

**T.C.  
ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

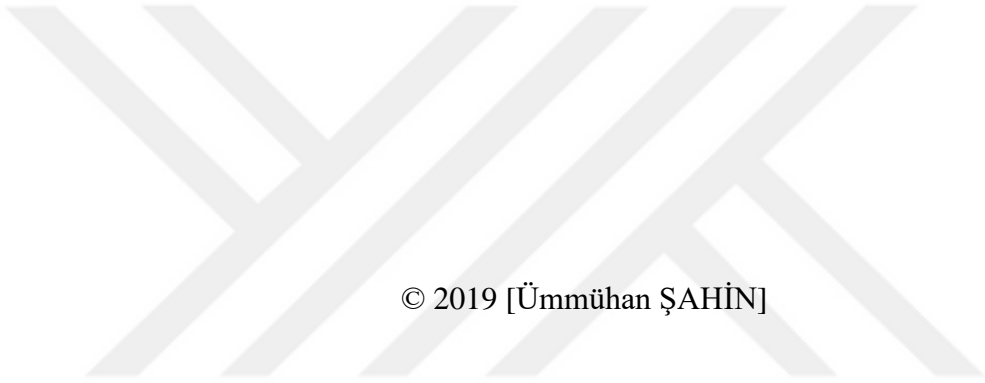
**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BÜYÜK ÖLÇEKLİ BİR AHŞAP LEVHA ÜRETİM TESİSİNDE  
ENERJİ TALEP TAHMİNLEMESİ**

**Ümmühan ŞAHİN**

**Danışman  
Doç. Dr. Abdullah SÜTÇÜ**

**ISPARTA - 2019**



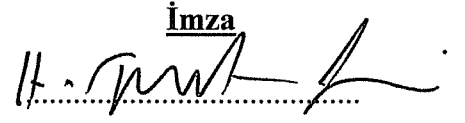
© 2019 [Ümmühan ŞAHİN]

TEZ ONAYI

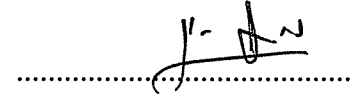
**BÜYÜK ÖLÇEKLİ BİR AHŞAP LEVHA ÜRETİM TESİSİNDE  
ENERJİ TALEP TAHMİNLEMESİ**

Ümmühan ŞAHİN tarafından hazırlanan bu tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Başkan Prof. Dr. Halil Turgut ŞAHİN**  
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

**İmza**  


**Üye Doç. Dr. Abdullah SÜTÇÜ**  
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi



**Üye Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Onur OLGUN**  
Süleyman Demirel Üniversitesi



Yukarıdaki Jüri kararı Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun .... / .... / .... tarih ve ..... / ..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

**Prof. Dr. Yusuf UÇAR**  
Enstitü Müdürü

## ETİK BEYANI

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak ve bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın hazırladığım bu tez çalışmada;

Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde ve ortaya çıkan sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, tezime ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

19/07/2019

**Ümmühan ŞAHİN**

*Ü. Şahin*

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
İÇİNDEKİLER .....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	vii
1. GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ .....	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	11
3.1. Materyal .....	11
3.1.1. Firma ile ilgili bilgiler .....	11
3.1.2. Türkiye’de ahşap levha sektörünün mevcut durumu .....	11
3.1.3. Kullanılan veriler .....	16
3.2. Yöntem.....	20
3.2.1. Yapay sinir ağları .....	20
3.2.2. Regresyon analizi .....	36
3.2.3. Verilerin normalizasyonu.....	38
3.2.4. Hata parametreleri.....	39
4. BULGULAR .....	40
4.1. YSA Eğitim ve Test Veri Setinin Belirlenmesi .....	41
4.2. Verilerin Normalizasyonu.....	41
4.3. YSA’nın Tasarımı .....	42
4.4. YSA Tahmin Performans Metriği.....	43
4.5. YSA Tahmin Modellerinin Performanslarının Değerlendirilmesi.....	43
4.6. Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi .....	45
4.7. Tahmin Sonuçlarının Karşılaştırılması .....	48
5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....	52
KAYNAKLAR .....	55
EKLER.....	61
EK A. Kullanılan veriler .....	62
EK B. 85-15 modeli eğitim sonuçları .....	64
EK C. Diğer modellerin eğitim sonuçları .....	65
ÖZGEÇMİŞ .....	68

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### BÜYÜK ÖLÇEKLİ BİR AHŞAP LEVHA ÜRETİM TESİSİNDE ENERJİ TALEP TAHMİNLEMESİ

Ümmühan ŞAHİN

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Abdullah Sütçü

Ağaç ve orman ürünleri ülke ticaret hacminde %3'lük bir pay alan ve büyümeye devam eden bir sektördür. Sektörde faaliyet gösteren orman endüstri işletmelerinin en önemli girdi kalemi olarak odun, tutkal ve elektrik enerjisi maliyeti gösterilebilir. Bu maliyet kalemlerinden birinde yaşanan probleme çözüm üretilmesi sektörün küresel pazarlarda rekabet avantajı elde etmesini sağlayacaktır.

Bu tez çalışmasında büyük ölçekli ahşap levha üretim tesisinin bir sonraki ay için elektrik enerjisi tüketiminin tahmin edilmesinde yaşanan probleme çözüm üretilmeye çalışılmıştır. Elektrik tüketiminin tahmin edilmesinde başarılı tahmin sonuçları üreten yapay sinir ağları (YSA) farklı veri dağılımına ve nöron sayısına sahip yedi modelle eğitim ve test işlemine tabi tutulmuştur. Test işleminde en küçük hata değeri olan %2,48 ortalama mutlak yüzde hata (OMYH) değerini veren %85 eğitim- %15'i test veri dağılımına sahip on iki gizli nöronlu model olmuştur. 2018 yılı elektrik tüketimini tahminleme de YSA'nın test edilmesinde kullanılan verilerin de dahil edildiği çoklu doğrusal regresyon modeli kurulmuştur. YSA ilk beş ayda %2,67 OMYH değeri ile tahminleme yaparken çoklu regresyon %7,05 OMYH değeri ile tahminlemiştir. 2018 yılında olağan dışı durumların yaşanmasına rağmen YSA bir yıllık ortalama %13,2 OMYH değeri ile tahminleme yapmıştır. Lewis (1997)'e göre OMYH değeri %20'nin altında olanlar iyi tahmin modelleridir. Bu tanıma göre model iyi tahmin grubu içerisinde yer almaktadır. Çalışma YSA'nın işletmelerde elektrik tüketiminin tahminlenmesinde başarılı sonuçlar üretebileceğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Ağaç ve orman ürünleri, Yapay sinir ağları (YSA), Çoklu doğrusal regresyon, Elektrik enerjisi talep tahmini, Ortalama mutlak yüzde hata (OMYH)

2019, 68 sayfa

## **ABSTRACT**

**M.Sc. Thesis**

### **ENERGY DEMAND ESTIMATION FOR A GREAT SCALE WOOD BOARD PRODUCTION PLANT**

**Ümmühan ŞAHİN**

**Isparta University of Applied Sciences  
The Institute of Graduate Education  
Department of Forest Products Engineering**

**Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Abdullah SÜTÇÜ**

Wood and forest products are a sector that has a %3 share in the country's trade volume and continues to grow. The most important input items of forest industry enterprises operating in the sector can be listed as the cost of wood, glue and electric energy. Producing a solution to the problem experienced in one of the secost items will enable the sector to gain a competitive advantage in global markets.

In this thesis, it is tried to produce a solution to the problem in the estimation of electrical energy consumption of the great scale chipboard production facility for the next month. For the prediction of electricity energy consumption artificial neural network (ANNs), which produce successful estimation results with nonlinear model, were subjected to training and testing with seven models with different data distribution and number of neurons. The lowest error value in the test process, which is 2.48% mean absolute percent error (MAPE) value, 85% training-15% of the test data distribution has been twelve hidden neurons model. A multiple linear regression model was established including the data used to test ANN for estimating electricity consumption in 2018. The ANN estimated the MAPE value of 2.67% in the first five months, while the multiple regression estimated the MAPE value of 7.05%. In spite of the extraordinary circumstances in 2018, ANN made an estimate of 13.2% MAPE for one year. According to Lewis, those with MAPE values below 20% are good estimation models. With reference to this definition, the model is included in the good estimation group. The study shows that ANN can also produce successful results in estimating electricity consumption in enterprises.

**Key Words:** Wood and forest products, Artificial neural networks (ANN), Electricity demand forecast, Multiple linear regression model, Mean absolute percent error (MAPE)

**2019, 68 pages**

## TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni ynlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrbesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Do. Dr Abdullah St'ye teőekkrlerimi sunarım.

alışmamda karşılaştığım problemleri aşmamda desteğini esirgemeyen SD Endüstri Mühendisliği Bölümünden Dr. Öğretim yesi Erdal Aydemir'e ve ISUB Orman Endüstri Mühendisliği Araştırma Görevlisi Dr. Gürcan Güler'e ve değerli büyüğüm Orhan Kuş'a teőekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her anında olduğu gibi tez çalışmamın her anında da beni yalnız bıraktımayan sonsuz minnet duyduğum annem Fatma ŞAHİN'e ve babam Ahmet ŞAHİN'e saygı ve sevgilerimi sunarım.

**Ümmühan ŞAHİN**  
ISPARTA, 2019



## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 3.1. Türkiye 2010-2017 yılları yonga levha üretimi .....	14
Şekil 3.2. Türkiye 2014-2018 yonga levha ihracat ve ithalatı. ....	14
Şekil 3.3. Türkiye 2010-2017 yılları MDF üretimi.....	15
Şekil 3.4. 2014-2018 MDF ihracat ve ithalat .....	15
Şekil 3.5. Sinir hücresi modeli .....	20
Şekil 3.6. Yapay sinir hücresi yapısı .....	25
Şekil 3.7. Yapay sinir ağı yapısı .....	29
Şekil 3.8. YSA'ların sınıflandırılması.....	30
Şekil 3.9. İleri beslemeli ağ yapısı ve katmanları .....	31
Şekil 3.10. Geri beslemeli ağ yapısı ve katmanları.....	32
Şekil 4.1. Çalışmada kullanılan iş akış şeması.....	40
Şekil 4.2. YSA ağ yapısı .....	41
Şekil 4.3. MATLAB'da oluşturulan ağ yapısı .....	43
Şekil 4.4. En düşük hata değerinin veren 12 gizli nöronlu 85-15 modelinin eğitim sonucu karşılaştırması .....	44
Şekil 4.5. 85-15 modeli eğitim YSA MATLAB R grafiği performans değerlendirmesi .....	44
Şekil 4.6. Otokorelasyon giderilmiş regresyon modeli tahmini ile gerçekleşen grafiği.....	48
Şekil 4.7. Gerçekleşen tüketim, Regresyon tahmin ve YSA tahmin karşılaştırılması.....	49
Şekil 4.8. 2018 yılı aylık dolar kuru değişimi .....	50
Şekil 4.9. 2019 Yılı YSA elektrik tüketim tahmini.....	51
Şekil B.1. En düşük hata değerini veren 85-15 modelinin eğitim sonuçları ile gerçekleşen değer karşılaştırması .....	64
Şekil C.1. Diğer modellerin eğitim sonucunda YSA tahmini ve gerçekleşen değerlerin karşılaştırılması .....	65

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 2.1. Elektrik tüketimi tahminlemesi üzerine yapılan bazı bilimsel çalışmalar .....	8
Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan verilerin kaynağı ve kullanım nedeni.....	19
Çizelge 3.2. Yapay sinir ağlarının uygulama ve kullanım alanları .....	23
Çizelge 3.3. Toplama fonksiyonları .....	27
Çizelge 3.4. Aktivasyon fonksiyonları ve formülleri.....	28
Çizelge 4.1. Normalize değerler veri çizelgesi .....	42
Çizelge 4.2. YSA’larda kullanılan parametreler .....	42
Çizelge 4.3. Modellerin eğitim ve test MAPE sonuçları .....	45
Çizelge 4.4. Regresyon analizi sonuçları .....	46
Çizelge 4.5. Modifiye edilmiş regresyon modeline ait analiz sonuçları .....	46
Çizelge 4.6. Dönüştürülmüş değişkenler ile çoklu regresyon analizi .....	47
Çizelge A.1. Kullanılan veriler .....	62

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ARIMA	Otoregresif Entegre Hareketli Ortalama
bW	Birim Watt
ÇKİBGY	Çok Katmanlı İleri Beslemeli Geri Yayılımlı
GSYH	Gayri Safi Yurt İçi Hasıla
GSMH	Gayri Safi Milli Hasıla
MAPE	Ortalama Mutlak Yüzde Hata
MDF	Orta Yoğunlukta Lif Levha
MSE	Hata Kareleri Ortalaması
MTEP	Milyon Ton Eşdeğer Petrol
RMSE	Kök Ortalama Kare Hata
R	Korelasyon Katsayısı
R <sup>2</sup>	Açıklayıcılık Katsayısı
TÜFE	Tüketici Fiyatları Endeksi
ÜFE	Üretici Fiyat Endeksi
VIF	Varyans Şişme Değerleri
YSA	Yapay Sinir Ağları
YSH	Yapay Sinir Hücresi
Δ	Mutlak Fark
χ <sup>2</sup>	Ki Kare

## 1. GİRİŞ

Enerji, insanoğlu için önemi gün geçtikçe artan bir ihtiyaçtır. Ancak, nüfus ve endüstrileşmeye paralel olarak tüketilen enerji miktarı artmaktadır. Enerjiye olan talebin artmasının aksine enerji elde etmede kullanılan kaynak rezervleri azalmaktadır. Bu durum gelecekte ihtiyaç duyulacak enerjinin tahminlemesinin önemine dikkat çekmektedir.

Uluslararası ilişkilerin, savaşların ve gelişmelerin merkezinde enerji kilit rol oynamaktadır. Bu durum enerji arz ve talep eden ülkeler kavramını ortaya çıkarmaktadır. Sahip olduğu enerji kaynaklarını verimli bir şekilde kullanıp üretim yapan ülkeler arz eden ülkeler; enerji kaynaklarına sahip olmadığı veya kaynaklarını işleyip kullanamadığı için ihtiyacı olan enerjiyi talep eden ülkeler de talep eden konumunda yer almaktadır. Talep eden ülke güvenilir ve ucuz enerjiyi, arz eden ülkede kaynaklarının sürdürülebilirliğini ve ihraç edeceği enerjinin güvenli olarak aktarımını ister. Bu durumda karşılıklı bağımlılık ilişkisi ortaya çıkmaktadır (Karagöl vd., 2016).

Ülkemiz ham petrol ve doğalgaz gibi birincil enerji kaynaklarına sahiptir fakat bu kaynakların rezervleri yeterli değildir (Çalışkan, 2009). Gelişmeye devam eden ülke konumunda olmamıza bağılı olarak her geçen gün ihtiyaç duyulan enerji miktarı artmaktadır. Üretilen enerji talep edilen değeri karşılayamadığı için yurt dışından enerji ithal edilmektedir. Bu durum ülkemizi enerjide dışa bağımlı hale getirmektedir. Uluslararası enerji piyasasındaki dalgalanmalara, ülkeler arası ilişkilerdeki bozulmalara bağılı olarak tükettiğimiz enerjinin birim değer fiyatı artış göstermektedir. Dünya'da en çok talep edilen enerji kaynağı olan elektrik enerjisini en pahalı kullanan ülkeler sıralamasında Türkiye üst sıralarda yer almaktadır (Tatlı ve Koç, 2018).

Ülkelerin gelişmişlik düzeyini gösteren ve kalkınmayı doğrudan etkileyen etmen olarak kabul gören enerji ham petrol, doğalgaz ve kömür gibi yenilemeyen fosil yakıtlardan elde edilirken insan sağlığına ve çevreye zarar verilmektedir.

Bu durum ülkelerin alternatif, zararsız ya da daha az zararlı enerji kaynaklarına yönelim göstermesine sebep olmaktadır. Bir diğer önemli konu ise bu kaynakların gelecekte artan dünya enerji talebine yetmeyecek olmasıdır. Bu durum sürdürülebilir ulusal enerji planlamasının önemini gündeme getirmektedir. Türkiye yenilenebilir, nükleer ve hidrolik enerji tesislerine yatırım yapmaya önem vermelidir (Adaçay, 2014).

Sanayi devrimiyle artan üretim ve makinalaşmayla işletmelerin elektrik enerjisine olan ihtiyacı artmıştır. Üretimin kesintisiz devam etmesi enerjinin devamlılığına bağlı hale gelmiştir. İşletmeler için en önemli maliyet kalemlerinden birisi de elektrik enerjisi maliyetleridir. Levha sanayinde maliyetlerin dağılımı incelendiğinde 1 m<sup>3</sup> levha üretimi için; yonga levha süreçlerinde 150-160 kWh, lif levhada 300 kWh elektrik tüketimi gerçekleştiği bildirilmektedir (DPT,2007). Yakıldığı zaman çevreyi petrol ve kömüre göre daha az kirleten ve yenilebilir enerji kaynakları içerisinde önemli yer edinen odundan elektrik ve ısı enerjisi üretimi birçok ülkede yaygınlaşmaktadır. Türkiye'nin mevcut biyokütle varlığını değerlendirmek, çevre dostu enerji üretmek ve enerjide ülke ekonomisine katkı sağlamak amacıyla bu dönüşüme katılması yararına olacaktır (Ulusoy vd., 2016). Levha sektörünün en önemli ham maddesi olan odunun elektrik enerjisi üretiminde kullanılması tesislerin kendi elektirliğini çevreye dost üretim anlayışı ile elde etmesini sağlayacaktır. Bu durumda tüketilecek elektrik miktarının önceden tahmin edilmesi ile enerji üretimi için kullanılacak odun miktarının planlamasına önemli bir katkı sağlayacaktır.

Bu kapsamda kurgulanan bu tez çalışmasında; orman ürünleri sektöründe büyük ölçekli sayılabilecek bir yonga levha üretim tesisinin gelecek dönemler için ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisini doğru tahmin edebilmek amaçlanmıştır. Bu doğrultuda ikinci bölümde detaylı olarak verilen literatür taraması sonucunda elektrik enerjisi talep tahminleme yöntemlerinde yaygın olarak kullanılan ve doğrusal olmayan modellerdeki tahminlemede başarısıyla göze çarpan yapay sinir ağları (YSA) yöntemi kullanılmasına karar verilmiştir. Literatürde genellikle YSA ile ülkelerin elektrik enerjisi tüketimlerinin tahminlendiği görülmüştür. Bu çalışmanın amacı YSA kullanılarak levha üretim tesisinin elektrik enerjisi tüketiminin tahminlenebilirliğini araştırmaktır. İşletmenin elektrik enerjisi tüketimi tahminlenerek geleceğe dönük

yatırım ve büyüme planlamasını daha sağlıklı yapabilmesine yardımcı olmak hedeflenmektedir.



## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Eneji kaynaklarının hızla tükenmeye devam etmesinin aksine enerjiye olan talep miktarı gün geçtikçe artmaktadır. İşletmelerde üretimin devamlılığı enerjinin sürdürülebilirliğine bağlıdır. Sürdürülebilir enerji için gelecekte tüketilecek miktarı bugünden öngörmek ve bu öngörüler ışığında planlama çalışmaları yapmak gerekmektedir. Enerjinin gelecekteki talebini öngörmek için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir ve geliştirilmeye devam etmektedir. Orman endüstri sektöründe işletmenin enerji tüketimini tahminlemede kullanılan örnek bir modele rastlanmadığından literatürde sıkça karşılaşılan ülkeler, şehirler veya belirli bir sanayi bölgesinin enerji tüketimini tahminlenmesi çalışmaları incelenmiştir. Doğrusal olmayan modellerdeki tahminleme başarısıyla yaygın kullanılan bir tahmin modeli olan YSA ve diğer tahmin yöntemleri incelenerek çalışmalarda kullanılan yöntemler, bağımlı bağımsız değişken seçimleri ve kullanılan veri aralığına göre bu çalışmanın alt yapısı oluşturulmuştur. İncelenen çalışmaların bazıları aşağıda özetlenmiştir.

Hamzaçebi ve Kutay (2004), YSA'nın uzun dönemli elektrik enerjisi tüketim tahminlemede kullanılabilirliğini araştırmışlar ve YSA sonuçlarını Box-jenkins ve doğrusal regresyon analizi tekniği sonuçlarıyla karşılaştırmışlardır. YSA için dört farklı seneryo kullanmışlar ve 2003-2010 yılları için net elektrik tüketimini tahminlemede diğer yöntemlerden YSA'yı daha başarılı bulmuşlardır.

Ceylan ve Öztürk (2004), geçmiş ekonomik göstere (nüfus, ithalat, ihracat vb) verileri ile enerji talebini tahmin etmeye çalışmışlardır. Tahmin yöntemi olarak geliştirdikleri genetik algortima enerji talebi modelini kullanmışlardır. Üç farklı seneryo ile 2002-2025 yılları arasındaki toplam enerji tüketim miktarını tahminlemişlerdir.

Pao (2006), Tayvan elektrik tüketimini tahminlemede doğrusal ve doğrusal olmayan istatistiksel tahmin modellerini ve YSA'yı kullanmıştır. Elektrik tüketimini etkileyen dört ekonomik faktör; milli gelir, nüfus, tüketici fiyat endeksi ve gayri safi yurt içi hasıla (GSYH) ile bir ekonomik tahmin modeli geliştirmiştir. Her iki yöntemde elektrik tüketimini en çok nüfus ve milli gelirin etkilediğini saptamıştır. En az

etkileyen faktör ise GSYH olmuştur. Geçmişe dair fazla veri olması durumunda ARMAX modellerinin doğrusal modellere göre daha başarılı olacağı ifade edilmiştir. Sonuç olarak YSA doğrusal tahmin modellerine göre daha başarılı bulunmuştur.

Akay ve Atak (2007), Türkiye'nin elektrik talebinin tahminlemesi için yuvarlamalı gri tahmin modelini kullanmışlardır. Sanayi sektörü elektrik tüketimi ile toplam elektrik tüketiminin 1970-2004 yıllarına ait gerçekleşme değerlerini tahmin değerleriyle karşılaştırmışlardır. Sanayi sektörü için %4,36 ve toplam tüketim için %3,43 hata payı ile tahminlemişler ve 2006-2015 yılı için elektrik tüketiminin yaklaşık %50 oranında artacağını öngörmüşlerdir.

Sümer vd. (2009), Kayseri ve çevresinin elektrik tüketimini ARIMA ve mevsimsel ARIMA yöntemini alternatif olarak da gizli mevsimsel değişkenli regresyon yöntemi kullanarak tahminlemeye çalışmışlardır. 1997 ve 2005 yıllarına ait verileri kullandıkları çalışmalarında gizli mevsimsel değişkenli regresyon yönteminin tahminleme başarısı daha yüksek bulunmuştur. Bu başarının sebebinin bu modelin mevsimsel dalgalanmalara ve serideki kırılma noktalarını algılamadaki hassasiyeti olabileceği kanısına varılmıştır.

Geem ve Roper (2009), Güney Kore sanayisinde gelecekte kullanılacak olan enerjinin tüketim miktarı YSA ile tahminlenmiştir. İhracat, ithalat, nüfus ve GSYH değişkenleri kullanarak hesaplamalar yapılmış sonuçlar doğrusal regresyon Üssel model ve YSA modelleri sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. En başarılı tahmini yapan YSA ile 2008-2025 yılı toplam enerji tüketimini hesaplanmıştır. 2018-2023 yıllarında talebin yavaş yavaş azalacağını öngörülmüştür.

Küçükali ve Barış (2010), Türkiye'nin kısa dönem brüt elektrik enerjisi talebini bulanık mantık yöntemiyle hesaplamıştır. Yapılan birçok çalışmada birden fazla değişken kullanılmasına rağmen bu çalışmada sadece GSYH ait 1980-2008 verileri kullanılmış olup 2009-2014 yıllarındaki talep tahminlenmiştir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ve regresyon yöntemi sonuçları ile karşılaştırıldığında bulanık mantık yönteminin %3,9'luk hata ile tahminleme yaptığı bildirilmektedir. Ayrıca 2009 yılı için talepte %4,5'lik düşüş ve 2010-2014 yıllarında %4'lük bir talep artışı öngörülmüştür.



Kankal vd. (2011), Türkiye'deki enerji tüketiminin gelecekteki durumunu tahmin etmek için regresyon analizi ve YSA kullanmıştır. Dört farklı seneryo geliştirdikleri çalışmalarında GSYH, nüfus, ithalat, ihracat ve istihdam değişkenleri ile 2008-2014 yıllarının tüketim miktarını tahminlemiştir. 2014 yılı için 117.0 ile 175.4 MTEP arasında değişen tüketim miktarını öngörmüşlerdir.

Hotunluoğlu ve Karakaya (2011), Türkiye'nin toplam enerji talebini tahminlemek için YSA'da üç seneryo uygulanmıştır. Statik seneryoda ekonomik büyümenin istikrarlı olduğu varsayılırken, sürdürülebilir seneryoda enerji yoğunluklarının azaldığı ve dönemsel değişim seneryosunda 2030 yılına kadar büyümenin 5 yıllık sürelerle değişeceğini öngörülmüştür. Daha önceki yapılan çalışmalarda tahmin edilen tüketim değerleri Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tahmin sonuçları ile karşılaştırıldığında daha düşük olduğu gözlenmiştir. Bu çalışmada bu gözlemi kanıtlayan tahmin sonucu elde edilmiştir.

Bilgili vd. (2012), Türkiye'nin konut ve sanayi sektörlerinin elektrik tüketimini YSA; doğrusal regresyon ve doğrusal olmayan regresyon modeli kullanarak tahminlemiştir. Değişken olarak Kurulu kapasite, brüt elektrik üretimi, nüfus ve toplam abone sayısını kullanmışlardır. Çalışmada güçlü ve zayıf olmak üzere iki seneryo önerisiyle gelecek tüketim değerleri tahminlenmiştir. Tahmin edilen değerler Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ve daha önceki literatür sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Bu üç yöntem içerisinde YSA tahminlemede daha başarılı bulunmuş olup 2015 yılı için sanayide 124.85 kWh ve konut sektöründe 140.64 kWh tüketim olacağı öngörülmüştür.

Es vd. (2014), Türkiye'nin net enerji talep tahminini YSA ile yapmıştır. Modelde girdi değişkeni olarak GSYH, nüfus, ithalat, ihracat, bina yüz ölçümü ve taşıt sayısı kullanılmıştır. Tahmin sonuçlarını çoklu doğrusal regresyon sonuçlarıyla karşılaştırmışlardır. YSA'nın tahminlemedeki hata değeri daha düşük bulunmuş olup bu model ile 2011- 2025 yıllarının net enerji tüketim talebini tahminlemiştir.

Grant vd. (2014), YSA, regresyon modelleri ve basit hareketli ortalama kullanarak büyük bir devlet dairesinin haftalık elektrik yük tahminlemesini yapmışlardır. Tahmin periyodlarını birer saatlik aralarla hesaplamışlar ve çalışmanın sonucunda

YSA %3,9 hata değeri ile tahminlemede diğer yöntemlerden daha düşük hata değeri verdiğini bulmuşlardır.

Başoğlu ve Bulut (2017), Türkiye'nin kısa dönem elektrik talep tahmini için yüksek doğruluk sağlayan bir hibrit sistem modeli geliştirmişlerdir. Çalışmada piyasa ve mevsimsel koşullar göz önüne alınmış, YSA ve uzman sistemler birlikte kullanılmıştır. Günlük ortalama saatlik talep miktarı ve 24 saatlik talep miktarını hesaplayan EPSİM-NN tahmin değerleri gerçekleşen değerler ile kıyaslandığında tahminlerin doğruluk derecesi oldukça yüksek bulunmuştur.

Daş (2017), YSA tabanlı bir mutasyon parçaçık sürü optimizasyonu modeli geliştirdiği çalışmasında Türkiye enerji ihtiyacının tahminin doğruluğunu arttırmayı hedeflemiştir. Verilerinin %63'n eğitim %37'sini test için kullanmış ve sonuçların hata değerleri diğer çalışmaların değerleriyle kıyaslandığında daha başarılı tahmin yapıldığı görülmüştür.

Özden ve ztrk (2018), YSA ve zaman serileri yöntemi ile bir endüstri alanını (İvedik OSB) elektrik enerji ihtiyacını tahminlemişlerdir. YSA için bağımlı değişken olarak da elektrik tüketimi, sıcaklık ve ortalama elektrik tüketimini kullanmışlardır. 2014-2016 yıllarına ait verilerin %70 eğitim, %15 doğrulama ve %15'i test olarak gruplandırılmıştır. Zaman serisi modelinde R değeri 0,93901 ve YSA'da R değeri 0,9859 bulunmuştur. Zaman serisi modelinin hata değerinin daha yüksek çıkmasının kısıtlı veri ile çalışılmış olmasından kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Çizelge 2.1'de elektrik tüketimi tahminlemede yapılan bazı bilimsel çalışmalar izelge halinde kısaca özetlenmiştir.

Çizelge 2.1. Elektrik tüketimi tahminlemesi üzerine yapılan bazı bilimsel çalışmalar

Literatür	Tahmin Yöntemi	Veri yılı	Tahmin Aralığı
Hamzaçebi ve Kutay (2004)	YSA – Box Jenkins ve Regresyon	1970-2002	2003-2010
Ceylan ve Öztürk (2004)	Genetik algoritma	1970-2001	2002-2025
Pao (2006)	Doğrusal-doğrusal olmayan istatistiksel tahmin yöntemleri ve YSA	Ocak 1990- Aralık 2002	Tahmin modelleri karşılaştırılmıştır.
Akay ve Atak (2007)	Yuvarlamalı gri tahmin yöntemi	1970-2004	2006-2015
Sümer vd. (2009)	ARIMA, Mevsimsel ARIMA ve Regresyon	1997-2005	Ocak 2006-Aralık 2010
Geem ve Roper (2009)	Doğrusal regresyon, Üssel model ve YSA modelleri	1980-2007	2008-2025
Küçükali ve Barış (2010)	Bulanık mantık	1980-2008	2009-2014
Kankalvd. (2011)	Regresyon ve YSA	1980-2007	2008-2014
Hotunluoğlu ve Karakaya (2011)	YSA	1970-2008	2009-2030
Bilgili vd. (2012)	Doğrusal-doğrusal olmayan regreyon ve YSA	1990-2007	2008-2015
Es vd. (2014)	Çoklu doğrusal regresyon ve YSA	1970-2010	2011-2015
Grant vd. (2014)	YSA, Regresyon modelleri ve basit hareketli ortalama	90 günlük veri	60 dakika aralıklarla bir haftalık tahmin
Başoğlu ve Bulut (2017)	YSA ve Hibrit sistem	2005-2016	2016 yılı Mayıs ayı 3. Ve 4. Hafta talep tahmini
Daş (2017)	YSA tabanlı parçacık sürü optimizasyon modeli	1979-2005	2006-2025
Özden ve Öztürk (2018)	YSA ve Zaman serileri	2014-2016	Tahmin modelleri karşılaştırılmış.

#### Orman Endüstri sektöründe YSA konulu bazı çalışmalar

Güngör vd. (2004), endüstriyel odun hammaddesi talebini YSA, hareketli ortalamalar, üssel düzeltme ve çoklu regresyon yöntemleri ile tahminlemiştir. YSA'nın tahmin başarısı diğer tahmin yöntemlerinden daha yüksek olduğu bulunmuştur. Girdi değişkeni olarak kağıt-karton üretimi, madencilik üretimi, yeni konut sayıları, toptan eşya fiyatları endeksi, nüfus ve GSMH ve bu değişkenlere ait

30 yıllık veri %80'i eğitim ve %20'si test olacak şekilde rastgele sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma işlemi beş defa tekrarlanarak beş farklı veri seti elde edilmiştir.

Yücesoy (2011), temizlik kağıtları sektöründeki talebi YSA ile tahminlediği çalışmada 1981-2010 yılları arasındaki temizlik kağıdı üretim ve ithalat miktarı, kağıt ve basım sanayi toptan eşya fiyat endeksi, GSYH, genel nüfus, kentli nüfus, okur yazar oranlarını girdi değişkeni olarak tuvalat kağıdı, kağıt havlu, peçete ve mendilin yıllık ton bazındaki satış miktarında çıktı değişkeni olarak kullanmıştır. 2010 yılına ait tahminlemede basit regresyon modelinde %61,89, çoklu doğrusal regresyon yönteminde model 1'de %92,98 model 2'de ise %91,74 ve YSA %98,89 başarı oranı ile en iyi tahmin yöntemi bulunmuştur.

Yaşar (2014), kızılçam odunundaki monosakkarit tayini YSA ile yaptığı çalışmada spektrofotometreden elde edilen değerler ile 45, 15 ve 10 dağılımına sahip veri setini rastgele olarak oluşturmuştur. Üç katmanlı altı gizli nöronlu geri yayımlı ağ yapısı ve logaritmik sigmoid fonksiyonu kullanıldığı model en küçük hata değerini vermiştir. Test işleminde  $R^2$  değeri ise 0,9984 ve 0,9902 arasında değerler almış ve onaylama işleminde model %1,2 hata değeri ile oldukça iyi tahminleme yapmıştır.

Hazır vd. (2015), YSA ve regresyon analizi ile 2004-2013 yılları arasındaki GSYH, reel kesim güven endeksi, tüketici güven endeksi, yatırım harcamaları, dolar, konut satış değerleri ve nüfus değişkenlerini kullanarak 2014-2023 yılları arasındaki Türkiye mobilya talebini tahminlemiştir. YSA 21 milyar dolarlık mobilya satışı olacağını, regresyon yöntemi ise 24 milyar dolarlık satış olacağını öngörmüştür. Bu sonuçlar Türkiye'nin 2023 vizyonda belirlediği satış değerine ulaşabileceği şeklinde yorumlanmıştır.

Kurt vd. (2017), YSA ile Türkiye kağıt-karton sanayisinin ihracat rakamlarını tahmin etmek için 1990-2015 yıllarına ait Türkiye kağıt-karton üretimini, atık kağıt, endüstriyel odun, tomruk üretimi, nüfus, GSYH, TÜFE, ÜFE, döviz kurları ve ekonomik büyüme rakamlarını kullanmışlardır. Çalışmada veri setinin %70'i eğitim, %15'i doğrulama ve %15'i test olarak düzenlenmiştir. 2025 yılında ihracatın 2011

yılına göre %48,2'lik bir artış ve 2015 yılına göre %3'lük azalış göstereceği öngörülmüştür.

Sözen vd. (2018), YSA ve derin öğrenme algoritmaları kullanarak nanokompozitlerde deformasyonu tahmin etmişlerdir. Derin öğrenme modelinde verilerin %66,6'sını eğitim ve %33,3 modeli test etmek için kullanmışlardır. Test işlemi sonucunda derin öğrenme %5,12 MAPE değeri, YSA ise %5,46 MAPE değeri ile tahminleme yapmıştır. Nanokompozit malzemelerin deney metaryallerin üretimi büyük bir çaba ve maliyet gerektirdiğinden bu yöntemler kullanılarak iyi eğitilmiş modeller ile daha az sayıda test ile yüksek doğruluk oranı yakalanarak maliyetlerin azaltılabileceği belirtilmiştir.

İlkuçar vd. (2018), YSA ile mekanik özelliklerine göre ağaç türlerinin tahmini yapmışlardır. Sekiz çeşit ağaç türüne ait yedi farklı mekanik öznelikten oluşan 180 adet veri rastgele seçilerek %70 eğitim ve %30 test olacak şekilde düzenlenmiştir. Çalışmada çok katmanlı ileri beslemeli geri yayımlı ve radyal temelli fonksiyon ağı olmak üzere iki çeşit YSA modeli kullanılmıştır. ÇKİBGY ağ yapısı %96.29 doğrulukta tahminleme başarısına ulaşmıştır.

Rosienkiewicz vd. (2018), yalın hibrit mobilya üretimi kontrol sistemi geliştirdikleri çalışmalarında YSA, simülasyon modeli ve süreç iyileştirmede yüksek hacimli iş istasyonlarının belirlenmesinde kullanılan glenday elek modelinden faydalanmışlardır. İşletmenin online siparişleri için yeni bir üretim modeli kurulmuş olup çalışmanın sonunda YSA %15 ile %55 arasında değişen hata oranında günlük satış tahminini gerçekleştirmiştir.

Hazır ve Koç (2018), zımparalama işleminin yüzey kalitesi üzerine etkisini araştırdıkları çalışmaların da varyans analizi sonucunda belirledikleri zımparanın kum boyutu, besleme hızı, kesme hızı, malzeme çeşiti ve zımparalama yöntemi değişkenlerini lazerli ve prob uçlu ölçüm cihazı ile yüzey pürüzlüğünü ölçümlerini YSA ile değerlendirmişlerdir.

### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1. Materyal**

##### **3.1.1. Firma ile ilgili bilgiler**

Türkiye’de 1970 yılından beri faaliyet gösteren X işletmesi, mobilya sektörünün ihtiyacına göre kendini güncelleyen günümüzde 454.000 m<sup>2</sup>’lik arazi üzerinde 2.160 m<sup>3</sup>/gün üretim hacmine ulaşan bir levha üretim tesisidir. İşletmede farklı kalınlık ve boyutlarda çıplak ve melamin kaplı yonga levhalar piyasa talebi doğrultusunda üretilmekte ve pazara sunulmaktadır. Ürettiği ürünlerin %85; yurt içine %15’ini yurt dışına satan X işletmesi OHSAS 1800 ve ISO 9001 kalite belgelerine sahiptir.

##### **3.1.2. Türkiye’de ahşap levha sektörünün mevcut durumu**

Orman ürünleri sanayi; ormanlardan elde edilen birincil ve ikincil ürünleri işleyip yarı mamül ya da son ürün haline getiren, küçük ölçekli ve büyük ölçekli binlerce işletmeden oluşan sanayi kuruluşudur (Akyüz, 2006).

İmalat sanayi içerisinde birincil ve ikincil sanayi grupları altında yer alan orman ürünleri sektörü birincil imalat sanayinde doğrudan odunu hammadde olarak kullanan;

- Lif ve yonga levha sektörü
- Kereste ve parke sektörü
- Kaplama ve kontraplak sektörü
- Kağıt hamuru ve kağıt sanayi sektörü

olmak üzere alt başlıklar halinde gruplandırılmıştır. İkincil imalat sanayi hammadde olarak birincil imalat sanayinin ürettiği ürünleri kullanmaktadır. İkincil imalat sanayinin alt kolları ise;

- Mobilya
- Doğrama ve ahşap parke
- Prefabrik ev, palet, ambalaj

Şeklinde guruplandırılabilir (Akyüz, 2006).

Odun ve diğer ligno-selülozik malzemenin yongalanması, liflendirilmesi ve yapıştırıcı ilave edilip kalıplanıp preslenmesi sonucu ahşap esaslı levhalar elde edilmektedir. Ahşap esaslı levha terimi; üretimin tamamında veya bir kısmında odun kullanılan kompozit levhalara verilen genel bir isimdir (İstek vd., 2017).

Odun hammadde kaynaklarının azalması nedeniyle yapısında selüloz bulunduran malzemelerle üretilebilen kompozit levhaların günümüzde en yaygın olarak kullanılan üç türü; yonga levha, orta yoğunlukta lif levha (MDF) ve kontraplaktır.

MDF ve yonga levha üretimi için gereken hammadde temini ve ürünlerin pazarlanmasında ilişkili olunan sektörler yoğunluklarına göre aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Mobilya sektörü,
- Orman işletmeleri,
- Tutkal ve kimyasal madde üretim sektörü,
- Kereste fabrikaları ve marangozlar,
- Kağıt sektörü (hammadde temini açısından),
- İnşaat sektörü (prefabrik ev yapımı),
- Dekorasyon,
- Odun tüccarları,
- Petrol ürünleri satıcıları,
- Otomotiv sektörü,
- Enerji (TEDAŞ),
- Profil üreticileri,
- Orman-köy kooperatifleri,
- Çimento üretim sektörü,
- Metal sanayi (DPT, 2007).

Ormandan başlayıp nihai ürün hali olan mobilyaya dönüşümü ile katma değeri en yüksek sektörler içerisinde yer alan levha sektörü, ülkemizin cari açığının azaltılmasında ve ekonomik hedeflerine erişmesinde önemli bir paya sahiptir. Zira sektörün 139 ihracatçı ülke arasında 21. sırada yer alması profesyonelliğini ve

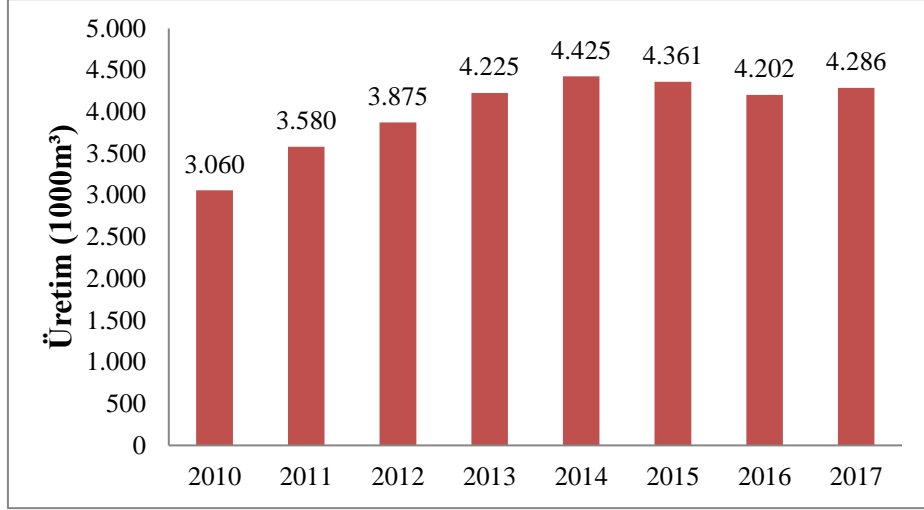
teknolojik yeterliliğini kanıtlamaktadır. Sektöre yapılacak her türlü yatırım ve faaliyet ülke ekonomisine büyük katkı sağlayacaktır (ORSİAD, 2019).

Dünya levha üretiminin %55'ini gerçekleştiren en büyük levha üreticisi Çin Halk Cumhuriyetidir. 2013 yılı 62,6 milyon/m<sup>3</sup> levha üreten Çin Halk Cumhuriyeti'ni sırasıyla ABD, Almanya, Brezilya ve Türkiye takip etmektedir. Türkiye 2009 yılında 4. sırada iken 2013 yılında 5. sıraya gerilemiştir. Toplam bir milyon kişiye istihdam sağlayan sektörün Türkiye'deki büyüklüğü 12 milyar USD ve 2023 yılı hedefinde 25 milyar USD 'dir. 2023 yılı ihracat hedefi ise 8 milyar USD'dir. 2014 yılı verilerine göre lif levhada Dünya'da 2. Sırada Avrupa'da ise 1.sıradadır. Yonga levha üretiminde ise Dünya'da 5. Sırada Avrupa'da ise 3. sırada yer almaktadır. (OAİB, 2015).

Levha sektöründe toplam kurulu kapasite 12,1 milyon m<sup>3</sup>'tür ve kapasite kullanım oranı %75-%85 arasında değişmektedir. 2016 yılında 9,2 milyon m<sup>3</sup> olarak gerçekleşen üretimin sadece %10-%15'i ihraç edilmiştir. 2017 yılında kurulu kapasite oranı yonga levhada 5 milyon 113 bin m<sup>3</sup>/yıl, MDF'de 6 milyon 779 bin 200 m<sup>3</sup>/yıl olarak gerçekleşmiştir. 2019 yılının sonunda faaliyete geçmesi planlanan 4 yeni üretim tesisi ile toplam kurulu kapasite %10 daha artacaktır (ORSİAD, 2019).

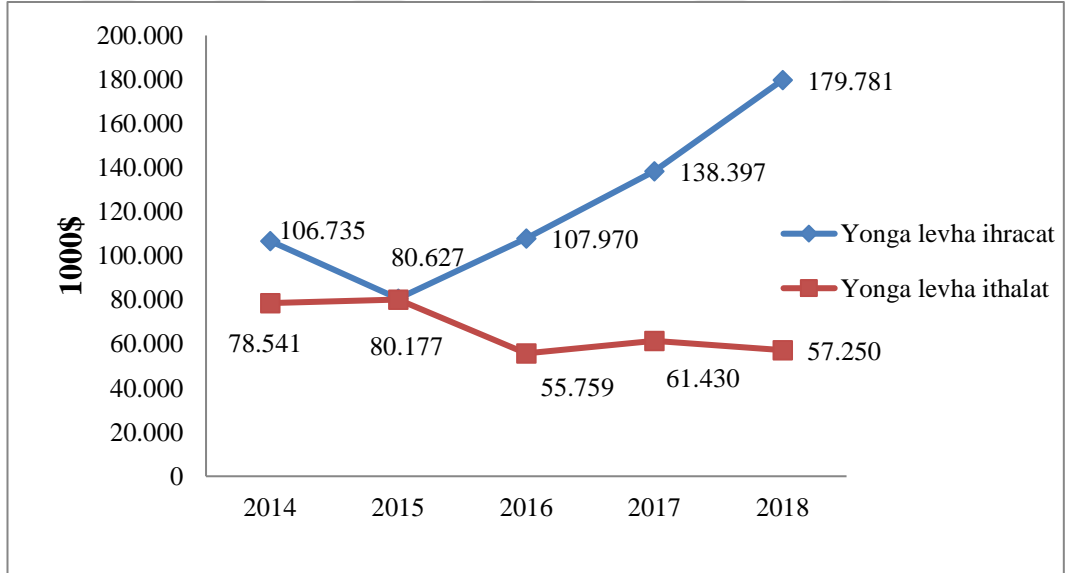
Faostat 2017 yılı verilerine göre Türkiye'de yıllık yonga levha üretimi 2010 yılında 3.060 milyon m<sup>3</sup> iken 2017 yılında 4.286 milyon m<sup>3</sup>'e ulaşmıştır (Şekil 3.1) (Faostat, 2019).





Şekil 3.1. Türkiye 2010-2017 yılları yonga levha üretimi (Foastat, 2019)

2018 yılında Dünya yonga levha ihracatında 9.287.823 milyon\$'la Kanada 1. sırada, 1.998.510 milyon\$'la Avusturya 2. Sırada, 915.795 bin\$'la Almanya 3. sırada ülkemiz de 179.781 bin\$ ihracat rakamı ile 15. sırada yerini almıştır (Trademap, 2019). 2014-2018 yılları yonga levha ihracat ve ithalatı değişimi Şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2 Türkiye 2014-2018 yonga levha ihracat ve ithalatı (Trademap, 2019)

1 m<sup>3</sup> yonga levha üretimi için gerekli girdiler;

Odun: 2-3 ster

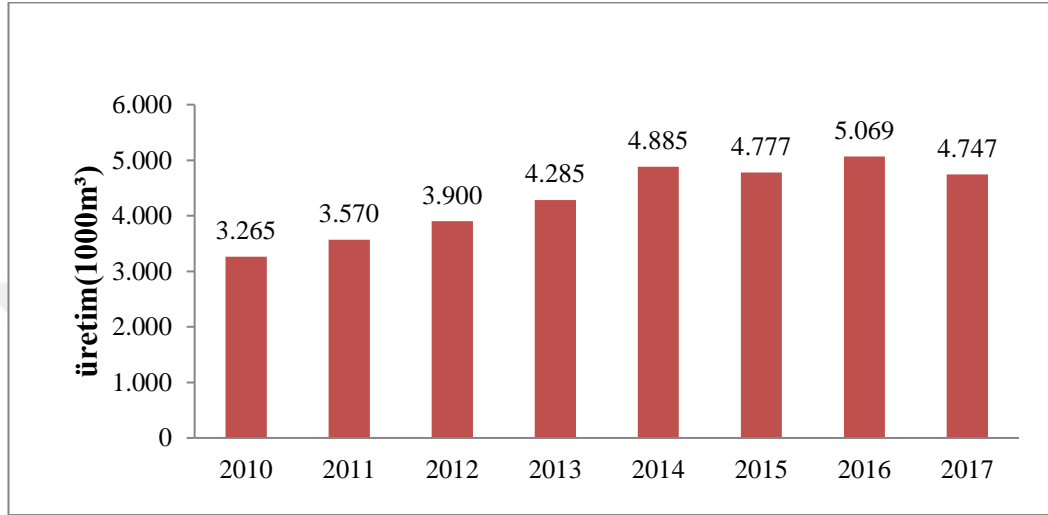
Tutkal (%65 katı madde): 90-100 kg

Fuel oil: 12 kg

Elektrik enerjisi: 150-160kWh

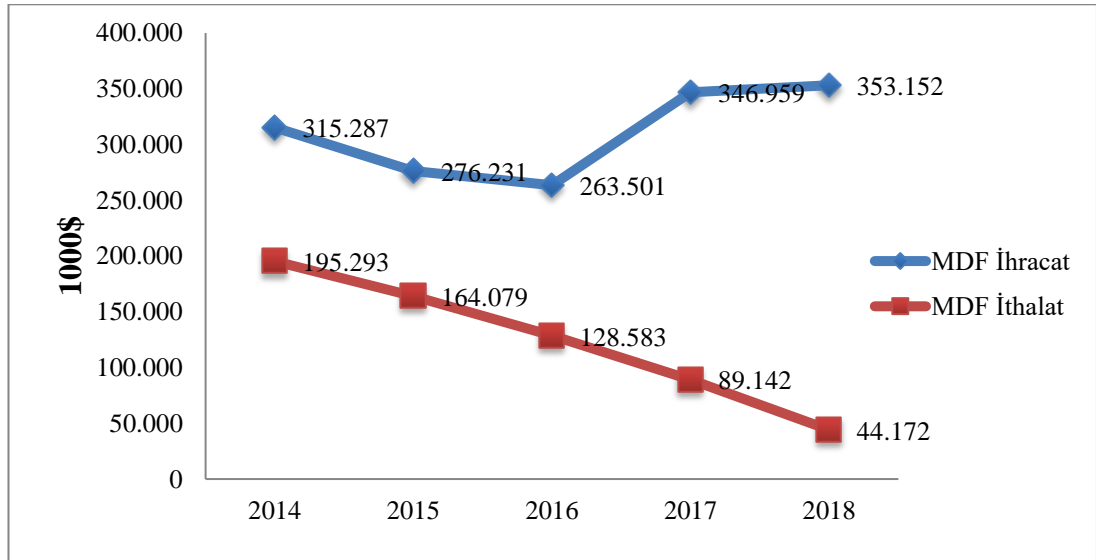
İşçilik: 3 saat olarak sıralanabilir (DPT, 2007).

Türkiye’de ilk defa 1984 yılında Ordu’da Çamsan A.Ş. tarafından kurulan tesiste MDF üretimine başlanmıştır (ORSİAD, 2019). 2010-2017 yılları arasında gerçekleşen MDF üretim miktarı değişimi Şekil 3.3’de verilmiştir.



Şekil 3.3. Türkiye 2010-2017 yılları MDF üretimi (Foostat, 2019)

2018 yılı Dünya MDF ihracatında Ülkemiz 7. Sırada yer almıştır. İlk üçte sırasıyla Almanya, Çin ve Polonya bulunmaktadır (Trademap, 2019). 2014-2018 yılları MDF ithalat ve ihracat değişimi Şekil 3.4’de verilmiştir.



Şekil 3.4. 2014-2018 MDF ihracat ve ithalatı (Trademap, 2019)

1m<sup>3</sup> MDF üretimi için gerekli olan girdiler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

Odun: 852 kg (3,5-4,5 ster)

Tutkal: (%65 katı madde):75 kg

Parafin: 7,5 kg

Sertleştirici ve diğer katkı maddeleri: 2 kg

Elektrik enerjisi: 300kWh

Yakacak odun: 100 kg (Isı enerjisinin %70-100'ü kabuk, zımpara tozu, odun ve levha boyutlandırılması sırasındaki artık parçalardan oluşmaktadır).

Toplam enerji ihtiyacı: 8,5 Mcal

İşçilik:11-12 saat olarak verilebilir (DPT, 2007).

### **3.1.3. Kullanılan veriler**

Bu çalışma kapsamında mikro ölçekte işletme düzeyinde elektrik tüketiminin aylar itibariyle tüketimi tahminlenmesi için dört girdi verisi ve bir çıktı verisi kullanılmıştır. Girdi verisi olarak; 1-Aylık üretim miktarı (m<sup>3</sup> yonga levha) 2-Ayların rassal endeksi, 3- Mobilya sanayi ihracat değerleri, 4- Sanayi üretim endeksi verileri kullanılmıştır. Çıktı olarak da üretim tesisinde harcanan aylık elektrik tüketimi kullanılmıştır. Bu veri işletmenin talebi doğrultusunda bilgi mahremiyetini sağlamak amacıyla kW değerinden uyarlanarak birim watt (bW) birimi ile gösterilmiştir. İşletmeye ait veriler normalize edilerek, ikincil veriler ise kaynağından alındığı şekliyle Ek A'da verilmiştir. İşletmeden elde edilen ham veriler firma tarafından uygun görülmemesi nedeniyle paylaşılmamıştır.

### **Aylık üretim miktarı**

İşletmenin elektrik tüketimini etkileyen ana faktör üretim miktarıdır. Üretimdeki artış veya azalış miktarındaki dalgalanmaya göre elektrik tüketim miktarıda değişim gösterecektir. Çünkü elektrik tüketimi mamül üretiminin doğrudan bir fonksiyonudur. Ancak modelin doğası gereği geçmiş ayın üretim verisi ile geçmiş ayın elektrik tüketimini değil sonraki dönemin elektrik tüketimi tahmin edilmeye çalışılmaktadır. Buradaki dönem değişimi tüketime olan farklı faktörlerin etkisinde içermektedir.

## **Ayların rassal endeksi**

Levha üretiminin en büyük pazarı mobilya sektörüdür ancak mobilya pazarı sezonsaldır. Levha üreticileri talebin yoğun olduğu dönemlerde doğrudan pazara ürün sunarken talebin düşük olduğu özellikle kış aylarında stoğa üretim yapmak suretiyle üretim kapasitesini dengede tutmaya çalışmaktadırlar. Ancak stok alanlarının yetersiz olması ve moda trendindeki gelişmeler stok için üretimi sınırlandırırken firmaları talep doğrultusunda üretim yapmaya zorlamaktadır. Bu nedenle aylık üretim değerleri her ay için sabit olmayıp belirli bir düzen dahilinde dağılım göstermektedir. Bu dağılımın düzeninin (dağılım tipi) tespit edilebilmesi uzun süreli kapsamlı çalışmalara ile mümkün olabilir. Ancak bu çalışma kapsamında elde edilen veriler (dört yıllık veri) değerlendirilerek sezonsal etkinin modele aktarılabilmesi amacıyla yıllar farklı olsada dönemlerin kendi içerisinde belirli bir ortalama ve standart sapma ile normal dağıldığı öngörülmektedir. Bu dalgalanmanın enerji tüketimindeki etkisi de sezonsal olarak farklılık göstermekle birlikte ilgili dönem için (burada dönem bir ay olarak alınmıştır) farklı yıllar dahi olsa normal dağılım göstereceği öngörülmüştür. Bu kapsamda ayların rassal endeksi verisi hesaplanırken öncelikle bir yıllık üretimden her ayın aldığı üretim payı (%) hesaplanmıştır. Bu işlem 2014-2017 yıllarını kapsayacak şekilde 48 ay için gerçekleştirilmiştir. Daha sonra her dönem (ay) için dönem paylarının ortalama ve standart sapmaları hesaplanmıştır. Böylece elde edilen parametreler kullanılarak normal dağılım fonksiyonu ile tahmin ufkündeki tüm dönemler için rassal sayı endeksleri üretilebilir olmuştur. Tüm hesaplamalar ve rassal sayı üretimleri MS Excel yazılımı üzerinde kolaylıkla gerçekleştirilebilmektedir.

## **Ağaç Mamülleri ve Orman ürünleri ihracat rakamları**

Ağaç mamülleri ve orman ürünleri sektörü geniş ürün yelpazesi ve birçok sektörün ana ham maddesi olması sebebiyle ekonomik kalkınmada önemli bir paya sahiptir. Ağaç mamülleri ve orman ürünleri sektörünün önemli bir kolu olan levha sektörü ormandan başlayarak mobilyaya dönüşümüyle nihai ürün olarak tamamlanan katma değeri en yüksek ürünler grubundadır. Türkiye levha sektörü 139 ihracatçı ülke arasında 21.sırada yer almaktadır. Türkiye 2016 yılında levha sektöründe 440 milyon 870 bin dolarlık ihracatının 319 milyon 335 bin dolarını MDF ve lif levhalar, 107

milyon 996 bin dolarını ise yonga levha ve OSB levhalar, 13 milyon 538 bin dolarında kontraplak ile gerçekleştirmiştir (AİMSAD, 2017).

İşletme tarafından üretilen ürünün ikame piyasasının uluslar arası piyasalar olduğu göz önüne alınarak ağaç mamülleri ve orman ürünlerindeki aylık ihracat miktarındaki artışın ve azalışın işletmedeki üretimi dolayısıyla üretimdeki değişimin elektrik tüketimini etkilemesi sebebiyle bu veri kullanılmıştır.

### **Mobilya imalatı sanayi üretim endeksi**

Mobilya sektörünün yarı mamül ihtiyacını yonga ve lif levha sektörü karşılamaktadır. Dolayısıyla mobilya imalatındaki artışlar doğrudan levha sektöründeki üretimi etkilemektedir. Çalışma yapılan işletmenin levha sektöründe yer alması nedeniyle mobilya imalatındaki üretiminden doğrudan etkilendiği varsayılarak modelde bu verinin kullanılmasına karar verilmiştir.

Çizelge 3.1’de herbir değişken, bu değişkenlere ait bilgiler ve modelle kullanılma nedenleri kısaca özetlenmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan verilerin kaynağı ve kullanım nedeni

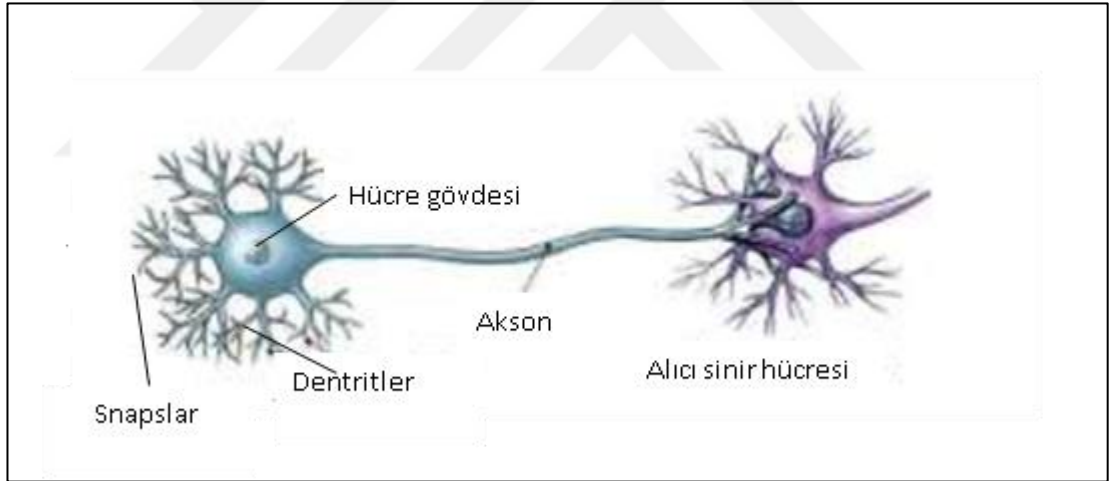
Değişken	Verinin Tanımı	Verinin Kaynağı	Kullanılma Nedeni
X <sub>1</sub>	Aylık üretim değerleri 2014-2017 yıllarına ait aylık veriler	İşletme	Elektirik tüketimini etkileyen en önemli faktörün üretim miktarı olması sebebiyle kullanılmıştır.
X <sub>2</sub>	Ayların rassal endeksi	İşletme verilerine simülasyon işlemi uygulanıp tarafımızdan yeni veri seti elde edilmiştir.	Levha üretiminin en büyük pazarı mobilya sektörüdür ancak mobilya pazarı sezonsaldır. Üretim verilerinden dönemlik (aylık) rassallık değeri elde edilip MS Excel ile simülasyon işlemine tabi tutulmuş rassal endeks (ağırlık) değeri hesaplanmıştır. Böylece sezonsal etkinin satışlar üzerindeki değişkenliği modele yansıtılmaya çalışılmıştır.
X <sub>3</sub>	Ağaç mamülleri ve orman ürünleri ihracat rakamları	TİM (Türkiye ihraacatçılar meclisi) <a href="http://www.tim.org.tr">www.tim.org.tr</a>	İşletme tarafından üretilen ürünün ikame piyasasının uluslar arası piyasalar olduğu göz önüne alınarak ağaç mamülleri ve orman ürünlerindeki aylık ihracat miktarındaki artışın ve azalışın işletmedeki üretimi dolayısıyla üretimdeki değişimin elektrik tüketimini etkilemesi sebebiyle bu veri kullanılmıştır.
X <sub>4</sub>	Mobilya imalatı sanayi üretim endeksi	TÜİK (Türkiye istatistik kurumu) <a href="http://tuik.gov.tr">tuik.gov.tr</a>	Sanayi üretim endeksindeki değişimin işletmedeki üretimi bu durumda enerji tüketimini etkileyeceğinden kullanılmıştır.
Y	Aylık elektrik tüketimi	İşletme	Belirlenen girdi verisi faktörleri neticesinde çıktı verisi olarak elektrik tüketimi kullanılmıştır.

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Yapay sinir ağları

#### 3.2.1.1. Yapay sinir ağlarının tanımı

Yapay sinir ağları biyolojik sinir sistemi çalışma yapısına benzetilerek tasarlanmış olan bilgisayar programlarıdır. Bilindiği gibi sinir hücrelerinin en küçük yapı taşı olan nöronlar çeşitli şekillerde birbirine bağlanarak ağ yapısını oluşturmaktadır. Birbirine bağlanmış olan ağlar öğrenme, hafızaya alma ve veriler arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarma yeteneğine sahiptir. Kısaca YSA'lar insan beyninin yapabildiği düşünme, gözlemleme ve probleme çözüm üretme becerilerini bilgisayar ortamında yapabilen teknolojidir (Yurtoğlu, 2005). Şekil 3.5'de bir sinir hücresi modeli verilmiştir.



Nöronlar hücre gövdesi, dendrit, akson ve snapslar olmak üzere dört bölümden meydana gelmektedir. Hücreye gelen girişler dendritlerde toplanır. Toplanan bu bilgiler hücre çekirdeğine iletilerek burada işlenir. İşlenen bilgiler bir sonraki hücrenin çekirdeğine aksonlar vasıtasıyla aktarılır. Biyolojik sinir hücresinde bir hücreden diğerine bilgi alışverişi bu metodoloji üzerine devam etmektedir (Ersoy ve Karal, 2012).

Günümüzde birçok probleme çözüm üretebilecek beceriye sahip YSA'lar için farklı tanımlamalar mevcuttur. Tanımların ortak noktalarından biriside YSA'ların birbirlerine sıralı olarak bağlı ve paralel çalışabilen sinir hücrelerinden meydana gelen yapılar olduğu ifadesidir. Proses elemanları olarak adlandırılan bu hücrelerin birbirleriyle yaptıkları her bir bağlantının değeri olduğu kabul görmektedir. Bu elemanların birbirleriyle yaptığı bağlanmalar sonucu ortaya çıkan yapıya yapay sinir ağı denmektedir (Öztemel, 2016).

Biyolojik sinir hücresinin işleyişini temel alıp bu noktada matematiksel olarak modellenen yapay sinir ağlarının ana varsayımları şunlardır;

- Nöronlar vasıtasıyla bilgi işleme süreci yürütülür
- Nöronlar arası bağlantılar sayesinde diğer bir hücreye sinyal iletilir.
- Nöronların arasındaki her bir bağlantının ağırlık değeri vardır.
- Bir nöronun net çıktısı girdinin aktivasyon fonksiyonundan geçirilmesi sonucu hesaplanmaktadır (Hamzaçebi, 2011).

### **Yapay Sinir Ağlarının Genel Özellikleri**

Klasik programlamada problemin, probleme ait girdi ve çıktı değişkenlerinin ve çözüme ait sürecin net olarak tanımlanması şartı ile istenen çözüme ulaşılabilmektedir. İnsan beyninin çalışma prensiplerini örnek alan YSA'lar ise doğrusal olmaması, verilerin yapısından öğrenmesi, genelleme yapabilmesi, uyarlanabilir olması ve hata toleransı ile kolay modellenebilmekte ve çözüme daha kolay ulaşılabilmektedir.

### **Doğrusal olmama**

YSA'yı oluşturan yapay sinir hücreleri (YSH) için tercih edilen aktivasyon fonksiyonu sayesinde doğrusal ve doğrusal olmayan modelleme gerçekleştirilebilmektedir. Günlük hayatta karşılaşılan birçok problem doğrusal olmayan ilişkiler içerdiğinden YSA'nın bu özelliğinin önemi fark edilmektedir (Hamzaçebi, 2011).



## **Veri yapısından öğrenme**

YSA'nın öğrenme sistemi ödül ceza yöntemi olarak değerlendirilebilmektedir. Bir veriye doğru tepki veren yapıda ağırlık değeri artırılmaktadır. Bu sayede gelecekte benzer girdili verilere benzer ağırlık değeri atanmakta ve benzer sonuçlar üreten ağ yapısı elde edilmektedir.

İstenmeyen çıktılar üreten yapının ise ağırlık değeri düşürülmekte gelecekteki aynı veriler için ezberleme yapmadan farklı ağırlık değerleri ataması gerektiği öğretilmektedir (Şahin, 2002). Veri yapısındaki işleyişi atanmış ağırlık değerleri ile çözümleyen YSA ağına hiç görmediği veriler tanıtıldığında tahminlemede başarılı sonuçlar verebilmesi bu özelliğinden kaynaklanmaktadır.

## **Genelleme Yapabilme**

YSA, üzerinde çalışılan problemi öğrendikten sonra ağa tanıtılan test verileri içinde istenen sonucu verebilmektedir. Örneğin, karakter tanıma amacı ile eğitilen YSA'da girdi verilerinde bozuk veriler olsa dahi sonuçta doğru bir karakter tanımlaması yapabilmektedir. Ayrıca eğitilmiş bir YSA modelinde eğitim sırasında tanıtılmamış veriler için sistemle aynı davranışı sergileyebilmektedir (Ergezer vd., 2003).

## **Uyarlanabilir olma**

Bir problem için eğitilen YSA'da ağırlık değerleri atanması ile çözüm elde edilmektedir. Problemin değişmesiyle birlikte bir önceki çözümde kullanılan ağırlık değerleri aynen kullanılmamaktadır. Her bir problem birbirinden bağımsız olarak değerlendirilmektedir. Bu özelliği ile YSA birçok probleme uyarlanabilmektedir.

## **Hata Toleransı ve Esneklik**

İnsan beyninin çalışma sistemini örnek alan YSA'lar geleneksel sistemlerden farklı işlem gerçekleştirilmektedir. Geleneksel sistemlerde işlemler tek bir merkezi eleman ile sıralı olarak yapılmaktadır. Seri bilgi işleme yapan geleneksel sistemde bir birimdeki hata sebebiyle sistemin kısmen ya da tamamen bozulması tüm sistemi bozulmasına veya hatalı çalışmasına sebebiyet verebilmektedir. YSA sisteminde ise problemin her bir bölümüyle ilgilenen yapay sinir hücreleri vardır. Birbirine bağlı bu hücrelerin her birine atanmış ağırlık değerleri esnetilebilmektedir. Ağ yapısının bir bölümündeki bozulma esnetilebilme inisiyatifi sayesinde sisteme performans

düşüklüğü olarak yansımakta ve model işlevini tamamen yitirmediği için çözümde büyük problemler yaratmamaktadır. Bu yönleriyle YSA'lar geleneksel yöntemlere göre hatayı tolere etmede daha başarılıdırlar (Yurtoğlu, 2005).

YSA ile ilgili uygulamalar incelendiğinde birçok alanda yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir. Geçmişte laboratuvar alanında yürütülen çalışmalar için veriler simülasyon yöntemi ile elde edilmekteydi. Günümüzde gerçek veriler ile ağların eğitilmesiyle YSA ile hemen hemen her alanda çalışma yapılabilmektedir. Aşağıdaki Çizelge 3.2'de YSA'nın kullanım alanlarından bazılarına örnek verilmiştir (Öztemel, 2016).

Çizelge 3.2.Yapay sinir ağlarının uygulama ve kullanım alanları (Öztemel, 2016)

Uygulama Alanı	Kullanım Alanı
Endüstriyel	İmalat sektörü ve ürün tasarımı
	İşlerin makinalara atanması ve çizelgeleme
	Gezgin satıcı problemi
Finansal	Kredi kartı hilelerinin tespiti
	Makro ekonomik tahminler
	Döviz kuru tahminleri
Askeri	Hedef tanıma ve takip sistemleri
	Askeri uçakların uçuş yönünün belirlenmesi
	Mayın detektörleri
Sağlık	Hastalıkların teşhisi ve resimler ile hastalık türü tanıma
	Hamile kadınların bebeklerinin kalp atışlarının incelenmesi
	Solunum hastalıklarının teşhisi
Diğer Alanlar	Veri madenciliği
	Petrol ve gaz araması
	Büyük inşaat projelerinde maliyet tahmini

YSA'lar geleneksel yazılımlarla çözülemeyen birçok problemin çözülebilir hale gelmesini sağlamaktadırlar. Öğrenme kurallarını değiştirmeden yalnızca öğretme aracını değiştirerek sistemin öğrenmesi sağlanabilmektedir. Belirsiz ve eksik bilgileri

işleyebilen en güçlü çözüm araçlarından biri sayılmaktadır. Bu avantajlarının yanında sistemde olup bitenlerin açıklanamaması da dezavantajlarından (Öztemel, 2016; Elmas, 2016; Şen, 2004).

### **YSA'nın avantajları**

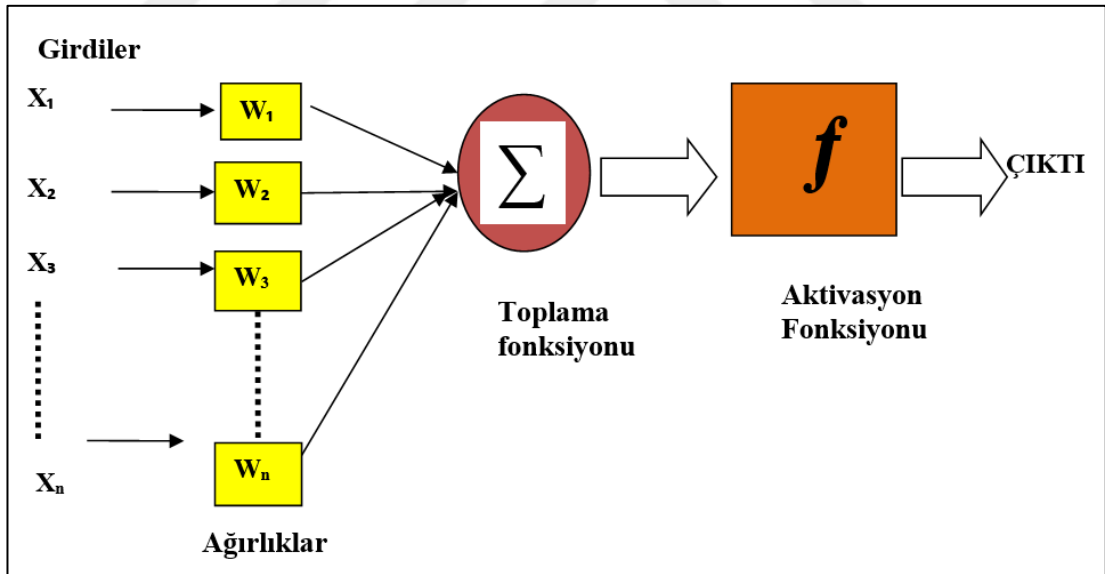
- Matematiksel modele ihtiyaçları yoktur.
- Kural temelli kullanım gereği duymazlar.
- Öğrenme kabiliyetleri vardır. Bu özellikleri sebebiyle farklı öğrenme algoritmaları ile öğrenme işlemini gerçekleştirebilirler.
- Bir problemle ilgili örnekler aracılığıyla olay üzerinde genelleme yapabilme yeteneğini edinebilirler. Bu sayede görmedikleri örnekler üzerinede bilgi üretebilirler.
- Sınıflandırma yapabilme kabiliyetleri vardır. Kümeleme yöntemiyle verileri sınıflara ayırırlar ve ağa yeni tanıtılan verinin hangi sınıfta yer alacağını belirleyebilirler.
- Bir veri setinde eksik veriyi bularak örüntünün tamamını başarılı bir şekilde tahminleyebilirler.
- İstatistikî teknikler ve diğer modelleme teknikleri için olması gereken veri ile ilgili şartlar YSA'da yoktur. Eksik veri ilede çalışabilirler.
- Hata toleransına sahip olmaları nedeniyle ağdaki bazı hücreleri bozulsa bile sistemin çalışmasını devam ettirebilmektedirler.

### **YSA'nın Dezavantajları**

- Sistem içerisinde neler olduğu bilinmemektedir.
- Bazı ağlar ile yapılan işlemler haricinde kararlılık çözümlemesi yapılamamaktadır.
- Bir probleme sunulan çözümde nasıl çözüldüğü ve neden bu çözümün üretildiğine dair bilgi bulmak olası olmadığından sonuca duyulan güven azalmaktadır.

- Genellikle ağ yapısı denemeler sonucunda belirlenmektedir. Bu durum çözümü olan problemin çözülememesi veya çözüm başarısının düşük olmasına neden olabilmektedir.
- Ağa gösterilen veriler olayın tamamını tanıtmada yetersiz olursa başarı elde edilememektedir. Bu nedenle olayı etkileyen sebepler iyi belirlenmeli ve yeterli gözlem değerine ulaşıldıktan sonra YSA ile çalışma yapılmalıdır.
- Ağın fazla uyum sağlamasının altında rastgelelik sebebi olabilmektedir.
- Sadece sayısal veriler ile çalışmaktadırlar. Sayısal olmayan verilerin dönüştürülmesindeki başarı ağın başarısını doğrudan etkilemektedir.

Biyolojik sinir sisteminde bilgi iletimi sinir üzerindeki farklı görevlere sahip birimler sayesinde sağlanmaktadır. Aynı durum yapay sinir hücresi içinde geçerlidir. Yapay sinir hücresi girdiler, ağırlıklar, toplama fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıkış olmak üzere beş bölümden oluşmaktadır. Şekil 3.6'da yapay sinir hücresi yapısı verilmiştir.



Şekil 3.6. Yapay sinir hücresi yapısı (Öztemel, 2016)

### Girişler

Ağın öğrenmesini sağlamak amacıyla verilerin sisteme tanıtıldığı bölümdür. Girişler sisteme dış dünyadan veya bir diğer hücreden gelebilir.

### **Ağırlıklar**

Yapay sinir hücresine tanıtılan girişlerin etkisi belirlenir ve bağlantılı olduğu ağırlık değeri ile çarpılıp bir sonraki bölüme aktarılır. Bu sayede girişlerin çıktı üzerindeki etkisi düzenlenebilmektedir. Ağırlık değerlerinin büyük olması önemlilik veya küçük olması önemsizlik manasına gelmemektedir. Ama değerin pozitif olması olumlu etki negatif olması ise etkinin olumsuz olduğunu göstermektedir. Sıfır olması durumunda herhangi bir etkinin olmadığını gösterir. Ağırlıklar sabit ya da değişken değerler olabilir (Arık, 2014).

### **Toplama Fonksiyonu**

Bir sinir hücresindeki her bir giriş değeri ile giriş değerinin ait olduğu ağırlık çarpılıp toplanarak ağa gelen net girdi hesaplanır.

$$\text{NetToplam} = \sum_i^n X_i W_i \quad (3.1)$$

Burada X girdileri, W ağırlıkları, n ise bir hücreye gelen toplam girdi sayısını belirtmektedir. Daima bu formülün kullanılması şartı bulunmamaktadır. Farklı toplama fonksiyonlarında bazen girdinin değeri bazende gelen girdilerin sayısı önem arz etmektedir. Çoğunlukla deneme yanılma yöntemi ile kullanılacak toplama fonksiyonuna karar verilmektedir. Bazen bir grup girdi aynı, grup dışında kalan girdiler ise farklı toplama fonksiyonlarına sahip olabilir. Çizelge 3.3'de değişik toplama fonksiyonu örnekleri görülmektedir (Öztemel, 2016).

Çizelge 3.3. Toplama fonksiyonları (Öztemel, 2016)

Net Giriş (i=1.....N)	Açıklama
Çarpım Fonksiyonu Net Girdi = $\prod W_i \cdot X_i$	Girdiler ile ağırlık değerleri çarpılır ve sonrasında bulunan değerler birbiri ile çarpılıp net girdi elde edilir.
Maksimum Fonksiyonu Net Girdi = $\text{Max}(W_i \cdot X_i)$	Girdiler ağırlık değerleri ile çarpıldıktan sonra en büyük değer sinir hücresinin net girdisi kabul edilir.
Minimum Fonksiyonu Net Girdi = $\text{Min}(W_i \cdot X_i)$	Girdiler ağırlık değerleri ile çarpıldıktan sonra en küçük değer sinir hücresinin net girdisi kabul edilir.
Çoğunluk Fonksiyonu Net Girdi = $\sum \text{sgn}(W_i \cdot X_i)$	Girdiler ağırlık değerleri ile çarpıldıktan sonra pozitif ve negatif değerlerin sayısı belirlenir. Büyük olan değer sinir hücresinin net girdisi kabul edilir.
Kümülatif Toplam Net Girdi = $\text{Net}(\text{eski}) + \sum(W_i \cdot X_i)$	Girdiler ağırlıklı olarak toplanırvedaha önceki gelen bilgilere eklenerek net girdi bulunur.

### Aktivasyon Fonksiyonu

Yapay sinir hücresinin davranışını belirlemede önemli unsur olan aktivasyon fonksiyonuna öğrenme eğrileri de denilmektedir. Bu fonksiyon toplama fonksiyonuna gelen girişleri işleme tabi tutarak hücreye gelen girişlere karşılık olan çıkışı ortaya koyar (Duman, 2006).

Toplama fonksiyonunda çıktıyı hesaplamada farklı fonksiyonlar kullanıldığı gibi aktivasyon fonksiyonunda da çıktıyı hesaplamada farklı fonksiyonlar kullanılır. Problemin çözümüne en uygun olan fonksiyonun kararına denemeler sonucunda varılır. Örneğin çok katmanlı algılayıcı modelle fonksiyonun türevinin alınabilir olması şartı vardır. Günümüzde bu model için yaygın olarak sigmoid aktivasyon formülü kullanılmaktadır (Öztemel, 2016). Diğer yaygın kullanılan aktivasyon fonksiyonları ve formülleri Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.4. Aktivasyon fonksiyonları ve formülleri (Demuth vd., 2008)

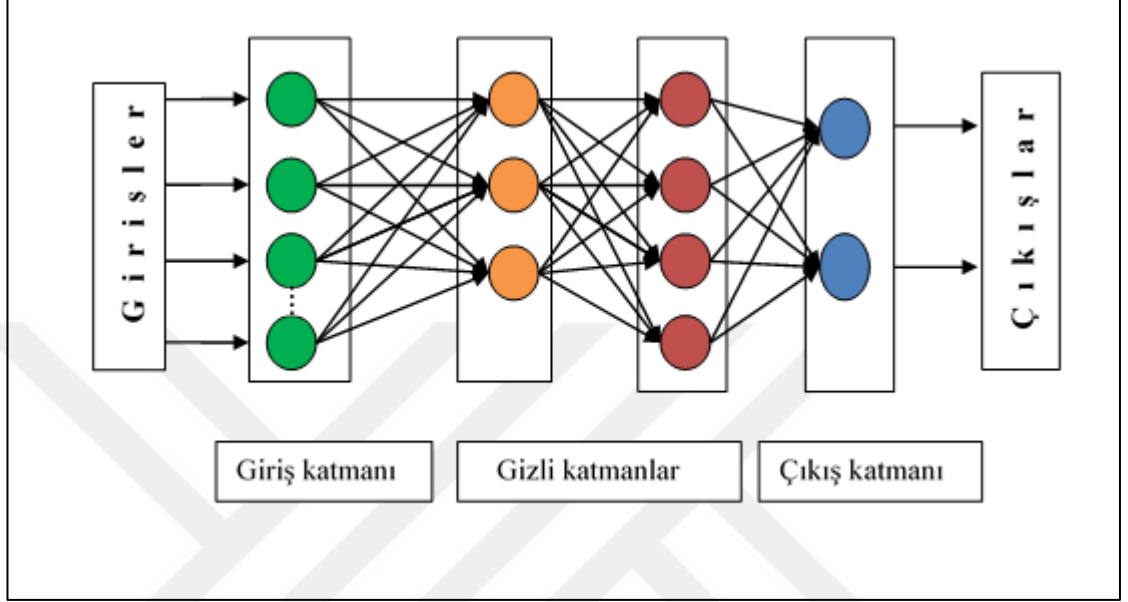
Lineer fonksiyon	$a = n$	
Eşik fonksiyon	$a = 0 \quad n < 0$ $a = 1 \quad n \geq 0$	
Hiperbolik tanjant fonksiyon	$a = \frac{e^n - e^{-n}}{e^n + e^{-n}}$	
Sigmoid fonksiyon	$a = \frac{1}{1 + e^{-n}}$	

### Çıkış

Aktivasyon fonksiyonunda işleme tabi tutulan verilerin dış dünyaya veya diğer sinir hücresine girdi olarak aktarıldığı bölümdür. Geri beslemeli ağlarda bu çıkış değeri nörona tekrardan girdi olarak tanıtılıp kullanılabilir. Bir sinir hücresinde birden fazla girdi değeri olmasına rağmen tek çıktı değeri vardır.

### 3.2.1.2. Yapay sinir ağı yapısı

Yapay sinir ağları birbiriyle ilişkili üç farklı katmandan oluşmaktadır. Bu katmanlar ve arasındaki bağlantılar Şekil 3.7’de gösterilmektedir.



Şekil 3.7. Yapay sinir ağı yapısı (Elmas, 2016)

#### **Giriş Katmanı**

Dış dünyadan gelen girdi verilerinin gizli katmana aktarıldığı bölümdür. Şekilde görüldüğü gibi her bir giriş hücresi bir sonraki birimin elemanlarına bağlanmaktadır.

#### **Gizli Katmanlar**

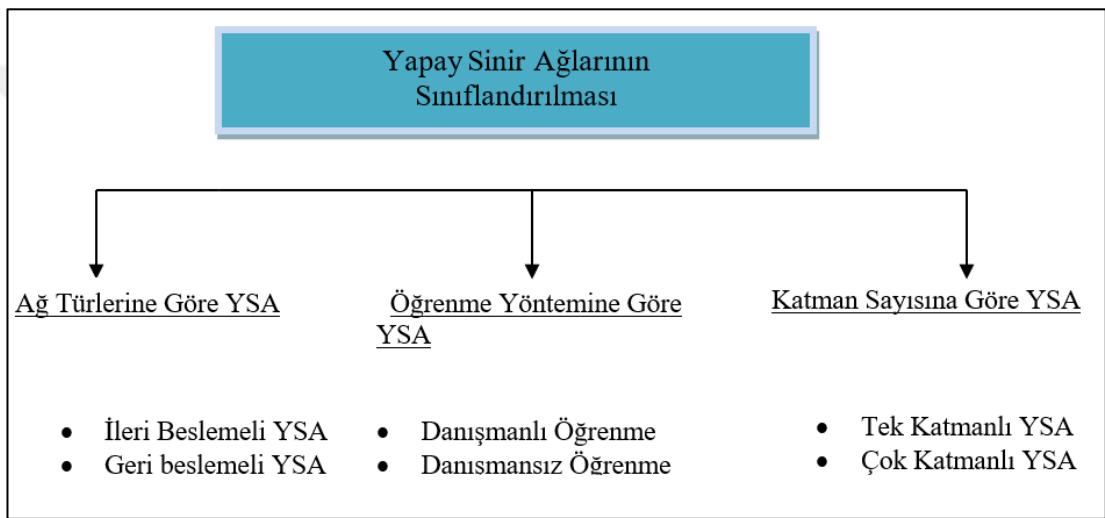
Giriş katmanından gelen bilgiler bu bölümde işlemlerden geçirilerek çıkış katmanına iletilmektedir. Çıkış katmanına iletilen tüm veriler bu katmanda işleme tabi tutulduğundan ağın başarısında gizli katman sayısına, bu katmandaki hücre sayısına ve seçilen aktivasyon fonksiyonuna bağlıdır. Gizli katman sayısı birden fazla olabilmektedir. Bazı durumlarda tek gizli katmanla başarılı sonuçlar elde edilirken bazı durumlarda birden fazla gizli katman kullanarak ağın başarısı artırılabilir. Genellikle katman sayısını ve aktivasyon fonksiyonu türünü belirlemede deneme yanılma yöntemine başvurulmaktadır. Gizli katman sayısını fazla seçilmesi durumunda ağın ezberleme yapması sorunuyla karşı karşıya kalınabilmektedir.



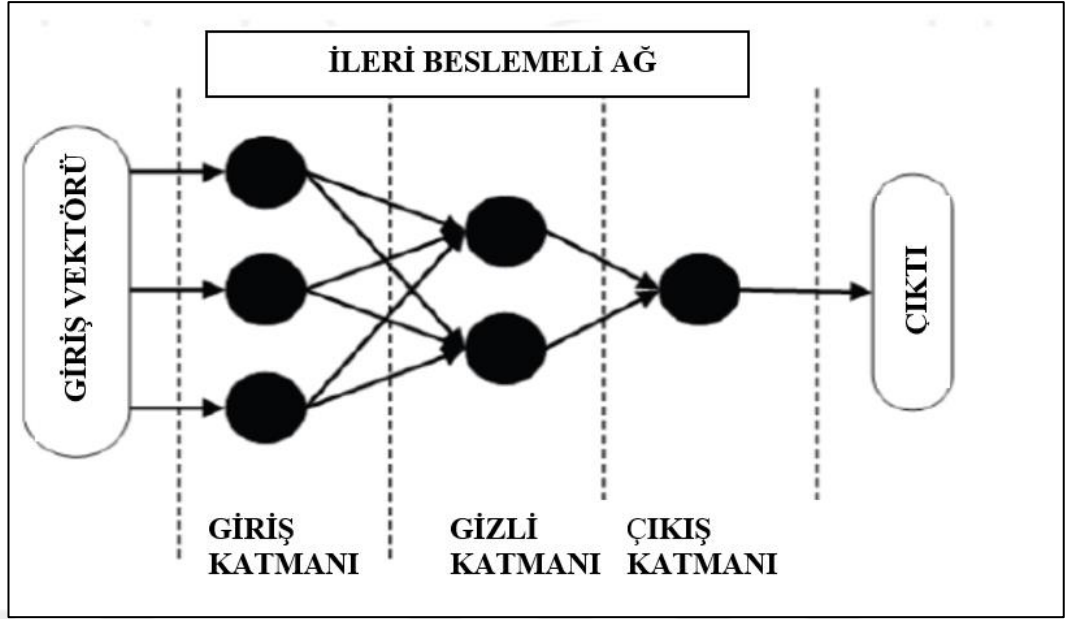
## Çıkış Katmanı

Girdi katmanında ağa tanıtılan girişlere karşılık ara katmanda işlemler sonucu ağın ürettiği olası çözümün dış dünyaya aktarıldığı katmandır. Girdi katmanında birden fazla girdi değeri olmasına rağmen tek bir çıkış değeri elde edilmektedir.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde YSA'lar için farklı sınıflandırmaların mevcut olduğu görülmüştür. Şekil 3.8'de genel olarak tiplerine, öğrenme yöntemlerine, katman sayılarına ve yapısına göre dört ana başlık altında sınıflandırılma yapılmış olup ilerleyen bölümde açıklamaları verilmiştir.

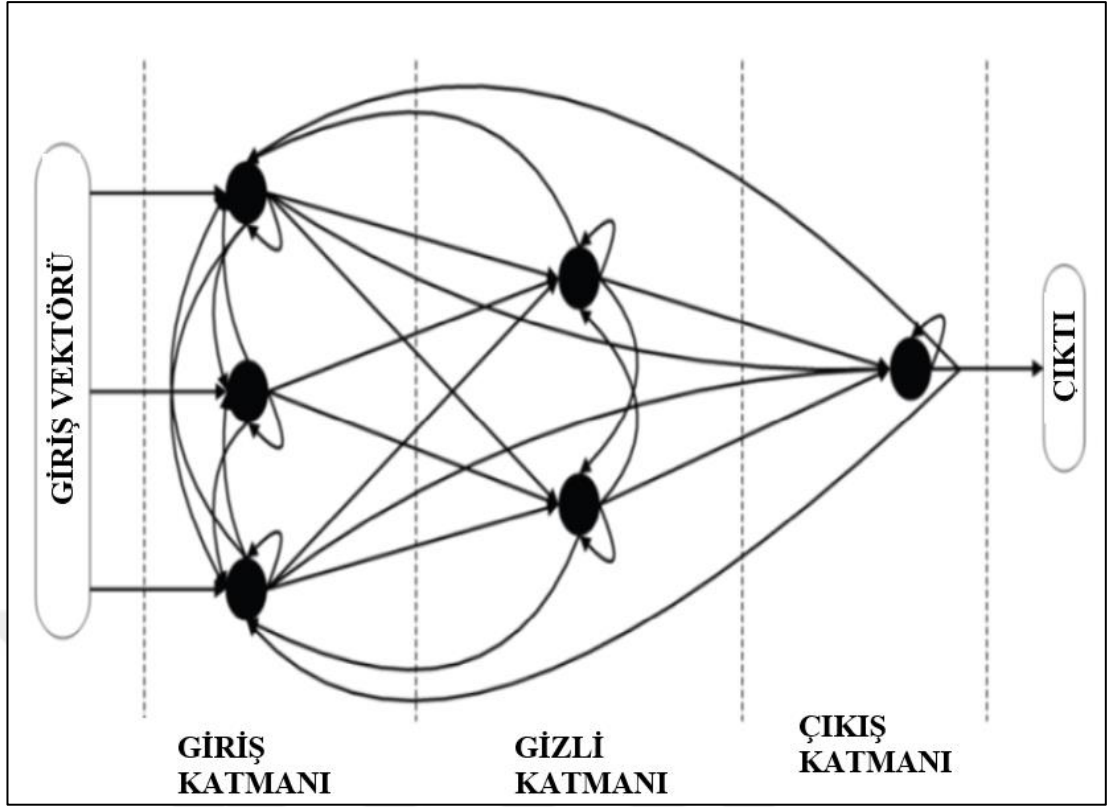


İleri beslemeli YSA'da bilgi akışı girdi katmanından gizli katmana gizli katmandanda çıktı katmanına doğru olmaktadır. Katmanlar arasında geriye doğru bilgi akışı olmamaktadır. Tahminlemedeki başarıları nedeniyle yaygın olarak kullanılan ağ modelleridir (Zhang, 2003). Şekil 3.9'da ileri beslemeli bir ağ yapısı gösterilmektedir.



Şekil 3.9. İleri beslemeli ağ yapısı ve katmanları (Krenker vd., 2002)

İleri beslemeli YSA'larda sadece ileri yönlü bilgi akışı söz konusu iken geri beslemeli YSA'larda geriye doğru bilgi akışı da vardır. Bu durumda dinamik bir ağ yapısının sergilenmesine olanak vermektedir. Herhangi bir verinin sisteme girmesi durumunda iç hafızalarını kullanarak güncel çıktı değerini hesaplamaktadırlar. Hopfield, Elman ve Jordan ağları geri beslemeli ağların örnek olarak verilebilir. Şekil 3.10'da geri beslemeli ağ türü ve katmanları görülmektedir (Krenker vd., 2002).



Şekil 3.10. Geri beslemeli ağ yapısı ve katmanları (Krenker vd., 2002).

Danışmanlı öğrenmede ağı girdi verileri ve bu verilere karşılık gelen çıkış verileri sunularak ağı eğitimi gerçekleştirilir. Bu girdi ve çıkış verilerine çoğunlukla eğitim kümesi denilmektedir. Eğitim kümesindeki her giriş değerine karşılık bir çıkış değeri belirtilmek zorundadır. Eğitim ağı tanıtılan belirli düzendeki giriş verilerine karşılık ağı sunduğu sonuç değerlerinin doğruluk değeri arzulanan seviyenin altına ulaşınca tamamlanır. Ağ çalıştırıldığında eğitim sürecinde kullandığı ağırlık değerlerini değiştirmeden kullanır. Ağı tanıtılan girişlere karşılık istenen çıkış değerleri elde edilemiyorsa ağırlık değerleri değiştirilerek hata seviyesini en küçükleyecek ağırlık değeri belirlenir. Problemin çözümündeki başarı ağı sunulan giriş ve çıkış verilerinin ağı tanıtım şekline ve verilerin nasıl kodlandığına bağlıdır (Elmas, 2016).

Danışmansız öğrenme yönteminde ağı danışmanlı yöntemde olduğu gibi girdi ve çıktı verileri aynı anda verilip eğitime başlanmamaktadır. Ağı sadece girdi verileri verilip bu girdilere ait çıktı verisi verilmemektedir. Giriş verilerini kendi içinde gruplandırarak ağı kendi kurallarını oluşturmaktadır. Öğrenme işlemi ağı bağlantı ağırlıklarının aynı özellikteki veri yapılarını ayırabilecek biçimde düzenlenmesiyle son bulmaktadır (Kaya, 2010).

Danışmanlı öğrenme yöntemine yakınlığı ile bilinen destekleyici öğrenme yönteminde girdi verilerine karşılık çıkış değerinin bilinmesine gerek yoktur. Giriş verilerine karşılık ağıın ürettiği çıkış değerlerini iyi ya da kötü olarak değerlendiren bir denetim sisteminden faydalanılmaktadır. Kriterin değerlendirme ölçütü iki sayıdır ve bu denetim faaliyetlerinin başarısını ifade etmektedir. Optimizasyon problemlerinin çözümünde kullanılan Boltzman kuralı bu öğrenme yöntemine örnek olarak gösterilmektedir (Çuhadar, 2006).

YSA'nın ilk modeli olan Perceptron, Rosentblatt tarafından 1960'lı yıllarda önerilmiştir. Girdi ve çıktı katmanından oluşan ağ yapısına sahip olan tek katmanlı YSA'lar karmaşık problemleri çözmeye yetersizdirler. Geri yayılma algoritmaları ile yakınlığı olduğundan mühim bir yapıdır ve ağ yapısı için eşik değeri önemli bir faktördür. Eşik değeri ağı tasarlayan kişi tarafından ağıın iyi bir sınıflandırma yapabileceği şekilde belirlenmektedir. Girişlerden gelen değerler ağırlıklar ile çarpılarak toplama fonksiyonunda toplanmaktadır. Toplama fonksiyondaki işlem sonucunda elde edilen değer eşik değeri ile karşılaştırılır. Bulunan değer eşik değerinden büyükse sonuç +1; diğer durumlarda ise -1 olarak belirlenmektedir. Bu ağ yapısının öğrenme sistemi hatayı öğrenerek hatayı en aza indirmeye çalışmak üzere kurulmuştur. Kullanılan YSA modeli hata veriyorsa bu durum öğrenme işleminin devam ettiğini göstermektedir (Yılmaz, 2017).

Perceptron, sisteme sunulan giridi-çıkı arasında ilişki doğrusal ise öğrenme yapabilmektedirler. XOR problemini çözmeye başarısız olmasından dolayı YSA çalışmalarına uzun süre ara verilmiştir. Çok katmanlı YSA'ların keşfiyle birlikte doğrusal olmayan problemlere çözüme ulaşmıştır (Yılmaz, 2017).

Çok katmanlı YSA'lar ağıın öğrenmesini istenilen problemin girdi ve çıktıları arasında doğrusal ilişki olmadığı zaman kullanılan modeldir. Bu ağ yapısı danışmanlı öğrenme yöntemiyle eğitilmektedir. Belirlenen problem için toplanan verilerden eğitim seti hazırlanarak ağıa sunulur. Bu eğitim setinden ağıın öğrenme işlemini gerçekleştirip belirlenen en düşük hata değerine sahip çıkış verisi için ağırlık değerleri hesaplanır. Eğitim işleminin başlangıcında rastgele atanan YSA parametreleri öğrenme işlemi sürecinde güncellenerek en uygun bulunan değerler elde edilir. Ağıın çıkış değerinin hesaplandığı ileri yönde hesaplama ve ağırlıkların

güncellendiği geriye doğru hesaplama olmak üzere çok katmanlı ağlar iki türlü hesaplama yöntemi ile öğrenmektedir. İleri yönde hesaplama ile ağın çıkış hata değeri belirlenir ve geriye doğru hesaplama ile bu hata değerini minimum yapacak ağırlık değerleri güncellenir.

Eğitim işlemi istenen sonuçlar elde edilene kadar devam eder. Kullanıcı tarafından istenen öğrenmenin gerçekleştirildiğine karar verilmesi ile ağa test verileri girilir. Test verilerinin hata değerlerine göre ağın öğrendiği ya da eğitim verilerinde ezberleme yaptığı kararına varılır. İleri yönde hesaplamalarda aktivasyon fonksiyonu türevi alınan bir fonksiyon olmalıdır. Giriş katmanındaki proses elemanların net çıktıları şu şekilde hesaplanır (Nabiyev, 2016).

$$NET_j = \sum_{k=1}^n W_{kj} Y_k \quad (3.2)$$

Sigmoid fonksiyonun kullanılması ile çıkış aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$X_j = \frac{1}{1+e^{-z}} = \frac{1}{1+e^{-(NET_j+\beta_j)}} \quad (3.3)$$

$\beta_j$  parametresi sabit olup J elemana bağlanan eşik eleman ağırlığını belirtmektedir.

Eşik değerinin çıkışı her zaman 1 olmaktadır. Ağa sunulan örneklere karşılık ağın ürettiği değer olan  $\zeta_i$  ile beklenen  $B_i$  değerleri birbirinden çıkarılarak hata değeri  $H_i$  hesaplanır.

$$H_i = B_i - \zeta_i \quad (3.4)$$

Geri doğru hesaplama yönteminde bu hata ağırlık değerlerine dağıtılarak bir sonraki iterasyonda hata değerinin azaltılmaya çalışılır. Bunun için katmanlardaki ağırlık değerleri değiştirilerek minimum hataya ulaşılmaya çalışılır. Ağın ürettiği toplam hata ise şu formül ile hesaplanır.

$$E = \sqrt{\sum_i H_i^2} \quad (3.5)$$

E: Ağın ürettiği toplam hata

$H_i$ : Bir proses elamanı için oluşan hata

Ara katman ile çıktı katmanı arasındaki ağırlıkların herhangi bir iterasyondaki değeri belirlenirken eski değerlere değişim oranı eklenerek hesaplama yapılır.  $W_{jm}$  ara katmandaki  $j$ . elemanın çıktı katmanındaki  $m$ . elemanla olan bağlantısının ağırlığını,  $\Delta W_{jm}$  ise ağırlıklardaki değişim oranını ifade etmektedir.

$$W_{jm}(k) = W_{jm}(k - 1) + \Delta W_{jm}(k) \quad (3.6)$$

$\Delta W_{jm}$  değişim oranı ise şu formül ile hesaplanmaktadır.

$$\Delta W_{jm}(k) = \lambda \delta_m X_j + \mu \Delta W_{jm}(k - 1) \quad (3.7)$$

$\lambda$ : Ağırlıkların değişim oranını gösteren öğrenme katsayısı

$\mu$ : Momentum katsayısı

$\delta_m$ :  $m$ . çıkış biriminin hata değeri

$X_j$ : Girdi katmanındaki değişken değerleri

$\delta_m$  parametresi  $f'(NET)$  aktivasyon fonksiyonunun türevi şeklinde hesaplanır ve sigmoid fonksiyonu kullanılması durumunda aşağıdaki formül kullanılmaktadır.

$$\delta_m = f'(NET). E_m = X_m(1 - X_m). E_m \quad (3.8)$$

Çıktı katmanındaki proses elmanlarının eşik değerleri ağırlıkları  $\beta^c$  'nin değişim miktarı birimin çıkışının 1 olacak şekilde aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$\Delta \beta_m^c(k) = \lambda \delta_m + \mu \Delta \beta_m^c(k - 1) \quad (3.9)$$

Eşik değerinin  $k$ . İterasyondaki ağırlığının yeni değeri;

$$\beta_m^c(k) = \beta_m^c(k - 1) + \Delta \beta_m^c(k) \quad (3.10)$$

Ara katman ile çıktı katmanı arasındaki ağırlıkların değişimi hesaplanırken çıktı katmanındaki proses elemanlarının hataları hesaba katılarak aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$\delta_j = f'(NET) \cdot \sum_m \delta_m W_{jm} = X_j (1 - X_j) \cdot \sum_m \delta_m W_{jm} \quad (3.11)$$

Tüm bu işlemler yeni örnekler için bir sonraki iterasyona geçilerek öğrenme tamamlanana kadar devam ettirilir (Nabiyev, 2016).

### 3.2.2. Regresyon analizi

#### 3.2.2.1. Basit doğrusal regresyon

Biri bağımlı diğeri bağımsız iki değişken arasındaki doğrusal ilişkiyi tanımlayan yönteme basit doğrusal regresyon denilmektedir. Değişkenler arasındaki doğrusal ilişkinin denklemi ise;

$$Y_i = \alpha + \beta x_i + e_i \quad (3.12)$$

şeklindedir. Denklemde  $\alpha$ : Sabit katsayı değeri,  $\beta$ :  $x_i$  değişkeninin katsayı değeri,  $e_i$ : Hata değerlerini göstermektedir. Denklemdeki parametrelerin tahmini en küçük kareler yöntemiyle yapılır. Tahmindeki amaç gözlenen  $X_i$  ve  $Y_i$  değerlerini en iyi temsil edecek regresyon doğrusu elde etmektir. Hataların kareleri toplamı minimum yapacak şekilde parametre değerleri hesaplanır. Hesaplama kullanılan denklem ise aşağıda verilmiştir.

$$\sum e_i^2 = \sum (Y_i - \alpha_i - \beta_i)^2 \quad (3.13)$$

Bu denklemde hata kareleri toplamını ( $\sum e_i^2$ ) en düşük yapacak olan  $\alpha$  ve  $\beta$  parametrelerini bulmak için kısmi türevi alınır ve 0'a eşitlenir. Tüm bu işlemlerden sonra aşağıdaki denklemler elde edilir.

$$\hat{\beta} = \frac{\sum X_i Y_i - [(\sum X_i Y_i)/n]}{\sum X_i^2 - [(\sum X_i)^2/n]} \quad (3.14)$$

$$\hat{\alpha} = \bar{Y} - \beta\bar{X} \quad (3.15)$$

Yapılan bu işlemler sonucunda regresyon denkleminin sabit parametreleri elde edilir ve yeni regresyon denklemi aşağıdaki şekilde olur (Efe vd., 2000).

$$\hat{Y}_i = \hat{\alpha} + \hat{\beta}X_i \quad (3.16)$$

### 3.2.2.3. Çoklu doğrusal regresyon

Bir bağımlı ve birden fazla bağımsız değişken arasındaki ilişkinin incelendiği regresyon yöntemine çoklu doğrusal regresyon denilmektedir. İlişkinin durumu aşağıdaki maddelerden birine ya da birkaçına erişmek için irdelenmektedir.

1. Bağımlı ve bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi açıklayan matematiksel modeller ile ilişkinin bağıntılarını tanımlamak.
2. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki karmaşık ilişkiyi ifade edebilmek ve veriyi özetlemek.
3. Bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni etkilediği değişkenler ile bağımlı değişken değerini tahmin etmek.
4. Bağımlı değişkeni etkileyen bağımsız değişkenlerin hangisinin ne oranda bağımlı değişkeni etkilediğinin ilişkisini bulmak.
5. Farklı değişkenlerin dahil olması durumunda katsayı tahmininde bulunmak.
6. Değişkenler arasındaki çoklu korelasyon ve çoklu açıklayıcılık katsayısını hesaplamak.

Çoklu doğrusal regresyon denklemi ise şu şekildedir;

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_j X_j + \dots + \beta_p X_p + \varepsilon \quad (3.17)$$

Burada  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_j, \beta_p$  regresyon katsayılarını  $X_1, X_2, X_j, X_p$  bağımsız değişkenleri  $\varepsilon$  ise hata terimini ifade etmektedir (Alpar, 2013).



### 3.2.3. Verilerin normalizasyonu

YSA'da eğitim ve test verileri ağa verilmeden önce normalizasyon işleminden geçirilir. Bu işlemin amacı veri değerlerini belirli bir sınır değerleri arasında dönüşüme tabi tutarak daha verimli bir eğitim işlemi gerçekleştirmektir. Literatürde kullanılan birçok normalizasyon yöntemi vardır. Aşağıda bazı normalizasyon yöntemleri anlatılmıştır.

#### D\_Min\_Maks Normalizasyonu

Bu yöntem ile tüm veriler 0,1 ile 0,9 arasında normalize değerlere dönüştürülmektedir. Normalizasyon işlemi sayesinde veriler boyutsuz hâle getirilmektedir.  $X_N$  normalize edilmiş değer olup,  $X_i$  girdi verisi,  $X_{\max}$  ve  $X_{\min}$  ise veri setindeki minimum ve maksimum değerleri göstermektedir (Yaşar, 2005).

$$X_N = 0,8 * \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} + 0,1 \quad (3.18)$$

#### Min-Maks Normalizasyonu

Verileri doğrusal olarak normalize etmek için kullanılmaktadır. Minimum verinin en küçük değerini maksimum ise en yüksek alabileceği değeri ifade etmektedir. Verileri 0 ile 1 arasında değerlere dönüştürmek için aşağıdaki formül kullanılmaktadır (Yavuz ve Deveci, 2012).

$$X' = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (3.19)$$

$x'$ : Normalize edilmiş veri değeri

$X_i$ : Girdi değeri

$X_{\min}$ : Girdi seti içerisindeki minimum değeri

$X_{\max}$ : Girdi seti içerisindeki maksimum değeri ifade etmektedir.

#### Z -Skore Normalizasyonu

Ortalama değer ve standart sapma değerleri kullanılarak normalizasyon işlemi yapılmaktadır. Aşağıdaki denklemde  $X_{\text{normal } i}$  normalleştirilmiş veri değerlerini,  $X_i$

ham veri değerlerini,  $\bar{x}$  verilerinin ortalamasını,  $\sigma$  ise standart sapma değerini göstermektedir (Arı ve Berberler, 2017).

$$X_{\text{normal } i} = \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma} \quad (3.20)$$

### 3.2.4. Hata parametreleri

Yapılan tahminin performansını değerlendirmek için literatürde birçok hata parametresi yöntemi kullanılmaktadır. Amaç model için kullanılan hata parametresinde en küçük değeri hesaplamaktır. Parametre seçimi model başarısını ölçmede büyük öneme sahiptir. Aşağıda literatürde yaygın olarak kullanılan hata parametreleri verilmiştir (Makridakis ve Hibon, 1995).

$$\text{MSE} = \frac{\sum (X_t - F_t)^2}{m} \quad (3.21)$$

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum (X_t - F_t)^2}{m}} \quad (3.22)$$

$$\text{MAE} = \frac{\sum |X_t - F_t|}{m} \quad (3.23)$$

$$\text{MAPE} = \frac{\sum_{t=1}^m \left| \frac{X_t - F_t}{X_t} \right|}{m} * (100) \quad (3.24)$$

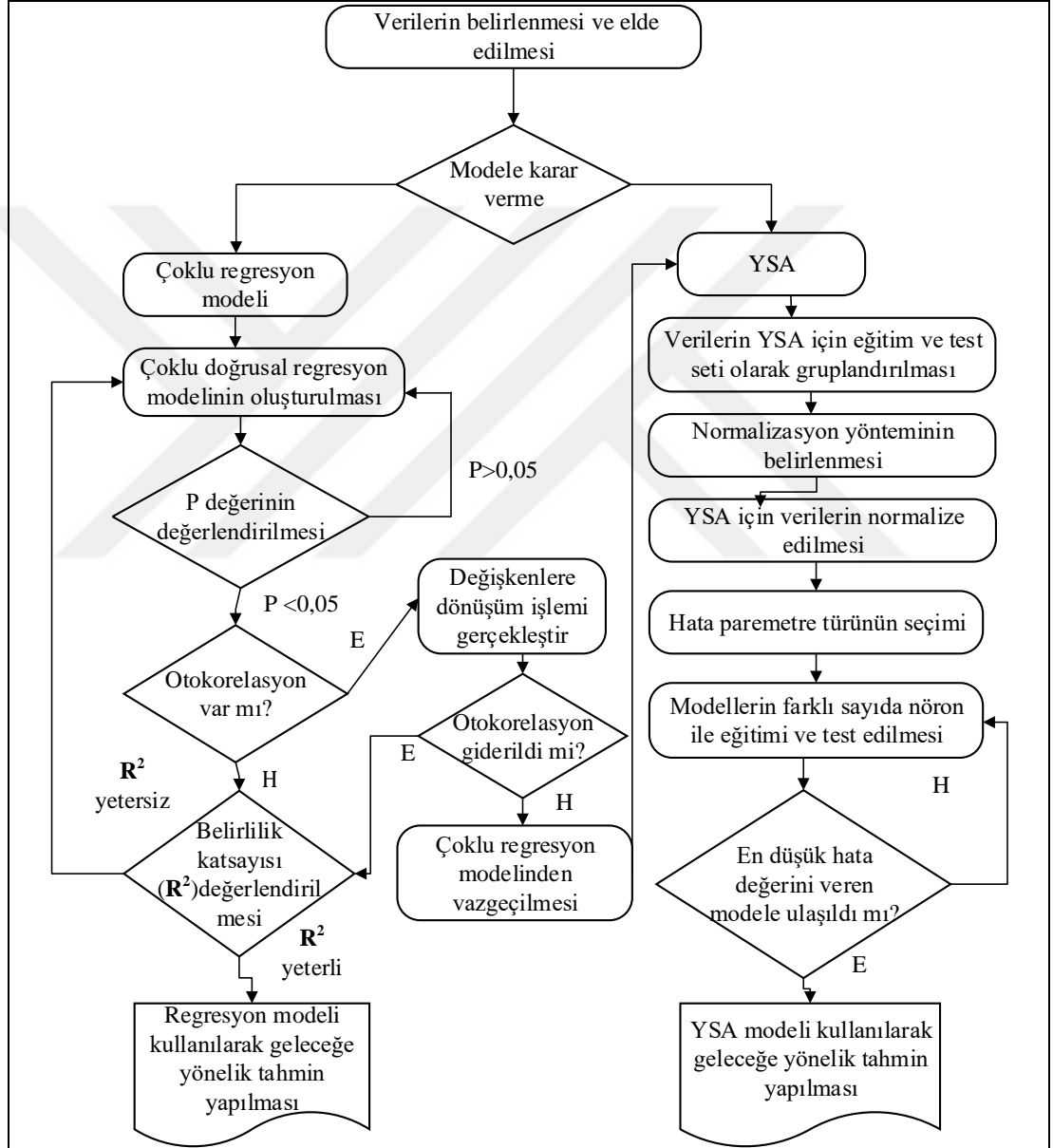
$X_t$ : t sayıda değişkene ait gerçekleşen değer

$F_t$ : t sayıda değişkenin tahmin edilen değeri

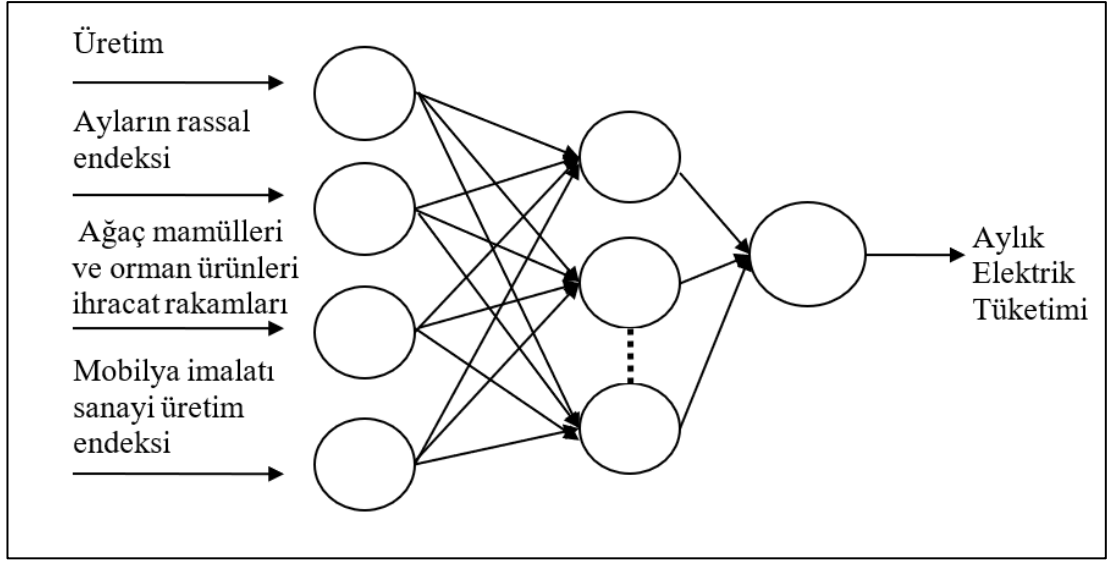
m: ngrlen dönem sayısı

#### 4. BULGULAR

Çalışmaya esas işletmeden ve ikincil veri kaynaklarından temin edilen verileri kullanarak işletmenin gelecek döneme ait enerji tüketimini en doğru şekilde tahmin etmek amacıyla model geliştirme ve modelin test edilme aşamalarını ortaya koyan ve tez çalışmasında takip edilen metodoloji Şekil 4.1’de ayrıntılarıyla verilmiştir.



YSA’da kurulan ağ yapısı Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.2. YSA ağ yapısı

#### 4.1. YSA Eğitim ve Test Veri Setinin Belirlenmesi

Bağımsız ve bağımlı değişkenlerin 2014-2017 yıllarına ait toplamda 240 adet aylık veri ile model kurulmuştur. Zhang vd. (1998)'e göre YSA'da eğitimin başlangıcındaki en önemli sorunun seçilen bağımlı ve bağımsız değişkenlerin eğitim ve test verisi olarak bölünmesi işlemidir (Zhang vd., 1998). Bu sorunun genel bir çözümü olmaması nedeniyle problemin yapısı, veri tipi ve veri setinin büyüklüğü gibi faktörler göz önüne alınarak karar verme işlemi gerçekleştirilebilir. Literatürde yaygın olarak %90-%10, %80-%20 veya %70-%30 gibi eğitim ve test veri dağılım örnekleri kullanıldığı gözlemlenmektedir. Bu çalışmada değişken veri dağılımları deneyerek test verilerini tahminlemede en düşük hata değerinin veren YSA ile bir sonraki yılın aylık elektrik tüketimi tahminlenmiştir.

#### 4.2. Verilerin Normalizasyonu

Birçok veri setinde çok büyük ve çok küçük değerler yer alması nedeniyle ayırık değerler söz konusudur. Bu durum dağılımın modellenmesini zorlaştırmakta ya da model güvenilirliğini düşürmektedir. Bu nedenle veriler, her bir değer 0 ile 1 aralığında değerler alacak şekilde düzenlenerek normalizasyon işlemi gerçekleştirilir böylece bu sorunun önüne geçilebilmektedir. Literatürde çeşitli normalizasyon yöntemleri yer almaktadır. Bu çalışmada verileri 0,1 ile 0,9 aralığında dönüştüren D\_Min\_Maks normalizasyonu kullanılmıştır. Denklem 4.1 Normalizasyon formülü

ve Çizelge 4.1 Veri setinden örnek değerler verilmiştir. Ayrıntılı veriler Ek. A'da çizelge halinde sunulmuştur.

$$X_N = 0,8 * \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} + 0,1 \quad (4.1)$$

Çizelge 4.1. Normalize değerler veri çizelgesi

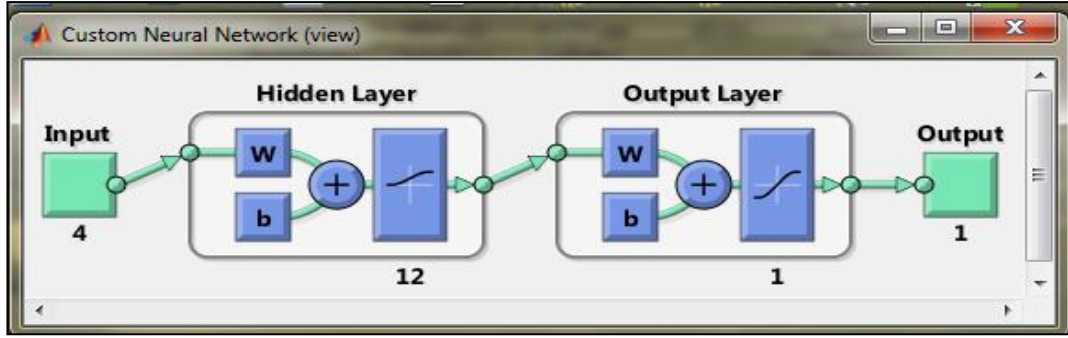
Aylar	İhracat	Üretim	Sanayi Üretim	Rassal Endeks	Aylık Elektrik Tüketimi
Ocak 2014	0,5120	0,1000	0,2675	0,2918	0,1000
Şubat 2014	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....
Aralık 2017	.....	.....	.....	.....	.....

### 4.3. YSA'nın Tasarımı

Çalışmada kullanılan eğitim ve test verileri %50 eğitim- %50 test, %60 eğitim-%40 test, %70 eğitim- %30 test, %75 eğitim- %25 test, %80 eğitim- %20 test, %85 eğitim- %15 test, %90 eğitim- %10 test olmak üzere yedi gruba ayrılmıştır. Her bir veri grubu için MATLAB® programı YSANN Toolbox arayüzü ile ileri beslemeli geri yayılım ağı kurulmuştur. Ağların eğitiminde çeşitli gizli nöron sayıları kullanılıp hata değerleri karşılaştırılmıştır. Deneme yöntemleri sonucunda belirlenen ve her bir ağ yapısı için aynı kullanılmasına karar verilen parametreler Çizelge 4.2'de gösterilmiştir. Şekil 4.3'de MATLAB'da oluşturulan ağ yapısı verilmiştir.

Çizelge 4.2. YSA'larda kullanılan parametreler

Eğitim Fonksiyonu	Traingdx
Öğrenme Fonksiyonu	Learngdm
Aktivasyon Fonksiyonu	Log-sigmoid
Performans Türü	MSE (Hata kareleri ortalaması)
Gizli Katman Sayısı	1
Çevrim Sayısı	1000
Momentum Katsayısı	0.8
Öğrenme Katsayısı	0.01



Şekil 4.3. MATLAB’da oluşturulan ağ yapısı

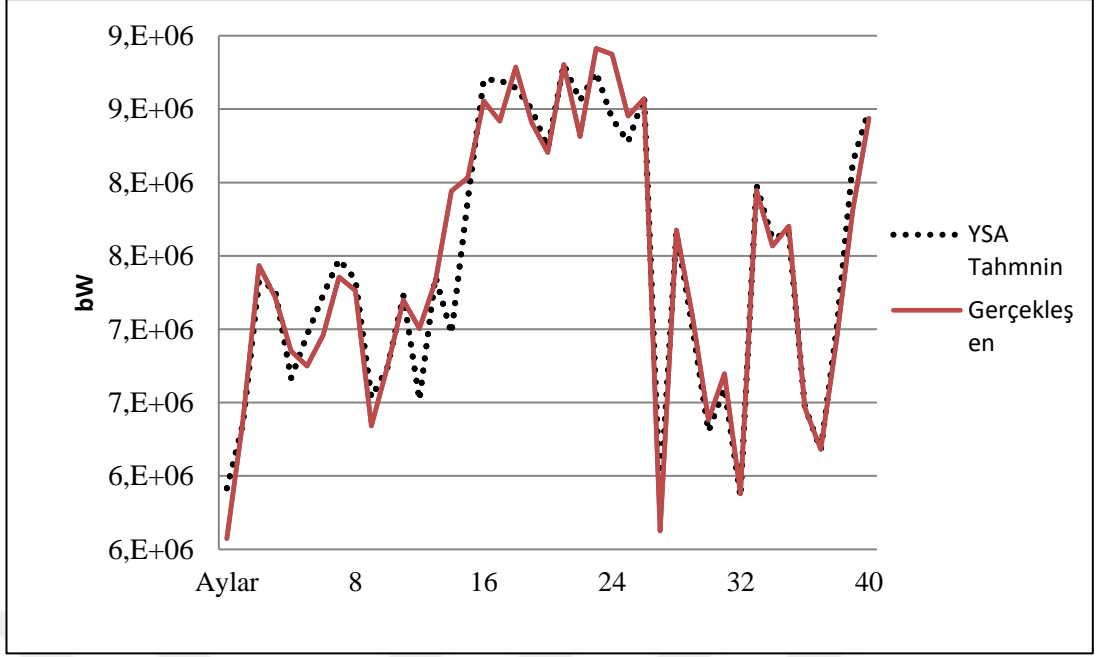
#### 4.4. YSA Tahmin Performans Metriği

YSA ile yapılan tahminleme çalışmasında eğitim ve test verilerinin performansını değerlendirmede ortalama mutlak yüzde hata (MAPE) yöntemi kullanılmıştır. MAPE gerçek veri ile tahmin edilen veri arasındaki hatayı yüzde olarak hesaplamaktadır. Bu durum gerçek veri ile tahmin verisi arasındaki hatanın kolayca karşılaştırabilmesini sağlamaktadır. Denklem 4.2’de  $X_t$  gerçek veriyi,  $F_t$  tahmin edilen veriyi,  $m$  kullanılan veri setindeki veri sayısını temsil etmektedir (Makridakis ve Hibon, 1995).

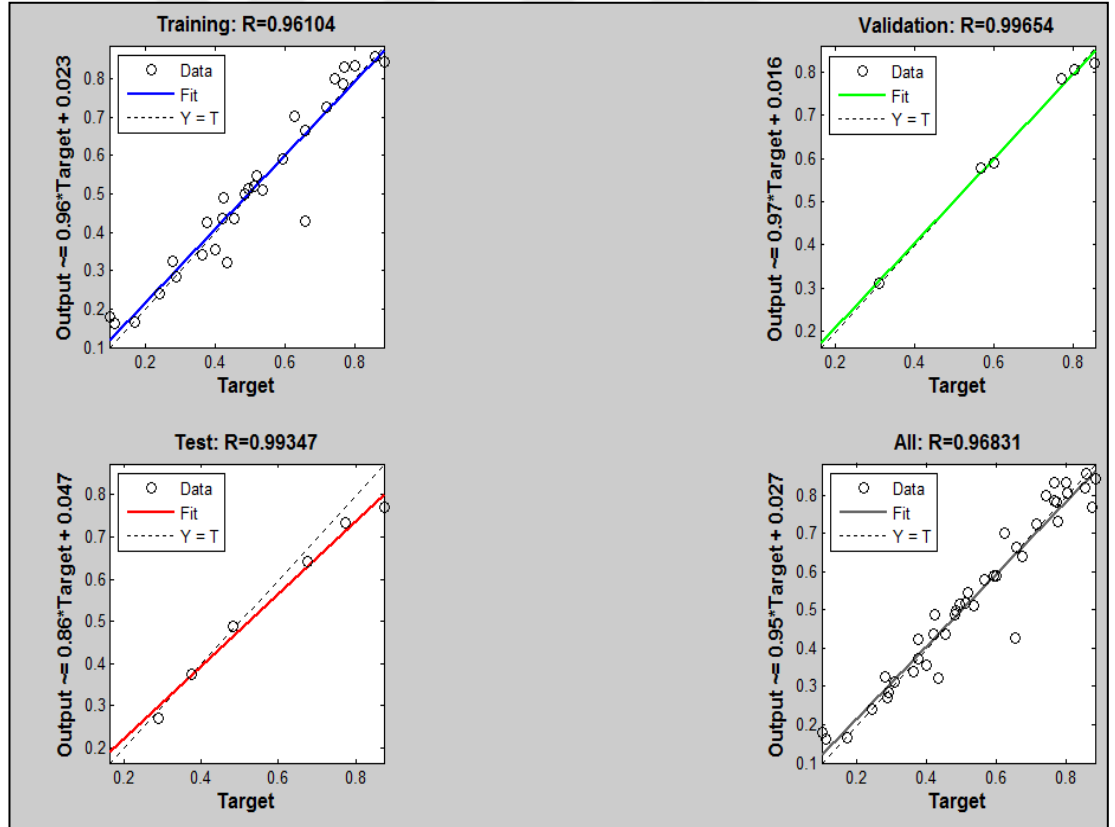
$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^m \left| \frac{X_t - F_t}{X_t} \right|}{m} * (100) \quad (4.2)$$

#### 4.5. YSA Tahmin Modellerinin Performanslarının Değerlendirilmesi

YSA modelleri farklı nöron sayıları kullanılarak eğitime tabi tutulmuştur. Ağların eğitim işleminin tamamlanmasının ardından test işlemi yapılmıştır. Eğitim ve test tahmin verilerindeki hata değerleri karşılaştırılarak hem farklı nöron sayısındaki başarısı hem de diğer modellerin hata değerleri ile kıyaslaması yapılmıştır. Şekil 4.4’de eğitim ve test değerleri arasındaki fark en küçük olan 12 gizli nöronlu 85-15 modelinin eğitimi sonucunda en küçük hatayı veren YSA modeli tahmini ile gerçekleşen değer karşılaştırması verilmiştir. Diğer modellerin sonuç grafiği Ek C’de sunulmuştur. Şekil 4.5’de 85-15 modelinin eğitim işleminde en başarılı tahminlemeyi yapan MATLAB R grafiği çıktısı Çizelge 4.3’de ise modellerin %MAPE karşılaştırmaları ve eğitim hata değeri ile test hata değeri farkı verilmiştir.



Şekil 4.4. En düşük hata değerinin veren 12 gizli nöronlu 85-15 modelinin eğitim sonucu karşılaştırması



Şekil 4.5. 85-15 modeli eğitim YSA MATLAB R grafiği performans değerlendirilmesi

Çizelge 4.3. Modellerin eğitim ve test MAPE sonuçları

Modeller	4 Gizli Nöron			6 Gizli Nöron			8 Gizli Nöron			10 Gizli Nöron			12 Gizli Nöron		
	E %	T %	\Delta	E %	T %	\Delta	E %	T %	\Delta	E %	T %	\Delta	E %	T %	\Delta
Mod-1 50-50	1,77	6,28	4,51	1,64	5,19	3,55	2,50	8,32	5,82	5,95	10,52	4,57	3,67	8,91	5,24
Mod-2 60-40	2,39	5,89	3,5	1,82	6,32	4,5	2,71	6,21	3,5	1,88	9,29	7,41	3,25	7,63	4,38
Mod-3 70-30	2,02	4,50	2,48	2,72	6,26	3,54	3,33	7,92	4,59	2,23	8,92	6,69	3,35	5,59	2,24
Mod-4 75-25	1,74	4,42	2,68	3,10	5,12	2,02	3,49	10,53	7,04	2,58	9,81	7,23	2,72	5,50	2,78
Mod-5 80-20	2,14	4,02	1,88	2,49	4,74	2,25	3,15	8,74	5,59	2,50	7,91	5,41	1,99	4,03	2,04
Mod-6 85-15	2,01	4,09	2,08	2,91	4,50	1,59	3,21	9,07	5,86	2,43	10,11	7,68	2,00	2,48	0,48*
Mod-7 90-10	2,11	5,55	3,44	2,85	4,84	1,99	3,16	11,52	8,36	2,20	15,29	13,09	2,06	3,37	1,31

E: Eğitim hata sonucu

T: Test hata sonucu

|\Delta|: Eğitim-test mutlak hata farkı

\*En küçük |\Delta|

Karşılaştırılan alternatif modeller içerisinde en düşük hata değerini veren modelin Model-6 (85-15) 12 gizli nöron olduğu belirlenmiş ve geleceğe yönelik tahminlerde bu modelin daha uygun olacağı kanaatine varılmıştır.

#### 4.6. Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi

YSA' da yapılan eğitim ve test işlemleri sonucunda en küçük hata değerini veren modelin Model-6 (85-15) olduğu belirlenmiştir. Modelin başarısını karşılaştırmak amacıyla YSA'nın eğitiminde kullanılan veriler ve değişkenler ile çoklu regresyon modeli kurulmuştur. Analiz işlemleri MINITAB programında gerçekleştirilmiş, sonuçlar aşağıda Çizelge 4.4' de verilmiştir.



Çizelge 4.4. Regresyon analizi sonuçları

Bağımsız değişken	Katsayı	Standart hata	T	P	VIF
C: Sabit değer	1328196	833858	1,59	0,120	
X <sub>1</sub> : Aylık Üretim	5198	282	18,41	0,000	1,25
X <sub>2</sub> : Ayların rassal endeksi	79691	45562	1,75	0,089	1,01
X <sub>3</sub> : Ağaç mamülleri ve orman ürünleri ihracat rakamları	-5,07	1,29	-3,93	0,000	1,03
X <sub>4</sub> : Mobilya imalatı sanayi üretim endeksi	16535	4806	3,44	0,001	1,22
S=254732	R <sup>2</sup> = %93,29		Düzeltilmiş R <sup>2</sup> =%92,54		
Varyans Analizi					
	DF	SS	MS	F-Value	p-Value
Regresyon	4	3,24792E+13	8,11981E+12	125,13	0,000

Regresyon denklemi ise şu şekildedir;

$$\text{Aylık elektrik tüketimi} = 1328196 + 5198 X_1 + 79691 X_2 - 5,07 X_3 + 16535 X_4$$

Çizelge 4.4’de görüldüğü gibi modelin p değeri 0,120 olarak hesaplanmıştır. Bu değer 0,05 değerinden büyük olduğu için anlamlı bir model kurulamadığını göstermektedir. Bağımsız değişkenlerin p değerleri incelendiğinde aylık rassal endeksin değerinin modele katkısının olmadığı belirlenmiş ve bu değişken modelden çıkarılarak yeni bir regresyon modeli kurulmuştur. Kurulan yeni regresyon modelinin sonuçları Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Modifiye edilmiş regresyon modeline ait analiz sonuçları

Bağımsız değişken	Katsayı	Standart hata	T	P	VIF
Sabit	2100154	726904	2,89	0,006	
X <sub>1</sub> : Aylık üretim	5249	289	18,18	0,000	1,24
X <sub>2</sub> : Ağaç mamülleri ve orman ürünleri ihracat rakamları	-5,19	1,32	-3,93	0,000	1,02
X <sub>3</sub> : Mobilya imalatı sanayi üretim endeksi	15819	4920	3,22	0,003	1,21
S=261725	R <sup>2</sup> = %92,72		Düzeltilmiş R <sup>2</sup> =%92,13		
Varyans Analizi					
	DF	SS	MS	F-Value	p-Value
Regresyon	3	3,22807E+13	1,07602E+13	157,08	0,000
Durbin- Watson sonucu : 1,10711					

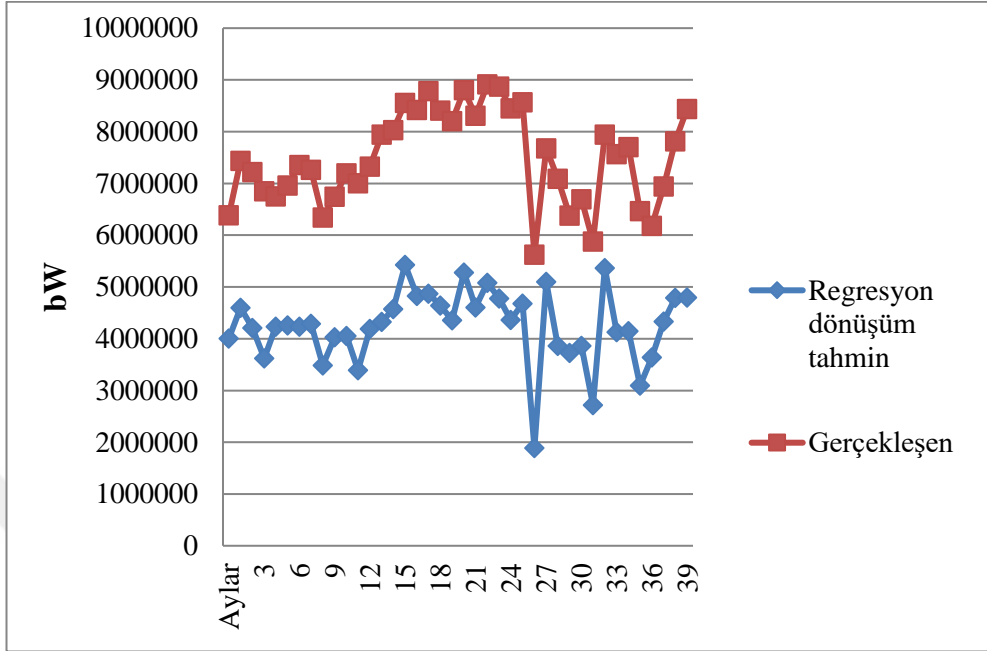
Yeni kurulan modelin  $P < 0,05$  olduğundan model anlamlı bulunmuştur ve her bir değişkeninde modele katkı sağladığı görülmüştür. Varyans şişme değerleri (VIF)  $< 10$  olduğundan modelde çoklu bağlantı probleminin olmadığı görülmektedir. Ancak bazı zaman serisi modellerinde otokorelasyona bağlı olarak yanıtıcı parametre değerleri hesaplanabilmektedir. Bu problemin var olup olmadığını test etmek amacıyla Durbin-watson testi uygulanmış ve test sonucunda pozitif otokorelasyonun varlığı tespit edilmiştir. Yavuz (2009)'da otokorelasyonu gidermek için hatalardaki ardışık bağımlılığı hesaba katarak ana kütle katsayıları tekrardan tahminlenmiştir (Yavuz, 2009). Öncelikle hata değerleri  $e_t$  ile hata değerlerinin bir basamak kaydırılarak elde edilen  $e_{t-1}$  hata değerleri arasındaki korelasyon katsayısı  $p$  hesaplanmıştır. Bu  $p$  değeri hesaba katılarak bağımlı ve bağımsız değişkenler yeniden hesaplanmış ve yeni kurulan regresyon modelinin çıktıları Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Dönüştürülmüş değişkenler ile çoklu regresyon analizi

Bağımsız değişken	Katsayı	Standart hata	T	P	VIF
C: Sabit değer	932425	373135	2,50	0,00	
X <sub>1</sub> : Aylık üretim	5272	314	16,77	0,00	1,26
X <sub>2</sub> : Ağaç mamülleri ve orman ürünleri ihracat rakamları	-3,49	1,19	-2,94	0,006	1,16
X <sub>3</sub> : Mobilya imalatı sanayi üretim endeksi	14368	5093	2,82	0,008	1,17
S=229709	R <sup>2</sup> = %91,12		Düzeltilmiş R <sup>2</sup> =%90,38		
Varyans Analizi					
	DF	SS	MS	F-Value	p-Value
Regresyon	3	1,94943E+13	6,49808E+12	123,15	0,000
Durbin- Watson sonucu: :1,55853					

Dönüştürülmüş değişkenler ile oluşturulan regresyon denkleminde elde edilen regresyon parametreleri anlamlı bulunmuştur. Durbin Watson sonucu 1,55 olarak hesaplanmıştır. Tablo değeri dL:1,34 ve dU 1,66 olduğundan bulunan dhesap değeri kararsızlık bölgesine düşmektedir. Otokorelasyonun tam olarak giderildiğini belirtmek doğru olmayacaktır. Bu durumda hata terimlerine  $\chi^2$  testi uygulanmıştır.  $\chi^2_{hesap}$  değeri 0,2213 bulunmuş olup bu değer  $\chi^2_{tablo}$  3,841 değerinden küçük olduğundan otokorelasyonun giderildiği üzerine kurulan H<sub>0</sub> hipotezi kabul edilmiştir. Otokorelasyon giderilmiş model ile gerçekleşen değer karşılaştırması yapıldığında

%43,46 MAPE değeri tahminleme yapmış olup Şekil 4.6'da karşılaştırma grafiği verilmiştir.



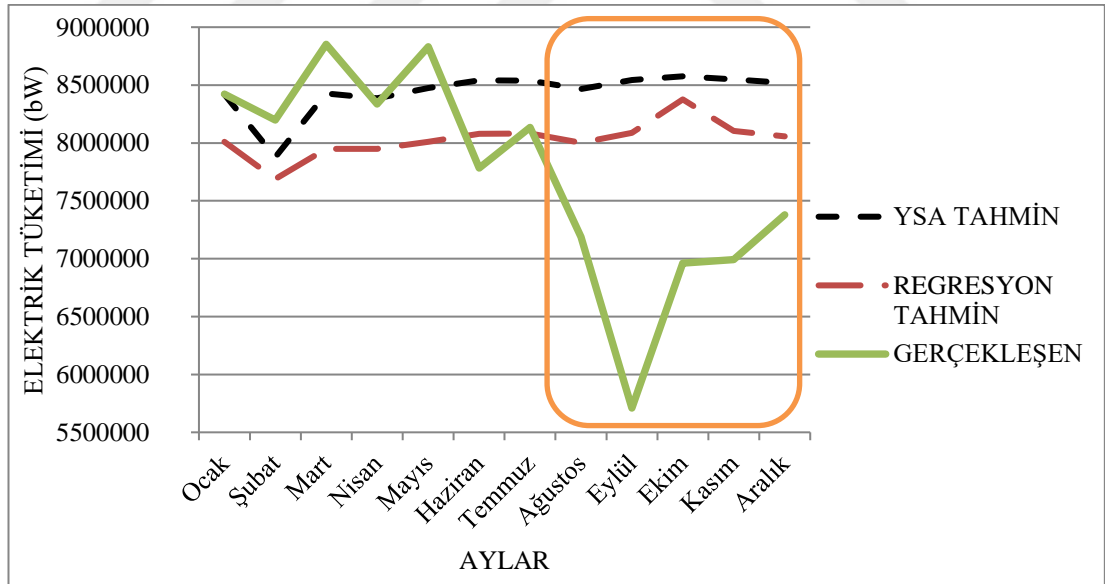
Şekil 4.6. Otokorelasyon giderilmiş regresyon modeli tahmini ile gerçekleşen grafiği

Çoklu doğrusal regresyon yönteminde anlamlı model kurulması için modelden bağımsız değişken çıkarılması ve hata terimleri arasında otokorelasyon saptanıp modele düzeltmeler uygulanarak otokorelasyonun giderilmesine rağmen başarılı tahmin sonuçları elde edilememiştir. YSA ile yapılan tahminlerin hata değeri çoklu doğrusal regresyon yönteminin hata değerinden çok daha küçük bulunmuştur. YSA doğrusal olmayan modellerdeki tahmin başarısını bu çalışmada göstermiştir.

#### 4.7. Tahmin Sonuçlarının Karşılaştırılması

Yapılan çalışmalar sonucunda en düşük hata değerini veren YSA modeli ile bir yıllık tüketim tahmini yapılmıştır. Bir sonraki yıl için bağımsız değişkenlerin alacağı değerleri hesaplamada ayların rassal endeksi için bölüm 3.1.3'de anlatılan yöntem uygulanmış olup diğer değişkenler için değerler hareketli ortalama yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Literatürde genellikle orman ürünleri ihracat rakamları ve mobilya sanayi üretim endeksi gibi verilerin bir sonraki ay için alacağı değer senaryolar ile tahminlenmektedir (Es, 2013). Bu çalışmada veri setine ikişer aylık ve üçer aylık hareketli ortalama yöntemi uygulanmış olup tüm bağımsız değişkenlerin

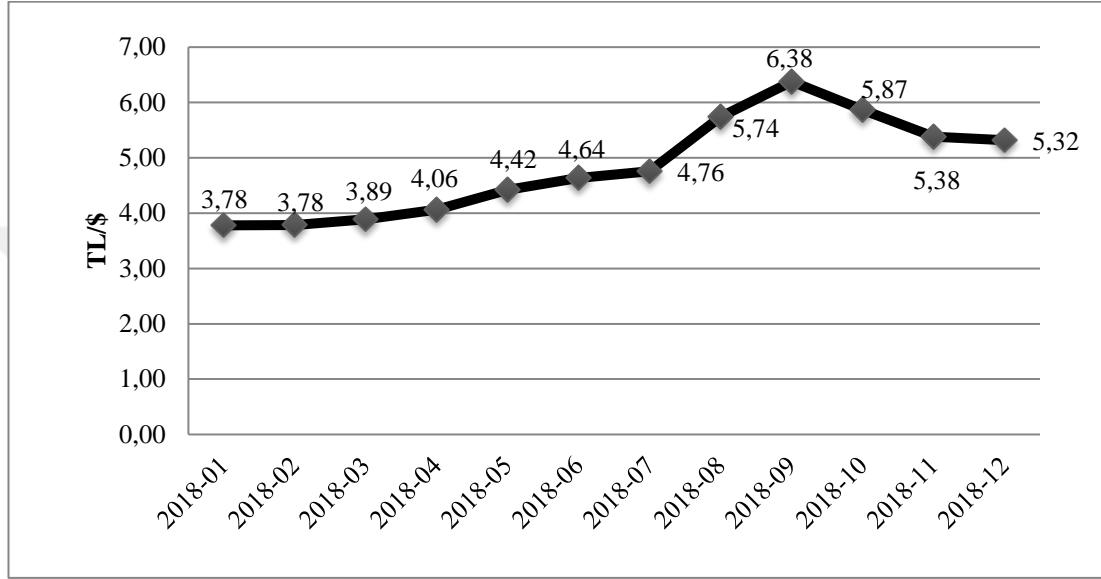
tahmin değerleri elde edilmiştir. Uygulanan ikişer aylık ortalama yöntemi üçer aylık ortalamadan %6 daha fazla tahmin hatası vermiştir. Hareketli ortalama yöntemi bir önceki dönemin gerçekleşen değerinin bir sonraki aya etkisinin en yüksek olacağı varsayımı üzerine çalışan bir tahmin yöntemidir. Bu nedenle geçmiş ayların tahmin edilen aya etki değerini belirlemede ağırlıklar kullanılmaktadır. MS Excel paket programının çözücü eklentisi ile toplamları 1 olacak ve en son ayın tahmin değerine etkisi en büyük olacak şekilde  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\theta$  ağırlıkları hesaplanmıştır. Tüm bu işlemlerden sonra elde edilen bağımsız değişken tahmin değerleri MATLAB’da işlenerek ağın bir yıllık tahmin değerlerini üretmesi sağlanmıştır. YSA’nın eğitim ve testinde kullanılan dört bağımsız değişken ve toplam 48 aylık veri ile yeni bir çoklu regresyon modeli kurulmuştur. Kurulan bu modelin yanılıtcı tahmin yapması ve YSA test verileri ile çalışması avantajlarına karşılık tahmin hatasının YSA’nın tahmin hatasıyla karşılaştırılması amaçlanmıştır. Elde edilen regresyon denkleminde her bir değişkenin tahmin değeri, yerine koyularak bir yıllık tüketim tahminlemesi yapılmıştır. şekil 4.7 Gerçekleşen değer, YSA tahmin ve çoklu regresyon tahmin sonuçlarının karşılaştırılması verilmiştir.



şekil 4.7. Gerçekleşen tüketim, Regresyon tahmin ve YSA tahmin karşılaştırılması

YSA ilk beş ayda %2,67 MAPE değeri ile tahminlemede oldukça başarılı sonuç üretirken, Regresyon yönteminde bu hata değeri %7’lerin üzerinde MAPE değerine ulaşmıştır (şekil 4.7). Haziran ve temmuz aylarında tüketimde görülen azalma nedeniyle YSA’nın tahmin hata değerleri önceki aylara göre yüksek bulunmuştur.

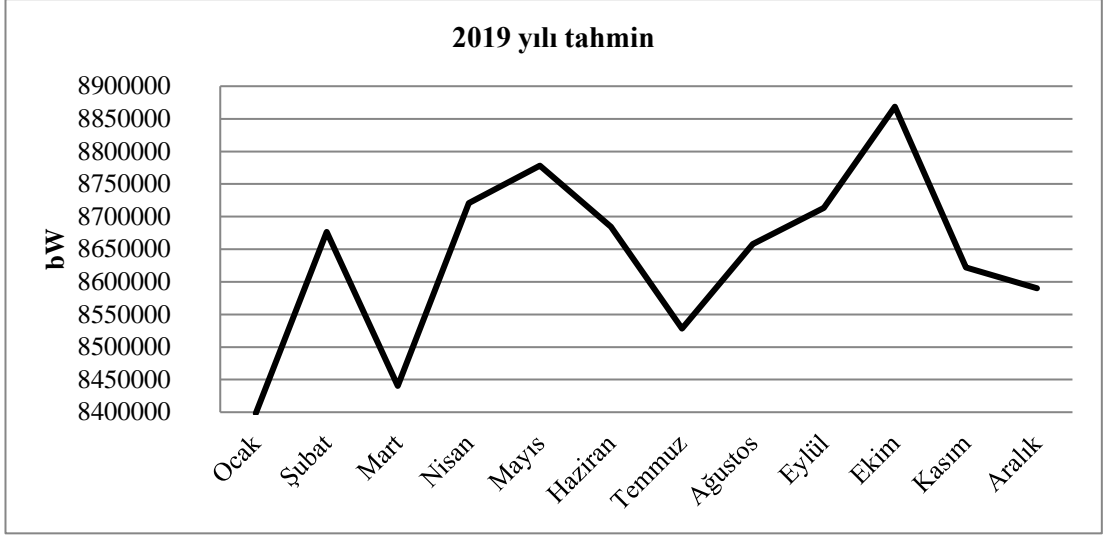
Tüketimdeki azalmanın nedeni araştırıldığında işletmenin ilgili aylarda kısmi zamanlı duruşa geçtiği saptanmıştır. Ağustos ayına gelindiğinde ise işletme belirli gün periyodunda zorunlu bakım nedeniyle tam zamanlı duruşa geçmiştir. Ülkemizde bu ayda yaşanan dolar kurundaki beklenmeyen artış sebebiyle piyasaların tepkisi farklı olmuş bu durum işletmenin üretim sürecinde yansımıştır. Şekil 4.8’de 2018 yılı aylık dolar kuru değişiminin grafiği verilmiştir.



Şekil 4.8. 2018 yılı aylık dolar kuru değişimi (TCMB, 2019)

Devam eden aylarda piyasalardaki belirsizlik durumu, iç pazarda yaşanan daralma (özellikle konut sektöründe) işletmenin yeni ticaret politikalarına yönelmesine sebep olmuştur. YSA veri yapısından öğrenen bir tahmin yöntemi olması nedeniyle beklenmeyen bu durumun önceki yılların veri değerlerinde bulunmamasının sonucunda aşırı sapmalar görülmüştür. Regresyon modeli de YSA'nın görmediği test verileri ile eğitilmesine rağmen bu sapmalar karşısında gerekli başarıyı yakalayamamıştır (Şekil 4.7).

Bu çalışmanın temeli üretim miktarı ve enerji tüketimi ilişkisi üzerine kurulduğundan üretimde yaşanan bir birimlik artış-azalış oranı tahmin edilen değerlerin hata sapmalarını doğrudan etkilemektedir. Eğer modelde üretim haricinde tüketime etki eden değişkenlere yer verilirse bu sapmalar daha da düşürülebilir. Şekil 4.9. 2019 yılı için yapılan tahmin çalışması verilmiştir.



Şekil 4.9. 2019 Yılı YSA elektrik tüketim tahmini

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Türkiye mobilya ve orman ürünleri sanayisi bir milyon kişiye istihdam sağlayan ve finansal büyüklüğü 14 Milyar USD civarına ulaşan önemli bir sektördür. Türkiye bugün ahşap esaslı levha sektöründe Dünyanın beşinci ve Avrupanın ikinci en büyük üreticisi konumundadır. Ülkemizde tüketilen levhaların yaklaşık olarak %85'i mobilya, %15'i inşaat-dekorasyon sektöründe kullanılmaktadır (Zengin, 2018).

Sektörün büyüklüğü ve sağladığı istihdam göz önüne alındığında karşılaşılan problemlere çözüm üretilmesi ülkemizin rekabette diğer ülkelere karşı üstünlük elde etmesini sağlayabilecektir. Endüstri 4.0 dönüşümünün yaşandığı Dünyada işletmelerin teknolojik dönüşümünün yanında sermayelerini yönetmedeki başarıları da önem kazanmıştır. En önemli maliyet kalemlerinden biri olan enerjinin gelecekteki tüketilecek miktarını tahminlemek bu yüzden önemlidir.

Literatürde daha önce yapılan enerji talep tahminlemesi çalışmaları incelendiğinde ülkelerin gelecekteki enerji talebini, bölgesel elektrik tüketimini veya belirli bir endüstri alanının enerji tahminlemesi üzerine yoğunlaştığı görülmektedir. Kullanılan bağımsız değişkenlerde genellikle sosya ekonomik faktörler, ithalat-ihracat, ya da iklimsel (sıcaklık) değişkenler olmuştur. Bazı çalışmalarda, nüfus, ithalat, ihracat, bina yüz ölçümü, tarımsal alan, karayolları vb. değişkenleri kullanılmıştır (Çağlayan, 2016; Es, 2013).

Bu çalışmada bağımsız değişken seçimi yapılırken işletmede elektrik tüketimini etkileyen faktörler belirlenmiştir. YSA ile yapılan çalışmalarda birden çok değişkenin yer aldığı modellerin daha başarılı sonuçlar verdiği tespit edildiğinden ayların rassal endeksi değeri bölüm 3.1.3'de anlatıldığı biçimde elde edilmiş ve modele eklenmiştir. Ülkemizde üretilen levhaların büyük çoğunluğu mobilya sektöründe tüketildiğinden diğer iki değişken de ağaç mamülleri ve orman ürünleri ihracat rakamları ve mobilya sanayi üretim endeksi olarak belirlenmiştir. Veri dağılımına göre kurulan modellerin eğitim ve test hata değerlerini karşılaştırılarak gelecek tahmini için kullanılacak YSA modeli belirlenmiştir. Oğcu vd. (2012)'i aylık elektrik tüketimini tahminledikleri çalışmada eğitimde %13,8 ve testte %3,9 MAPE hata değeri hesaplamışlarken bu çalışmada en düşük hata değerini veren 85- 15

modeli eğitimde %2 ve testte %2,48 MAPE değeri başarılı tahminleme gerçekleştirilmiştir (Oğcu vd., 2012). Eğitim ve test hata değeri arasındaki farkın küçüklüğü ağız ezberleme yapmadan öğrenme işlemi gerçekleştirdiğini göstermektedir. Çalışmanın devamında 85-15 modeli ile bir yılın aylık gerçekleşen tüketim değerleri ile tahmin değerleri karşılaştırılmıştır.

Bir yılın sonunda YSA'nın %13,02 MAPE değeri ile tahminleme yaptığı bulunmuştur. Lewis (1997)'e göre MAPE değeri %10'nun altında olan modeller "çok iyi", %20'nin altında olan modeller "iyi", %30'un altında olan modeller kabul edilebilir ve %30'un üzerinde olanlar ise yanlış modeller olarak nitelendirilmektedir (Lewis, 1997). Bu ifadeye göre bulunan hata değeri "iyi" modeller grubu içerisinde yer almaktadır. Hata değerinin yüksek olduğu aylarda ülkemizde yaşanan dolar kurunun TL karşısındaki aşırı artışı ve üretim hatlarında beklenmeyen duruşlar ve ani bakım kararları gibi olağan dışı durumlar yaşandığı tespit edilmiştir. YSA veri yapısından öğrenen bir tahmin modeli olduğundan bir sonraki yılın tahmininde geçmiş veriler eğitim ve test için kullanılırsa bu olağan dışı durumları öğrenip ağız daha başarılı sonuçlar üreteceği düşünülmektedir. Yapılan çalışmanın amacı işletmenin gelecek dönemler için enerji tüketimini en doğru şekilde tahminleyebilmektir. Bu kapsamda hem YSA modeli hem regresyon modeli değerlendirilmiş ancak daha doğru tahmin veren bir model olarak YSA modelinin uygulanmasına karar verilmiştir.

Bu çalışma YSA'nın işletmelerin elektrik tüketimini tahminlemedeki başarısını göstermiştir. İşletmeler kendi tüketimlerini etkileyen birden çok faktörü modele dahil ederlerse daha başarılı sonuçlar elde edebileceklerdir. Bunun yanında hibrit modeller ve uzman sistemler tabanlı hibrit modeller kullanılarak daha düşük hata değeri veren modeller üretilebilir. Literatürde bu konuda kapsamlı araştırmalar bulunmaktadır. Örneğin Karadede vd. (2017), doğalgaz talep tahminlemesi yapılan çalışmada doğrusal olmayan regresyon tabanlı breeder genetik algoritmayı birlikte değerlendirilen bir hibrit model denenmiş ve daha düşük MAPE değeri bulunmuştur (Karadede vd., 2017). Başoğlu ve Bulut (2017), YSA'yı uzman sistemlerle destekleyerek bir hibrit sistem geliştirilmiştir. YSA'nın %5-6 MAPE aralığında olan hata değeri uzman sistemler yardımıyla %2 MAPE'nin altına düşürülmüştür (Başoğlu ve Bulut, 2017).



Bunlar gibi derin öğrenme yöntemleri ve rassal orman bağlanım modelleri gibi hibrit yöntemler kullanılarak zaman serisini tahminlemede başarılı sonuçlar elde edilebilir (Çayır vd., 2018).

Bu çalışmadaki zaman ve ekonomik kısıtlar nedeniyle mevcut modellerin üretilmesi ve değerlendirilmesi yeterli görülmüştür.



## KAYNAKLAR

- Akay, D. & Atak, M. (2007). Grey Prediction with Rolling Mechanism for Electricity Demand Forecasting of Turkey. *Energy*, 32, 1670-1675. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2006.11.014>
- Alpar, R., (2013). Çok Değişkenli İstatiksel Yöntemler, 415-628, Detay Yayıncılık, 886s,Ankara.
- AİMSAD (2017). Ağaç İşleme Makine ve Yan Sanayisi İş Adamları Derneği <https://www.aimsaddergisi.com/dunyanin-5-buyuk-ureticisi-turkiye-levha-sektoru-yeni-yatirimlarla-buyume-ataginda/> (Son erişim tarihi: 10.04.2019).
- Arı, A. & Berberler, M. E. (2017). Yapay Sinir Ağları ile Tahmin ve Sınıflandırma Problemlerinin Çözümü İçin Arayüz Tasarımı. *ActaInfologica*, 55-73.
- Arık, S., (2014). *Yapay Sinir ağları Kullanılarak Hava Veri Bilgisayarı Parametrelerinin Hesaplanması*. (Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Akyüz, K. C. (2006). Avrupa Birliği Sürecinde Türkiye Orman Ürünleri Sanayinin Rekabet Düzeyi, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 83-94.
- Adaçağ, R. F. (2014). Türkiye İçin Enerji ve Kalkınmada Perspektifler. *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 87-103.
- Başoğlu, B. & Bulut M. (2017). Kısa Dönem Elektrik Talep Tahminleri İçin Yapay Sinir Ağları ve Uzman Sistemler Tabanlı Hibrit Sistem Geliştirilmesi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32, 575-583. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.322184>
- Bilgili, M. Şahin, B., Yaşar, A. & Şimşek, E. (2012). Electric Energy Demands of Turkey in Residential and Industrial Sectors, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16, 404-414. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.08.005>
- Ceylan, H. Öztürk, H. K. (2004). Estimating Energy Demand of Turkey Based on Economic Indicators Using Genetic Algorithm Approach. *Energy Conversion and Management*, 45, 2525-2537. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2003.11.010>
- Çalışkan, Ş., (2009). Türkiye'nin Enerjide Dışa Bağımlılık ve Enerji Arz Güvenliği Sorunu. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 25, 297-310.
- Çağlayan, N., (2016). *Türkiye'nin Alt Sektörler Bazında Yapay Sinir Ağları ile Elektrik Enerjisi Tüketiminin 2030 Yılına Kadar Tahmini*. (Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Çuhadar, M., (2006). *Turizm Sektöründe Talep Tahmini İçin Yapay Sinir Ağları Kullanımı ve Diğer Yöntemlerle Karşılaştırmalı Analizi (Antalya İlinin Dış*

*Turizm Talebinde Uygulama*). (Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü)

Çayır, A. Yenidoğan, I. & Dağ, H. (2018). Konutların Günlük Elektrik Güç Tüketimi Tahmini İçin Uygun Model Seçimi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15-21.

Daş, G. S., (2017). Forecasting the Energy Demand of Turkey with a NN Based on a Improved Particle Swarm Optimization, *Neural Comput & Applic*, 28, 539-549. doi:10.1007/s00521-016-2367-8.

Demuth, H., Beale, M. & Hagan, M. (2008). Neural Network. Toolbox 6 User's Guide, Natick, MA: The Math Works.

Duman, N., (2006). *Yapay Sinir Ağları ve Bir Uygulama*. (Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü)

DPT (2007). Devlet Planlama Teşkilatı Dokuzuncu Kalkınma Planı Ağaç Ürünleri ve Mobilya Sanayi Özel İhtisas Komisyonu Raporu. DPT 2745- ÖİK 693, 163s.

Efe, E., Bek, Y. & Şahin, M. (2000). SPSS'te Çözümleri ile İstatistik Yöntemler 2. T.C Kahraman Maraş Sütçü İmam Üniversitesi Rektörlüğü Yayın No: 10.

Ergezer, H., Dikmen, M. & Özdemir, E. (2003). Yapay Sinir Ağları ve Tanıma Sistemleri, *Pivolka*, 6,14-17.

Elmas. Ç., (2016). Yapay Zeka Uygulamaları, SeçkinYayıncılık, Ankara.

Ersoy. E. & Karal. Ö. (2012). Yapay Sinir Ağları ve İnsan Beyni. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırması Dergisi*, 188-205.

Es, H. A., Kalender, F. Y. & Hamzaçebi, C. (2014). Yapay Sinir Ağları ile Türkiye Net Enerji Talep Tahmini, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 29, 495-504. doi: <http://dx.doi.org/10.17341/gummfd.41725>

Es, H.A., (2013). *Yapay Sinir Ağları ile Türkiye Net Enerji Talep Tahmini*. (Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)

Faostat (2019). Food and Agriculture Organization of the United Nations, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO> (Son erişim tarihi: 24.04.2019)

Geem, Z.W. & Roper, W.E. (2009). Energy Demand Estimation of South Korea Using Artificial Neural Network. *Energy Policy*, 37, 4049-4054. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.04.049>

Grant, J., Moataz, E. & Shihab, A. (2014). Short-Term Electrical Peak Demand Forecasting in a Large Government Building Using Artificial Neural Networks, *Energies Journal*, 7, 1935-1953. <https://doi.org/10.3390/en7041935>

- Güngör, İ., Kayacan, M. C. & Korkmaz, M. (2004). *Endüstriyel Odun Hammaddesi Talebinin Tahmininde Yapay Sinir Ağlarının Kullanımı ve Bazı Tahmin Yöntemleri ile Karşılaştırılması*, Yöneylem Araştırması Endüstri Mühendisliği XXIV. Ulusal Kongresi, Çukurova Üniversitesi, 15-18 Haziran 2004, Adana, 1-10.
- Hamzaçebi, C., (2011). *Yapay Sinir Ağları: Tahmin Amaçlı Kullanımı Matlab ve Neurosolutions Uygulamalı*, Ekin Yayın Evi,133s, Bursa.
- Hamzaçebi, C. & Kutay, F. (2004). *Yapay Sinir Ağları ile Türkiye Elektrik Enerjisi Tüketiminin 2010 Yılına Kadar Tahmini*, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19, 227-233.
- Hazır, E., Koç, K. H. & Esnaf, Ş. (2015). *Türkiye Mobilya Satış Değerlerinin Örnek Bir Yapay Zekâ Uygulaması ile Tahmini*. 3. Ulusal Mobilya Kongresi (UMK-2015), 10-12 Nisan 2015 Konya, 1172-1182.
- Hazır, E. & Koç, K. H. (2018). A Modeling Study to Evaluate The Quality of Wood Surface. *Maderas. Ciencia y tecnología* 20(4), 691 – 702. doi: 10.4067/S0718-221X2018005041501
- Hotunluoğlu, H. & Karakaya, E. (2011). Forecasting Turkey's Energy Demang Using Artificial Neural Networks: Three Scenario Applications, *Ege Academic Review*, 11, 87-94.
- İlkuçar, M., Kaya, A.K. & Çifci, A. (2018). Mekanik Özelliklere Göre Ağaç Türlerinin Yapay Sinir Ağları ile Tahmini, *Gümüştane Fen Bilimleri Dergisi*, 8, 75-83. doi: 10.17714/gumusfenbil.310585
- İstek, A., Özlüsoylu, İ. & Kızılkaya, A. (2017). Türkiye Ahşap Esaslı Levha Sektör Analizi, *Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 19, 132-138. doi: 10.24011/barofd.297231
- Kankal, M., Akpınar, A., Kömürcü, M. İ. & Özşahin, T. Ş. (2011). Modeling and Forecasting of Turkey's Energy Consumption Using Socio-Economic and Demographic Variables Applied *Energy*, 88, 1927-1939. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.12.005>
- Karadede, Y., Özdemir, G. & Aydemir, E. (2017). Breeder Hybrid Algorithm Approach for Natural Gas Demand Forecasting Model. *Energy*, 141, 1269-1284 <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.09.130>
- Karagöl, E. T., Ateş, S. A., Kızılkaya, M. & Kaya, S. (2016). Türkiye'nin Enerjide Merkez Ülke Olma Arayışı. SETA Rapor NO:60, 78 s.
- Kaya, Y. (2010). *Türk Telekomünikasyon A.Ş.'De Elektrik Enerjisi Tüketiminin Yapay Sinir Ağları ile Yerel Tahmini*. (Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)

- Krenker, A., Beşter, J. & Kos, A. (2002). Artificial Neural Networks Methodological Advances and Biomedical Applications: Introduction to the Artificial Neural Networks, [www.intechopen.com](http://www.intechopen.com), (Son erişim tarihi: 20.03.2019)
- Kurt, R., Karayılmazlar, S., İmren, E. & Çabuk, Y. (2017). Yapay Sinir Ağları ile Öngörü Modellemesi: Türkiye Kâğıt-Karton Sanayi Örneği, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19, 99-106 doi: 10.24011/barofd.334773
- Küçükali, S. & Barış, K. (2010). Turkey's Short-Term Gross Annual Electricity Demand Forecast by Fuzzy Logic Approach. *Energy Policy*, 38, 2438–2445. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.12.037>
- Lewis, C., (1997). Demand Forecasting and Inventory Control. Woodhead Publishing, 157s, England.
- Makridakis, S. & Hibon, M. (1995). Evaluating accuracy (OR ERROR) measures. INSEAD Working Papers Series 95/18/TM. Fontainebleau, France.
- Nabiyev, V.V., (2016). Yapay Zeka, SeçkinYayıncılık, Ankara.
- OAİB, (2015). Orta Anadolu Mobilya Kağıt ve Orman Ürünleri İhracatçıları Birliği, <http://www.turkishwood.org/TR,104/sektorel-raporlar.html>, (Son erişim tarihi: 15.04.2018).
- ORSİAD, (2019). Orman Sanayi İş Adamları Derneği Gazetesi Levha Sektör Analizi, <http://www.orsiad.com.tr/levha-sektor-analizi.html>, (Son erişim tarihi: 20.07.2019)
- Oğcu, G., Demirel, Ö. F. & Zaim, S. (2012). Forecasting Electricity Consumption with Neural Networks and Support Vector Regression, *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 58, 1576-1585. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.1144>
- Özden, S. & Öztürk, A. (2018). Yapay Sinir Ağları ve Zaman Serileri Yöntemi ile Bir Endüstri Alanının (İvedik OSB) Elektrik Enerjisi İhtiyaç Tahmini, *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 11, 255-261. doi: 10.17671/gazibtd.404250
- Öztemel, E., (2016). Yapay Sinir Ağları, Papatya Yayıncılık, İstanbul.
- Pao, H.T., (2006). Comparing Linear and Nonlinear Forecasts for Taiwan's Electricity Consumption, *Energy*, 31, 2129-2141. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2005.08.010>
- Rosienkiewicz, M., Kowalski, A., Helman, J. & Zbicz, M. (2018). Devalopment of Lean Hybrid Furniture Production Control System Based on Glenday Sieve, Artificial Neural Networks and Simulation Modeling. *Drvna Industrija*, 69(2), 163-173. doi:10.5552/drind.2018.1747
- Sözen, E., Bardak, T., Aydemir, D. & Bardak, S. (2018). Yapay Sinir Ağları ve Derin Öğrenme Algoritmaları Kullanarak Nanokompozitlerde

Deformasyonun Tahmin Edilmesi, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 20, 223-231. doi: 10.24011/barofd.449563

Sumer, K. K., Goktas, O. & Hepsag, A. (2009). The Application of Seasonal Latent Variable in Forecasting Electricity Demand as an Alternative Method. *Energy Policy*, 37, 1317-1322. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.11.014>

Şen, Z., (2004). Yapay Sinir Ağları İlkeleri, Su Vakfı Yayınları, 183 s, İstanbul.

Şahin, Ş.Ö., (2002). *Yapay Sinir Ağları Yardımı ile Dinamik Bir Seneryo Analizi*. (Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)

Tatlı, H. & Koç, B. (2018). Enerji Tüketimi ve Enerji Fiyatları Bağlamında Türkiye'nin OECD Ülkeleri İçindeki Yeri. *Bingöl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 8, 353-375. doi: 10.29029/busbed.389920

Trademap (2019). Trade Statistics for International Business Development, [https://www.trademap.org/Country\\_SelProduct\\_TS.aspx?nvpm](https://www.trademap.org/Country_SelProduct_TS.aspx?nvpm) (Son erişim tarihi: 26.04.2019)

TCMB, (2019). Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası <https://www.tcmb.gov.tr/>. (Son erişim tarihi: 15.05.2019)

Tim, (2018). Türkiye İhracatçılar Meclisi, <https://www.tim.org.tr/tr/>. (Son erişim tarihi: 21.02.2018)

Tüik, (2018). Türkiye İstatistik Kurumu, <http://www.tuik.gov.tr/>. (Son erişim tarihi: 21.02.2018)

Ulusoy, H., Atılgan, A. & Peker, H. (2016). Orman Ürünleri Endüstrisinin Ekolojik Açından İrdelenmesi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 92-106. doi: 10.5578/fmbd.16926.

Yılmaz, A., (2017). Yapay Zeka. İnkılâp Kitabevi, 373s, İstanbul.

Yavuz, S., (2009). Hataları Ardışık Bağımlı (OTOKORELASYONLU) Olan Regresyon Modellerinin Tahmin Edilmesi, *Atatürk Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Dergisi*, 123-140.

Yavuz, S. & Deveci, M. (2012). İstatiksel Normalizasyon Tekniklerinin Yapay Sinir Ağın Performansına Etkisi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 40, 167-187.

Yaşar, S., (2005). Spectrophotometric Determination of Hexose and Pentose Amounts by Artificial Neural Network Calibration and Its Using in Wood Analysis. *Acta Chim. Slov*, 435-439.

Yaşar, S., (2014). Spectrophotometric Determination of Monosaccharide Composition of Wood (*Pinus brutia* Ten.) Using Artificial Neural Network

Modelling, *Asian Journal of Chemistry*, 18, 6084-6088.  
<http://dx.doi.org/10.14233/ajchem.2014.16721>.

Yurtoğlu, H., (2005). *Yapay Sinir Ağları Metodolojisi ile Öngörü Modellemesi: Bazı Makroekonomik Değişkenler için Türkiye Örneği*. (Uzmanlık Tezi, Devlet Planlama Teşkilatı-Uzmanlık Tezleri)

Yücesoy, M., (2011). *Temizlik Kağıtları Sektöründe Yapay Sinir Ağları ile Talep Tahmini*. (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)

Zengin, H., (2018). Orman Sanayi İş adamları Dergisi.  
<http://www.orsiad.com.tr/mobilya-ve-orman-urunlerinde-2023-hedefi-16-milyar-dolar-ihracat-2.html>. (Son erişim tarihi: 23.04.2019)

Zhang, G.P., (2003). *Neural Networks in Business Forecasting*. Idea Group Publishing, 300s, USA.

Zhang, G., Patuwo. E. B. & Hu, Y. M. (1998). Forecasting with Artificial Neural Networks: The state of the Art. *International Journal of Forecasting*, 14, 35–62.

## **EKLER**

**EK A.** Kullanılan veriler

**EK B.** 85-15 modeli eğitim sonuçları

**EK C.** Diğer modellerin eğitim sonuçları





## EK A. Kullanılan veriler

Çizelge A.1. Kullanılan veriler

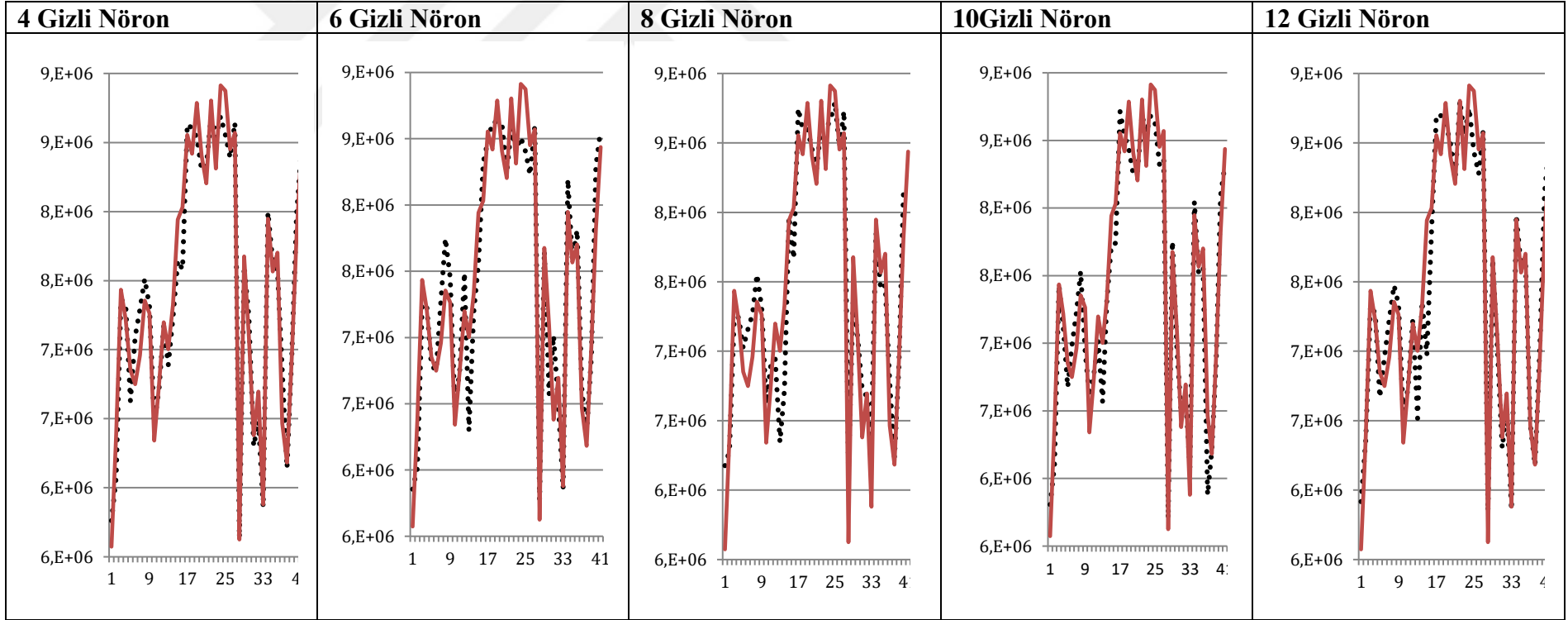
AYLAR (2014- 2017)	ÜRETİM <sup>1</sup>	AYLARIN RASSAL ENDEKSİ <sup>2</sup>	AĞAÇ MAMÜLLERİ VEORMAN ÜRÜNLERİ İHRACAT RAKAMLARI <sup>3</sup>	MOBİLYA SANAYİ ÜRETİM ENDEKSİ <sup>4</sup>	ELEKTRİK TÜKETİM <sup>1</sup>
Ocak,14	0,1000	7,5800	362734,8296	118,6971	0,1000
Şubat	0,3016	9,3867	344576,7155	122,1497	0,2899
Mart	0,5616	8,1485	370036,6779	122,7475	0,5361
Nisan	0,5886	8,3902	395521,6319	124,5807	0,4857
Mayıs	0,4905	8,8258	417142,0626	119,0862	0,3996
Haziran	0,5386	7,9374	384738,5216	122,6450	0,3755
Temmuz	0,5665	7,7915	374642,5430	125,2034	0,4247
Ağustos	0,5399	9,2033	346648,4649	130,1768	0,5175
Eylül	0,5957	7,4309	389301,5995	129,8156	0,4961
Ekim	0,3739	8,8882	351540,8994	131,9543	0,2799
Kasım	0,4527	8,6814	379955,2269	130,2601	0,3745
Aralık	0,5220	9,4960	411125,4636	125,3599	0,4808
Ocak,15	0,3123	7,3962	318965,7576	121,9000	0,4351
Şubat	0,3854	8,3774	302873,4562	133,2780	0,5108
Mart	0,4873	9,5253	348598,4067	140,4112	0,6551
Nisan	0,6079	7,2885	364432,0871	137,6246	0,6760
Mayıs	0,8429	8,8967	330137,5468	132,4072	0,7986
Haziran	0,8055	7,9945	355560,5783	139,1464	0,7667
Temmuz	0,8081	8,0199	349886,0086	135,2403	0,8532
Ağustos	0,7540	7,7110	346773,0438	133,9206	0,7642
Eylül	0,6653	8,8825	312946,5759	124,6838	0,7164
Ekim	0,8387	9,2428	366343,4854	139,1456	0,8569
Kasım	0,7576	9,0713	343303,4601	132,9668	0,7418
Aralık	0,8267	8,9112	349258,9309	137,0723	0,8827
Ocak,16	0,7296	7,8154	272169,4444	135,3374	0,8734
Şubat	0,6805	9,3827	345269,2724	133,6929	0,7745
Mart	0,7423	10,987	369384,2950	128,7577	0,8023
Nisan	0,1186	9,7602	344801,3701	114,0293	0,1121
Mayıs	0,5859	8,7201	359477,3955	120,9528	0,5928
Haziran	0,5301	8,0691	379975,3552	117,2097	0,4551
Temmuz	0,3968	8,9974	272883,7842	109,9892	0,2890
Ağustos	0,4072	8,4044	366543,6938	130,4510	0,3630
Eylül	0,1841	8,3152	318626,7193	104,3877	0,1717
Ekim	0,6683	8,8322	348450,5552	119,5882	0,6562
Kasım	0,6134	8,4165	370517,8956	120,1671	0,5671
Aralık	0,5701	9,4677	354898,8698	121,2030	0,5986
Ocak 17	0,2008	10,481	311625,5335	141,9974	0,3091
Şubat	0,2472	6,5056	330155,3594	137,5334	0,2427
Mart	0,4625	7,3023	390185,1972	139,2024	0,4202
Nisan	0,6058	8,3016	369981,4378	146,2273	0,6249
Mayıs	0,7302	9,0496	382477,285	136,7892	0,7710
Haziran	0,4818	9,1356	352725,1494	129,9418	0,4535
Temmuz	0,5244	8,1819	349274,2972	145,6785	0,5383
Ağustos	0,8842	9,0222	389030,6430	151,3730	0,8549

Eylül	0,7874	6,9454	309714,9863	172,7013	0,7270
Ekim	0,9000	8,9684	398569,3422	120,2560	0,9000
Kasım	0,7121	9,0120	414634,7591	116,9871	0,7858
Aralık	0,6845	9,6125	448021,6309	132,1100	0,8790

<sup>1</sup>Normalize edilmiş değerler,<sup>2</sup> Simülasyon değerleri, <sup>3</sup>www.tim.org.tr 'den alınmıştır, <sup>4</sup>tuik.gov.tr' den alınmıştır



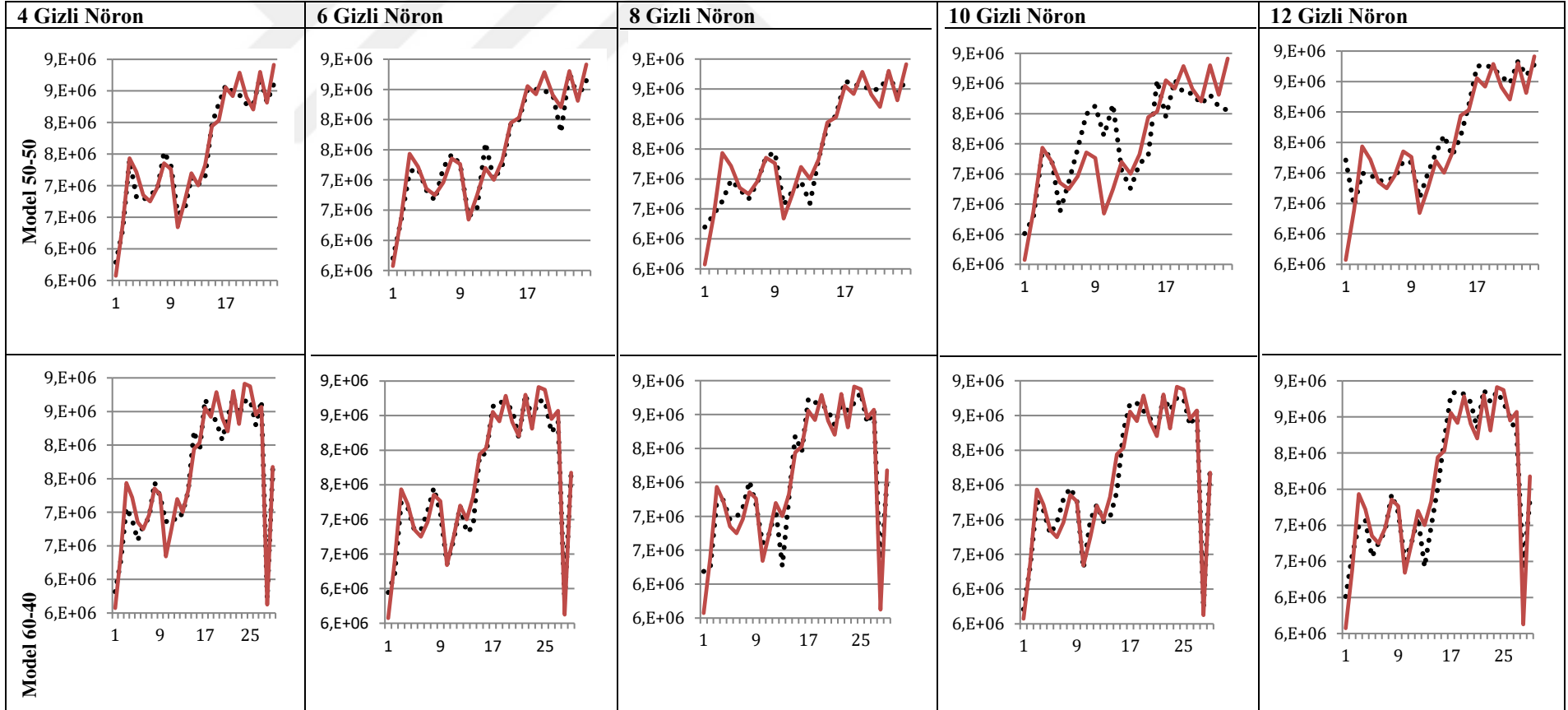
## EK B. 85-15 modeli eğitim sonuçları



Şekil B.1. En düşük hata değerini veren 85-15 modelinin eğitim sonuçları ile gerçekleşen değer karşılaştırması

————— : Gerçekleşen değer  
..... : YSA tahmin değeri

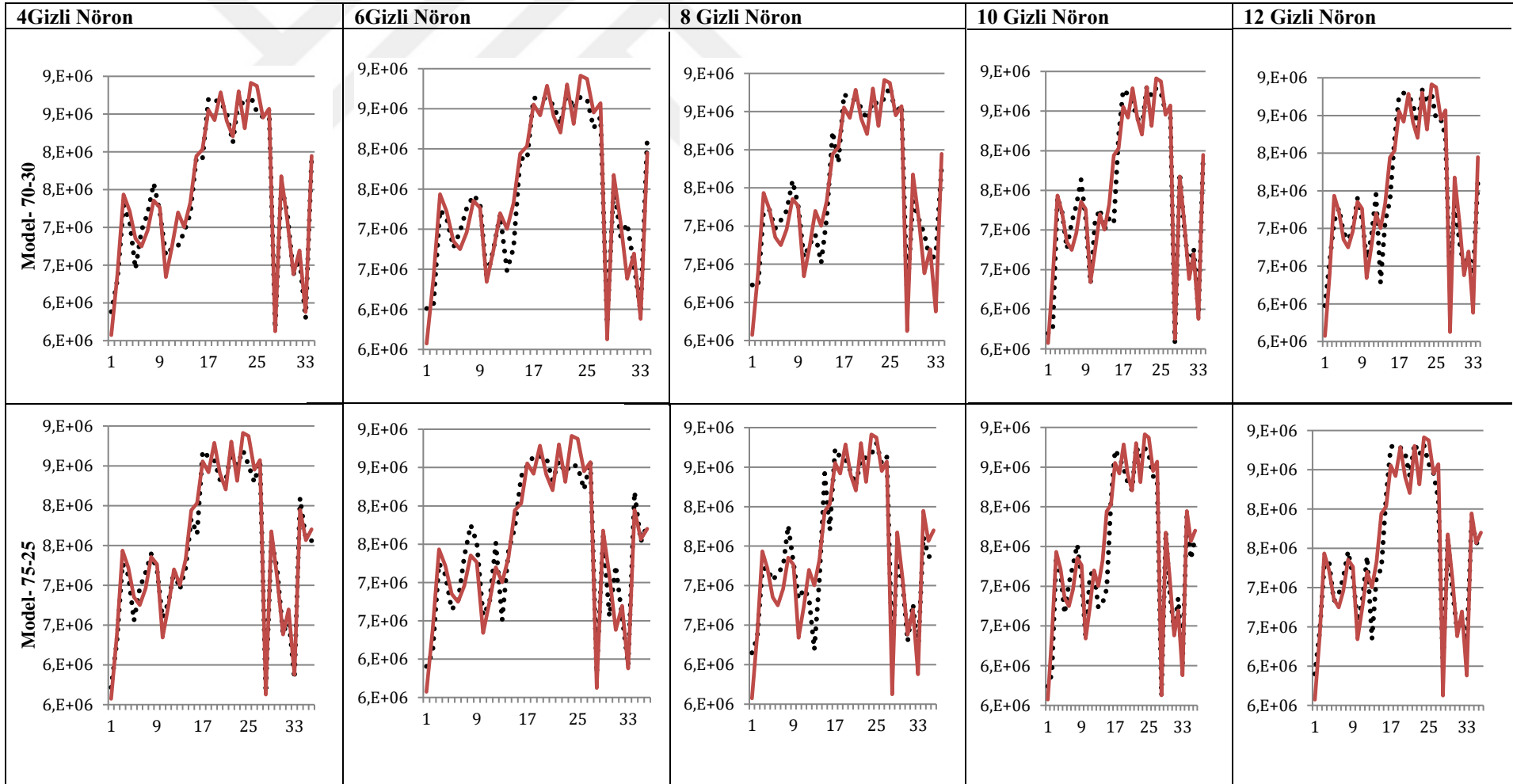
## EK C. Diğer modellerin eğitim sonuçları

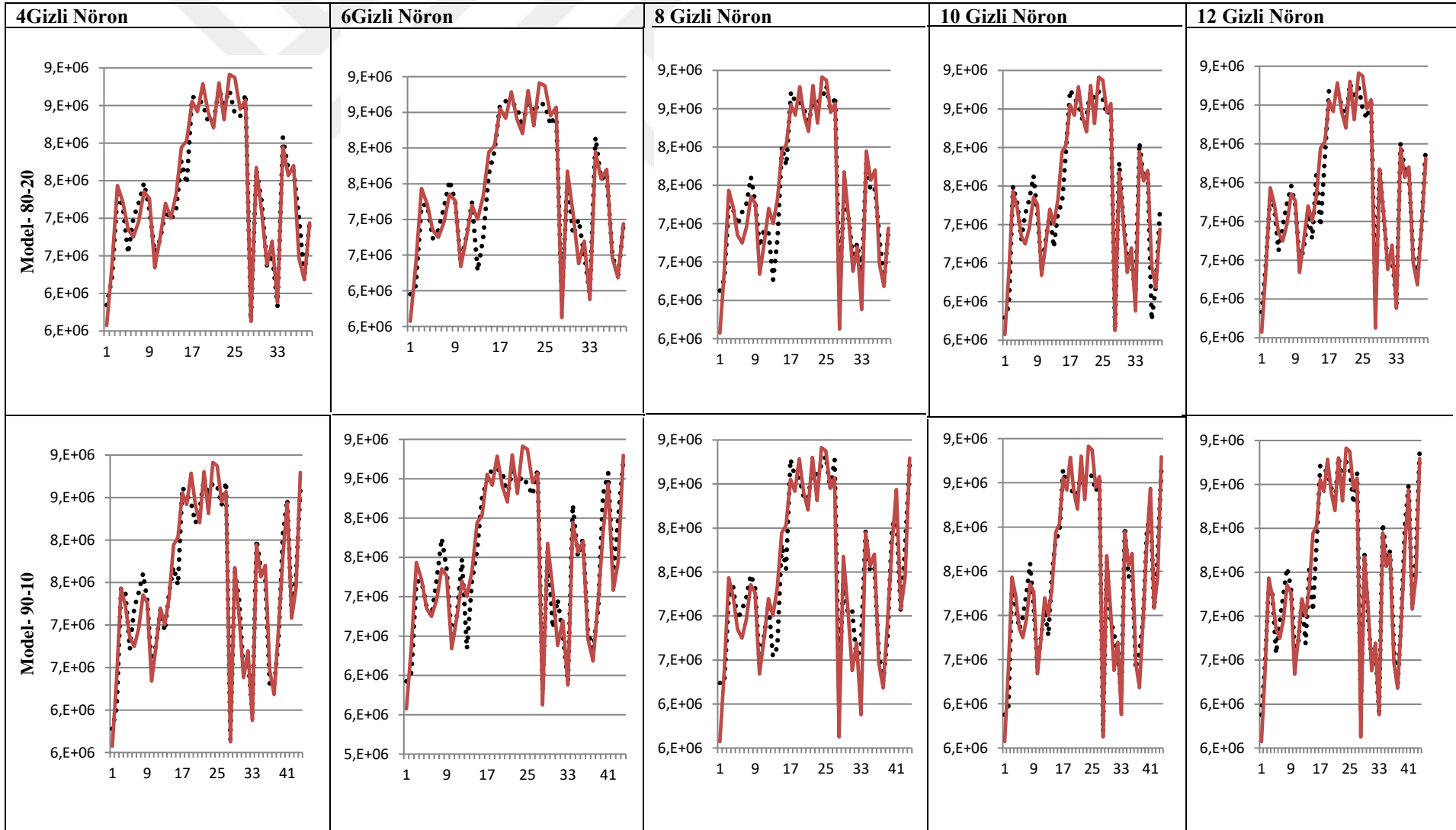


Şekil C.1. Diğer modellerin eğitim sonucunda YSA tahmini ve gerçekleşen değerlerin karşılaştırılması

————— : Gerçekleşen değer

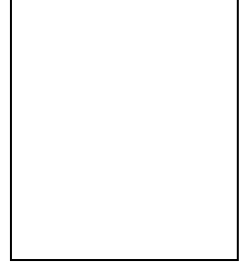
..... : YSA tahmin değeri





## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ümmühan ŞAHİN  
Doğum Yeri ve Yılı : Çanakkale, 1991  
Medeni Hali : Bekar  
Yabancı Dili : İngilizce  
E-posta : sahin\_ummu@windowlive.com



### Eğitim Durumu

Lise : Çan Lisesi, 2009  
Lisans : SDÜ, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği, 2015