ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YAPAY SİNİR AĞLARI İLE BONİTET ENDEKS MODELLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ: ÇANKIRI YÖRESİ SARIÇAM ORMANLARI ÖRNEĞİ

Abidin AYRANLI

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ÇANKIRI
2022

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Abidin AYRANLI tarafından hazırlanan **"Yapay Sinir Ağları İle Bonitet Endeks Modellerinin Geliştirilmesi: Çankırı Yöresi Sarıçam Ormanları Örneği"** adlı tez çalışması 24/08/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman **:** Doç. Dr. Muammer ŞENYURT

Jüri Üyeleri **:**

Başkan **:** Doç. Dr. Muammer ŞENYURT
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Üye **:** Prof. Dr. İlker ERCANLI
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Üye **:** Doç. Dr. Oytun Emre SAKICI
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Kastamonu Üniversitesi

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ

Enstitü Müdürü

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum "**Yapay Sinir Ağları İle Bonitet Endeks Modellerinin Geliştirilmesi: Çankırı Yöresi Sarıçam Ormanları Örneği**" konulu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, tezin Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nden başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve bu çalışmanın Çankırı Karatekin Üniversitesi tarafından kullanılan "Bilimsel İntihal Tespit Programı"yla tarandığını, "intihal içermediğini" beyan ederim. Çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması halinde ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm. Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim (24/08/2022).

Abidin AYRANLI

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YAPAY SİNİR AĞLARI İLE BONİTET ENDEKS MODELLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ: ÇANKIRI YÖRESİ SARIÇAM ORMANLARI ÖRNEĞİ

Abidin AYRANLI

Çankırı Karatekin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Muammer ŞENYURT

Bu çalışmada Çankırı yöresindeki Sarıçam meşcereleri için bonitet endeks tahminlerinde kullanılabilecek dominant ağaçların yaş-üst boy tahminlerinin Yapay Sinir Ağları (YSA) ile elde edilebilme olanakları araştırılmıştır. Araştırma materyali olarak, Çankırı Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde yer alan Çankırı-Merkez ve Yapraklı Orman İşletme Şeflikleri ile Ilgaz Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Yenice Orman İşletme Şefliği sınırlarında kalan Sarıçam meşcerelerinden Ercanlı vd. (2014) tarafından elde edilmiş 112 adet ağaca ilişkin veriler kullanılmıştır. Bu amaçla, çeşitli hesaplama algoritmalarına dayanan İleri Beslemeli-Geri Yayımlı YSA, Cascade Korelasyon yapısını içeren YSA ile Elman'ın Geri Yayılımlı YSA' nın farklı nöron sayıları ile çeşitli dönüşüm fonksiyonlarını içerecek şekilde 60 farklı YSA modeli eğitilmiş ve çeşitli istatistiksel başarı ölçütlerine göre karşılaştırılmıştır. Dominant ağaçların farklı yaşlardaki boy değerlerinin tahmininde en başarılı olarak belirlenen 12 nöron ve logistic sigmoid dönüşüm fonksiyonunu içeren Cascade Korelasyon Yapısını içeren YSA modeli ile belirtme katsayısı; 0,9519, hata kareler ortalaması; 2,4940, hata kareler ortalamasının karekökü; 1,5793, hata kareler toplamı 1152,2, AIC; 4,8278 ve BIC; 440,6307 olarak elde edilmiştir.

2022, 39 sayfa

ANAHTAR KELİMELER: Bonitet endeks tahminleri, Doğrusal olmayan regresyon analizi, Yapay sinir ağları, Sarıçam.

ABSTRACT

Master of Science Thesis

DEVELOPMENT OF BONITET INDEX MODELS WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS: THE CASE OF SCOTS PINE (PINUS SYLVESTRIS L.) FORESTS IN ÇANKIRI REGION

Abidin AYRANLI

Çankırı Karatekin University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Forest Engineering

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Muammer ŞENYURT

In this study, the possibility obtaining the predictions about the relationships between height and age that can be used for site index predictions were investigated by using Artificial Neural Network Models (ANN) for scots pine stands located in Çankırı Forets. The 112 sample trees obtained by Ercanlı et. al. (2014) from Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands located in Çankırı and Yapraklı Forest Planning Units in Çankırı Forest Enterprise, and Yenice Planning Unit in Ilgaz Forest Enterprise were used as the research material. For this purpose, 60 different ANN models including various calculation algorithms (the feed-forward backprop, the Cascade-forward backprop and Elman backprop), various neuron numbers and transformation functions were trained and compared with various statistical success criteria. ANN model including Cascade Correlation Structure based on 12 neurons and logistic sigmoid transformation function was found to produce the most satisfactory fits with R^2 (0.9519), MSE (2.4940), RMSE (1.5793), SSE (1152.2), AIC (4.8278), BIC (440.6307).

2022, 39 pages

Keywords: Site index predictions, Nonlinear Regression Analysis, Artificial Neural Network, Scots Pine.

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

"Yapay Sinir Ağları İle Bonitet Endeks Modellerinin Geliştirilmesi: Çankırı Yöresi Sarıçam Ormanları Örneği" isimli bu çalışma Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı Lisansüstü Programı kapsamında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

İlk olarak, tez konusu seçiminden çalışmanın son aşamasına kadar, ilgili ve yol gösterici yaklaşımıyla çalışmalarıma katkı sağlayan ve her türlü yardımı esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Muammer ŞENYURT'a teşekkürü borç bilirim. Çalışma konumla ilgili bilgi paylaşarak, analizler aşamasında çalışmama yardımcı olan hocam Sayın Prof. Dr. İlker ERCANLI'ya katkılarından dolayı minnettarım. Her konuda görüşlerini esirgemeyen hocam Sayın Doç. Dr. Oytun Emre SAKICI'ya teşekkür ederim. Tez çalışması süresince desteğini esirgemeyen ve sürekli yanımda olan eşim Orman Mühendisi Cennet AYRANLI'ya, aileme ve Orman Yüksek Mühendisi Mehmet KAPLAN'a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, çalışmanın arazi çalışmaları aşamasında her türlü imkânı sağlayarak yardımlarını esirgemeyen Çankırı Orman İşletme Müdürü Sayın Raif ÇOPUR'a ve İşletme Müdürlüğü bünyesindeki tüm teknik personele sonsuz teşekkür ederim. Bu çalışmanın, ülkemiz ormancılığına ve diğer araştırmacılara faydalı olmasını temenni ederim.

Abidin AYRANLI

Çankırı, Eylül 2022

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **i**
ABSTRACT ..... **ii**
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR ..... **iii**
İÇİNDEKİLER ..... **iv**
SİMGELER DİZİNİ ..... **v**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **vi**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **vii**
1. GİRİŞ **1**
2. MATERYAL VE METOD **12**
2.1 Materyal **12**
2.2 Metod **16**
2.2. 1 Bonitet endeks modellerinin geliştirilmesine ilişkin yöntem **16**
2.2. 2 Yapay sinir ağları **18**
2.2. 3 Karşılaştırma ölçütleri **20**
3. BULGULAR VE TARTIŞMA **22**
4. SONUÇ VE ÖNERİLER **32**
KAYNAKLAR **36**
ÖZGEÇMİŞ **39**

SİMGELER DİZİNİ

°C	Santigrat derece
AIC	Akaike Bilgi Ölçütü
BIC	Bayesian Bilgi Ölçütü
CFY	Cebirsel Fark Yaklaşımı
GCFY	Genelleştirilmiş Cebirsel Fark Yaklaşımı
HKO	Hata Kareler Ortalaması
HKOK	Hata Karaler Ortalamasının Karekökü
HKT	Hata Kareler Toplamı
Max.	Maksimum
Min.	Minimum
R^2	Düzeltilmiş Belirtme Katsayısı
YSA	Yapay Sinir Ağları
m	Metre
m^2	Metrekare
m^3	Metreküp
cm	Santimetre
mm	Milimetre

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Çalışma alanını gösterir harita 12
Şekil 2.2 Arazi çalışmalarına ait çeşitli resimler (Ercanlı vd. 2014) 14
Şekil 2.3 Örnek ağaçlara ilişkin yaş-boy ilişkisi 15
Şekil 2.4 Örneklenen ağaçlara ait farklı yaşlardaki boy değerlerini gösterir yaş-boy grafikleri 15
Şekil 3.1 Doğrusal Olmayan Regresyon modeli (M1, Ercanlı vd. 2014) (a) ile 12 nöron ve logistic dönüşüm fonksiyonunu içeren Cascade korelasyon YSA (b) ile elde edilen tahminlere göre hataların değişimi. 28
Şekil 3.2 Doğrusal Olmayan Regresyon modeli (M1, Ercanlı vd. 2014) (a) ile 12 nöron ve logistic dönüşüm fonksiyonunu içeren Cascade korelasyon YSA (b) ile Lag-1 grafikleri. 29
Şekil 3.3 12 nöron ve logistic dönüşüm fonksiyonunu içeren Cascade korelasyon YSA ile elde edilen boy gelişimi 30
Şekil 3.4 12 nöron ve logistic dönüşüm fonksiyonunu içeren Cascade korelasyon YSA ile elde edilen boy gelişimine ilişkin Genel Ortalama Artım değişimi (m/yıl)31

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Çalışma Materyali orman işletme şefliklerinin Sarıçam orman varlığı…...13
Çizelge 2.2 Örneklenen ağaçlara ait istatistiksel bilgiler. 14
Çizelge 2.3 Ağaçların yaş-üst boy ilişkisini modellemek üzere kullanılan GCFY denklemleri (Ercanlı vd. 2014)..... 17
Çizelge 3.1 Farklı YSA yapılarına ve Ercanlı vd. (2014) çalışmasına ilişkin modellere ilişkin başarı ölçütleri……..24
Çizelge 3.2 Farklı YSA yapılarına ve Ercanlı vd. (2014) çalışmasına ilişkin modellere ilişkin başarı sıraları 26

1. GİRİŞ

Bir meşcerenin belirli bir yaştaki üretim gücü olarak tanımlanan bonitet (yetişme ortamı verim gücü), meşcerelerin hacim ve hacim elemanlarını meşcere sıklığı ve yaşı ile birlikte etkileyen önemli bir meşcere özelliğidir (Günel 1982, Yavuz 1988). Diğer taraftan, yetişme ortamı verim gücü, ağaçların büyüdüğü yetişme ortamının bütün toprak, iklim, fizyografik gibi ekolojik etmenlerin bütünleşik etkileşimi ile ilgili ağaç türünün büyüme isteklerinin bir uyumu olarak da ifade edilmektedir (Clutter vd. 1983, Gadow and Hui 1999). Bu bakımdan, yetişme ortamı verim gücü, belirli bir türün üzerinde bulunduğu yetişme ortamı koşulları ile o türün iyi bir büyüme yapması için gerek duyduğu tüm yetişme koşulları arasındaki dengenin bir ifadesi olup, bu denge ne kadar iyi olursa, yetişme ortamı koşulları ile o ağaç türünün istekleri ne kadar iyi örtüşürse, yetişme ortamı verimliliği o yörede o tür için o kadar iyi olacaktır (Ercanlı 2003).

Yetişme ortamı verim gücü (bonitet), bir meşcereden belirli yaşta elde edilebilecek servetini etkileyen ve belirleyen temel etmen olması yanında ayrıca; idare süresi, silvikültürel uygulamalar ve birçok ormancılık uygulamasını etkileyen ve yönlendiren bir meşcere özelliğidir. Bu bakımdan, meşcerenin bonitet farklılığının ortaya koyulması ve değerlendirilmesi; orman işletmelerinin ekonomik ve teknik açıdan planlanması ve idare edilebilmesi amacıyla önemli derecede gereklidir (Garcia 1983). Bu önemi ile orman planlama çalışmalarında, planın yapıldığı alana ilişkin yetişme ortamı verim gücü tayinleri büyük önem arz etmekte, ilgili amenajman planlarının düzenlenmesinde, bonitet tayinleri ve değerlendirmeleri, bu planlarda karar süreçlerini etkileyen bir etmen olarak karşımıza çıkmaktadır.

Eski amenajman planlarında, yetişme ortamı verim gücü tahminlerinin önemleri ile diğer haritalarla birlikte, bonitet haritaları da çizilmekte iken, günümüzde bu bonitet haritalarının amenajman planlarında yer almaması önemli bir eksiklik olabilmektedir.

Yetişme ortamı verim gücünün tayinine ilişkin ortaya çıkan yöntemlerinin geçmişi, ormancılıktaki önemlerinin bir sonucu olarak çok eskilere kadar girmektedir. 1881 yılında, yetişme ortamı verim gücü tayinine ilişkin öncü bir çalışma olarak; normal sıklıkta aynı yaşta saf meşcerelerdeki birim alanda bulunan ağaçların hacmi ve meşcerenin orta boyuyla bir bağlantı bulunduğu söylenmiştir (Baur 1881). Eichorn yasasına göre; (i) meşcerenin orta boyu, yaş ve bonitete nazaran farklılıklar bulundurduğu, (ii) hektarda bulunan hacim toplamının, meşcere boyu ile değiştiği, (iii) hektarda bulunan hacim veriminin ve bu sebeple bonitetin, meşcerenin boyuyla tahmin edileceğinden söz edilmiştir (Kalıpsız, 1998). Diğer taraftan, meşcerenin orta boyu ise, meşcerelere yapılacak olan müdahaleden etkilenebilmektedir. Meşcere özelliklerinden, meşcerenin hektardaki genel hacim verimi ya da hacim artımı ile bu sebepten oluşacak toplam biyokütle miktarı ile boniteti en doğru bir şekilde ortaya konabiliyorken, özellikle ormandan çıkarılan meşcere hacmine ilişkin kayıtların eksikliği ile meşcerenin genel hacim verimi ve hacim artımı ile verim gücü tayini, birçok durumda mümkün olmamaktadır (Kalıpsız 1998).

Yetişme ortamı verim gücünün tayinine ilişkin ortaya çıkan yöntemlerinin geçmişi, ormancılıktaki önemlerinin bir sonucu olarak çok eskilere kadar girmektedir. 1881 yılında, yetişme ortamı verim gücü tayinine ilişkin öncü bir çalışma olarak; normal sıklıkta aynı yaşta saf meşcerelerdeki birim alanda bulunan ağaçların hacmi ve meşcerenin orta boyuyla bir bağlantı bulunduğu söylenmiştir (Baur 1881). Eichorn yasasına göre; (i) meşcerenin orta boyu, yaş ve bonitete nazaran farklılıklar bulundurduğu, (ii) hektarda bulunan hacim toplamının, meşcere boyu ile değiştiği, (iii) hektarda bulunan hacim veriminin ve bu sebeple bonitetin, meşcerenin boyuyla tahmin edileceğinden söz edilmiştir (Kalıpsız, 1998). Diğer taraftan, meşcerenin orta boyu ise, meşcerelere yapılacak olan müdahaleden etkilenebilmektedir. Meşcere özelliklerinden, meşcerenin hektardaki genel hacim verimi ya da hacim artımı ile bu sebepten oluşacak toplam biyokütle miktarı ile boniteti en doğru bir şekilde ortaya konabiliyorken, özellikle ormandan çıkarılan meşcere hacmine ilişkin kayıtların eksikliği ile meşcerenin genel hacim verimi ve hacim artımı ile verim gücü tayini, birçok durumda mümkün olmamaktadır (Kalıpsız 1998).

Dolaylı yöntemlerse değişikyaşlı ve eşityaşlı meşcerelerde uygulanan yöntemler olarak iki grupta incelenmektedir. Eşityaşlı meşcerelerde uygulanan dolaylı yöntemler "Polimorfik Yöntem", "Anamorfik Yöntem" ve "Kombine Yöntem" olacak şekilde üç grupta, değişikyaşlı meşcerelerdeyse "Mittscherlich'in Çap-Çap Artımı ilişkisine Dayanan Yöntem", "Ağaçların Baskıdan Kurtulduktan Sonraki Yaş-boy ilişkisine Dayanan Yöntem" ve "Flury'nin Çap Sınıfları Yöntemi" olmak üzere de üç grupta incelenmektedir. Meşcere özelliklerinin ölçülmesine dayanan dolaylı yöntemler ile boniteti belirlemeye yönelik ilk çalışmalarda, orta boy kullanımını öne çıkmasına karşın; meşcerenin orta boyunun meşcereye yapılan müdahaleler ile kısa boylu ve altta kalmış ağaçların çıkarılması sonucu matematiksel olarak arttığı görülmüştür. Silvikültürel müdahaleler ile meşcerenin orta boyunun bu şekildeki değişimi, bonitet tahminlerinde istenilen bir durum değildir. Çünkü şiddetli ya da mutedil aralamalarla meşcerelerin müdahale görmesi, yetişme ortamı verim gücünü etkilemeyip, bir meşcereki ağaçlar arasındaki komşuluk ilişkilerini değiştirebilmektedir. Bununla birlikte, eşit yaşlı meşcerelerde, silvikülürel müdahaleden asgari oranda etkilenecek meşcerenin özelliği olarak meşcerenin üst boyu, meşcerenin bonitet göstergesi olarak kullanımı öne çıkmaktadır (Kalıpsız 1998). Çünkü meşcere üst boyu, silvikültürel müdahalelerde, müdahale edilmeyen ve kesilmeyen üst tabakadaki dominant ağaçların boyları kullanılarak hesaplanmaktadır. Meşcerenin boy gelişiminde etkisi olan meşcerenin yaşını sabit tutabilmek içinse, standart yaş şeklinde adlandırılan belirli yaştaki üst boy değerleri, bonitet göstergesi olarak kullanılmaktadır (Kalıpsız 1998). Standart yaşta üst boy değeri, yetişme ortamı verim gücü endeksi olarak isimlendirilmektedir. Ülkemizde olduğu gibi pek çok ülkede yetişme ortamı verim gücü göstergesi olarak bonitet endeksi yaygın bir biçimde kullanılmakta ve yetişme ortamı verim gücü göstergesi şeklinde genel kabul görmektedir (Clutter vd. 1983, Carmean ve Lenthall 1989).

Standart yaştaki üst boy değeri olarak hesaplanılan bonitet endeks tahminlerinde, özellikle meşcerelerin belirli yaşta hesaplanan üst boy değerinden hareket edilerek, standart yaş kabul edilen (50. ya da 100. yaş) yaştaki üst boy değerinin tahmin edilmesi gerekir. Çünkü, ağaçların boy gelişiminde en önemli bir faktör de yaş değişkeni olup, yaş artıkça boy artmaktadır. Bu bakımdan en boylu ağaçlarının boylarının ortalaması

alınarak meşcerenin boniteti belirlenerek farklı meşcereleri yetişme ortamı verim gücü (bonitet) bakımından karşılaştırmasında, her iki meşcerenin yaşının aynı olması gereklidir. Örneğin 30 yaşındaki meşcerenin üst boyu ile 70 yaşındaki meşcerenin üst boyundaki farklılık, yetişme ortamı farklılığından öte meşcereler arasındaki yaş farklılığından kaynaklanmaktadır ki, çoğu durumda da ormanlar, farklı yaşlarda meşcerelerden oluştuğundan, meşcereler arasındaki yaş eşitliği sağlanamamaktadır. Farklı meşcerelerin verim gücü karşılaştırmasında, farklı yaşlardan kaynaklanan bu sorunun giderilmesinde; meşcere üst boy değerini, bir standart yaştaki değere taşınarak bonitetin belirlenmesi çözümü önerilmektedir. Uzun idare süreli meşcerelerde standart yaş 100 yıl olarak belirlenirken, kısa idare süreli meşcerelerde 50 yıl olarak belirlenmektedir. Uygulamada, örneğin 30 yaşındaki bir meşcerenin veya 70 yaşındaki diğer bir meşcerenin yaş ve üst boy değerleri kullanılarak, bu meşcerelerin 100 yaşlarında sahip olacakları üst değeri tahmin edilmekte ve böylece farklı yaşlardaki üst boy değerleri, belirli bir standarta (standart yaş) taşınmaktadır. Standart yaşa karşılık gelen bu üst boylar, bu meşcerelerin yetişme ortamı verim gücü diğer isimle boniteti olarak kabul edilmektedir (Günel 1982).

Yetişme ortamı verim gücünün ortaya konulmasında, farklı yaşlardaki meşcerelerin standart yaştaki üst boyunun tahmin edilmesi, meşcere yaşına bağlı olarak boy tahminlerine imkân sağlayan regresyon analizi ve regresyon modelleri ile mümkün olabilmektedir. Boyu, yaşa göre tahmin eden bir regresyon modeli geliştirilen söz konusu bu denklemler, bir meşcerenin standart yaştaki üst boy değerini başka bir söylemle "Bonitet Endeksi" değeri tahmin edilebilmektedir. Bu boy-yaş modellerine, bonitet endeks modelleri ve tablolaştırılmış şekillerine Bonitet Endeks Tabloları adı verilmektedir. Bonitet Endeks Tabloları ve modelleri geliştirilirken kullanılan veri kaynağına göre 3'e ayrılmaktadır; (i) Anamorfik Yöntem (ii) Polimorfik Yöntem (iii) Kombine Yöntem (Kalıpsız 1998).

Anamorfik eğriler yöntemi, meşcereden alınan örnek alanda ölçülen meşcere üst boyu ve yaşı verilerini kullanırken, polimorfik eğriler yöntemiyse, meşcerede hakim olan örnek ağaçlardan alınan gövde analiz verilerine bağlı olarak tahminler yapmaktadır (Günel 1982). Kombine eğriler yöntemi de, örnek alan verileri ile gövde analizi

verilerini kombine etmektedir. Anamorfik eğriler yöntemi, örnek alanlardan pratik olarak ölçülen yaş ve üst boy değerleri kullanılarak uygulanabilirken, üretilen verim gücü eğrilerinin, tek bir eğri (kılavuz eğri) yardımıyla orantılı olarak üretilmeleri ile kötü ve iyi bonitette tıpatıp gelişim düzeyine sahip olmaları (benzer eğri biçimi), bununla birlikte belirli yaşta olan boy farkı oranının başka yaşlarda da benzer olması gibi olumsuz durumları barındırır (Günel 1982). Polimorfik eğriler yöntemiyse, tek ağaçtan temin edilen gövde analizi verilerinin kullanımıyla tek ağacın boy büyümeleriyle meşcereye ait bonitet tahminlerinin elde edilmesi gibi bir sakınca söz konusudur (Akalp 1978).

Gerek anomorfik ve gerekse polimorfik eğriler yöntemi ile yetişme ortamı verim gücü tahminlerinde, standart yaş secimi önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle standart yaştaki boy değerleri, yetişme ortamının verim gücü göstergesi (bonitet endeksi) olarak kabul edilmekte ve bonitet endeks değerlerine göre yetişme ortamı verim gücü sınıflaması gerçekleştirilmektedir. Bonitet tahminlerinde, standart yaş değerinin seçimi, verim gücü sınıflamasını önemli derecede etkileyen bir seçim olmaktadır. Yaşa bağlı olarak meşcere boy değerleri, standart yaş olarak kabul edilen sabit bir yaştaki boy değerlerine (bonitet endeksi) göre hesaplanıp tablolaştırılmakta ve bonitet endeks tabloları oluşturulmaktadır. Bonitet tahminleri de bu tablolara göre yapılmaktadır (Ercanlı 2010).

Bonitet endeks tahminlerinde, standart yaşın etkisinin getirdiği bu bağımlılığa bir çözüm olarak, Bailey ve Clutter (1974); Matematiksel Fark Yaklaşımı (Algebraic Difference Approach, ADA) (CFY) geliştirilmiştir. Bailey ve Clutter (1974), yapmış oldukları bu çalışmayı, “Base Age Invariant Polymorhic Site Curves” olarak adlandırmaları ile aslında standart yaşa bağımlılığına bir çözüm getirmeyi amaçlamışlardır. Bu yöntemde ilk aşamada, meşcere boy eğrisine (yaş-boy ilişkisine) uygun ana büyüme fonksiyonu belirlenmekte, sonraki adımdaysa büyüme fonksiyonun belirlenen parametresine bağımlı, matematiksel düzeyde tekrar düzenlemekte, böylelikle tek asimptotlu ve polimorfik şekilli veya çok asimptotlu ve anamorfik şekilli verim gücü endeks modeli üretilmekte. Hem polimorfik hem de çok asimptotlu verim gücü endeks denklemi üretilmek isteniyor ise, belirlenen ana artım fonksiyonun en

azından 2 değişkenine bağımlı olup matematiksel değişikliklerin yapılabilmesi gerekmektedir. İki değişkenin matematiksel olarak düzenlendiği Genelleştirilmiş Cebirsel Fark Yaklaşımını (GCFY), Cieszewski ve Bailey (2000) geliştirmişleridir (Ercanlı 2010).

GCFY sayesinde üretilmiş verim gücü endeks modelleri, yaş-boy ilişkilerinin bonitete bağımlı olarak farklılaşmalarına ait beklenen büyüme kanuniyetlerine uygun tahminler vermekte büyük oranda başarılı sonuçlar vermektedir (Ercanlı 2010). Çünkü bonitet endeks modelleri, istatistik bir yöntem olan regresyon analizi ile elde edilmeleri ile çeşitli istatistik varsayımları sağlamaları yanında, yaş-boy ilişkilerinin bonitete bağımlı olarak değişimlerine ait beklenen büyüme kanuniyetleri bakımından da değerlendirilmektedir. Bu büyüme kanuniyetleri ise; (i) verim gücü endeks eğrilerine ait trendin kötü yada iyi bonitet sınıflarının birbirinden değişik olması (Polimorfizm), (ii) bonitet eğrilerine ait maksimum boy değerlerinin bonitete göre değişmesi (çoklu asimptot), (iii) eğrilerin en yüksek boya ulaşma sürelerinin, bonitet iyileştikçe değer olarak büyümesi veya küçülmesi, (iv) eğrilerin orijinden geçmesi (t=0 yaşında h=0 m boy vermesi), (v) eğrilerin geniş S harfi şeklinde olması, (vi) boy artımlarının maksimuma ulaşma sürelerinin bonitet iyileştikçe küçülmesi olarak ifade etmiştir (Ercanlı 2010).

Bonitet endeks modelleri; yetişme ortamı verim gücüne ilişkin beklenen büyüme yasaları yanında, doğrusal olmayan (Nonlinear relationship) bir değişim gösteren yaş-boy ilişkisini, istatistik bir yöntem olan doğrusal olmayan regresyon analizi ile geliştirildiklerinden, bu analizin gerektiği varsayımları da sağlamaları gerekmektedir. Özellikle polimorfik eğriler yönteminin uygulanmasında, gövde analizinde ağaçlarda değişik yaşlarda boy verilerinin oluşturduğu veriler kullanılmakta olup, bu veri yapısı, zaman serisi özelliği göstermektedir (Ercanlı vd. 2004). Bu zaman serisi verilerinde ise, "Seri-korelasyon" olarak adlandırılan farklı zamanlarda ölçülen verilerin birbirini etkilemesi problemi söz konusu olmaktadır. Bu seri korelasyon problemi, regresyon modelindeki değerlerin birbiriyle ilişkili olmaması, homojen bir varyansa ve bu sebeple de birbirine benzeyen varyans-kovaryans matrisini gösterdiği varsayımın sağlanamamasına sebebiyet vermektedir (Doğanay 2007). Bonitet endeks modellerinin

geliştirilmesinde kullanılan doğrusal olmayan regresyon analizi, farklı zamanlarda ölçülen verilerin ilişkisiz ve homojen varyansa sahip olduğu varsayım üzerine dayanmakta olup, bu analiz ile polimorfik eğriler yönteminin uygulamasında kullanılan veri yapılarında yer alan tekrarlı ölçümleri esas alarak geliştirilen bonitet endeks modellerinin geliştirilmesi, oldukça kullanışsız ve hatalı sonuçların elde edilmesine neden olabilmektedir (Ye 2005, İyit vd. 2006). Bu duruma çare ise, "Otoregresif modelleme" önerilmekte (Monserud 1984, Gregoire vd. 1995, Parresol ve Vissage 1998), bilhassa verim gücü modellerine ilişkin birçok çalışmada da, ilişki zaman serisi verilerinin tahminlerdeki olumsuz etkisini en aza indiren Otoregresif modelleme tekniğinin kullanımı öne çıkmaktadır (Diéguez-Aranda vd. 2005, 2006, Nord-Larsen 2006, Adame vd. 2006, Bravo-Oviedo vd. 2007, Cieszewski vd. 2007, Cieszewski ve Strub 2008).

Regresyon analizinde, başarılı ve kabul edilebilir regresyon modellerin tercih edilmesinde ve kullanılmasında, belirli istatistik gereksinimlerin tedarik edilmesi ile birlikte, bonitet endeks tahminlerinin elde edilmesinde farklı bir yaklaşım olarak; son zamanlarda istatistiki varsayımların sağlanması ihtiyacı olmayan ve komplike ilişkiler modellemelerinde yüksek oranda varsayımlar üretebilen Yapay Sinir Ağları (YSA)'nın ormancılıkta kullanımı öne çıkmaktadır (Esteban vd. 2009; Atkinson and Tatnall 1997, Ashraf et. al. 2013). Yapay sinir ağları (YSA) robotik, uçak, otomobil, elektronik, inşaat, üretim, haberleşme gibi çok sayıda mühendislik alanında tahmine dayalı işlerde genel kullanım alanları bulabilmektedir. Yapay Sinir Ağları, mühendislik uygulamasında fayda sağlayabilmekte (Topçu ve Sarıdemir 2008), bu sebeple regresyon modelleriyle düşük tahmin başarısı üretilen veri yapılarında verimli bir yöntem olarak sunulmaktadır (Esteban vd. 2009, Atkinson and Tatnall 1997, Ashraf et. al. 2013).

Yapay Sinir Ağları (YSA), insanın beyin mimarisini temel olarak kullanan bir tahminleme ve modelleme tekniğidir. Bu konudaki bazı teoriler Mc Culloch ve Pitts tarafından 1943 yılında ortaya koyulmuştur. Daha sonraki yıllarda, Hebb'in çalışması (Hebb'in öğrenme teorisi 1949) insan beyninin nöronlarının nasıl öğrendiğini ortaya koymaya çalışmıştır (Tolon ve Tosunoğlu 2008). Özellikle, 1949 yılında, Hebb, sinir hücreleri arasındaki bağlantıların şiddetlerinin değiştirmesine ilişkin kuralları ortaya

koyması ile öğrenebilen yapay sinir ağları ile modelleme mümkün hale gelmiştir. 1959'da, Stanford Üniversitesi'nden Bernard Widrow, basit nöronlar ve benzeri elemanlarına dayanan, "ADALINE (Adaptive Linear Neuron)" olarak isimlendirilen adaptif lineer elemanlı YSA yapısını geliştirilmiştir. 1969 yılında, Minsky ve Papert' in Perseptron adlı kitabında, YSA'nın genellikle ilgi çekmeyen konular olduğunu belirtmesi, araştırmacıların bu alanda çalışmaktan vazgeçmesine sebep olmuş olsa da, 1987 yıllarında yapılan ilk Yapay Sinir Ağları sempozyumundan sonra YSA denemeleri yaygınlaşmış ve bu günlerde ise; Yapay Sinir Ağları ile ilgili çok farklı alanlarda araştırmal yapan bir çok bilim adamı tarafından araştırma grupları kurulmuştur.

İstatistik konusunda çalışan bilim adamları ise, 1980'lerin sonlarına doğru tahminlerin elde edilmesinde yapay sinir ağlarının kullanımını değerlendirmeye başlamışlardır. Ormancılıkta ise, 1990 yılların başlarında YSA değişik alanlarda da kullanılmaya başlanmıştır. Guan and Gartner (1991), ağaç kurumalarının tahmin edilebilmesinde, YSA'nı kullanmıştır. Schmoldt et al. (1997), YSA yardımıyla odun hatalarının sınıflandırmasını yapmıştır. Paruelo and Tomasel (1997), bazı ekosistem fonksiyon tahmininlerinde YSA'ndan yararlanmıştır. Blackard and Denis (1999), orman kapalılığı tiplerinin tahmin edilmesinde YSA'yı istatistik temelli Gaussain diskrimant analizi ile karşılaştırmış, ileri beslemeli YSA'nın daha doğru sonuçlar verdiğini belirlemiştir. Hasenauer et al. (2001), Norveç Ladini ormanlarındaki ağaçlarda kurumaları kestirebilmek amacıyla, çok katmanlı perceptron, cascade korelasyon yapısı ve öğrenmeli vektör sınıflama olmak kaydıyla birtakım ağ yapıları mukayese edilmiş ve çok katmanlı perceptron YSA yapısı sayesinde yüksek tahminlere ulaşmıştır. Zhang et. al. (2000), bazı iklim parametreleri yardımıyla Duglas göknarı ağaçlarında artım değerlerini YSA ile elde ederek belirli iklim senaryolarına bağlı olarak bu tahminlerin YSA ile tahmin edilebileceğini belirtmiştir. Leduc et. al. (2001), 3 değişkenli Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonun değişkenlerini belirleyebilmek için ileri beslemeli ve geri yayılımlı YSA yapısından faydalanmıştır. Hasenauer and Kinderman (2002), farklı yaştaki karışık ormanlarda tensil yapıları ve boy büyümelerini YSA ile tespit etmiştir. Corne et. al. (2004), kapalılık ve tür gibi bazı meşcere özelliklerini YSA ile tespit etmişlerdir. Diamantopoulou (2005a), ibreli ağaçlarda kabuklu ağaç hacmini elde edebilmek amacıyla üç tabakalı ve ileri beslemeli cascade korelasyon yapılı Yapay Sinir

Ağları uygulanmış ve doğrusal olmayan regresyon modellerine göre başarı oranı yüksek varsayımlar üretilmiştir. Diamantopoulou (2005b), göknarlarda değişik kesitlerdeki çapların üretilmesinde cascade korelasyon yapısı bulunan Yapay Sinir Ağları yapısı uygulamış ve istatistiki olarak başarılı tahminler bulmuştur. Ağaçlarda gövde çaplarını tahmin etmek amacıyla, Diamantopoulou (2006) cascade korelasyon yapısı ihtiva eden YSA kullanmış, bulunan çap tahminleri kullanılarak 0.0054 m3'lük karesel hataların kare kökü (RMSE) ile ağaç hacim tahminleri üretmiştir. Diamantopoulou ve Milios (2010), ibreli ağaçlarda kabuksuz ve kabuklu hacimleri cascade korelasyon yapısı içeren YSA ile regresyon modeline nazaran yüksek oranda tahminler elde edilmiştir. Özçelik et. al. (2010), 96 tane kızılçam, 89 tane sarıçam, 67 tane sedir ağacı ve 107 tane Toros göknarı verileri yardımıyla ağaçların hacim tahmininde en başarılı sonucu cascade korelasyon yapılı YSA ile elde edilmiştir. Leite et. al. (2011), ağaç gövdelerinden sağlanan ağaç çaplarını kestirebilmek maksadıyla doğrusal tip YSA kullanmış, Kozak'ın gövde çap denklemi ile karşılaştırma yaparak YSA ile başarılı sonuçlar üretmiştir. Cai et. al. (2012), ileri beslemeli ve geri yayılımlı YSA ile çap dağılımlarına ait değiken tahminlerinde kullanarak YSA'nın regresyon modellerine göre yüksek oranda başarılı olmuştur. Castro et. al. (2013), Okaliptüs ormanlarında kuruma olasılıklarını, boyu ve ortalama çapı tahmin etmek amacıyla değişik girdi verileri içeren çok tabakalı YSA yapılarını mukayese etmiştir. Ashraf et. al. (2013), tek ağaç bazında hacim artımları ve göğüs yüzeyini; toprak suyu, toprak besin içeriği, güneşli gün sayısı ve solar radyasyon parametrelerini veri olarak kullanan Yapay Sinir Ağlarıyla sağlamıştır. Abbasi et. al. (2013), 3 parametreli Weibull fonksiyon değişkenlerinin kestirilmesinde standart sapma, ortalama, ortanca, çarpıklık ve basıklık gibi verileri girdi olarak kullanan YSA'nın faydalarını ortaya koymuştur.

Günümüzde Türkiye'de, YSA'nın ile ormancılık alanında kullanımına ilişkin çalışmalar oldukça sınırlı sayıdadır. Çalışkan ve Acar (2006), yapay zeka tekniklerinin odun hammaddesi üretiminde bir uygulama olarak Yapay Sinir Ağları kullanımı değerlendirilmiştir. Yurtseven vd. (2013), meşe-kayın karışık ormanlarında meşcere altındaki yağış miktarı ve alana düşen yağış miktarını girdi parametreleriyle intersepsiyon tahmini, geri yayılımlı (Back Propagation) Yapay Sinir Ağlarıyla gerçekleştirilmiştir. Aslay ve Özen (2013), meteorolojik parametreler ile toprak

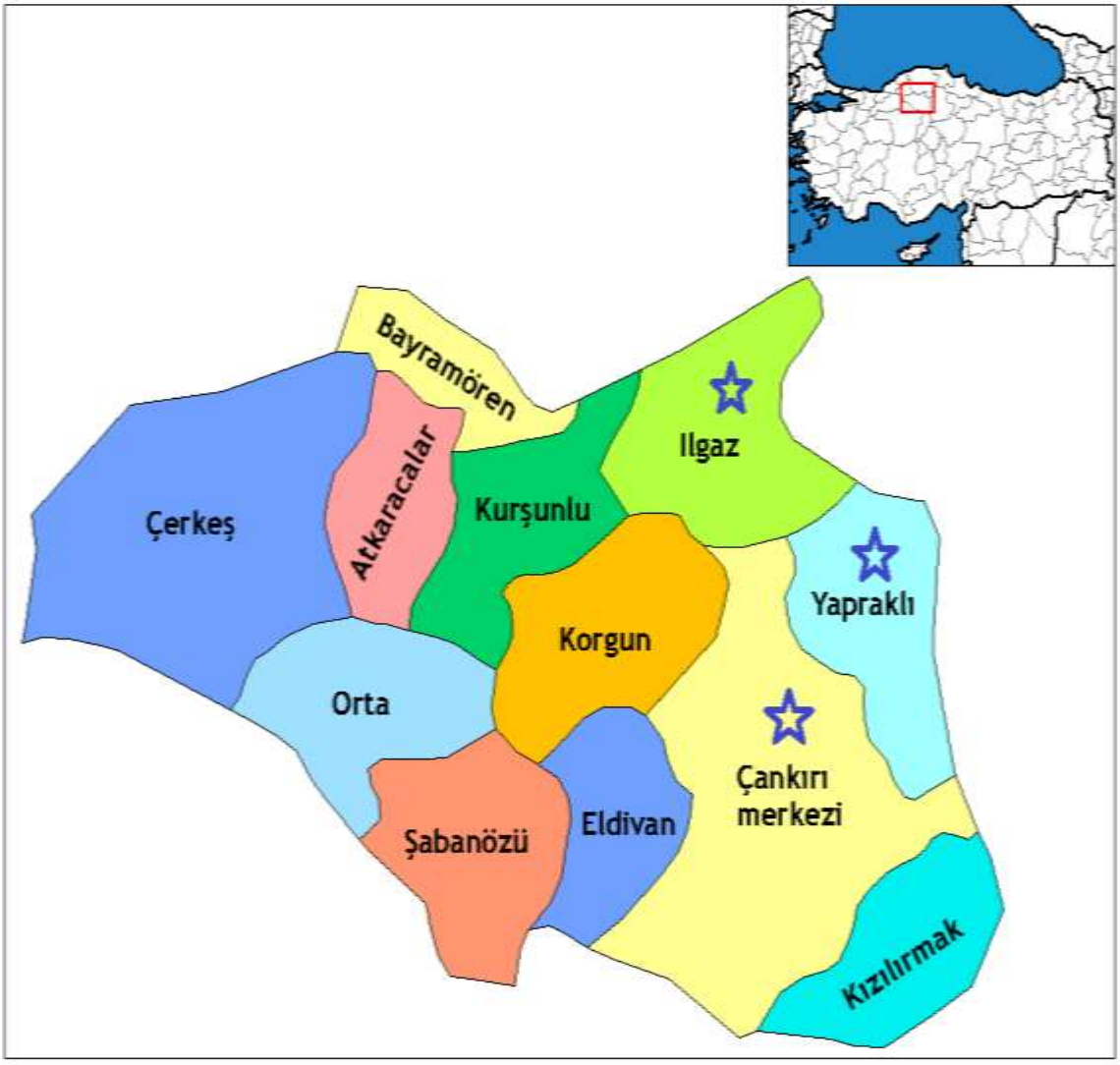
sıcaklığının tahmin edilmesinde ileri beslemeli ve levenberg marquardt algoritmalı YSA'ları kullanmışlardır. Güntekin vd. (2014), Kızılçam kerestesinde elastikiyet değerlerinin tahmilenmesinde; yoğunluk, kereste genişliği, kereste görsel sınıfı, rutubet, doğal frekans ve yıllık halka genişliği olmak üzere 6 adet girdi parametresine sahip çok tabakalı percetron (Multi-Layered Perceptron) ağ yapısını içeren Yapay Sinir Ağlarıyla % 91'lik açıklayıcılığı ile tahminleme başarısı bulunmuştur. Demirkır vd. (2014), kontrplakları yapıştırma direncini tahmin etmede, Yapay Sinir Ağları kullanmış ve hatanın düzeyini %5'in altında bulmuştur. Bilhassa ağaçlara ait artım ve büyümenin modellenmesinde; Özçelik et. al. (2008), ağaç hacim tahminlenmesinde, modern teknikler (centroid, paracone, importance sampling, control-variate), standard metotlar (yöresel hacim denklemi ve huber formülü), ve cascade korelasyon yapısını içeren Yapay Sinir Ağları yapısını mukayese etmiş ve başarısı en iyi tahmini Yapay Sinir Ağları yardımıyla yapmıştır. Diamantopoulou ve Özçelik (2012), ağaçların boylarının tahmin edilmesinde genelleştirilmiş regresyon yapısını içeren Yapay Sinir Ağlarıyla doğrusal olmayan regresyon modellerini mukayese etmiş ve Yapay Sinir Ağlarıyla yüksek oranda boy tahminlerini bulmuştur. Özçelik et. al. (2013), karaçam boy tahmininde, genelleştirilmiş boy denklemleri, karışık etkili modelleme içeren doğrusal olmayan modeller ile YSA'yı karşılaştırmış ve en başarılı tahminler geri yayılımlı (Back Propagation) YSA yapısı ile elde etmiştir. Özçelik et. al. (2014), kızılçamda gövde çaplarına ait tahminlerle gövde hacim tahmininde tepe özelliklerine ait verilerin etkisini, YSA ile incelemiş; bilhassa Levenberg-Marquardt algoritmasını temel alan YSA'nın başarılı sonuçlar verdiği ortaya koyulmuştur. Diamontopoulou et. al. (2015), 2 değişkenli Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonun değişkenlerinin üretilmesinde Levenberg-Marquardt algoritması içeren YSA sayesinde çap dağılımlarının modellenmesinde yüksek tahminler elde etmiştir. Özdemir (2018), Karabük yöresinde yayılış gösteren göknar ve kayın ağaçlarının farklı gövde yüksekliklerindeki çaplarını tahmin etmek üzere 45 adet farklı yapay sinir ağı modeli eğitmiş, farklı gövde çapı modelleri ile yaptığı karşılaştırmada, yapay sinir ağ modellerinin daha başarılı olduğunu belirlemiştir. Bu çalışmalar yanında, ülkemiz ormancılığında tutarlı ve daha doğru artım ve büyüme tahminlerinin üretilmesine olanak sağlayabilecek olan ve klasik regresyon modellerinin ötesinde yapay zekanın bir uygulaması olarak yapay sinir ağlarına ilişkin çalışmaların gerçekleştirilmesi önemli bir gereklilik olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu yüksek lisans çalışmasında, Çankırı yöresinde dağılış gösteren Sarıçam için bonitet endeks tahminlerinin elde edilmesinde, çeşitli dönüşüm fonksiyonlarıyla nöron sayıları ihtiva eden değişik Yapay Sinir Ağ yapılarının bonitet endeks tahminlerini elde etme olanakları araştırılarak, farklı YSA yapılarının gerek kendi aralarında gerekse regresyon analizi yönteminin bir uygulaması olan bonitet endeks modelleri denklemleri ile elde edilen tahminlere göre başarı durumları karşılaştırılacak ve ayrıca YSA ile verim gücüne ilişkin büyüme kanuniyetlerinin elde edilme durumları değerlendirilecektir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1 Materyal

Çalışma içerisinde kullanılmış olan veriler; Ercanlı vd. (2014) tarafından, Ankara Orman Bölge Müdürlüğü, Çankırı Orman İşletme Müdürlüğü hudutları içinde bulunan Yapraklı ve Çankırı-Merkez Orman İşletme Şeflikleri ve Ilgaz Orman İşletme Müdürlüğü Yenice Orman İşletme Şefliği hudutlarındaki Sarıçam ormanlarından temin edilmiştir. Söz konusu bu üç orman işletme şefliği için Sarıçam varlığı ise Çizelge 2.1'de verilmiştir. Çalışmanın yapıldığı sahaya ait harita ise Şekil 2.1'de görülebilir.



Şekil 2.1 Çalışma alanını gösterir harita

Çizelge 2.1 Çalışma Materyali orman işletme şefliklerinin Sarıçam orman varlığı

İşletme Müdürlüğü	İşletme Şefliği	Alan (ha)	Servet (m^3)	Artım (m^3)
Çankırı	Merkez	3801,0	262675	9551
Çankırı	Yapraklı	5165,5	358920	13150
Ilgaz	Yenice	2356,8	743709	15846

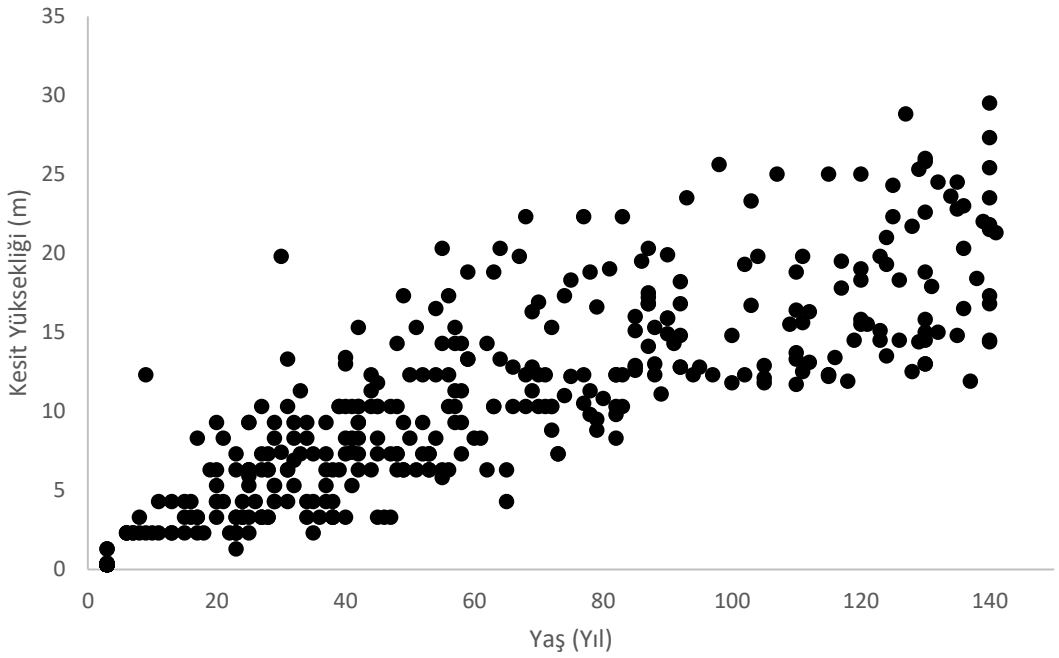
Çalışmada kullanılan sarıçam ağaçlarından, 23 tanesi de Çankırı-Merkez İşletme Şefliği'ndeki Maruf bölgesinde, 40 tanesi Çankırı Yapraklı Orman İşletme Şefliği'ndeki Büyükyayla bölgesinde ve 49 tanesi Çankırı Ilgaz-Yenice Orman İşletme Şefliğindeki Kadınçayırı bölgesinde olmak üzere toplamda 112 tane ağaç kesilerek (Şekil 2.2), değişik gövde yüksekliklerinden kesitler alınarak Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi laboratuvarına getirilmiştir (Ercanlı vd. 2014). Belirlenen ağaçların, alana ait bonitet göstergesi olan galip (dominant) ağaçlar olmasına özen gösterilmiştir. Örnek kesitlerdeki yaş halkası sayısı, ağacın fidan aşamasından ağaçların kesildiği zamandaki yaşı çıkartılıp; kesite varma süresi ile birlikte kesit yüksekleri kullanılarak, yaş-boy ilişkileri ortaya konulmuştur. Çizelge 2.2'de, örneklerin alındığı ağaçlara ait çeşitli istatistiki bilgiler bulunmaktadır. Şekil 2.3'de, örnek ağaçlara ilişkin kesit yüksekliği-yaş ilişkisi verilirken, Şekil 2.4'te ise, örnek ağaçlara ait değişik yaşlarda bulunan boy verilenini gösteren yaş-boy grafikleri verilmiştir.



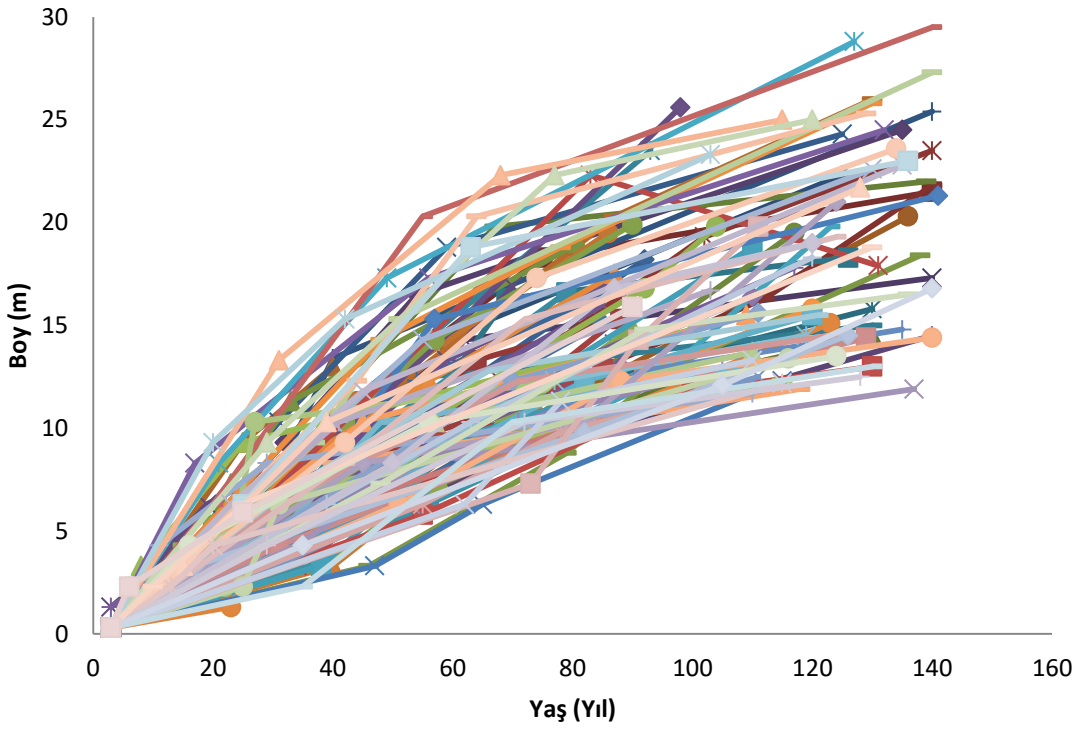
Şekil 2.2 Arazi çalışmalarına ait çeşitli resimler (Ercanlı vd. 2014)

Çizelge 2.2 Örneklenen ağaçlara ait istatistiksel bilgiler.

	Min.	**Maks.**	**Ortalama**	**Standart Sapma**	**Varyans**	**Varyasyon katsayısı (%)**
Ağaç Yaşı (Yıl)	40	141	112,5	21,34	21,44	18,96
Ağaç Boyu (m)	9,5	29,5	17,37	4,63	455,39	26,66



Şekil 2.3 Örnek ağaçlara ilişkin yaş-boy ilişkisi



Şekil 2.4 Örneklenen ağaçlara ait farklı yaşlardaki boy değerlerini gösterir yaş-boy grafikleri

2.2 Metod

2.2. 1 Bonitet endeks modellerinin geliştirilmesine ilişkin yöntem

Bu çalışmada, dominant ağaçların yaş-boy ilişkilerini modellemek üzere iki farklı yöntem kullanılmıştır. İlk yöntem kapsamında, Ercanlı vd. (2014) tarafından GCFY ile temin edilmiş verim gücü modellerine dayanan "Polimorfik yöntem" kullanılmıştır. Yapılan bu çalışmada, Cieszewski (2004) ve Cieszewski (2002) çeşitli temel büyüme modellerinin (Bertalanffy-Richards, Hossfeld, Lundqvist vb.), GCFY yardımıyla hesaplanan dönüşümler neticesinde ortaya çıkan 3 parametreli verim gücü modelleri, h=f(t, t0, h0), kullanılmıştır. Kullanılan bu verim gücü model yapılarına bakıldığında; bilhassa ana yapılardan değişik şekilde h0 ve t0 olarak 2 parametre eklenmekte, bu parametrelerden, h0 parametresi; verim gücünü gösteren değerken, t0 değişkeniyse; standart yaş verisine ait gösterge değeri olarak denklemde yer almaktadır. Verim gücü endeks modellerinin yapısı ile tek bir verim gücü endeks modeli kullanılarak, değişik verim gücü eğrilerinin (site curves), değişik standart yaşlar için üst boy değerlerine ilişkin tahminler üretebilmektedir (Ercanlı vd. 2014).

Ercanlı vd. (2014) tarafından kullanılan 5 farklı GCFY modeline ilişkin denklem yapıları, Çizelge 2.3'te görülmektedir. Çizelge 2.3'te eşitlikleri verilen dinamik bonitet endeks modellerine ait parametrelerin tahminlenmesinde Levenberg-Marquardt yöntemini içeren Doğrusal Olmayan Regresyon Analizi kullanılmıştır. Model değişken tahminlerinde ve istatistiksel işlemlerde SAS İstatistik Paket Programı içindeki PROC MODEL prosedürü kullanılmıştır (SAS Institute Inc., 2004).

Çizelge 2.3 Ağaçların yaş-üst boy ilişkisini modellemek üzere kullanılan GCFY denklemleri (Ercanlı vd. 2014)

No.	Temel Denklem	Yetişme ortamı ile ilişkili Parametre	Model Bileşenlerine ilişkin denklemler	Dinamik GCFY Modelleri
M1	Bertalanffy-Richards: $h = a(1 - \exp(-bt))^c$	$a = \exp(X)$ $c = b_2 + b_3/X$	$X_0 = \frac{1}{2}\left((lnh_0 - b_2L_0) + \sqrt{(lnh_0 - b_2L_0)^2 - 4b_3L_0}\right)$ with $L_0 = \ln(1 - exp(-b_1t_0))$	$h = h_0\left(\frac{1 - exp(-b_1t)}{1 - exp(-b_1t_0)}\right)^{(b_2 + b_3/X_0)}$ Cieszewski (2004)
M2		$a = \exp(X)$ $c = b_2 + 1/X$	$X_0 = \frac{1}{2}\left(lnh_0 - (b_2L_0) + \sqrt{(lnh_0 - b_2L_0)^2 - 4L_0}\right)$ with $L_0 = \ln(1 - exp(-b_1t_0))$	$h = \exp(X_0)\left(1 - exp(-b_1t)\right)^{(b_2 + 1/X_0)}$ Cieszewski (2004)
M3	Hossfeld: $h = \frac{a}{1 + bt^{-c}}$	$a = \mathrm{b_1} + \mathrm{X}$ $b = \frac{\mathrm{b_2}}{\mathrm{X}}$	$X_0 = \frac{1}{2}\left(h_0 - b_1 - \sqrt{(h_0 - b_1)^2 - 4b_2h_0t_0^{-b_3}}\right)$	$h = \frac{(\mathrm{b_1} + \mathrm{X_0})}{1 + \mathrm{b_2/X_0 t^{-b_3}}}$ Cieszewski (2002)
M4		$a = b_1 + \mathrm{X}$ $b = \mathrm{b_2X}$	$X_0 = \frac{h_0 - b_1}{1 + b_2h_0t_0^{-b_3}}$	$\mathrm{h} = \frac{b_1 + X_0}{1 + b_2X_0t^{-b_3}}$ Cieszewski (2002)
M5	Lundqvist: $h = a \cdot \exp(-bt^{-c})$	$a = \exp(X)$ $b = b_1 + \frac{\mathrm{b_2}}{\mathrm{X}}$	$X_0 = \frac{1}{2}\left(b_1t_0^{-b_3} + lnh_0 + L_0\right)$ with $L_0 = \sqrt{\left(b_1t_0^{-b_3} + lnh_0\right)^2 + 4b_2t_0^{-b_3}}$	$h = \exp(X_0)\, exp\left[-\left(b_1 + \left(\frac{b_2}{X_0}\right)\right)t^{-b_3}\right]$ Cieszewski (2004)

h; t yaşındaki Üst boy , h_0; Standart yaştaki üst boy (bonitet endeks değeri), t_0; Standart yaş, a, b, c, b_1, b_2, b_3; model parametreleri.

2.2. 2 Yapay sinir ağları

Bu çalışmada kullanılan ikinci yöntem kapsamında, Ercanlı vd. (2014) çalışmasında kullanılan ağaçların farklı yaşlardaki boy değerlerine ilişkin tahminler, doğrusal olmayan regresyon analizi ile geliştirilen bonitet endeks modelleri yanında Yapay sinir ağları ile de elde edilmiştir. Yapay sinir ağları (YSA), insanın beynin özelliklerinden oluşan öğrenme yoluyla yeni bilgileri türetebilmesi, yeni bilgileri oluşturabilmesi ve keşfedebilmesi gibi yeteneklerini, herhangi bir yerden yardım almadan tamamen otomatik şekilde gerçekleştirebilmek amacıyla geliştirilebilen bilgisayar sistemidir. YSA; insanın beyninden esinlenerek, cebirsel olarak öğrenme sürecinin modellenmesi uğraşısı sonucunda ortaya çıkmıştır. Bu nedenle konu üzerindeki çalışma ilk olarak beyni oluşturan biyolojik parçalar olan nöronların modellenebilmesi ve bilgisayar sistemlerinde uygulanabilmesi ile başlamış ve daha sonra bilgisayar sistemlerinin gelişimiyle paralel şekilde bir çok alanda kullanılabilir hale gelmişlerdir. YSA, insan beyni gibi biyolojik sinir sisteminden esinlenerek geliştirilen matematiksel modelleme yöntemi olup, YSA ile tahminler insan beyninin fizyolojisinden esinlenerek geliştirilmiş bilgisayar yazılımları ile elde edilir (Elmas 2003). Yapay sinir ağ modeli, yapı olarak birbiriyle bağlantısı olan sinirlerin bulunduğu tabakalardan oluşmaktadır. Temelde bu tabakalar; girdi tabakası, gizli tabaka ve çıktı tabakası olmak üzere üç sınıfa ayrılmaktadır (Kurup ve Dudani 2002). Bu katmanlar, süreç elemanları olarak adlandırılan yapay nöronlardan oluşmaktadır. YSA'larda, çok tabakalı olarak düzenlenen ve paralel olarak çalışan birden fazla sayıdaki doğrusal olmayan yapay nöronlar içeren yapılarının biri sonucu olarak; doğrusal olmayan karmaşık problemlerin çözümünde ve tahminlerin elde edilmesinde oldukça başarılıdırlar (Nasr et. al. 2003).

Hücrelerin birbirlerine bağlanma şekillerine, öğrenme kanunlarına ve aktivasyon fonksiyonlarına göre farklı YSA yapıları geliştirilmiştir. YSA yapıları, ileri beslemeli, geri beslemeli ve radyal tabanlı sinir ağları olmak üzere 3 temel sınıfa ayrılır (Fırat 2002, Fırat ve Güngör 2004). Farklı sinir yapıları ihtiva eden YSA'nın uygulamasında, öncelikle tahmin yapılacak sistemde girdi parametreleri (input variables) ile çıktı parametreleri (output, target variable) tanımlanmakta ve bu tanımlamalarla YSA, verileri analiz ederek tahminde başarıyı en iyi ve hata oranını en aza indirecek şekilde oranları tahmin edilmektedir (Fırat 2002). Bu süreç, YSA'ya ait literatürde ağın

öğrenmesi (network training) olarak isimlendirilmektedir. YSA ile birden fazla değişik oran değeri üretilmekte, bu oran değerleri kullanılarak da toplama ve aktivasyon fonksiyonları ile çıktı tahminleri üretilmektedir. YSA ile elde edilen tahmin değerleri ile başta tanımlanan çıktı değişkenine ilişkin gözlem değerlerine göre hesaplanan hataların değişimi analiz edilerek, hataların minimum olduğu ve hatalara ilişkin değişimlerin sabitlendiği noktada süreç tamamlanmaktadır (Fırat 2002, Fırat ve Güngör 2004).

Veriler ağa eklenmeden önce sistem performansını arttırmak ve verideki aşırı salınımları engellemek için normalizasyon işlemine tabi tutulması gerekmektedir. Bu çalışmada veriler, YSA ile eğitimi için 0 ve +1 aralığında normalize edilmiştir. Verilerin normalize edilmesinde kullanılmış olan dönüşüm formülü aşağıda verilmiştir.

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

Yukarıdaki bu formülde; X_i; ilgili girdi değişken değeri (çap ve boy değerleri), X_min; ilgili girdi değişkenin minimum değeri, X_max; ilgili girdi değişkenin maximum değeri olarak alınır. YSA ile elde edilen tahminlere ilişkin denormalize işlemine ilişkin formül aşağıda verilmiştir.

$$X_i = Xnorm \cdot (X_{max} - X_{min}) + X_{min}$$

Bu çalışmada, verilerin normalizasyonundan sonra; 112 adet ağaç verisi kullanılarak, farklı kesit yüksekliklerindeki boy değerleri çıktı verisi (output, target variable) ve kesit yüksekliklerine ulaşma süreleri (t), ağaç boyları (h_0) ve ağaç yaşları (t_0) de girdi verisi (input variables) alınarak yapay sinir ağının eğitimi gerçekleştirilmiştir.
YSA'ya ait bu tahminlerin elde edilmesinde ve sürecin işletilmesinde ise, değişik bilgisayar yazılımları geliştirilmiş olup, günümüzde YSA çalışmaları için sıklıkla MATLAB yazılımı kullanılmaktadır. MATLAB yazılımı, farklı sinir ağ yapıları içermesi ve kullanımdaki kolaylığı sebebiyle tercih edilmektedir. Bu çalışmada, "the Mathworks MATLAB" yazılımının 8.0.0.783 (R2012b) versiyonu içindeki Neural Network Toolbox (nntool) ile tek ağaç boylarına ilişkin YSA tahminleri elde edilmiştir.

Yapay sinir ağının eğitiminde, çıktı ve girdi değişkenlerinin belirlenmesi ve normalizasyonu yanında en önemli konulardan birisi de farklı nöron sayıları ile çeşitli dönüşüm fonksiyonlarından oluşan YSA yapısına karar verilmesidir. Çalışma kapsamından kullanılan MATLAB yazılımı sayesinde farklı nöron sayıları ile çeşitli dönüşüm fonksiyonlarına sahip YSA yapıları kullanılarak tahminler elde edilebilmektedir.

Bu çalışmada da, çeşitli hesaplama algoritmalarına dayanan İleri Beslemeli-Geri Yayımlı YSA (feed-forward backprop), Cascade Korelasyon Yapısını içeren YSA (Cascade-forward backprop) ile Elman'ın Geri Yayılımlı YSA (Elman backprop)'nın farklı nöron sayıları ile çeşitli dönüşüm fonksiyonlarını içerecek şekilde çeşitli YSA yapıları eğitilmiş ve tahminler elde edilmiştir. Bu çalışma kapsamında; üç farklı YSA tipi (İleri Beslemeli-Geri Yayımlı YSA, Cascade Korelasyon Yapısını içeren YSA, Elman'ın Geri Yayılımlı YSA), 10 farklı nöron sayısı (5-14) ve 2 farklı dönüşüm fonksiyonları (Logsig, ve Tansig fonksiyonları) olmak üzere 60 farklı (3X10X2) YSA yapısı ile tahminler elde edilmiştir.

2.2. 3 Karşılaştırma ölçütleri

Ercanlı vd. (2014) çalışmasında geliştirilen farklı bonitet endeks modelleri ile YSA modelleri ile elde edilen boy tahminlerinden, ağaçların yaş-üst boy bağlantıları modelleme işleminde en yüksek başarılı olanlarını belirlemek için bazı istatistiksel başarı ölçüt değerleri kullanılmaktadır. Bu ölçüt değerleriyse; Hata Kareler Ortalaması (HKO), Hata Karaler Ortalamasının Karekökü (HKOK), Hata Kareler Toplamı (HKT) Ve Düzeltilmiş Belirtme Katsayısı (R^2) değerleridir. Bu istatistiki değerlerden, hata kareler ortalaması, hata karaler ortalamasının karekökü ve hata kareler toplamı değerlerinin küçük, belirtme katsayısınınsa 1'e yaklaşmış olması istenmektedir. Kullanılan bu istatistiksel ölçütlere ait formüller aşağıda verilmiştir.

$$\text{Hata Kareler Ortalaması (HKO)} = \sum_{i=1}^{n} \frac{(h_i - \widehat{h_i})^2}{n} \quad (1)$$

$$\text{Hata Kareler Ortalamasının Karekökü (HKOK)} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \frac{(h_i - \widehat{h_i})^2}{n-p}} \quad (2)$$

Hata Kareler Toplamı(HKT) $= \sum_{i=1}^{n}\left(h_i - \widehat{h_i}\right)^2$ (3)

Düzeltilmiş Belirtme Katsayısı $\left(R^2_{düz.}\right)$ $= 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(h_i - \widehat{h_i}\right)^2 (n-1)}{\sum_{i=1}^{n}(h_i - \bar{h_i})^2 (n-p)}$ (4)

Bu formüllerdeki, h_i: belirli bir yaşta ölçülen boy değerini, h_i bonitet endeks modeli ile tahmin edilen boy değerini, p modeldeki parametre sayısını ve n değeri ise veri sayısını ifade etmektedir.

Farklı yapay sinir ağları ile eğitimler gerçekleştirdikten sonra en başarılı olarak belirlenen YSA kullanılarak, 5., 10., 15., 20., 25. ve 30. metre bonitet endeks eğrileri çizilerek, YSA ile elde edilen tahminlerin, özellikle polimorfizm ve çoklu asimptot başta olmak üzere verim gücü değişimine ilişkin büyüme kanuniyetlerine uyumluluğu da denetlenmiştir. Bunun için en başarılı YSA'ya ilişkin ağırlık değerleri kullanılarak, standart yaş 100 (t_0=100) için 1 yaşından 140 yaşına kadarki boy değerleri (t), farklı h_0 (5., 10., 15., 20., 25. ve 30. metre) değerleri için MATLAB yazılımı ile simule edilmiş ve boy tahminleri elde edilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada kullanılan YSA modellerinin eğitimi ile ağaçların farklı yaşlarına ilişkin boy tahminleri elde edilmiş, elde edilen bu tahmin değerleri ile gözlem değerleri kullanılarak çeşitli başarı ölçütleri hesaplanmıştır. Çizelge 3.1'de, farklı YSA modelleri ile Ercanlı (2014) çalışmasında elde edilen GADA modellerine ilişkin hesaplanan Bayesian Bilgi Ölçütü (BIC), Akaike Bilgi Ölçütü (AIC), Hata Kareler Ortalaması (HKO), Hata Kareler Ortalamasının Karekökü (HKOK), Hata Kareler Toplamı (HKT) ve Düzeltilmiş Belirtme Katsayısı (R^2) değerlerini verilmiştir. Çizelge 3.2'de, bulunan başarı ölçütlerine ait değerler verilmiştir. Hesaplanan bu başarı ölçütlerinden, AIC değeri; 4,8278 ile 6,5279, BIC değeri; 440,6307 ile 833,3560, HKT değerleri; 1152,2 ile 2696,5, HKO değerleri; 2,4940 ile 5,8747, HKOK değerleri; 1,5793 ile 2,4238 ve R^2 değerleri ise; 0,8870 ile 0,9519 arasında değişmektedir. Bu başarı ölçüt değerlerine göre yapılan sıralamalarına ilişkin toplam sıra değeri değerlendirildiğinde (Çizelge 3.2); boy tahminlerinde en başarılı sonuçlar; 6 sıra numarası toplamına sahip 12 nöron ve logistic dönüşüm fonksiyonunu içeren Cascade korelasyon YSA ile elde edilmiştir. En başarılı olarak belirlenen YSA yapısının başarı ölçütleri; AIC: 4,8278, BIC: 440,6307, HKT: 1152,2, HKO: 2,4940, HKOK: 1,5793 ve R^2: 0,9519'dur. Aynı veriler kullanılarak boy tahminlerine ilişkin Doğrusal Olmayan Regresyon analizi tekniği ile Ercanlı vd. (2014) tarafından geliştirilen GCFY modellerinden en başarılı olan Bertalanffy-Richards (M1) denklemine ilişkin AIC: 5,4183, BIC: 577,0359, HKT: 1548,0, HKO: 3,3725, HKOK: 1,8364 ve R^2: 0,9351 olarak elde edilmiştir. Bu değerler değerlendirildiğinde; 12 nöron ve logistic dönüşüm fonksiyonunu içeren Cascade korelasyon YSA'nın boy tahminlerini elde etmede, Doğrusal Olmayan Regresyon analizine göre daha başarılı olduğu görülmektedir. En başarılı YSA kullanılarak yapılan tahminlerde, regresyon analizine göre, AIC'te %10,89, BIC'te %23,64, HKT'te %25,57, HKO'da %26,05, HKOK'da % 14,00 ve R^2'de %1,80'lik bir iyileşme elde edilmiştir.

12 nöron ve logistic dönüşüm fonksiyonunu içeren Cascade korelasyon YSA'nın en başarılı belirlenmesi yanında, farklı yapay sinir ağı yapıları (ileri beslemeli ve geri yayılımlı YSA, Cascade korelasyon YSA ve Elman YSA), dönüşüm fonksiyonları ve nörön sayılarının genel başarıları da karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalara ilişkin her

bir yapay sinir ağ modelinin ve dönüşüm fonksiyonun ortalama toplam başarı sırası hesaplanmıştır. İleri beslemeli ve geri yayılımlı YSA'nın ortalama toplam başarı sırası; 163,125, Cascade korelasyon YSA başarı sırası; 189,075, Elman YSA ortalama başarı sırası 212,85 iken, Ercanlı vd. (2014) tarafından geliştirilen 5 farklı regresyon modelinin ortalama toplam başarı sırası ise; 313,8'dir. Dönüşüm fonksiyonlarının ortalama toplam başarı sırası, Logistic için; 190,5833 ve Tanjant Sigmoid için ise; 186,1167'dir. 4, 5, 6., 7. 8, 9. 10, 11, 12, 13 ve 14 nöron sayıları için ortalamalar ise; 210,5, 149,8, 158,0, 158,2, 249,1, 178,9, 206,3, 83,1, 235,6, 254,0'dür.

Çizelge 3.1 Farklı YSA yapılarına ve Ercanlı vd. (2014) çalışmasına ilişkin modellere ilişkin başarı ölçütleri

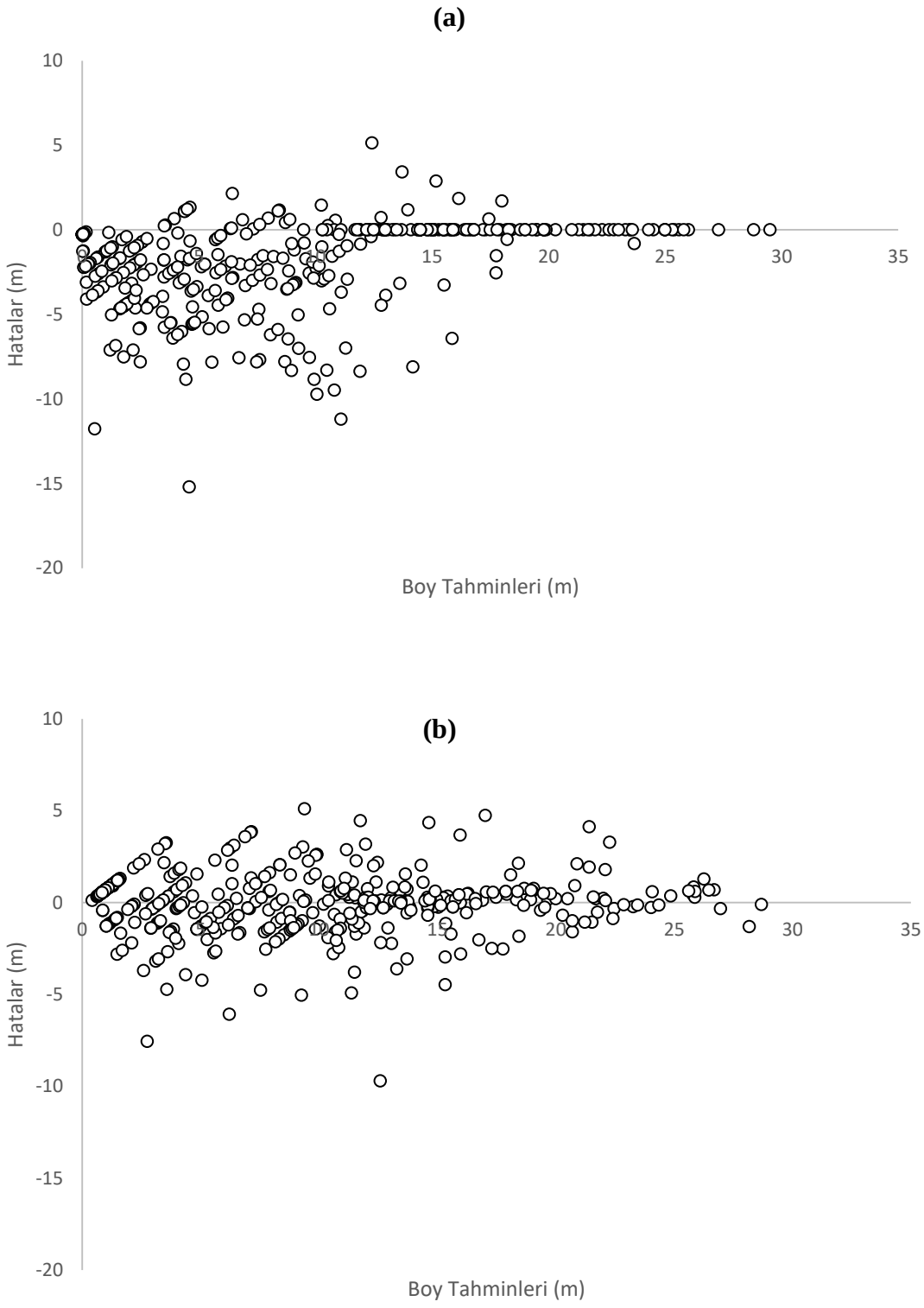
Tahmin metodu			**HKT**	**R^2**	**HKO**	**HKOK**	**AIC**	**BIC**
YSA Tipi	**Fonksiyon**	**Nöron**						
İleri Bes.	Logistic	5	1.520,6	0,9365	3,2912	1,8142	5,3825	568,7718
İleri Bes.	Logistic	6	1.299,6	0,9458	2,8130	1,6772	5,0685	496,2364
İleri Bes.	Logistic	7	1.470,4	0,9386	3,1826	1,7840	5,3154	553,2676
İleri Bes.	Logistic	8	1.397,5	0,9417	3,0248	1,7392	5,2137	529,7690
İleri Bes.	Logistic	9	1.585,5	0,9338	3,4317	1,8525	5,4661	588,0844
İleri Bes.	Logistic	10	1.683,8	0,9297	3,6446	1,9091	5,5865	615,8852
İleri Bes.	Logistic	11	1.419,2	0,9408	3,0718	1,7526	5,2445	536,8893
İleri Bes.	Logistic	12	1.380,2	0,9424	2,9875	1,7285	5,1889	524,0431
İleri Bes.	Logistic	13	1.296,0	0,9459	2,8051	1,6749	5,0629	494,9365
İleri Bes.	Logistic	14	1.896,5	0,9208	4,1049	2,0261	5,8244	670,8353
İleri Bes.	Tanjant	5	1.852,5	0,9227	4,0098	2,0024	5,7775	660,0000
İleri Bes.	Tanjant	6	1.344,3	0,9439	2,9098	1,7058	5,1361	511,8554
İleri Bes.	Tanjant	7	1.517,2	0,9367	3,2839	1,8122	5,3781	567,7379
İleri Bes.	Tanjant	8	1.456,4	0,9392	3,1523	1,7755	5,2963	548,8429
İleri Bes.	Tanjant	9	1.740,7	0,9273	3,7677	1,9411	5,6529	631,2378
İleri Bes.	Tanjant	10	1.514,0	0,9368	3,2771	1,8103	5,3739	566,7820
İleri Bes.	Tanjant	11	1.491,1	0,9378	3,2275	1,7965	5,3434	559,7337
İleri Bes.	Tanjant	12	1.440,5	0,9399	3,1180	1,7658	5,2744	543,7821
İleri Bes.	Tanjant	13	1.380,6	0,9424	2,9883	1,7287	5,1894	524,1585
İleri Bes.	Tanjant	14	1.319,6	0,9449	2,8562	1,6900	5,0990	503,2725
Cascade	Logistic	5	1.405,8	0,9413	3,0428	1,7444	5,2256	532,5092
Cascade	Logistic	6	1.462,0	0,9390	3,1645	1,7789	5,3040	550,6352
Cascade	Logistic	7	1.377,8	0,9425	2,9822	1,7269	5,1853	523,2200
Cascade	Logistic	8	1.702,4	0,9289	3,6848	1,9196	5,6085	620,9599
Cascade	Logistic	9	1.503,1	0,9373	3,2534	1,8037	5,3594	563,4325
Cascade	Logistic	10	1.491,3	0,9378	3,2280	1,7967	5,3437	559,8041
Cascade	Logistic	11	1.554,4	0,9351	3,3644	1,8342	5,4265	578,9307
Cascade	Logistic	12	1.152,2	0,9519	2,4940	1,5793	4,8278	440,6307
Cascade	Logistic	13	1.537,8	0,9358	3,3285	1,8244	5,4051	573,9733
Cascade	Logistic	14	1.633,4	0,9318	3,5355	1,8803	5,5257	601,8451
Cascade	Tanjant	5	1.419,2	0,9408	3,0718	1,7526	5,2445	536,8862

Cascade	Tanjant	6	1.671,4	0,9302	3,6177	1,9020	5,5717	612,4624
Cascade	Tanjant	7	1.243,0	0,9481	2,6906	1,6403	4,9795	475,6712
Cascade	Tanjant	8	1.489,6	0,9378	3,2243	1,7956	5,3414	559,2794
Cascade	Tanjant	9	1.651,5	0,9311	3,5747	1,8907	5,5478	606,9376
Cascade	Tanjant	10	1.302,1	0,9457	2,8183	1,6788	5,0723	497,1034
Cascade	Tanjant	11	1.590,0	0,9336	3,4415	1,8551	5,4718	589,3926
Cascade	Tanjant	12	1.468,0	0,9387	3,1775	1,7826	5,3122	552,5228
Cascade	Tanjant	13	1.787,4	0,9254	3,8687	1,9669	5,7059	643,4598
Cascade	Tanjant	14	1.668,0	0,9304	3,6104	1,9001	5,5676	611,5335
Elman	Logistic	5	1.628,9	0,9320	3,5259	1,8777	5,5202	600,5843
Elman	Logistic	6	1.531,5	0,9361	3,3149	1,8207	5,3969	572,0855
Elman	Logistic	7	1.645,5	0,9313	3,5617	1,8873	5,5405	605,2625
Elman	Logistic	8	1.179,0	0,9508	2,5518	1,5975	4,8736	451,2166
Elman	Logistic	9	1.562,5	0,9348	3,3821	1,8390	5,4370	581,3476
Elman	Logistic	10	1.494,7	0,9376	3,2353	1,7987	5,3483	560,8570
Elman	Logistic	11	1.578,3	0,9341	3,4162	1,8483	5,4570	585,9818
Elman	Logistic	12	1.371,8	0,9427	2,9694	1,7232	5,1767	521,2234
Elman	Logistic	13	2.010,4	0,9161	4,3516	2,0861	5,9411	697,7984
Elman	Logistic	14	1.932,3	0,9193	4,1824	2,0451	5,8618	679,4791
Elman	Tanjant	5	1.527,5	0,9362	3,3062	1,8183	5,3916	570,8696
Elman	Tanjant	6	1.470,9	0,9386	3,1838	1,7843	5,3162	553,4411
Elman	Tanjant	7	1.521,7	0,9365	3,2937	1,8148	5,3840	569,1125
Elman	Tanjant	8	1.560,6	0,9349	3,3780	1,8379	5,4346	580,7943
Elman	Tanjant	9	1.461,7	0,9390	3,1639	1,7787	5,3036	550,5445
Elman	Tanjant	10	1.473,7	0,9385	3,1899	1,7860	5,3200	554,3265
Elman	Tanjant	11	1.494,8	0,9376	3,2356	1,7988	5,3484	560,8893
Elman	Tanjant	12	1.469,6	0,9387	3,1809	1,7835	5,3143	553,0111
Elman	Tanjant	13	1.770,8	0,9261	3,8330	1,9578	5,6873	639,1683
Elman	Tanjant	14	1.462,8	0,9389	3,1661	1,7794	5,3050	550,8663
Bertalanffy-Richards (M1, Ercanlı vd.2014)			1.548,0	0,9351	3,3725	1,8364	5,4183	577,0359
Bertalanffy-Richards (M2, Ercanlı vd.2014)			2.004,3	0,9162	4,3572	2,0874	5,9347	696,3157
Hossfeld (M3, Ercanlı vd. 2014)			2.696,5	0,887	5,8747	2,4238	6,5279	833,3560
Hossfeld (M4, Ercanlı vd. 2014)			1.583,1	0,9336	3,4491	1,8572	5,4630	587,3653
Lundqvist (M5, Ercanlı vd. 2014)			1.581,6	0,9337	3,4457	1,8563	5,4605	586,7812

Çizelge 3.2 Farklı YSA yapılarına ve Ercanlı vd. (2014) çalışmasına ilişkin modellere ilişkin başarı sıraları

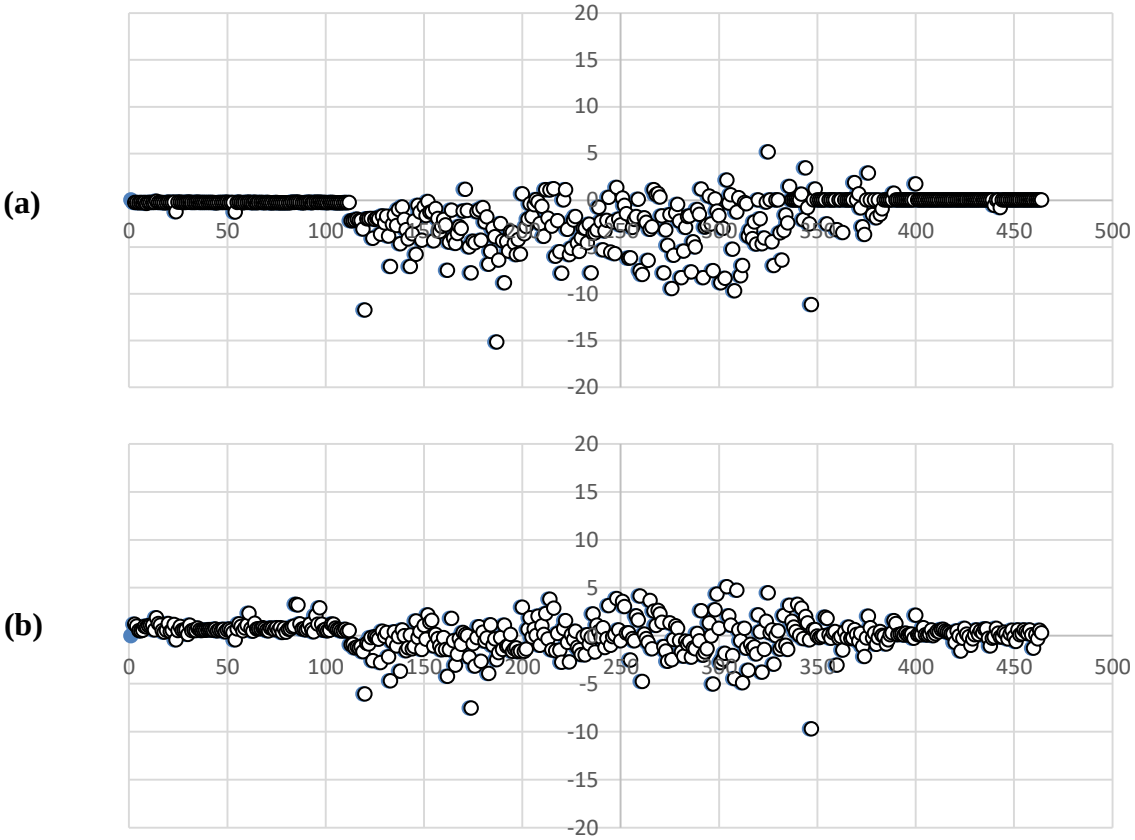
Tahmin metodu			**HKT**	**R^2**	**HKO**	**HKOK**	**AIC**	**BIC**	**Toplam**
YSA Tipi	**Fonksiyon**	**Nöron**							
İleri Bes.	Logistic	5	35	35,5	35	35	35	35	210,5
İleri Bes.	Logistic	6	5	5	5	5	5	5	30
İleri Bes.	Logistic	7	24	24,5	24	24	24	24	144,5
İleri Bes.	Logistic	8	13	13	13	13	13	13	78
İleri Bes.	Logistic	9	47	45	45	45	47	47	276
İleri Bes.	Logistic	10	55	55	55	55	55	55	330
İleri Bes.	Logistic	11	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	16	93,5
İleri Bes.	Logistic	12	11	11,5	11	11	11	11	66,5
İleri Bes.	Logistic	13	4	4	4	4	4	4	24
İleri Bes.	Logistic	14	61	61	61	61	61	61	366
İleri Bes.	Tanjant	5	60	60	60	60	60	60	360
İleri Bes.	Tanjant	6	8	8	8	8	8	8	48
İleri Bes.	Tanjant	7	34	34	34	34	34	34	204
İleri Bes.	Tanjant	8	18	18	18	18	18	18	108
İleri Bes.	Tanjant	9	57	57	57	57	57	57	342
İleri Bes.	Tanjant	10	33	33	33	33	33	33	198
İleri Bes.	Tanjant	11	28	28	28	28	28	28	168
İleri Bes.	Tanjant	12	17	17	17	17	17	17	102
İleri Bes.	Tanjant	13	12	11,5	12	12	12	12	71,5
İleri Bes.	Tanjant	14	7	7	7	7	7	7	42
Cascade	Logistic	5	14	14	14	14	14	14	84
Cascade	Logistic	6	20	19,5	20	20	20	20	119,5
Cascade	Logistic	7	10	10	10	10	10	10	60
Cascade	Logistic	8	56	56	56	56	56	56	336
Cascade	Logistic	9	32	32	32	32	32	32	192
Cascade	Logistic	10	29	28	29	29	29	29	173
Cascade	Logistic	11	41	40,5	40	40	41	41	243,5
Cascade	Logistic	12	1	1	1	1	1	1	6
Cascade	Logistic	13	39	39	39	39	39	39	234
Cascade	Logistic	14	50	50	50	50	50	50	300

Cascade	Tanjant	5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15	92,5
Cascade	Tanjant	6	54	54	54	54	54	54	324
Cascade	Tanjant	7	3	3	3	3	3	3	18
Cascade	Tanjant	8	27	28	27	27	27	27	163
Cascade	Tanjant	9	52	52	52	52	52	52	312
Cascade	Tanjant	10	6	6	6	6	6	6	36
Cascade	Tanjant	11	48	47,5	46	46	48	48	283,5
Cascade	Tanjant	12	22	22,5	22	22	22	22	132,5
Cascade	Tanjant	13	59	59	59	59	59	59	354
Cascade	Tanjant	14	53	53	53	53	53	53	318
Elman	Logistic	5	49	49	49	49	49	49	294
Elman	Logistic	6	38	38	38	38	38	38	228
Elman	Logistic	7	51	51	51	51	51	51	306
Elman	Logistic	8	2	2	2	2	2	2	12
Elman	Logistic	9	43	43	43	43	43	43	258
Elman	Logistic	10	30	30,5	30	30	30	30	180,5
Elman	Logistic	11	44	44	44	44	44	44	264
Elman	Logistic	12	9	9	9	9	9	9	54
Elman	Logistic	13	64	64	63	63	64	64	382
Elman	Logistic	14	62	62	62	62	62	62	372
Elman	Tanjant	5	37	37	37	37	37	37	222
Elman	Tanjant	6	25	24,5	25	25	25	25	149,5
Elman	Tanjant	7	36	35,5	36	36	36	36	215,5
Elman	Tanjant	8	42	42	42	42	42	42	252
Elman	Tanjant	9	19	19,5	19	19	19	19	114,5
Elman	Tanjant	10	26	26	26	26	26	26	156
Elman	Tanjant	11	31	30,5	31	31	31	31	185,5
Elman	Tanjant	12	23	22,5	23	23	23	23	137,5
Elman	Tanjant	13	58	58	58	58	58	58	348
Elman	Tanjant	14	21	21	21	21	21	21	126
Bertalanffy-Richards (M1, Ercanlı vd.2014)			40	40,5	41	41	40	40	242,5
Bertalanffy-Richards (M2, Ercanlı vd.2014)			63	63	64	64	63	63	380
Hossfeld (M3, Ercanlı vd. 2014)			65	65	65	65	65	65	390
Hossfeld (M4, Ercanlı vd. 2014)			46	47,5	48	48	46	46	281,5
Lundqvist (M5, Ercanlı vd. 2014)			45	46	47	47	45	45	275



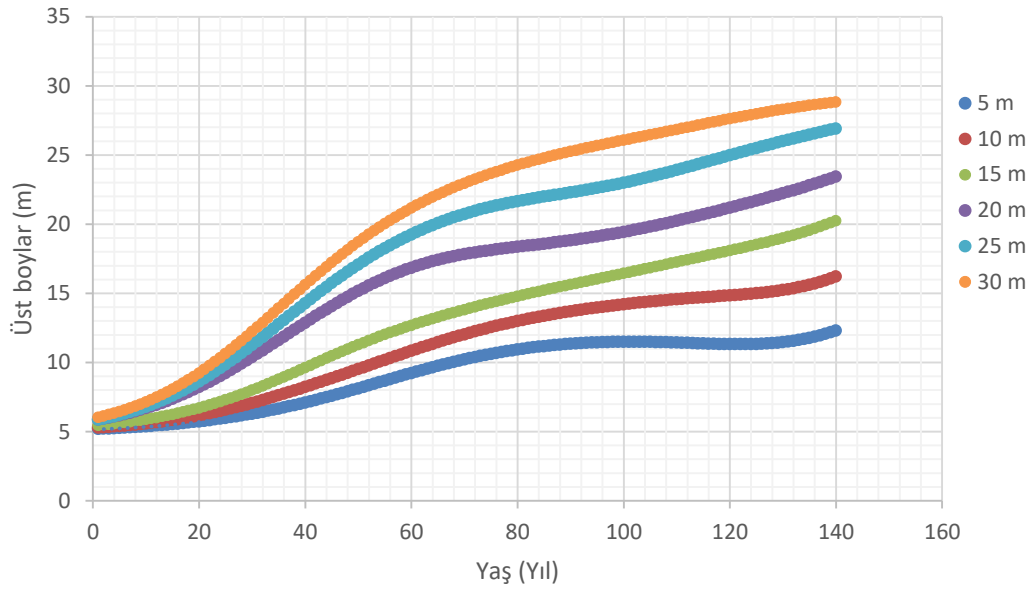
Şekil 3.1 Doğrusal Olmayan Regresyon modeli (M1, Ercanlı vd. 2014) (a) ile 12 nöron ve logistic dönüşüm fonksiyonunu içeren Cascade korelasyon YSA (b) ile elde edilen tahminlere göre hataların değişimi.

Şekil 3.1'de, Doğrusal Olmayan Regresyon modeli (M1, Ercanlı vd. 2014) ile 12 nöron ve logistic dönüşüm fonksiyonunu içeren Cascade korelasyon YSA ile temin edilen sonuçlara göre hata değişimleri verilmiştir. Hata değişimleri incelendiğinde, her iki tahmin yöntemi ile hataların belirgin bir trend göstermediği ve rasgele bir değişime sahip olduğu görülmektedir. Özellikle bu şekil incelendiğinde, YSA modeli ile elde edilen tahminlerin, regresyon modeli ile elde edilen tahminlere göre daha homojen hata dağılımına sahip olduğu görülmektedir. Şekil 3.2'de ise, YSA ve Regresyon modeli ile elde edilen hatalara ilişkin Lag-1 grafikleri görülmektedir. Bu grafik incelendiğinde, YSA yardımıyla üretilen tahminlere ait verilerin belirli ölçüde daha tutarlı ve homojen bir dağılıma sahip olduğu görülmektedir.

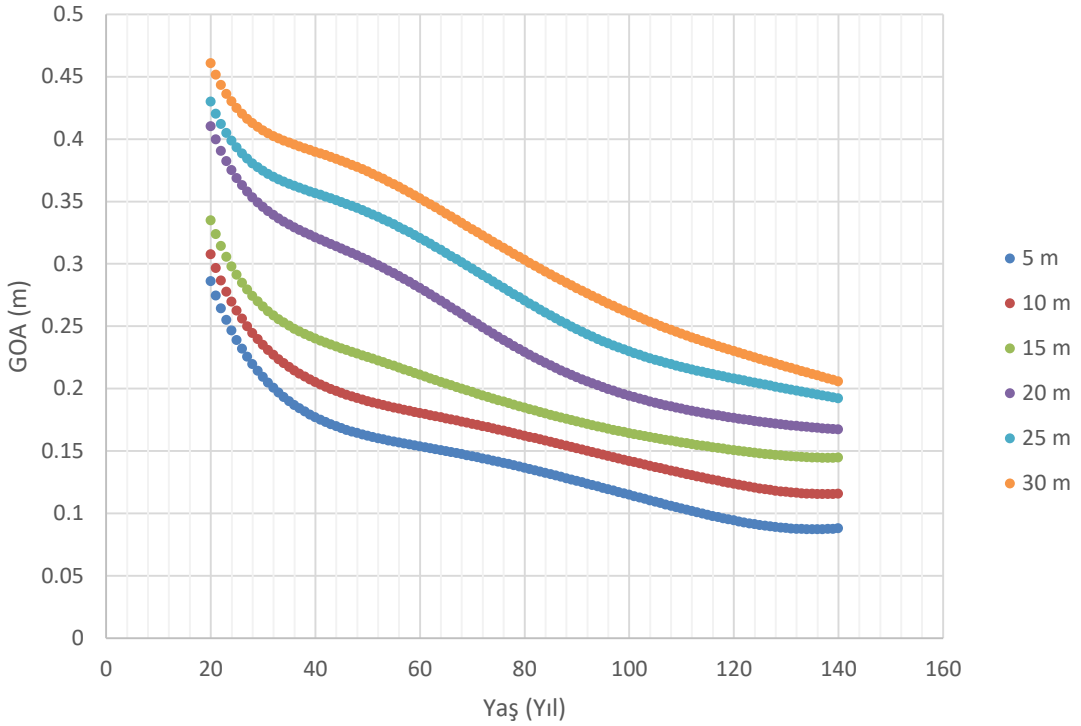


Şekil 3.2 Doğrusal Olmayan Regresyon modeli (M1, Ercanlı vd. 2014) (a) ile 12 nöron ve logistic dönüşüm fonksiyonunu içeren Cascade korelasyon YSA (b) ile Lag-1 grafikleri.

Farklı YSA modellerinden en başarılısı olarak belirlenen 12 nöron ve logistic dönüşüm fonksiyonunu içeren Cascade korelasyon YSA ile üretilen boy tahminlerinin bonitete bağımlı olarak yaş-boy ilişkilerindeki büyüme yasalarını sağlama durumu da değerlendirilmiştir. Söz konusu bonitete bağımlı boy-yaş ilişki değişimlerine ait öngörülen özellikler olarak (büyüme kanuniyetleri); Eğrilerin S şeklinde olması, çoklu asimptot, polimorfizm, verim gücü miktarı yükseldikçe boy artımının en yüksek seviyeye erişme sürelerinin azalması gibi ana özellikler olup, bu özelliklerin değerlendirilmesi grafiksel olarak yapılmıştır. Şekil 3.3'te, YSA ile elde edilen boy gelişimine ilişkin değişim ortaya konulmuş olup, bu şekil değerlendirildiğinde; farklı bonitet eğrileri için oldukça polimorfik olan bu boy tahminlerinin, çoklu asimptot ve eğrilerin S biçimli olması gibi beklenen değişimleri gösterdiği görülmektedir. Ancak, 5m bonitet eğrisi için 103 ile 122 yaşları arası yaş artıkça boy gelişiminin azalma göstermesi, yaş-üst boy ilişkilerinde beklenen büyüme kanuniyetlerine aykırı bir durumdur. Ayrıca, Şekil 3.4'de farklı bonitet eğrileri için YSA ile elde edilen genel ortalama boy artımları verilmiştir. Bu şekil incelendiğinde; artım değerleri için beklenen çan eğrisi biçimdeki bir değişim elde edilememiştir.



Şekil 3.3 12 nöron ve logistic dönüşüm fonksiyonunu içeren Cascade korelasyon YSA ile elde edilen boy gelişimi



Şekil 3.4 12 nöron ve logistic dönüşüm fonksiyonunu içeren Cascade korelasyon YSA ile elde edilen boy gelişimine ilişkin Genel Ortalama Artım değişimi (m/yıl)

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmada, Ankara Orman Bölge Müdürlüğü Çankırı Orman İşletme Müdürlüğü hudutlarında bulunan Yapraklı ve Çankırı-Merkez Orman İşletme Şeflikleriyle Ilgaz Orman İşletme Müdürlüğü Yenice Orman İşletme Şefliği'nde bulunan Sarıçam meşceresinden temin edilen 112 tane galip ağaçlardan (Ercanlı vd. 2014) elde edilen yaş-boy değerlerinin modellenmesinde Yapay Sinir Ağlarının kullanım olanakları araştırılmıştır. Elde edilen verile kullanılarak, üç farklı YSA tipi (İleri Beslemeli-Geri Yayımlı YSA, Cascade Korelasyon Yapısını içeren YSA, Elman'ın Geri Yayılımlı YSA), 10 farklı nöron sayısı (5-14) ve 2 farklı dönüşüm fonksiyonları (Hiperbolik Tanjant Sigmoid ve Logistic Sigmoid fonksiyonları) olarak 60 değişik YSA yapısının eğitimi yapılmıştır.

Çeşitli başarı ölçütlerine göre yapılan karşılaştırmada, yaş-boy ilişkilerini tahmin etmede en başarılı YSA yapısı, 12 nöron ve logistic dönüşüm fonksiyonunu içeren Cascade korelasyon YSA modeli olarak belirlenmiştir. Boy gelişiminde değişkenliğin % 95,19'nu açıklayan YSA modeli, diğer ölçüt değerleri bakımından da, Bertalanffy-Richards (M1) denklemi ile elde edilen sonuçlara göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Özellikle YSA modeli ile Regresyon denklemine (M1) göre, AIC'te %10,89, BIC'te %23,64, HKT'te %25,57, HKO'da %26,05, HKOK'da % 14,00 ve R^2'de %1,80'lik bir iyileşme elde edilebilmiştir. Bu çalışmanın temel amacı, YSA modellerinin ağaçların yaş-boy ilişkilerinin modellemede belirli bir tahmin gücü ile sonuçların elde edilip edilemeyeceğinin belirlenmesidir. Bu bakımdan, çeşitli istatistiki ölçüt değerleri değerlendirildiğinde, YSA modeli ile elde edilen tahminler belirli tahmin gücüne sahip olduğu ve bu tahmin başarısının Doğrusal Olmayan Regresyon Analizi ile elde edilen Regresyon modellerine göre daha iyi olduğu görülmektedir. Benzer olarak, Ülkemizde yapılan diğer çalışmalarda da; Özçelik vd. (2008) ve Özçelik vd. (2010), ağaç hacim tahminlerinde; Diamantopoulou ve Özçelik (2012) ve Özçelik vd. (2013) çap-ağaç boy tahminlerinde; Özçelik vd. (2014) ile Sakıcı ve Özdemir (2018), ağaç gövde çapı tahminlerinde; Ercanlı vd. (2015), ağaç boyu-yaş tahminlerinde; Şenyurt vd. (2015) farklı meşcere özelliklerinde, Diamantopoulou vd. (2015), Bolat ve Ercanlı (2016) ve Ercanlı ve Bolat (2017) çap dağılım modellemesinde; Ercanlı vd. (2016) çap artımları

tahminlerinde; Günlü ve Ercanlı (2017), uzaktan algılama teknikleri ile karbon miktarlarının tahmin edilmesinde YSA daha başarılı olduğunu belirlemişlerdir.

YSA modellemesinin yeni bir teknik olarak ormancılığımızda kullanımı ile birlikte YSA konusundaki en önemli konu; verilerin modellenmesinde başarılı ile kullanılacak YSA yapısının belirlenmesidir. Bu çalışmada en başarılı YSA modeli, 12 nöron ve logistic dönüşüm fonksiyonunu içeren Cascade korelasyon YSA yapısı ile elde edilmesine karşın, genel olarak; 163,125 ortalama toplam başarı ortalaması ile İleri beslemeli ve geri yayılımlı YSA yapısı öne çıkmaktadır. Cascade korelasyon YSA ve Elman YSA yapıları ise, 189,075 ve 212,85 ortalama toplam başarı sıraları ile 2. ve 3. sıradaki YSA yapılarıdır. Dönüşüm fonksiyonu olarak, Logistic Sigmoid için; 190,5833 ortalama toplam başarı sırası ve Hiperbolik Tanjant Sigmoid için ise; 186,1167 ortalama toplam başarı sıraları elde edilmiş olup, bu bakımdan Hiperbolik Tanjant Sigmoid dönüşüm fonksiyonu ile daha başarılı tahminler elde edilmiştir. Nöron sayıları bakımından ise, nöron sayısı artıkça ya da azaldıkça başarı durumu bakımından bir trend belirlenememiş olup, boy değerlerini tahmininde en başarılı nöron sayısı ise 12 nörona sahip YSA yapısı ile elde edilmiştir.

YSA ile boy değerlerinin tahmindeki başarıları yanında, yeni bir teknik olan YSA ile yaş-boy ilişkilerinde Polimorfizm, Çoklu Asimptot, eğrilerin S şeklinde olması, boy artışlarının en yüksek seviyeye erişme zamanının verim gücü iyileştikçe azalması gibi büyüme yasalarının sağlanması da önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle dominant ağaçların yaş-boy ilişkilerini kullanarak Bonitet Endeks ve Bonitet Sınıfı hesaplamalarında, bu büyüme kanuniyetlerinin önemi daha da belirginleşmektedir. Şekil 3.2 ve 3.3'te görüldüğü üzere, YSA modelleri ile Polimorfizm, Çoklu Asimptot ve eğrilerin S şeklinde olması gibi büyüme kanuniyetleri büyük ölçüde sağlanırken, boy artışlarının en yüksek seviyeye erişme zamanının verim gücü iyileştikçe azalması şeklinde ifade edilen büyüme kanuniyeti; genel ortalama boy artımının çan eğrisi biçiminde bir değişim göstermemesi ve devamlı bir şekilde yaş ile azalmaya sahip olması nedeniyle YSA ile sağlanamamıştır. YSA ile böyle bir sonucun elde edilmesi, YSA ile veri eğitiminde boy gelişimleri dikkate alınırken, boy

artımlarının esas alınmaması ya da özellikle veri temsiliyetinin yeterli olmaması ile açıklanabilir.

Bu çalışmada, YSA ile dominant ağaçların yaş-boy ilişkilerinin modellenmesinde, istatistiki ölçütlere göre yeterli düzeyde bir tahmin başarısı elde edilebilirken; büyüme kanuniyetlerini sağlamada belirli ölçüde kabul edilebilir sonuçlar elde edilebilmiştir. Diğer taraftan, daha farklı YSA yapılarının kullanımı ile büyüme kanuniyetlerinin sağlanmasında daha başarılı sonuçlar elde edilebilir. YSA modellemesinde en önemli konu; yapay sinir ağlarının eğitiminde kullanılan verilerde, veri temsiliyetinin iyi bir şekilde sağlanmasının gerekliliğidir. YSA modelleri, model yapıları olarak oldukça esnek ve başarılı ve hatta birebir verileri takip edebilecek kabiliyetleri, veri temsiliyetindeki başarısızlığın tahminlerdeki etkileri, daha az esnek bir modellemeye sahip diğer modellere göre daha belirgin olabilmektedir. Örneğin, 5 metre bonitet eğrisi için 103 ile 122 yaşlarındaki boy azalışı, bu sınıftaki ağaçların ilgili yaş aralığında baskı görmesi ya da bu ağaçların bulunduğu yetişme ortamında o dönemde büyüme için yeterli şartlar oluşmamasından dolayı olabilir. Bu ağaçlardaki boy gelişiminin ilgili periyot için düşük seyirde gerçekleşmesi, 5 metre bonitet eğrisi için YSA ile azalan bir gelişimin tahmin edilmesine neden olmuş olabilir. Bu kapsamda, yeterli ve doğru bir veri temsiliyeti, YSA ile tahminlerin elde edilmesinde önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır.

YSA modelleri, karmaşık bir denklem yapısında olup, bu modeller sayesinde değişik meşcere ve tek ağaç verilerinin tahmin edilmesinde sağlıklı değerler ortaya konulabilmektedir. Ayrıca, YSA modelleri, regresyon modellerinin doğru ve etkin tahmini için gerekli çeşitli istatistik varsayımlarının gerçekleştirilmesine de ihtiyaç duymamaktadırlar. Orman amenajman planları başta olmak üzere, birçok ormancılık uygulamalarında, kolay uygulanabilir olması sebebiyle seçilen regersyon modellerine göre özellikle nonlineer ve karmaşık ilişkilere sahip özelliklerin tahmininde YSA modelleri, ülkemiz ormancılığında tutarlı ve daha doğru tahminlerin elde edilmesine olanak verecektir. Ayrıca, birbiri ile karmaşık ilişkilere sahip özelliklerin modellenmesi gereksinimi artmakta; bu bakımdan da YSA modellerinin kullanımı daha da önem kazanacaktır. Bu bakımdan, regresyon modellerine göre modellemede daha doğru ve

etkin tahminler sunan ve bu tahminlerin elde edilmesinde çeşitli varsayımların sağlanması gerek duymayan YSA modellerinin kullanımı öne çıkacaktır.

Bu çalışma da dahil olmak üzere bir çok çalışmada, dominant ağaçların farklı yaşlardaki boy değerleri kullanılarak yetişme ortamı verim gücü tahminleri elde edilmesine karşın, ülkemizin asli ağaç türlerinin yayılış gösterdiği farklı yetişme ortamlarında, yarı devamlı ve devamlı deneme alanları tesis edilerek, farklı zamanlarda üst boy ölçümlerinin yapılması ile geliştirilecek YSA modelleri ile hem model tahmin tutarlılık miktarı ve gerçekliliği yükselecek ve bu modeller, değişik zaman aralıklarında güncellenmesine ve uygun olup olmadığının denetlenmesine de imkan sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Adame, P., Cañellas, I., Roig, S., del Rio, M. 2006. Modeling dominant height growth and site index curves for Rebollo oak (Quercus pyrenaica Willd.). Ann For Sci 63: 929–940.

Akalp, T. 1978. Anomorfik ve Polimorfik Yöntemlerle Bulunmuş Bonitet Eğrilerinin Karşılaştırılması, İstanbul Orman Fakültesi Dergisi, 28, 213-232.

Ashraf, M. Y., Rafique, N., Ashraf, M., Azhar, N., & Marchand, M. 2013. Effect of supplemental potassium (K+) on growth, physiological and biochemical attributes of wheat grown under saline conditions. Journal of Plant Nutrition, 36, 443-458. http://dx.doi.org/10.1080/01904167.2012.748065.

Atkinson, P.M. and Tatnall, A.R.L. 1997. Neural networks in Remote Sensing. International Journal of Remote Sensing, 18(4), pp. 699-709.

Bravo-Oviedo, A., del Río, M., Montero, G. 2007. Geographic variation and parameter assessment in generalized algebraic difference site index modeling. Forest Ecology and Management 247 (1-3): 107-119.

Bailey, R.L. ve Clutter, J.L. 1974. Base-Age Invariant Polymorphic Site Curves, Forest Science, 20, 155–159.

Cieszewski, C. J., Strub, M. ve Zasada, M. J. 2007. New Dynamic Site Equation That Fits Best The Schwappach For Scots Pine (Pinus Slyvestris L.) in Centarl Europe, Forest Ecology and Management, 23, 83-93.

Cieszewski, C.J., Strub, M. 2008. Generalized algebraic difference approach derivation of dynamic site equations with polymorphism and variable asymptotes from exponential and logarithmic functions. Forest Science 54: 303-315.

Carmean, W.H. ve Lenthall, D.J. 1989. Height growth and Site-İndex Curves for Jack Pine in North Central Ontario, Canadian Journal of Forestry Research, 19, 215–224.

Clutter J. L., Fortson, J. C., Peinar, L. V., Brister, G. H. ve Bailey, R. L. 1983. Timber Management—A Quantitative Approach, Wiley, New York, 333 s.

Diamantopoulou, M.J. 2005, 'Artificial neural networks as an alternative tool in pine bark volume estimation', Comput. Electron. Agric. 48, 235-244.

Diéguez-Aranda, U., Grandas-Arias, J.A., Álvarez-González, J.G. ve Gadow, K.V. 2006. Site Quality Curves For Birch Stands i North-Western Spain, Silva Fennica, 40, 4, 631-644.

Diéguez-Aranda U., Burkhart H.E., Rodriguez-Soalleiro, R. 2005. Modeling dominant height growth of radiata pine (Pinus radiata D. Don) plantations in north-western Spain. Forest Ecology and Management, 215: 271–284.

Doğanay, B. 2007. Uzunlamasına Çalışmaların Analizinde Karma Etki Modelleri, Ankara Üniversitesi, Sağlık bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 94 s.

Ercanlı, İ. 2003. Artvin Orman İşletme Şefliği Sınırları İçerisindeki Doğu Ladini (Picea orientalis (L.) Link.) Meşçerelerinde Sıklığa Bağlı Hasılat Tablosunun Düzenlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K. T. Ü. Fen Bilimleri enstitüsü, Trabzon.

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

Gadow, K.V. ve Hui, G.Y. 1999. Modelling Forest Development, Kluwer Academic Publishers, Dordrect, 213 s.

Garcia, O. 1983. A Stochastic Differential Equation Model for The Height Growth of Forest Stands, Biometrics, 39, 1059–1072.

Gregoire, T., Schabenberger, O. ve Barret, J. 1995. Linear modelling of irregularly spaced, unbalanced, longitudinal data from permanent-plot measurements. Can J For Res 25, 137-156.

Günel, A. 1982. Orman Hasılat Bilgisi Ders Notları, İ.Ü. Orman Fakültesi (Basılmamıştır), 89 s.

İyit, N., Genç, A., Arslan, F. 2006. Analysis of Repeated Measures for Continuoes Response Data Using General Linear Model and Mixed Models, Proceedings of The İnternational Conference on Modeling And Simulation, Konya, 937-942.

Kalıpsız, A. 1998. Orman Hasılat Bilgisi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, No:4060/448, İstanbul. 349 s.

Kapucu, F., Yavuz, H., Gül, A.U. ve Mısır, N. 2002. Kestane Meşcerelerinin Hasılatı Ve Amenajman Esasları, TÜBİTAK TOGTAG-TARP 2229 Nolu Proje Sonuç Raporu.

Monserud, R.A. 1984. Height Growth and Site Index Curves For Inland Douglas-Fir Based on Stem Analysis Data and Forest Habitat Type, Forest Science, 30, 943–965.

Nord-Larsen, T. 2006. Developing dynamic site index curves for European beech (Fagus sylvatica L.) in Denmark. Forest Sci 52: 173-181.

Özçelik, R. 2010. Sarıçam için Uyumlu Gövde Çapı ve Gövde Hacim Modeli. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi Artvin, Bildiriler Kitabı, 358-366.

Parresol B.R. ve Vissage J.S. 1998. White Pine Site İndex for The Southern Forest Survey, USDA For. Serv. Res. Pap. SRS-10.

Sakıcı, O.E., Sağlam, F., Seki, M. 2018. Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Karaçam Meşcereleri Için Tek ve Çift Girişli Ağaç Hacim Denklemleri, Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi, Kastamonu.

SAS Institute Inc., 2004. SAS/STAT 9.1 User's Guide: statistics, Version 9.1, SAS Institute Inc., Cary, NC., 816 p.

Tolon, M., Tosunoğlu, G. 2008. "Tüketici Tatmini Verilerinin Analizi: Yapay Sinir Ağları Ve Regresyon Analizi Karşılaştırması". Gazi Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi 10: 247-259. http://dergipark.gov.tr/gaziuiibfd/issue/28328/301049

Kurup, P. U., Dudani N. K. 2002. “Neural Networks for Profiling Stress History of Clays from PCPT Data.”, Journal of Geotechnical & Geoenvironmental Engineering, July 2002, Vol. 128, Issue 7, p. 569, 11p.

Yavuz, H. 1988. Hasılat Tablolarının Düzenlenmesinde Normalite Kontrolünün ve Bonitetlemenin Bilgisayar Yardımıyla Çözümü, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Ye, S. 2005. Covariance structure selection in linear mixed models for longitudinal data, M. Sc. Thesis, Department of Bioinformatics and Biostatistics, University of Lousville, Kentucky, USA.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı ve Soyadı : Abidin AYRANLI

Eğitim

Yüksek Lisans	Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı	2019-Halen
Lisans	Çankırı Karatekin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü	2009-2013

İş Deneyimi

Yıl	**Kurum**	**Görev**
2020-Halen	Orman Genel Müdürlüğü	İşletme Şefi