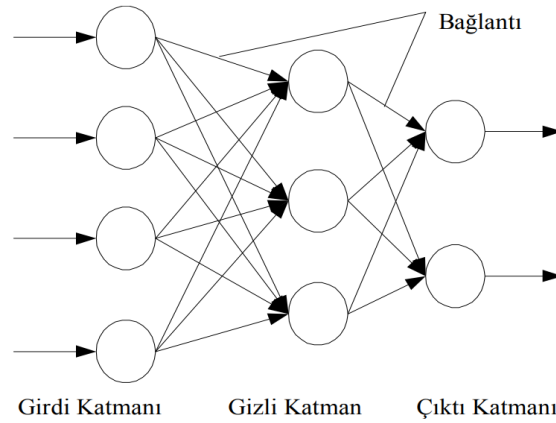
Kızılçam ve karaçam türlerine ait üst boy modelleri oluşturmak amacıyla farklı yetiştirme ortamını temsil eden toplam 84 örnek alan belirlenmiştir. Bu örnek alanlar aynı yaşlı, saf meşcerelerden bölgeyi temsil edecek şekilde seçilmiştir. Örnek alanlar 400m²

büyükliğünde kare olarak belirlenmiştir. Meşcere verimlilik ölçüsü olarak üst boy yetiştirme ortamı verim gücünü çap ve hacime göre daha iyi yansıtmasından ve meşcere sıklığından daha az etkilenmesinden dolayı tercih edilmektedir (Fırat, 1972). Her örnek alanda en fazla boya sahip 3 ağaç belirlenerek bu ağaçlarda artım burgusu ile yaş, kumpas ile göğüs çapı ve boy ölçer ile ağaç boyu ölçümleri yapılmıştır. Örnek ağaçlar seçilirken tepesi çatallaşmış, kırılmış ve gövde formu bozuk olmayan ağaçlar seçilmiştir.

84 örnek alandan toplam 252 adet çap-yaş-boy değişkenlerinden oluşan veri seti elde edilmiştir. Modellemelere başlamadan önce elde edilen verilerin normal dağılımına uygunluğu test edilmiştir. İstatistiki analizler IBM SPSS 22.0 paket programıyla gerçekleştirilmiştir.

Verilerin dağılımını belirlemek amacıyla basıklık- çarpıklık (skewness- kurtosis) değerlerinden faydalanılmıştır. Çarpıklık-basıklık değerleri normal dağılımın tespitinde araştırmacılar tarafından çokça tercih edilen yöntemlerden bir tanesidir (Saplıoğlu ve Acar, 2020). Çarpıklık-basıklık değerleri -1,5 ile +1,5 olduğu zaman normal dağılım olduğu kabul edilmektedir (Tabachnick and Fidell, 2013). Bu kurala göre normal dağılım denetimleri gerçekleştirilmiş olup denetimler sonrasında Regresyon ve Yapay Sinir Ağları modellemelerine geçilmiştir. Regresyon modellemeleri kapsamında doğrusal ve doğrusal olmayan regresyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Regresyon analizinde normal dağılım gösteren bağımsız değişkenden bağımlı değişken tahmin edilir. Yani regresyon analizi ile bağımsız değişken (x) ile bağımlı değişken (y) arasındaki ilişki incelenir. Bilimsel araştırmalarda yer alan ilişkileri açıklamak için çeşitli regresyon fonksiyonları geliştirilmiştir (Kalıpsız, 1994). Regresyon analizlerinde değişkenlerin dağılımları normal olmalıdır. İlişki katsayısı gibi regresyon katsayısı da pozitif veya negatif olabilir. İlişki katsayısı -1 ile +1 arasında değişirken, regresyon katsayısı her değeri alabilir (Pagano and Gauvreau, 1993).

Bir yapay zekâ uygulaması olan Yapay Sinir Ağları insan beyninin fonksiyonlarından esinlenerek geliştirilmiştir. YSA ile oluşturulan modeller nöronların (beyin hücresi) birbiri arasındaki iletişim prensibine dayanan bilgisayar programları ile elde edilmektedir (Elmas, 2003). YSA modeli birbirleri ile ilişkili olan sinirlerin bulunduğu 3 temel katmandan oluşmaktadır. Bu katmanlar giriş katmanı, gizli katman ve çıkış katmanı şeklindedir (Şekil 1) (Chandwani et al., 2015).

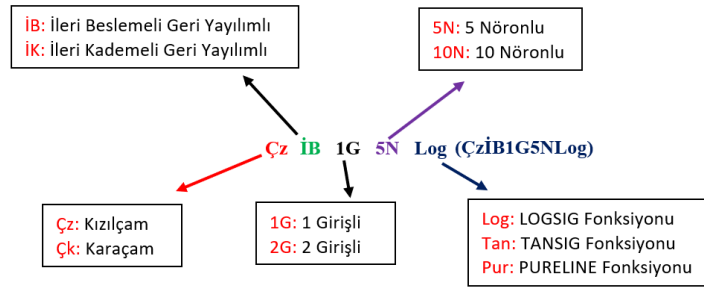


Şekil 1. Yapay sinir ağı katmanları (Örkcü, 2009)

Sinir ağı modelleri doğrusal olmayan ve çok karmaşık yapıdaki problemleri çözmedeki üstünlüğünden ve yeteneğinden dolayı çokça tercih edilmektedir. Araştırmacılar tarafından Hopfield, Elman, SOM, İleri Beslemeli Geri Yayılımlı ve İleri Kademeli Geri Yayılımlı ağlar gibi birçok sinir ağı modeli geliştirilmiştir. Bu ağ tiplerinden bazıları diğerlerinden daha fazla tercih edilmektedir (Elmas, 2003). Geri yayılım ağında hatalar, ileri besleme aktarma işlevinin türevi tarafından, ileri besleme mekanizması içinde kullanılan bağlantılar aracılığıyla geriye doğru yayılmaktadır (Chandwani vd., 2015). Yapay sinir ağlarında eğitim genellikle bir optimizasyon problemi olarak görülür. Özellikle yapay sinir ağlarında eğitimin amacı, ağıdaki ağırlıkları ayarlayarak hata değerini en aza indirmektir. Bu çalışmada da ormancılık çalışmalarında tercih edilen modellerden ileri beslemeli geri yayılımlı ve ileri kademeli geri yayılımlı ağ tipleri kullanılarak modellemeler gerçekleştirilmiştir (Özçelik vd., 2008; Ercanlı, 2018). Modeller, “Mathworks MATLAB” yazılımının R2020b versiyonu içinde yer alan Neural Network araç kutusu (nntool) ile oluşturulmuştur.

Gizli katmandaki nöron sayısının belirlenmesi ile ilgili kesin bir kural bulunmamakla birlikte literatürde gizli katmandaki nöron sayısının hesaplanması ile ilgili n girdi nöronu sayısını belirtmek üzere $2n+1$ ve $0,75n$ gibi tercihler sunulmaktadır (Lippmann, 1987; Bailey ve Thompson, 1990; Hamzaçebi, 2011). Bu çalışma kapsamında ise farklı alternatifler oluşturabilmek için gizli katmanda sabit nöron sayısı kullanmak yerine 5 ve 10 nöronlu 2 model alternatifi oluşturulmuştur.

Oluşturulan modeller 1 girdi ve 2 girdili olacak şekilde İleri Beslemeli-Geri Yayılımlı (Feed forward backprop) ve İleri Kademeli Geri Yayılımlı (Cascade forward backprop) iki farklı YSA tipi, 2 farklı nöron sayısı (5,10) ve 3 farklı dönüşüm fonksiyonu (Logsig, Purelin ve Tansig fonksiyonları) olmak üzere 48 kombinasyonlu (2x2x2x2x3) YSA yapısı ile ağ eğitimleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Yapay sinir ağı modellerine ait kısaltmalar

3. Bulgular

Çalışmanın değişkenleri olan göğüs yapısı, yaş ve üst boy değişkenlerine ait verileri regresyon analizine sokmadan önce verilerin dağılımı test edilmiştir. Verilerin normal dağılıp dağılmadığını belirlemek amacıyla çarpıklık (skewness)- basıklık (kurtosis) değerleri belirlenmiştir. Normallik testi sonucu incelendiğinde değişkenlere ait verilerin çarpıklık-basıklık değerlerinin -1,5 ile +1,5 arasında olduğu görülmekte olup verilerin normal dağılım gösterdiği tespit edilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Değişkenlere ait çarpıklık-basıklık değerleri

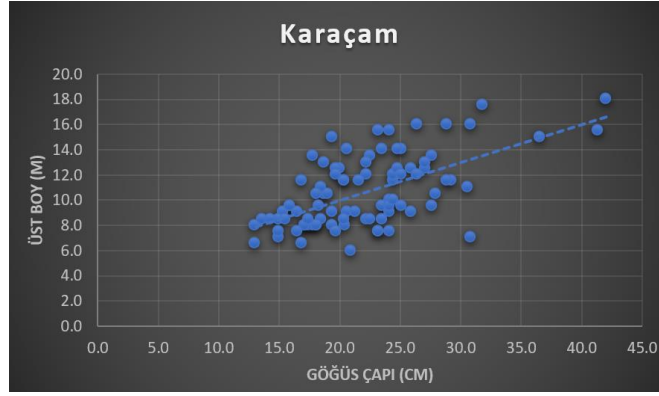
	Çarpıklık Değeri	Basıklık Değeri
Yaş	0,34	-0,56
Çap	0,76	1,49
Boy	0,8	-0,19

Dağılım testinden sonra karaçam ve kızılçam türleri için üst boy modellerini oluşturmak amacıyla önce basit regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Basit regresyon analizi göğüs çapı ve üst boy değişkenleri için üstel, doğrusal, logaritmik, polinomsal ve üssel olmak üzere 5 fonksiyona göre belirlenmiştir. Karaçam için gerçekleştirilen basit regresyon analizi sonucu en yüksek R^2 değeri 0,37 ile doğrusal fonksiyona ait olup fonksiyonlara ait R^2 değerleri ve denklemleri Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. Karaçam türüne ait regresyon denklemleri ve belirtme katsayıları

Fonksiyon Adı	Denklem	R^2
Üstel	$y = 5,7204e^{0,0265x}$	0,33
Doğrusal	$y = 0,3006x + 3,9651$	0,37
Logaritmik	$y = 6,888\ln(x) - 10,513$	0,35
Polinomsal	$y = 0,0002x^2 + 0,2909x - 4,0786$	0,36
Üssel	$y = 1,5496x^{0,6166}$	0,34

Karaçama ait fonksiyonlar incelendiğinde doğrusal fonksiyona ait eğilim çizgisinin örnek noktaları temsil etme gücünün diğer fonksiyonlara göre daha yüksek olduğu Tablo 2’de görülmüş olup doğrusal fonksiyona ait noktaları temsil eden eğilim çizgisi Şekil 3’de görülmektedir.



Şekil 3. Karaçam türüne ait basit regresyon modeli

Kızılcım için gerçekleştirilen basit regresyon analizi sonucu en yüksek R^2 değeri 0,11 ile polinomsal fonksiyona ait olduğu belirlenmiştir. Ancak bu fonksiyonların belirtme katsayıları (üstel, doğrusal, logaritmik, polinomsal, üssel) incelendiğinde istatistiksel açıdan yüksek bir ilişkinin bulunmadığı görülmektedir (Tablo 3).

Tablo 3. Kızılcım türüne ait regresyon denklemleri ve katsayıları

Fonksiyon Adı	Denklem	R^2
Üstel	$y = 10.062e^{0.0102x}$	0,01
Doğrusal	$y = 0.1444x + 9.8708$	0,01
Logaritmik	$y = 5.5582\ln(x) - 4.6955$	0,01
Polinomsal	$y = -0.0171x^2 + 1.3368x - 10.127$	0,11
Üssel	$y = 3.7015x^{0.3839}$	0,01

Regresyon modelleri oluşturulduktan sonra YSA ile modelleme aşamasına geçilmiştir. YSA ile karaçam ve kızılçam için 1 girdi 1 çıktı ile 2 girdi 1 çıktı olmak üzere 2 model oluşturulmuştur. 1 girdili modelde girdi değişkeni göğüs çapı, 2 girdili modelde ise girdiler göğüs çapı ve yaş değişkeni olarak seçilmiştir. Çıktı değişkeni olarak üst boy belirlenmiştir. Karaçam için toplanan 90 adet veri setinden 70 adeti ağa eğitmek için 20 adeti ise ağa test etmek için kullanılmıştır. Kızılcım için toplanan 162 adet veri setinden 122 adeti ağa eğitmek için 40 adeti ise ağa test etmek için kullanılmıştır. Eğitim ve test için kullanılan veriler veri seti içerisinde rastgele seçilmiştir. Yapay sinir ağları ile modellemeye başlamadan önce veri seti normalize edilmiştir. Çünkü YSA verilerine uygulanan bazı normalizasyon metodları ile yapay sinir ağları performansı ve doğruluğunun iyileştireceği literatürde belirtilmektedir (Masters, 1993). Araştırmacılar tarafından ağın performansını ve doğruluğunu artıran çeşitli normalizasyon metodları kullanmakta olup çoğunlukla D_Min_Max metodu tercih edilmektedir (Denklem 1). D_Min_Max normalizasyonu ile veriler 0 - 1 aralığında ölçeklendirilerek aşırı büyük ve küçük olan verilerin modele olan olumsuz etkileri azaltılmaktadır (Öztemel, 2003).

$$x_{norm} = \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (\text{Denklem 1})$$

x_{norm} = Normalize edilmiş veri,

x_i = Girdi değeri

x_{min} = Girdi seti içerisinde yer alan en küçük sayı

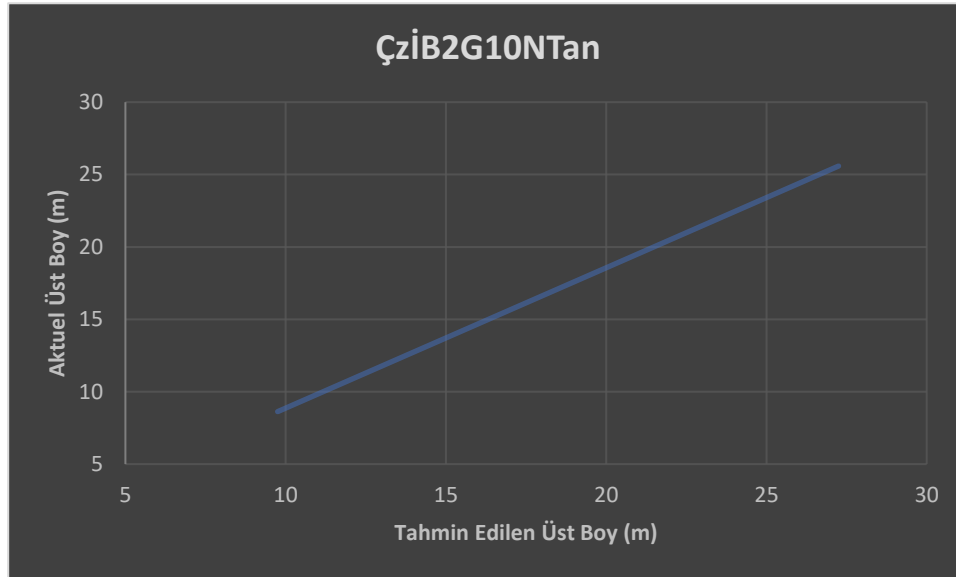
x_{max} = Girdi seti içerisinde yer alan en büyük sayı

Karaçam için eğitilen ağa test için ayrılan ve ağa daha önce tanıtılmayan 20 adet test veri seti, kızılçam için eğitilen ağa test için ayrılan ve ağa daha önce tanıtılmayan 40 adet test veri seti girilerek üst boy tahmini gerçekleştirilmiştir. Karaçama ait en yüksek tahmin başarısı ÇkİB2G10NLog modeline ait olup modele ait belirtme katsayısı 0,58 olarak belirlenmiştir. Tahmine ait hatalardan ortalama mutlak hata (MAD) değeri 0,88 olarak, Ortalama karesel hata değeri (MSE) 1,89 olarak, Kök ortalama karesel hatası (RMSE) 1,37 olarak ve Ortalama mutlak yüzdesel hata (MAPE) 9,63 olarak belirlenmiştir. Kızılcama ait en yüksek tahmin başarısı ÇzİB2G10NTan modeline ait olup modele ait belirtme katsayısı 0,78 olarak belirlenmiştir. Tahmine ait hatalardan ortalama mutlak hata (MAD) değeri 0,5 olarak, Ortalama karesel hata değeri (MSE) 0,78 olarak, Kök ortalama karesel hatası (RMSE) 0,88 olarak ve Ortalama mutlak yüzdesel hata (MAPE) 5,93 olarak belirlenmiştir (Tablo 4).

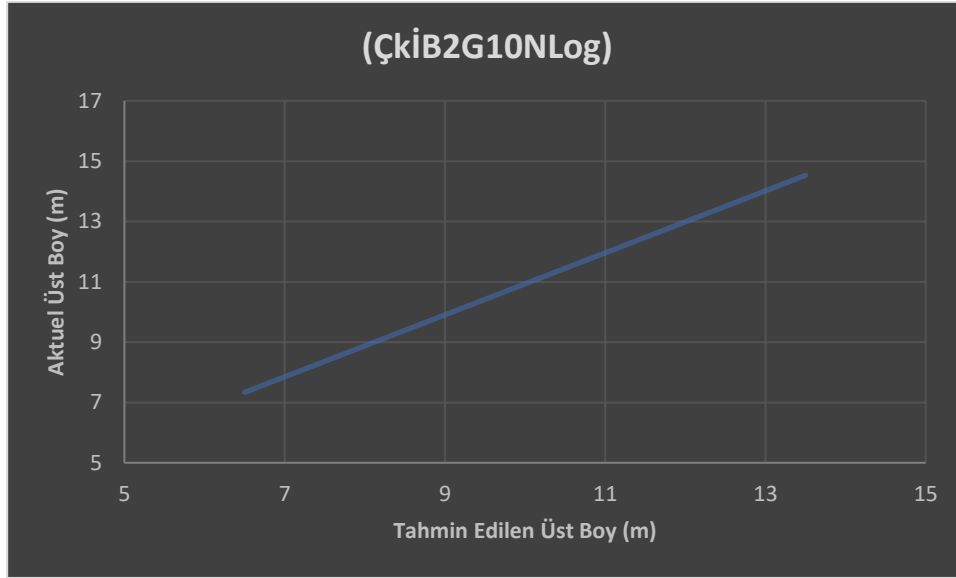
Tablo 4. YSA tahmin modellerine ilişkin belirtme katsayısı ve hata değerleri

MODEL	R ²	MAD	MSE	RMSE	MAPE	MODEL	R ²	MAD	MSE	RMSE	MAPE
ÇziB1G5NLog	0,14	1,71	4,80	2,18	19,04	ÇkİB1G5NLog	0,08	1,84	6,47	2,53	20,66
ÇziB2G5NLog	0,4	1,27	2,44	1,56	13,78	ÇkİB2G5NLog	0,45	1,22	2,34	1,52	13,34
ÇziB1G5NTan	0,11	1,68	4,33	2,07	17,33	ÇkİB1G5NTan	0,11	4,31	36,51	6,02	45,47
ÇziB2G5NTan	0,44	1,42	4,98	2,23	14,98	ÇkİB2G5NTan	0,38	1,32	2,54	1,59	14,44
ÇziB1G5NPur	0,12	4,17	36,14	5,99	43,94	ÇkİB1G5NPur	0,1	1,75	5,98	2,44	19,71
ÇziB2G5NPur	0,59	0,87	1,78	1,33	9,85	ÇkİB2G5NPur	0,47	1,37	4,88	2,21	14,54
ÇziB1G10NLog	0,14	1,54	5,35	2,30	17,16	ÇkİB1G10NLog	0,24	2,87	12,78	3,57	31,10
ÇziB2G10NLog	0,61	0,82	1,78	1,33	9,19	ÇkİB2G10NLog	0,58	0,88	1,89	1,37	9,63
ÇziB1G10NTan	0,22	1,48	8,48	2,90	16,29	ÇkİB1G10NTan	0,3	2,17	8,83	2,97	23,29
ÇziB2G10NTan	0,78	0,5	0,78	0,88	5,93	ÇkİB2G10NTan	0,51	0,97	2,13	1,45	10,47
ÇziB1G10NPur	0,3	2,12	8,43	2,90	22,85	ÇkİB1G10NPur	0,31	2,12	8,88	2,98	22,59
ÇziB2G10NPur	0,53	1,12	2,04	1,42	12,20	ÇkİB2G10NPur	0,15	3,87	34,33	5,84	40,18
ÇziK1G5NLog	0,17	2,52	11,33	3,36	27,94	ÇkİK1G5NLog	0,19	1,58	4,39	2,09	17,48
ÇziK2G5NLog	0,39	1,22	2,94	1,71	13,15	ÇkİK2G5NLog	0,43	1,17	2,95	1,71	12,11
ÇziK1G5NTan	0,31	1,62	6,98	2,64	17,48	ÇkİK1G5NTan	0,16	3,82	34,28	5,83	39,55
ÇziK2G5NTan	0,64	0,77	1,58	1,25	8,60	ÇkİK2G5NTan	0,45	1,02	2,33	1,52	10,78
ÇziK1G5NPur	0,18	2,72	12,33	3,51	29,85	ÇkİK1G5NPur	0,2	2,37	10,68	3,26	25,98
ÇziK2G5NPur	0,49	1,32	4,78	2,18	13,77	ÇkİK2G5NPur	0,43	1,07	2,43	1,55	11,21
ÇziK1G10NLog	0,34	1,97	8,28	2,87	20,83	ÇkİK1G10NLog	0,32	2,07	8,63	2,93	22,04
ÇziK2G10NLog	0,7	0,57	1,13	1,06	6,55	ÇkİK2G10NLog	0,49	1,17	2,14	1,46	12,57
ÇziK1G10NTan	0,35	1,77	7,43	2,72	18,73	ÇkİK1G10NTan	0,28	3,02	13,38	3,65	32,4
ÇziK2G10NTan	0,62	1,02	2,98	1,72	10,44	ÇkİK2G10NTan	0,57	0,89	1,9	1,38	9,65
ÇziK1G10NPur	0,2	1,59	8,69	2,94	17,55	ÇkİK1G10NPur	0,36	1,82	7,83	2,79	19,16
ÇziK2G10NPur	0,67	0,82	1,98	1,40	8,53	ÇkİK2G10NPur	0,54	0,92	1,987	1,40	10,06

Sonuçları görselleştirebilmek amacıyla, kızılcama ait aktüel üst boy verileri ile en yüksek tahmin başarısına sahip YSA modelinin (**ÇziB2G10NTan**) ürettiği üst boy verileri ortak bir grafik üzerinde Şekil 4' te sunulmuştur.

**Şekil 5.** Kızılcama ait en iyi YSA tahmin modeli

Benzer şekilde karaçama ait aktüel üst boy verileri ile en yüksek tahmin başarısına sahip YSA modelinin (**ÇkİB2G10NLog**) ürettiği üst boy verileri ortak bir grafik üzerinde Şekil 5' te sunulmuştur.



Şekil 6. Karaçama ait en iyi YSA tahmin modeli

4. Tartışma ve Sonuç

Gerçekleştirilen bu çalışmada karaçam ve kızılçam türünde üst boyun göğüs çapı ve ağaç yaşı parametreleriyle tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Göğüs çapından ağaç boyu tahmininde sıklıkla kullanılan regresyon analizi ile bir tür yapay zekâ uygulaması olan Yapay Sinir Ağları yöntemiyle elde edilen sonuçların kıyaslanması da hedeflenmiştir. Karaçam ve kızılçam türleri için 5 farklı fonksiyona göre (üstel, doğrusal, logaritmik, polinom ve üssel) gerçekleştirilen basit regresyon analizi sonucu kızılçam türünde istatistiksel açıdan herhangi bir ilişki belirlenememiş olup karaçam içinse en yüksek R^2 değeri 0,37 ile doğrusal regresyon fonksiyonuna ait olarak belirlenmiştir.

Yapay Sinir Ağı modeli oluşturmak amacıyla önce ağ eğitilmiştir. Ağ eğitiminde toplam 48 farklı kombinasyon oluşturulmuştur. Bu kombinasyonlar farklı ağ tipleri (İleri beslemeli geri yayımlı ve İleri kademeli geri yayımlı), farklı girdi sayısı (1 ve 2 girdi), farklı dönüşüm fonksiyonu (Logsig, Purelin ve Tansig fonksiyonları), farklı gizli katman nöron sayısı (5 ve 10 nöron) ve farklı ağaç tipi (Kızılçam ve Karaçam) ile oluşturulmuştur. Kızılçam için oluşturulan YSA modelleri incelendiğinde en yüksek tahmin başarısına sahip modelin **ÇzİB2G10NTan** (R^2 değeri 0,78) belirlenmiştir. Karaçam için oluşturulan YSA modelleri incelendiğinde en yüksek tahmin başarısına sahip modelin **ÇkİB2G10NLog** (R^2 değeri 0,58) belirlenmiştir. Bu modellerin tahmin hatalarına bakıldığında ortalama mutlak hata (MAD) değeri, ortalama karesel hata değeri (MSE), kök ortalama karesel hatası ve ortalama mutlak yüzdesel hata (MAPE) değerlerinin diğer modellere kıyasla en az hataya sahip olduğu görülmektedir (Tablo 4). Bilindiği gibi, tahmin hatası ile tahmin doğruluğu ters orantılıdır, yani tahmin hatası küçüldükçe modelin doğruluk derecesi artmaktadır. Bu nedenle, farklı tahmin modellerini karşılaştırırken en küçük hata değerine sahip model en iyi model olarak seçilmektedir. Hem belirtme katsayısı hem de tahmin hatalarına bakıldığında kızılçam için **ÇzİB2G10NTan** modelini karaçam içinse **ÇkİB2G10NLog** modelinin en başarılı model olduğunu ortaya koymuştur. Regresyon analizi oluşturulan modeller ile YSA ile oluşturulan modellerin tahmin başarısı kıyaslandığında da YSA modellerinin regresyon modellerinden daha başarılı olduğu görülmektedir. Diamantopoulou ve Özçelik (2012), ağaç boylarını tahmin eden modeller geliştirmişler ve gerçekleştirdikleri çalışmalarında bu çalışmaya benzer şekilde YSA modellerinin regresyon modellerine göre daha başarılı olduğunu tespit etmişlerdir. Ercanlı ve arkadaşları (2016) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada da Doğu Karadeniz bölgesinde yetişen doğu ladini-sarıçam karışık meşcerelerinden elde edilen bazı verilerle çap artımları modellenmiştir. Modellemelerde regresyon ve YSA modelleri kullanılmış olup en yüksek tahmin gücünün YSA ile elde edilen modellerde olduğu tespit edilmiştir. Günlü ve Ercanlı (2017) tarafından gerçekleştirilen bir diğer çalışmada da Doğu kayını meşcerelerinin karbon depolama miktarları regresyon ve YSA ile belirlenmeye çalışılmıştır. Araştırma sonucunda YSA modellerinin karbon depolama tahminlerindeki başarısının regresyon modellerine göre daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Literatür incelendiğinde de YSA modellerinin başarılı sonuçlar verdiği birçok araştırma da mevcuttur (Özçelik vd., 2008; Leite vd., 2011; Diamantopoulou ve Özçelik, 2012).

YSA'nın daha başarılı olması karmaşık ilişkileri daha iyi açıklamasından kaynaklanmaktadır. Girdi sayısı, gizli katmandaki nöron sayısı, YSA tipi ve transfer fonksiyonu gibi parametreler YSA'nın bu karmaşık ilişkileri açıklamasındaki önemli faktörlerdendir. Gerçekleştirilen bu çalışmada da YSA modellerinin tahmin başarısının girdi sayısına göre arttığı tespit edilmiştir. Nitekim ormancılık alanında YSA ile gerçekleştirilen çalışmalara bakıldığında da bu durum görülebilmektedir. Bolat (2015) tarafından ağaçlara ait 6 değişken girdi olarak kullanılarak ağaç boyu tahmin edilmiştir. Çalışmada ağ İleri Beslemeli-Geri Yayımlı YSA ile eğitilmiş ve başarılı bir tahmin modeli oluşturulmuştur ($R^2 = 0,87$). Özdemir (2018) tarafından Kayın-Gökmar karışık meşcerelerinin çaplarının tahmini için

gerçekleştirilen bir çalışmada 3 girdiyle bir YSA modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan bu model diğer modellere göre en iyi sonucu vermiştir. Şenyurt ve arkadaşları (2015) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada 3 girdi (yaş, bonitet endeksi ve hacim) bazı meşcere özellikleri İleri Beslemeli-Geri Yayılımlı YSA modeli ile yöntemi ile başarılı bir şekilde tahmin edilmiştir.

YSA tipleri de modelin başarısında etkili bir diğer faktördür. Çalışmada kullanılan YSA modelleri geri yayılımlı (ileri beslemeli geri yayılımlı ve ileri kademeli geri yayılımlı) ağ tipine sahiptir. Konuyla ilgili literatüre bakıldığında da geri yayılımlı ağların öğrenme ve tahmin başarılarının yüksek olduğu görülmektedir. Özçelik ve arkadaşları (2013), gerçekleştirmiş oldukları çalışmalarında karaçam ağaçlarının boylarının tahmin edilmesinde en doğru ve başarılı tahminleri geri yayılımlı YSA modelleri ile elde etmişlerdir.

Geri beslemeli ağın başarılı olduğu bir diğer çalışmada Ercanlı ve Bolat (2017) tarafından Samsun yöresindeki çam ağaçlarının çap dağılımlarının YSA ile modellenmesine ilişkin gerçekleştirilmiş olup elde edilen modellere bakıldığında da tahmin gücü en yüksek olan modelin ileri beslemeli geri yayılımlı YSA modeli olduğu görülmektedir.

Bununla birlikte gizli katmandaki nöron sayısı da modelin tahmin başarısını etkileyen önemli bir diğer faktördür. Modeller incelendiğinde 10 nöronlu modellerin 5 nöronlu modellere göre daha yüksek tahmin başarısına ve daha düşük tahmin hatasına sahip olduğu görülmektedir (Tablo 4). Nitekim Özdemir (2018) tarafından gövde çaplarının YSA ile tahmin edilebilirliğinin araştırıldığı bir çalışmada YSA modellerinde nöron sayısının 6'dan az olmaması gerektiği ifade edilmiştir.

5. Öneriler

YSA, mühendislik uygulamalarında çok faydalı bir araç olabilmekte ve özellikle de regresyon modelleri ile düşük tahmin başarısı elde edilen veri modellemelerinde güçlü bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır. Tahmin başarısının düşük olduğu regresyon modellemelerine göre güçlü bir alternatif olan YSA, karmaşık ilişkileri başarıyla modelleyebilmesi ve diğer istatistikî metotlardaki gibi varsayım şartlarının olmaması nedeniyle tercih sebebi olmaktadır.

Yetiştirme ortamının verimliliğinin göstergelerinden birisi olan üst boy orman ekolojisi alanında yer alan önemli değişkenlerden bir tanesidir. Üst boy ile yetiştirme ortamının verim gücü belirlenerek yetiştirme ortamı sınıflandırılması yapılabilir. Bu çalışmada ağaç boyu ölçümünün zor ve zaman alıcı olması ayrıca hatalı ölçümlerin yapılabilmesinden dolayı ölçümü daha kolay olan çap ile üst boyun tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda karaçam türünün tahmin başarısı ($r^2=0,58$) olarak elde edilmiştir. Tahmin başarısının yüksek olmamasından dolayı Konya Orman Bölge Müdürlüğü içinde yer alan karaçamlar için çap değişkeninin kullanılması önerilmemektedir. Bununla birlikte kızılçam türünün tahmin başarısının yüksek olması ($r^2=0,78$) Antalya Orman Bölge Müdürlüğü içinde çap değişkeninin kullanılmasına olanak vermektedir.

Çalışma sonucunda YSA modellerinin klasik yöntemlerden olan regresyon yöntemlerinden daha iyi sonuç verdiği belirlenmiştir. Bundan sonra konuyla ilgili gerçekleştirilecek çalışmalarda farklı meşcerelerde çalışmaya dahil ederek veri sayısının ve girdi sayısının artırılmasının YSA'nın tahmin başarısını artıracığı düşünülmektedir.

Referanslar

Alshihri, M. M., Azmy, A. M., & El-Bisy, M. S. (2009). Neural Networks for Predicting Compressive Strength of Structural Light Weight Concrete. *Construction and Building Materials*, 23, 2214–2219.

Anonim, (2015). Türkiye Orman Varlığı. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, 33 s., Ankara.

Bailey, D., & Thompson, D. M. (1990). Developing neural-network applications. *AI Expert*, 5(9), 33-41.

Bolat, F. (2015). Predictions for Oriental beech tree heights based on artificial neural network in Kestel forests. In *The 10th International Beech Symposium* (pp. 1-6).

Carus, S. (1998). Aynı yaşlı Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) ormanlarında artım ve büyüme. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 359 s, İstanbul.

Chandwani, V., Agrawal, V., & Nagar, R. (2015). Modeling Slump of Ready Mix Concrete Using Genetic Algorithms Assisted Training of Artificial Neural Networks. *Expert Systems with Applications*, 42, 885–893.

Çatal, Y., & Saphioğlu, K. (2018). Comparison of adaptive neuro-fuzzy inference system, artificial neural networks and non-linear regression for bark volume estimation in brutian pine (*Pinus brutia* Ten.). *Applied ecology and environmental research*, 16(2), 2015-2027.

- 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.
- Elmas, Ç. (2003). *Yapay Sinir Ağları (Kuram, Mimari, Eğitim, Uygulama)*. Seçkin Yayınevi, Ankara, 192s.
- Ercanlı, İ., & Bolat, F. (2017). Diameter distribution modeling based on artificial neural networks for Kunduz forests, *International Symposium on New Horizons in Forestry*, 238-241, Isparta.
- Ercanlı, İ. (2018). Tarsus Yöresi Anadolu Karaçamı Ağaçlarında Hacim Tahminlerinin Yapay Sinir Ağları ile Elde Edilmesi. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 4(1), 25-37.
- Fırat, M. (2002). Doğrusal ve Kıvrımlı Akarsulara Yerleştirilen Köprü Ayakları Etrafında Meydana Gelen Oyulma Derinliğinin Yapay Sinir Ağları ile Belirlenmesi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 125 s.
- Genç, M., Güner Ş. T., & Fakir, H. (1997). Afyon-Çal Dağı Kızılcım Meşcereleri. *Orman Mühendisliği Dergisi*. 34(6); 7-14.
- Günlü, A., Yılmaz, M., Altun, L., Ercalı, İ., & Küçük, M., 2006. Artvin Genya Dağı bölgesinde saf doğu ladini (*Picea orientalis* (L) Link.) meşcerelerinin verimliliği ile bazı edafik ve fizyografik faktörler arasındaki ilişkiler. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 1: 1-10.
- Günlü, A., & Ercanlı, İ. (2017). Evaluating some artificial neural networks and multiple linear regression model for predicting carbon of pure Oriental beech stand in Göldağı forests, *International Symposium on New Horizons in Forestry*, 257-259, Isparta.
- Hamzaçebi, C. (2011). *Yapay sinir ağları tahmin amaçlı kullanımı Matlab ve Neurosolutions uygulamalı*. Bursa: Ekin Basım Yayın Dağıtım.
- Kalpızsız, A. (1994). *İstatistik yöntemler*. İÜ Orman Fakültesi.
- Kuzugüdenli, E. (2018a). Bulanık mantık yöntemiyle kızılçamda verimliliğin modellenmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6(3), 426-434.
- Kuzugüdenli, E. (2018b). Relative humidity modeling with artificial neural networks. *Applied Ecology and Environmental Research*, 16(4), 5227-5235.
- Küçükerdem, T. S., Kilit, M., & Saphioğlu, K. (2019). Bulanık çıkarım sistemlerinde kullanılan küme sayılarının K-ortalamlar ile belirlenmesi ve baraj hacmi modellenmesi: Kestel barajı örneği. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(8), 962-967.
- Leite, H. G., da Silva, M. L. M., Binoti, D. H. B., Fardin, L., & Takizawa, F. H. (2011). Estimation of inside-bark diameter and heartwood diameter for *Tectona grandis* Linn. trees using artificial neural networks. *European Journal of Forest and Research*, 130(2), 263-269.
- Lippmann, R. P. (1987). An introduction to computing with neural nets. *IEEE Assp Magazine*, 4(2), 4-22.
- Masters, T. (1993). *Practical neural network recipes in C++*. Morgan Kaufmann.
- OGM (Orman Genel Müdürlüğü), "İstatistikler", Erişim: 20 Ağustos 2020. <https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane>
- Orhunbilge, N. (2002). *Uygulamalı Regresyon ve Korelasyon Analizi*, İ.Ü. İşletme Fakültesi Yayınları, II. Baskı İstanbul
- Örkcü, H.H. (2009). *Ayırma analizine matematiksel programlama ve yapay sinir ağları yaklaşımları*. Yayınlanmış doktora tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Özçelik, R., Diamantopoulou, M. J., Wiant, H.V., & 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.
- Özdemir, G. (2018). *Karabük Yöresi Kayın-Gökmar Karışık Meşcerelerinde Gövde Çaplarının Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Edilmesi (Doctoral dissertation, Kastamonu Üniversitesi)*.
- Özkan, K., & Kuzugüdenli, E. (2010). Akdeniz Bölgesi Sütçüler Yöresinde kızılçamın (*Pinus brutia* Ten.) verimliliği ile yetiştirme ortamı özellikleri arasındaki ilişkiler. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri: A, (1)*, 16-29.

- Özkan, K., Gulsoy, S., & Mert, A., (2008). Interrelations between height growth and site characteristics of *Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe. *J. The Malaysian Forester*, 71: 9-16.
- Öztemel, E. (2003), *Yapay Sinir Ağları, Birinci Baskı*, İstanbul: Papatya Yayıncılık.
- Pagano M, Gauvreau K. (1993) *Simple Linear Regression. Principles of Biostatistics* . Duxbury Press, USA, 379-424.
- Saatçioğlu, F. (1976). *Silvikültür I, Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 2187/222, İstanbul.
- Saplıoğlu, K., & Acar, R. (2020). K-Means Kümeleme Algoritması Kullanılarak Oluşturulan Yapay Zekâ Modelleri ile Sediment Taşınımının Tespiti. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9(1), 306-322.
- Saraçoğlu, Ö. (1988). *Karadeniz Yöresi Gökmar Meşçerelerinde Artım ve Büyüme*. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, 312 s, İstanbul.
- Şenyurt, M., Ercanlı, İ., & Yavuz, H. (2015) Kahrıman, A., 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, Safranbolu/Türkiye
- Temesgen, H., Hann, D.W., & Monleon, V.J. (2007). Regional height-diameter equations for major tree species of Southwest Oregon. *Western Journal of Applied Forestry*. 22(3): 213-219
- Turna, İ., Altun, L., Üçler, A.Ö., & Tazegün, T. (2007). Kurak ve Yarı kurak Bölge Ağaçlandırmalarının Genel Değerlendirmesi. Türkiye’de Yarı Kurak Bölgelerde Yapılan Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Uygulamalarının Değerlendirilmesi Çalışmayı. 7-10 Kasım 2006, Ürgüp-Türkiye, 33-42.
- Ürgeç, S. (1998). *Ağaçlandırma Tekniği*. İ.Ü Orman Fakültesi, İ.Ü Rektörlük Yayın No: 3994, Orman Fakültesi Yayın No: 441, Emek Matbaacılık, İstanbul. 600 s.
- Yavuz, H. (1995). Uyumlu ve uyumsuz gövde çapı modelleri. KTÜ Orman Fakültesi Bahar yarıyılı seminerleri, Fakülte Yayın No:49, 101-106