



T.C.  
NECMETTİN ERBAKAN NİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TÜRKİYE’NİN ENERJİ TALEBİNİN YAPAY  
ZEKÂ TEKNİKLERİYLE UZUN DÖNEM  
TAHMİNİ

**Semiha DURĞUN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Ağustos-2018**  
**KONYA**  
**Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Semiha DURĞUN tarafından hazırlanan “**Türkiye’ nin Enerji Talebinin Yapay Zekâ Teknikleriyle Uzun Dönem Tahmini**” adlı tez çalışması 03/08/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

#### Başkan

Prof. Dr. Mehmet ÇUNKAŞ

#### Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Ali Osman ÖZKAN

#### Üye

Prof. Dr. Ali KAHRAMAN

### İmza

.....

.....

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Ahmet AVCI  
FBE Müdürü

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## **DECLARATION PAGE**

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Semiha DURĞUN

Ağustos 2018

# ÖZET

## YÜKSEK LİSANS TEZİ

### TÜRKİYE’NİN ENERJİ TALEBİNİN YAPAY ZEKÂ TEKNİKLERİYLE UZUN DÖNEM TAHMİNİ

**Semiha DURĞUN**

**Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ali Osman ÖZKAN**

**2018, 52 Sayfa**

**Jüri**

**Dr. Öğr. Üyesi Ali Osman ÖZKAN**

**Prof. Dr. Mehmet ÇUNKAŞ**

**Prof. Dr. Ali KAHRAMAN**

Elektrik enerjisi tüketimi tahmini, elektrik iletim-dağıtım-üretim sistemlerinin yönetim ve planlamasında çok önemlidir. Elektrik enerjisi talebinin maksimum düzeye çıktığı dönemlerde elektrik ihtiyacının kaliteli ve sürekli sağlanabilmesi, minimum düzeye indiği dönemlerde ise işletmelerin ekonomik yönden zarara uğramaması için gerçeğe yakın tahmin edilmesi, kapasitenin ve kurulu gücün tahminlere göre ayarlanması gerekmektedir. Bunu da sağlamanın ilk ve önemli şartlarından biri de geleceğe dönük elektrik enerji talep tahminlerinin doğru yapılmasıdır. Bu tez çalışmasında, Türkiye`nin 2023 elektrik enerjisi talebi regresyon analizi ve yapay zekâ teknikleri kullanılarak tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, Türkiye enerji tüketimini tahmin etmek için 1980-2017 yılları arasındaki Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla, nüfus ve meteorolojik değişken verileri (nem, sıcaklık, rüzgâr ve yağış) tahmin modelinin giriş verileri olarak kullanılmıştır. Regresyon analizi ve yapay zekâ teknikleri kullanılarak Türkiye`nin 2018-2023 yılları arasındaki özellikle elektrik enerjisi tüketimi ve yukarıda belirtilen veriler tahmin edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Elektrik enerjisi tüketim tahmini, Regresyon analizi, Yapay zekâ teknikleri

## **ABSTRACT**

## **MS THESIS**

# **LONG TERM ESTIMATION OF ENERGY DEMAND OF TURKEY'S BY ARTIFICIAL INTELLIGENT TECHNIQUES**

**Semiha DURĞUN**

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF  
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY  
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE  
IN ENERGY SYSTEMS ENGINEERING**

**Advisor: Asst. Prof. Dr. Ali Osman ÖZKAN**

**2018, 52 Pages**

**Jury**

**Asst. Prof. Dr. Ali Osman ÖZKAN**

**Prof. Dr. Mehmet ÇUNKAŞ**

**Prof. Dr. Ali KAHRAMAN**

Estimation of electrical energy consumption is important for the management and planning of the electric power generation, transmission and distribution. For the period when the demand of the electrical energy increases and decreases, adjustment of installed power capacity and estimation of electrical energy demand are required in order to prevent to lose money and to provide the demand of electricity with high quality and constantly. One of the most important steps of this is to estimate the future demand on the electric energy correctly. The aim of this thesis is to estimate the energy demand of Turkey in the year of 2023 by using regression analysis and artificial intelligent techniques. For the estimation of energy consumption of Turkey, the data about gross domestic product , population, meteorological factors (humidity, temperature, wind and precipitation) between the year 1980 and 2017 are used as input data., Electrical energy consumption and other data mentioned above for the year between 2018 and 2023 are estimated with the help of regression analysis and artificial intelligent techniques.

**Keywords:** Electrical energy consumption estimation, regression analysis, artificial intelligent techniques

## ÖNSÖZ

Tez çalışması boyunca belirttikleri görüş ve önerilerle tezin yönlenmesine yardımcı olan danışmanım sayın Dr. Öğr. Üyesi Ali Osman ÖZKAN' a, tez süresince verdikleri destek ve anlayıştan dolayı bölüm başkanımız sayın Prof. Dr. Hidayet OĞUZ' a, bilgi ve becerilerini paylaşan sayın Prof. Dr. Ali KAHRAMAN' a, MATLAB programının kullanımında ve regresyon analizlerinin yapılmasında yardımlarını esirgemeyen Harita Mühendisliği bölümü öğretim elemanı Arş. Gör. Dr. Salih Sermet SÖĞÜTÇÜ' ye ve yüksek lisans eğitimimi başarıyla tamamlamamda emeği geçen arkadaşlarıma en içten teşekkürlerimi sunarken, beni büyüten yetiştiren her zaman destekleyen rahmetli canım annem ve babam ile hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen abilerime teşekkür ederim.

Semiha DURĞUN  
KONYA-2018

## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>v</b>
<b>ÖNSÖZ .....</b>	<b>vi</b>
<b>İÇİNDEKİLER .....</b>	<b>vii</b>
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1. Literatür Taraması .....	5
1.2. Çalışmanın Amacı ve Önemi .....	9
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....</b>	<b>10</b>
2.1. Türkiye’ de Elektrik Enerjisi .....	10
2.2. Türkiye’ de Elektrik Enerjisinin Tarihsel Gelişimi .....	11
2.3. Elektrik Enerjisi Talebini Etkileyen Faktörler .....	13
2.4. Meteorolojik Veriler.....	14
2.5. Nüfus Verileri.....	15
2.6. GSYH Verisi .....	15
2.7. Elektrik Enerjisi Tüketim Verisi .....	16
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>21</b>
3.1. Makine Öğrenmesi Teknikleri .....	21
3.2. WEKA Programı .....	22
3.3. Regresyon Analizi .....	26
3.4. Yapay Sinir Ağları .....	26
3.5. Destek Vektör Makinesi.....	27
3.6. MATLAB Programı .....	28
<b>4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....</b>	<b>29</b>
4.1. Lineer Regresyon Sonuçları.....	29
4.2. MLP Sonuçları .....	30
4.3. SMO Regresyon Sonuçları .....	31
4.4. GPR Sonuçları .....	32
4.5. MATLAB Programı Regresyon Sonuçları .....	33
<b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>39</b>
5.1 Sonuçlar .....	39
5.2 Öneriler .....	46
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>47</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>51</b>

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Kısaltmalar

ARFF : (Attribute Relation File Format ) (Nitelik – İlişki Dosya Formatı)

DVM: Destek Vektör Makinesi

EPDK: Enerji Piyasası Düzenleme ve Denetleme Kurumu

ETKB: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı

GPR : (Gaussian Processes Regression ) (Gauss Proses Regresyonu)

GSYH: Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla

MAPE : ( Mean Absolute Percentage Error ) ( Ortalama Mutlak Yüzde Hata)

MLP : (Multilayer Perceptron) (Çok Katmanlı Algılayıcılar)

SMO : ( Sequential Minimal Optimization) ( Ardışık Minimal Optimizasyon )

TEİAŞ: Türkiye Elektrik İletim A.Ş.

TÜİK: Türkiye İstatistik Kurumu

WEKA: (Waikato Environment for Knowledge Analysis)

YSA: Yapay Sinir Ağı

## ŞEKİLLER DİZİNİ

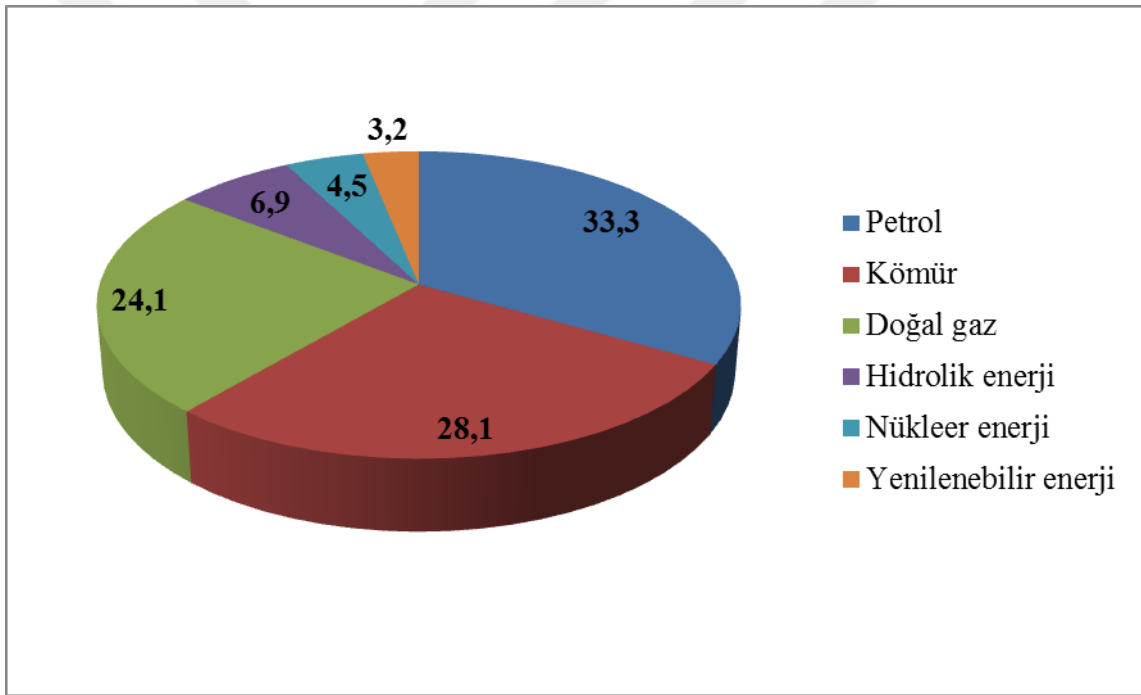
- Şekil 1.1. 2017 yılı dünya birincil enerji tüketim oranları
- Şekil 2.1. 2017 yılı itibariyle enerji kaynaklarına göre elektrik enerjisi üretimi ve payları
- Şekil 2.2. 2017 yılı itibariyle elektrik tüketiminin sektörlere göre dağılımı
- Şekil 2.3. Türkiye' nin 1980-2017 yılları arasındaki elektrik tüketimi
- Şekil 2.4. Türkiye' nin 1980-2017 yılları arasındaki GSYH değeri
- Şekil 2.5. Türkiye' nin 1980-2017 yılları arasındaki nüfusu
- Şekil 2.6. Türkiye' nin 1980-2017 yılları arasındaki yağış miktarı
- Şekil 2.7. Türkiye' nin 1980-2017 yılları arasındaki nem değeri
- Şekil 2.8. Türkiye' nin 1980-2017 yılları arasındaki sıcaklık değeri
- Şekil 2.9. Türkiye' nin 1980-2017 yılları arasındaki rüzgâr miktarı
- Şekil 3.1. Yeni Zelanda' ya özgü bir kuş türü olan WEKA
- Şekil 3.2. WEKA programının uygulama arayüz görünümü
- Şekil 3.3. Tez çalışmasında kullanılan ARFF veri dosya formatı
- Şekil 3.4. WEKA programı veri ön işleme paneli görüntüsü
- Şekil 3.5. YSA Yapay sinir Ağları
- Şekil 5.1. WEKA programı LR algoritması 2018-2023 yılları arası elektrik tüketim tahmini
- Şekil 5.2. WEKA programı MLP algoritması 2018-2023 yılları arası elektrik tüketim tahmini
- Şekil 5.3. WEKA programı SMO algoritması 2018-2023 yılları arası elektrik tüketim tahmini
- Şekil 5.4. WEKA programı GPR algoritması 2018-2023 yılları arası elektrik tüketim tahmini
- Şekil 5.5. MATLAB programı regresyon analiziyle yapılan 2018-2023 yılları arası elektrik tüketim tahmini

## ÇİZELGELER DİZİNİ

- Çizelge 1.1. Türkiye' nin 2002 – 2017 yılları elektrik enerjisi görünümü
- Çizelge 2.1. Tez çalışmasında kullanılan veri kümesi
- Çizelge 4.1. WEKA programı LR algoritmasıyla elde edilen 2013-2017 yılları regresyon sonuçlarının MAPE değerlerinin hesaplanması
- Çizelge 4.2. WEKA programı MLP algoritmasıyla elde edilen 2013-2017 yılları regresyon sonuçlarının MAPE değerlerinin hesaplanması
- Çizelge 4.3. WEKA programı SMO algoritmasıyla elde edilen 2013-2017 yılları regresyon sonuçlarının MAPE değerlerinin hesaplanması
- Çizelge 4.4. WEKA programı GPR algoritmasıyla elde edilen 2013-2017 yılları regresyon sonuçlarının MAPE değerlerinin hesaplanması
- Çizelge 4.5. Türkiye' nin 1980 – 2017 yılları arası ortalama sıcaklık değerlerine  $X = 1-38$  değerlerinin verilme işlemi
- Çizelge 4.6. Sıcaklık değerlerine 1. dereceden regresyon denkleminin MAPE değerinin hesaplanması
- Çizelge 4.7. MATLAB programıyla elde edilen 2013-2017 yılları regresyon sonuçlarının MAPE değerlerinin hesaplanması
- Çizelge 4.8. 2013-2017 yılları arası verilerinin kullandığımız beş farklı yöntemin ortalama MAPE değerlerinin karşılaştırılması
- Çizelge 5.1. WEKA programı LR algoritmasıyla tahmin edilen 2018-2023 yılları değerleri
- Çizelge 5.2. WEKA programı MLP algoritmasıyla tahmin edilen 2018-2023 yılları değerleri
- Çizelge 5.3. WEKA programı SMO algoritmasıyla tahmin edilen 2018-2023 yılları değerleri
- Çizelge 5.4. WEKA programı GPR algoritmasıyla tahmin edilen 2018-2023 yılları değerleri
- Çizelge 5.5. MATLAB programıyla tahmin edilen 2018-2023 yılları regresyon sonuçları

## 1. GİRİŞ

Enerji, ülkelerin sosyal ve ekonomik gelişiminin en temel gereksinimlerinden biridir. Enerji, toplumların yaşamlarını sürdürebilmesi için gerekli olan tüm süreçler için vazgeçilmez olup; özellikle sanayi, ulaştırma, konut ve işyeri gibi her sektörde kullanılmaktadır. Bugün dünyada tüketilen enerji, pek çok enerji kaynağından elde edilirken; öncelikle petrol, doğal gaz ve kömür gibi fosil kaynaklar, bu kaynakların yaklaşık %86' sını oluşturmaktadır. Özellikle ulaştırma sektörünün temel enerji kaynağı olan petrol, dünya birincil enerji tüketimi içinde en büyük paya sahiptir. Petrolden sonra kömür ve doğal gaz ise büyük ölçüde elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Şekil 1.1' de 2017 yılı dünya birincil enerji tüketimi oranları gösterilmiştir (www.tp.gov.tr).



Şekil 1.1. 2017 yılı dünya birincil enerji tüketim oranları  
(Kaynak: BP)

2017 yılı ilk verilerine bakıldığında dünya enerji talebinin petrol %33,3' ünü, kömür %28,' ini, doğal gaz ise yaklaşık %24' ünü karşıladığı görülmektedir. Bugüne kadar, çeşitli uluslararası kurum ve kuruluşlar tarafından yapılan çeşitli araştırmalara bakıldığında ise, petrol ve doğal gazın birincil enerji tüketimi içindeki paylarını uzun süre koruyacakları öngörülmektedir (www.tp.gov.tr).

Kullanımının kolay olması, istenildiği anda diğer enerji türlerine kolayca dönüştürülmesi ve günlük hayattaki yaygınlığıyla, bugün ve her zaman elektrik enerjisi tüketimi ülkelerin gelişmişlik düzeyini gösteren en önemli faktörlerden biridir (TEİAŞ, 2015-2019 dönemi stratejik plan).

19. yüzyılın sonlarına doğru bulunan ve başlangıçta aydınlatmada insanlığın kullanımına sunulan elektrik enerjisini elde etmek için artan gereksinim sonucunda birincil kaynakların yanı sıra yeni ve yenilenebilir kaynaklar, rüzgâr, güneş, biyokütle ve benzeri kaynakların da değerlendirilmesine başlanmıştır. Elektrik enerjisinin Dünya’da günlük hayatta ilk kullanımı 1878 yılında olmuştur. 1882’ de Londra’ da ilk elektrik santrali hizmete girmiştir. Ülkemize bakıldığında ise kurulan ilk elektrik tesisi 1902 yılında Tarsus’ta kurulan, bir su değirmenine bağlanmış 2kW gücündeki bir dinamodur. İlk büyük santralimiz ise 1913 yılında İstanbul Silahtarğa’da kurulmuştur (TEİAŞ, 2015-2019 dönemi stratejik plan).

Ülkemizin elektrik enerjisi üretim, iletim, dağıtım ihtiyacının tümünü karşılayan ve bu amaçla politikalar belirleyen, çalışmaları sürdüren Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ), Türkiye elektrik sisteminin ve Türkiye elektrik piyasasının yöneticisi konumunda yerini almaktadır. Nüfus artışı, kalkınma ihtiyacı, sanayileşme, kentleşme ve küreselleşme olguları ve bunlara bağlı olarak artan ticaret olanakları, doğal enerji kaynaklarına ve enerjiye olan talebi giderek artırmaktadır. Bu da ülkelerin enerji konusunda daha da çok yoğunlaşmasına ve bu alanda birçok araştırma yapmaya yönlendirmektedir. Toplumlar daha güvenilir, daha ucuz, çevre dostu ve riski en aza indirgenmiş enerji temini için çalışmaktadır.

Teknolojinin baş döndürücü bir hızla gelişmesi bilgisayar teknolojisinin gelişmesini de beraberinde getirmiştir. Neredeyse alımıza gelen her alan ve uygulamada kullanılan akıllı sistemler hayatı daha kolay ve yaşanılır hale getirmiştir. Hayatımızı kolaylaştıran yapay zekâ teknik ve yöntemleri ile enerji sistemleri bir araya gelmiştir. Doğal kaynaklarımızı daha verimli bir şekilde kullanabilmemizi sağlamıştır ve elektronik cihazların kullanımının artması enerji talebini de artırmıştır. Elektrik enerjisi talebini etkileyen tüm etkenlerin ve elektrik sistemine ilişkin her türlü maliyetin en ince ayrıntısına kadar analiz edilmesi ve tüketim tahminlerinin rasyonel yapılması büyük önem taşımaktadır.

Elektrik enerjisi tüketim tahmini ile elektrik iletim-dağıtım sistemlerinin ve elektrik üreten şirketlerin yönetim ve planlamasında önemli bir yer tutmaktadır. Elektrik enerjisi tüketim talebinin en üst düzeye düzeye çıktığı zamanlarda ya da dönemlerde

enerji ihtiyacının kaliteli ve sürekli sağlanabilmesi, en aza indiği zamanlarda da işletmelerin ekonomik yönden zarar etmemesi için gerçeğe en yakın tahminlerin yapılması, kapasitenin ve kurulu gücün tahminlere göre ayarlanması gerekmektedir (Balcı, 2012).

Günümüzde elektrik enerjisi ihtiyacını doğru tahmin etmek ne kadar önemli ise tahminde kullanılan yöntemlerinde doğru ve güvenilir sonuçlar vermesi de o kadar önemlidir. Elektrik enerjisi tüketimi talep tahmini, geçmiş ve mevcut şartların irdelenmesi sonucu değişim karakteristikleri çıkartılarak, gelecekteki durumun tahmin edilmesi varsayımına dayanmaktadır. Elektrik enerjisi tüketim tahminini etkileyen faktörler; gayri safi yurtiçi hâsıla (GSYH) gibi ekonomik veriler, nüfus gibi demografik veriler, sıcaklık, nem, rüzgâr, yağış gibi meteorolojik veriler, geçmiş yıllara ait enerji tüketim değerleri sayılabilir (Çilliyüz, 2006).

Enerji kaynakları birincil ve ikincil enerji kaynakları olmak üzere ikiye ayrılabilir. Birincil enerji kaynakları, doğada kendiliğinden var olan ve başka kaynaklardan türetilmemiş olan kömür, petrol, doğalgaz, rüzgâr, güneş ve hidrolik enerjisi gibi kaynaklardır. Elektrik enerjisi ise güneş, rüzgâr, fosil yakıtlar, hidrolik vb. diğer enerji kaynaklarından dönüştürülmüş bir enerji türü olduğu için ikincil enerji kaynağı olarak sınıflandırılmaktadır. Elektrik enerjisi ülkelerin ve toplumların gelişmişlik seviyesini gösteren önemli bir faktördür. Elektrik enerjisi hayatımızın her alanında kullanılan bir enerji kaynağıdır. Elektrik enerjisinin diğer enerji türlerine çok kolay dönüştürülebilmesi sayesinde kullanılmadığı sektör neredeyse yok gibidir. Elektrik enerjisi önceden depolanıp daha sonra kullanılmadığı için talep olduğu anda bu talebi karşılayabilecek şekilde enerji tesislerinin planlanması gerekmektedir.

Enerji sistemlerinin planlaması için yapılan enerji talep tahminleri farklı zaman dilimleri için ayrı ayrı ele alınır. Enerji talep tahmini kısa, orta ve uzun dönem olmak üzere üçe ayrılabilir. Kısa dönemli tahminler; birkaç dakikadan bir güne kadar yapılan tahminlerdir. Bu tahminler, enerji santralleri arasında yük paylaşımı, en iyi grup belirleme ve ekonomik işletmenin yapılabilmesi açısından önemlidir. Orta dönemli tahminler; bir günden bir yıla kadar olan tahminlerdir. Bu tahminler, yakıt kaynaklarının dağılımı ve bakım işlemlerinin zamanlamasının belirlenmesi için önemlidir. Uzun dönemli tahminler; bir yıldan daha uzun süreler için yapılan tahminlerdir. Bu tahminler, iletim ağlarının ve yeni üretim kapasitelerinin ekonomik planlamasında ve sistemin düzenlenmesinde önemlidir.

Elektrik enerjisi tüketimi toplumların gelişmişlik düzeyini gösteren bir parametredir. Elektrik enerjisinin üretilmesi, iletilmesi, dağıtılması ve fiyatlandırılması bir plan dâhilinde yapılmaktadır. Bu amaç doğrultusunda Enerji Piyasası Düzenleme ve Denetleme Kurumu (EPDK) kurulmuştur. EPDK enerji piyasası ile ilgili tüm faaliyetleri düzenler ve denetler. Enerji planlamalarında temel hedef elektrik kullanıcılarına kesintisiz kaliteli ve ekonomik bir elektrik enerjisinin sağlanmasıdır. Bunu sağlamanın ilk şartı da ileriye dönük enerji talep tahminlerinin yapılmasıdır. Gerçekçi yapılacak tahminler ile enerji sistemlerine yapılacak yatırımlar en iyi düzeylerde tutulabilecektir.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Strateji Geliştirme Başkanlığı (www.enerji.gov.tr) verilerine göre ülkemizin 2002-2017 yılları elektrik enerjisi görünümü Çizelge 1.1.' de verilmiştir.

**Çizelge 1.1.** Türkiye' nin 2002 – 2017 yılları elektrik enerjisi görünümü  
(www.enerji.gov.tr)

YIL	ÜRETİM	İTHALAT	İHRACAT	TÜKETİM	ÜRETİM ARTIŞ ORANI (%)	TÜKETİM ARTIŞ ORANI (%)
2002	129.400	3.588	435	132.553	5,4	4,5
2003	140.581	1.158	588	141.151	8,6	6,5
2004	150.698	464	1.144	150.018	7,2	6,3
2005	161.956	636	1.798	160.794	7,5	7,2
2006	176.300	573	2.236	174.637	8,9	8,6
2007	191.558	864	2.422	190.000	8,7	8,8
2008	198.418	789	1.122	198.085	3,6	4,3
2009	194.813	812	1.546	194.079	-1,8	-2,0
2010	211.208	1.144	1.918	210.434	8,4	8,4
2011	229.395	4.556	3.645	230.306	8,6	9,4
2012	239.497	5.826	2.954	242.370	4,4	5,2
2013	240.154	7.429	1.227	246.357	0,3	1,6
2014	251.963	7.953	2.696	257.220	4,9	4,4
2015	261.783	7.135	3.194	265.724	3,9	3,3
2016	273.387	6.400	1.442	278.345	4,4	4,7
2017	295.511	2.729	3300	294.940	8,1	6,0

Çizelge 1.1.' e bakılacak olursa 2017 yılında elektrik üretiminin yaklaşık 295,5 milyar kWh, tüketiminin ise yaklaşık 294,9 milyar kWh olduğu görülmektedir. Ülkemizin son yıllarda yakalamış olduğu ekonomik büyüme oranlarına paralel olarak yıllık elektrik enerjisi tüketim artış hızının son 15 yılda yaklaşık ortalama %5,68 seviyelerinde gerçekleşmiş olduğu söylenebilir (www.enerji.gov.tr).

2017 yılı verilerine göre, Türkiye'nin kurulu gücü içerisinde özel sektör %76,6 kamu sektörü ise %23,4' lük paya sahiptir. Kurulu gücümüzün kaynaklara göre dağılımı

ise %32 hidrolik enerjiden, %27,2 doğal gazdan, %21,9 kömürden, %7,6 rüzgâr enerjisinden, %4 güneş enerjisinden, %1,2 jeotermal enerjiden ve %5,9 diğer kaynaklardan elde edilmiştir. 2009 yılından sonra yenilenebilir enerji kaynak tabanlı elektrik üretimimizde önemli artışlar gözlenmiştir (www.enerji.gov.tr).

### 1.1. Literatür Taraması

Özellikle literatüre bakıldığında; elektrik enerjisi tüketim tahmini için birçok çalışma yapılmış ve birçok farklı yöntem kullanılmıştır. Yapılan çalışmalardan bazıları aşağıda sıralanmıştır.

Hengirmen ve Kabak (1999), En küçük kareler yöntemini kullanarak Gaziantep yöresi için beş yıllık yük tahmin analizini gerçekleştirmişlerdir.

Aksel (2000), yaptığı tez çalışmasında, Türkiye geneli ve İstanbul için uzun dönem yük tahmini yapmıştır. 2001, 2003 ve 2005 yıllarına ait puant yük enerji tüketim değerleri tahmin edilmiştir. Tahmin için, çok değişkenli regresyon analizi ve geriye yayılım algoritmaları, iki gizli katmanlı yapay sinir ağı yöntemini kullanmıştır. Her iki yöntemin sonuçları, ağırlıklı ortalama yöntemiyle tek bir sonuca dönüştürülmüştür. Türkiye için 1980-1998 yılları, İstanbul için 1989-1998 yılları, nüfus, kişi başına düşen gayri safi milli hâsıla, gelişim hızı, sanayi üretim endeksi, petrol varil fiyatı ve elektrik enerjisi birim satış fiyatı kullanılmıştır. Tüm yöntemler için maksimum hata, ortalama hata ve ortalama mutlak hata değerleri hesaplanmış ve karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.

Ceylan ve Öztürk (2004), genetik algoritma yaklaşımını kullanarak ekonomik göstergelere dayalı Türkiye'nin enerji talep tahminini çalışmıştır. İleri ki dönem enerji talebi tahmini farklı senaryolar altında hesaplanmıştır. 2020-2025 yıllarındaki enerji talebinin değerinin fazla olduğunu tahmin etmişlerdir.

Ceylan (2004), tez çalışmasında, yük tahmini modeli oluşturulmadan önce Gölbaşı bölgesinin 2002 ve 2003 yıllarındaki yük karakteristiklerini incelemişler ve Gölbaşı bölgesine ait gerçek güç verilerini kullanarak geriye yayılım algoritması ile eğitilen çok katmanlı YSA modeli ile bir sonraki günün 24 saatlik yük tahmini yapmışlardır. YSA'nın etkinliğini göstermek için regresyon analizi ile de tahmin yapılmıştır. Yapılan inceleme sonucu kısa dönem yük tahmini için, maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık ve gün tipi etkilerinin modele dâhil edilmesi gerektiği sonucuna varmışlardır.

Sözen ve arkadaşları (2005), Türkiye’de enerji tüketimini belirlemek için YSA tekniğini kullanarak Enerji Tüketim Ağı tahmini çalışmışlardır. Bu çalışmada eğitim ağı için farklı modeller kullanılmıştır. Sonuçlara göre kullanılan YSA tekniği kabul edilebilir doğruluğa sahiptir.

Sözen ve Arcaklıoğlu (2007), Türkiye’de doğru yatırım yapmak ve gelecek enerji tüketiminin seviyesini belirlemek için Türkiye’ nin enerji tüketim ağını tahmin etmek için ithalat, ihracat nüfus artışı ve ekonomik göstergelere dayanan bir YSA modeli önermişlerdir.

Bianco ve arkadaşları (2009), Doğrusal regresyon modeli kullanarak İtalya’ daki elektrik tüketim tahminini çalışmışlardır. 1970-2007 yıllarına kadar İtalya’ daki yıllık elektrik tüketimini, ekonomik ve nüfus değişkenlerin etkisini kullanarak uzun süreli tüketim tahmini modelini geliştirmişlerdir.

Demirel (2009), yaptığı tez çalışmasıyla, 1970-2007 yılları arası Gayri Safi Milli Hâsıla, üretilen enerji, tüketilen enerji, nüfus ve kurulu güç verilerini kullanarak, tahmin algoritma yöntemlerinden olan adaptif ağ tabanlı bulanık çıkarım sistemi ve otoregresif hareketli ortalamalar modellerini oluşturmuşlardır. Oluşturulan modelleri kullanarak 2006-2010 yılları arası elektrik enerjisi talep tahminlerini elde etmişler ve iki modeli kendi aralarında ve ilgili kurumların öngörülerini ile değerlendirmişlerdir.

Ghanbari ve arkadaşları (2009), İran’ ın yıllık (orta dönem) elektrik yük ihtiyacını YSA ve regresyon yaklaşımları ile tahmin etmişlerdir. GSYH ve nüfus gibi iki ekonomik parametreyi kullanarak bir model oluşturmuşlardır. Modelin tahmin yeteneğini ölçmek için kare hata (RMS), ortalama mutlak hata (MAE) ve ortalama yüzde mutlak hata (MAPE) parametreleri kullanılmıştır.

Oğurlu (2011), yaptığı tez çalışmasında; modelin oluşturulmasında kullanılacak olan değişkenleri 1999-2009 yılları arasındaki Türkiye’ nin GSYH verileri, nüfus sayımı verileri, TEİAŞ tarafından kayıt altına alınan yıllık puant (elektrik enerjisi tüketiminin en yüksek olduğu zaman aralığı) gündeki tüketilen enerji miktarını ve toplam enerji tüketim değerlerini kullanmıştır. Oluşturulan matematiksel modelleme ile 2010-2025 yılları arasındaki puant günde tüketilen enerji miktarı tahmin edilmiştir. Yapılan tahminden elde edilen sonuçlar daha önceden farklı yöntemler kullanılarak yapılmış olan diğer akademik çalışmalar ile karşılaştırmıştır.

Balcı ve arkadaşları (2012), Balcı ve arkadaşları yaptıkları çalışmada regresyon analizi ve en küçük kareler yöntemini kullanarak kısa dönem yük tahminini gerçekleştirmiştir. Türkiye’ nin 2003-2010 yılları arası saatlik enerji tüketim verileri

yardımıyla 2004 yılından başlayarak basamaklı bir şekilde 2004-2010 yılları arasında günlük yük tahmini yapılmış ve gerçek değerlerle karşılaştırılmıştır. Sonuç verileri değerlendirildiğinde regresyon analizinin en küçük kareler yöntemine göre günlük talep tahmini planlamasının ekonomik ve doğru bir tercih olabileceği görülmüştür.

Ekici (2014), Bu çalışmada Fotovoltaik (PV) sistemin etkili kullanımında ileriki günlerin güneşlenme tahmini için En Küçük Kareler – Destek Vektör Makinesi (LS-SVM) modelini kullanmıştır. Günlük sıcaklık ve insolasyon verisi Devlet Meteorolojisi Genel Müdürlüğü tarafından elde edilmiştir. 2000-2002 yılları arası eğitim verisi olarak 2003 yılı da test verisi olarak kullanmıştır (Ekici,2014). Hamzaçebi ve Es (2014), Optimal Grey Model kullanılarak Türkiye'nin 2013-2025 arası elektrik tüketimi tahminini yapmışlardır.

Kaytez ve arkadaşları (2014), 1970-2009 yılları arasında Türkiye' nin elektrik enerji tüketimini En Küçük Kareler – Destek Vektör Makinesi (LS-SVM), YSA ve Regresyon analizi yöntemlerini kullanarak tahmin etmişlerdir.

Yavuzdemir (2014), tez çalışmasında GSYH girdi ve enerji talebi çıktı olarak seçilerek Türkiye'nin kısa dönem elektrik talebi tahmini için bir bulanık mantık modeli oluşturulmuş ve bu model zaman serisi ve regresyon analizi ile elde edilen modeller ile karşılaştırılmıştır.

Ekici (2014) çalışmasında Fotovoltaik (PV) sistemin etkili kullanımında ileriki günlerin güneşlenme tahmini için En Küçük Kareler – Destek Vektör Makinesi (LS-SVM) modelini kullanmıştır. Günlük sıcaklık ve insolasyon verisi Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından elde edilmiştir. 2000-2002 yılları arası eğitim verisi olarak 2003 yılını da test verisi olarak kullanmışlardır.

Hamzaçebi ve Es (2014), Optimal Grey Modelini kullanılarak Türkiye' nin 2013-2025 arası elektrik tüketimi tahminini yapmışlardır.

2015 yılında Çevik ve Çunkaş tarafından gerçekleştirilen çalışmada bulanık mantık ve adaptif ağ tabanlı bulanık çıkarım sistemi (Adaptive Network Based Fuzzy Inference Systems-ANFIS) metotları kullanılarak Türkiye için kısa dönem yük tahmini gerçekleştirilmiştir. 2009-2011 yılları arasındaki verileri kullanarak tasarlanan modelin başarımı 2012 yılı verileriyle değerlendirilmiştir. Aynı giriş ve çıkış parametreleri kullanılarak 2012 yılı için ANFIS ve bulanık mantık modellerinin kullanılmasıyla elde edilen yük tahmin sonuçları karşılaştırılmış ve ortalama mutlak yüzde hata oranları sırasıyla %1,85 ve %2,1 olarak elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlara dayanarak

ANFIS ve bulanık mantık metotlarının gerçek değerlere oldukça yakın ve iyi tahmin sonuçları verdiğini tespit etmişlerdir.

Hocaoğlu ve arkadaşları (2015), yaptıkları çalışmada küçük bir bölgenin (Güney ilçesi) yük tahmini, literatürde en çok kullanılan yük tahmini yöntemleri (YSA ve Regresyon) ile yapılmış olup ayrıca daha iyi sonuçlar elde edilebilmesi için hibrit sistem kullanılmıştır. Elde edilen hata, sonuçlar kıyaslandığında ise hibrit sistemin hatasının az olduğu görülmüştür

Sönmez (2015), ise Mayıs 2014-2016 yılları arası aylık ve yıllık bazlarda enerji talep tahmini çalışmasında Seydişehir bölgesinin Nisan 1995 - 2014 yılları arası nüfus, sıcaklık, nem, rüzgâr ve enerji tüketim verilerini kullanmıştır . Tahmin için regresyon analizi, YSA ve ANFIS yöntemlerini kullanmıştır. Her yöntemden iki adet olmak üzere toplam 6 farklı model geliştirmiş ve modellerin test verilerindeki MAPE cinsinden performanslarını karşılaştırarak en uygun modelin ANFIS-1 modeli olduğunu tespit etmiştir.

Çevik ve arkadaşları tarafından 2016 yılında yapılan bir çalışmada, Türkiye için kısa dönem yük tahmininde yapay arı kolonisi ve yapay sinir ağları (YSA) kombinasyonuna dayalı hibrit bir yöntem önerilmiştir. Yapay arı algoritması, YSA öğrenme sürecinde kullanılmakta ve YSA' da nöronların bağlantı ağırlıklarını optimize etmektedir. Tarihsel yük verileri, sıcaklık ve mevsim verileri modelde giriş olarak kullanılmıştır. Eğitim verisi olarak üç yıllık saatlik veriler kullanılırken, test verisi olarak da bir yıllık saatlik veriler göz önünde bulundurulmuştur. Elde edilen sonuçlar önerilen modelin gerçek değerlere yakın tahminler yaptığını göstermiştir.

Bu tez çalışmasında; Türkiye' nin 1980 – 2015 yılları arasındaki yıllık GSYH, nüfus, sıcaklık, nem, rüzgâr, yağış ve elektrik enerjisi tüketim miktarı verileri kullanılarak 2016 - 2023 yılları arası elektrik enerjisi tüketimi tahmin edilmeye çalışılmıştır. Tahmin yapılırken Java platformu üzerinde ve Waikato üniversitesi tarafından geliştirilmiş olan, genel kamu lisansı altında makine öğrenmesi algoritmaları içeren WEKA programı kullanılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde, Türkiye' de elektrik enerjisinin durumu ve tarihsel gelişimi, elektrik enerjisi talebini etkileyen faktörlerden ve tez çalışmasında kullanılan veriler hakkında bilgiler verilmiştir. Üçüncü bölümde, tez çalışmasında kullanılan regresyon analizi ve tahmin algoritmaları gibi yöntemler anlatılmıştır. Dördüncü bölümde, tez çalışmasında kullandığımız yöntemlerden elde edilen sonuçlar verilmiştir. Beşinci bölümde ise sonuçlar irdelenmiş ve önerilerde bulunulmuştur.

## 1.2. Çalışmanın Amacı ve Önemi

Elektrik enerjisinin üretimi, iletimi ve dağıtım sistemi planlanmasındaki temel amaç, bu enerjiyi kullanan tüketicilere kaliteli, kesintisiz ve ucuz olarak temin etmektir. Bu planlamanın temelini de elektrik enerjisi depolanamadığı için doğru yük tahmini yapmaktır. Düşük yük tahminlerinde, elektrik enerjisinin kalitesi ve güvenilirliği düşmekte ve tüketiciye verilen enerjinin kısıtlanmasına neden olmaktadır. Yüksek yük tahminlerinde, düşük kapasiteli ve ekonomik olmayan işletmeler sayesinde mali sıkıntılara neden olmaktadır.

Yapılan bu tez çalışmasında, elektrik enerji talebini etkilediği saptanan faktörler tahmin modelinde giriş olarak kullanılacaktır. Bunun için Türkiye'nin 1980-2017 yılları arasındaki GSYH, nüfus, meteorolojik veriler ve yıllık elektrik tüketim miktarı giriş verisi olarak kullanılmıştır. 1980-2012 yılları arası verileri kullanılarak model oluşturulacak, oluşturulan modeli test etmek için 2013-2017 yılları gerçek değerleriyle karşılaştırılacaktır. Daha sonra 1980-2017 yılları verileri kullanılarak yeni model oluşturulacak ve bu yeni model ile 2018-2023 yılları tahmin edilecektir.

WEKA, makine öğrenimi amacıyla Waikato Üniversitesinde geliştirilmiş ve "Waikato Environment for Knowledge Analysis" kelimelerinin baş harflerinden oluşmuş yazılımın ismidir. WEKA, tamamen modüler bir tasarıma sahip olup, içerdiği özelliklerle veri kümeleri üzerinde görselleştirme, veri analizi, veri madenciliği gibi işlemler yapabilmektedir. Temel olarak sınıflandırma, kümeleme, ilişkilendirme ve tahmin algoritmaları WEKA ile yapılabilmektedir. WEKA programında bulunan çeşitli tahmin algoritmaları kullanılarak (lineer regresyon, MLP regresyon, SMO regresyon ve Gaussian Processes regresyon) Türkiye'nin 2018-2023 yılları arası elektrik enerjisi tüketim miktarı başta olmak üzere diğer verilerinde tahmin edilmesi amaçlanmıştır.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1. Türkiye’ de Elektrik Enerjisi

Günümüzde kaliteli, verimli ve hızla iletilebilen bir kaynak olduğundan dolayı çok fazla kullanılan elektrik enerjisi, kullanımıyla birlikte meydana gelen arz-talep, iletim-dağıtım ve fiyatlandırma konularında planlamaların yapılması, elektrik enerjisi sektörünün sağlıklı bir şekilde gelişmesi için büyük önem taşımaktadır.

Elektrik enerjisi depolanamayan ve üretildiğinde de hemen tüketilmesi gereken bir enerji türüdür. Doğru talep tahmini ile doğruluk derecesi de önem kazanmaktadır. Böylelikle tahminler sonucunda elektrik üretilirken, kaynaklar da israf olabilir onun için tahminler talebin altında olursa elektrik açığı meydana gelir sonuç olarak da talebin yeterli miktarda karşılanamamasına neden olur (Uzun, 2017).

Türkiye’ de elektrik piyasasını Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) ve Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu (EPDK) düzenlemekte, işletmekte ve kontrol etmektedir. Enerji piyasalarının son yıllarda önemi daha da arttı ve aynı zamanda da ülke politikalarında da önemlidir. EPDK günümüzde piyasadaki fiyat düzenlemelerinin yanı sıra, lisans verme çalışmaları üzerinde de çok sıkı çalışmaktadır. Elektrik piyasasını düzenlemek için yönetmelikler çıkarmakta ve bu yönetmelikleri zamanla güncellemektedir.

Dünya genelinde özellikle son zamanlarda kullanımı çok yaygın hale gelen ve çoğu ülkede elektrik enerjisi talebinin büyük bir kısmını karşılayan yenilenebilir enerji kaynakları Ülkemizde de kullanılmaya başlanmıştır. Bu tür santraller kurulmakta, başka kurulacak santraller için gerekli altyapı çalışmaları devam etmektedir (Sönmez, 2015).

Enerji, hem çevresel ve sosyal yönleriyle hem de sağlık, eğitim ve ulaşım gibi hizmetlerde verimlilik artırılmasında olanakları da düşünüldüğünde, insanlık için ne kadar çok önemli olduğu anlaşılmaktadır. Elektriğin iyi, temiz, güvenilir, her yerde kullanılmasından dolayı, hızlı üretilip hemen iletilebilen ve tüketilen, çok verimli bir enerji kaynağı olduğu için elektrik enerjisi talebi her geçen yıl artmaktadır. Bir diğer yandan, bu enerjinin dezavantajı ise; depolanma durumunun olmaması nedeniyle talebinde dalgalanma olması muhtemeldir, fiziksel olarak akışın düzgün bir şekilde izlenme ve ölçülmesi imkânların teknik olarak olamamasındandır.

Elektriğin avantajlarından en iyi şekilde faydalanılırsa, gelişmeyi hedefine almış toplumlar için vazgeçilmez hale gelecektir. Böylelikle en önemli husus elektrik enerjisi talep tahminlerinin en doğru ve tutarlı bir şekilde yapılması olduğu düşünülmektedir (Yamaçlı, 2010).

## 2.2. Türkiye’ de Elektrik Enerjisinin Tarihsel Gelişimi

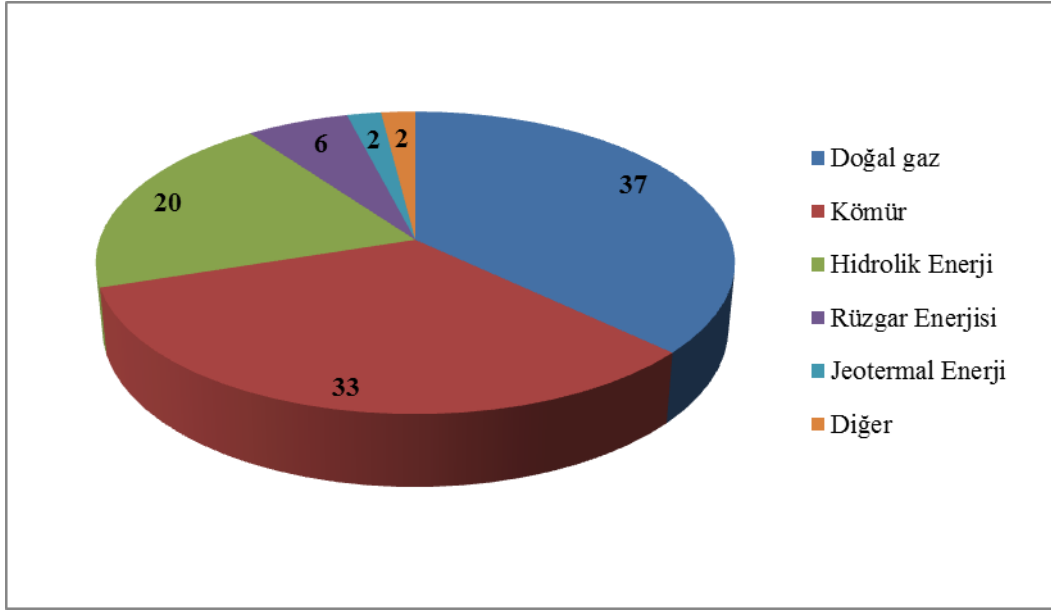
Türkiye’ de enerji kaynakları birincil ve ikincil enerji kaynakları olmak üzere iki kısımdan oluşur. Birincil enerji kaynakları, doğada kendiliğinden var olan ve başka kaynaklardan türetilmemiş olan kömür, petrol, doğalgaz, rüzgâr, güneş ve hidrolik enerjisi gibi kaynaklardır. Elektrik enerjisi ise güneş, rüzgâr, fosil yakıtlar, hidrolik vb. diğer enerji kaynaklarından dönüştürülmüş bir enerji türü olduğu için ikincil enerji kaynağı olarak sınıflandırılmaktadır.

Elektrik enerjisi ülkelerin ve toplumların gelişmişlik seviyesini gösteren önemli bir faktördür. Elektrik enerjisi hayatımızın her alanında kullanılan bir enerji kaynağıdır. Elektrik enerjisinin diğer enerji türlerine çok kolay dönüştürülebilmesi sayesinde kullanılmadığı sektör neredeyse yok gibidir. Elektrik enerjisi önceden depolanıp daha sonra kullanılmadığı için talep olduğu anda bu talebi karşılayabilecek şekilde enerji tesislerinin planlanması gerekmektedir.

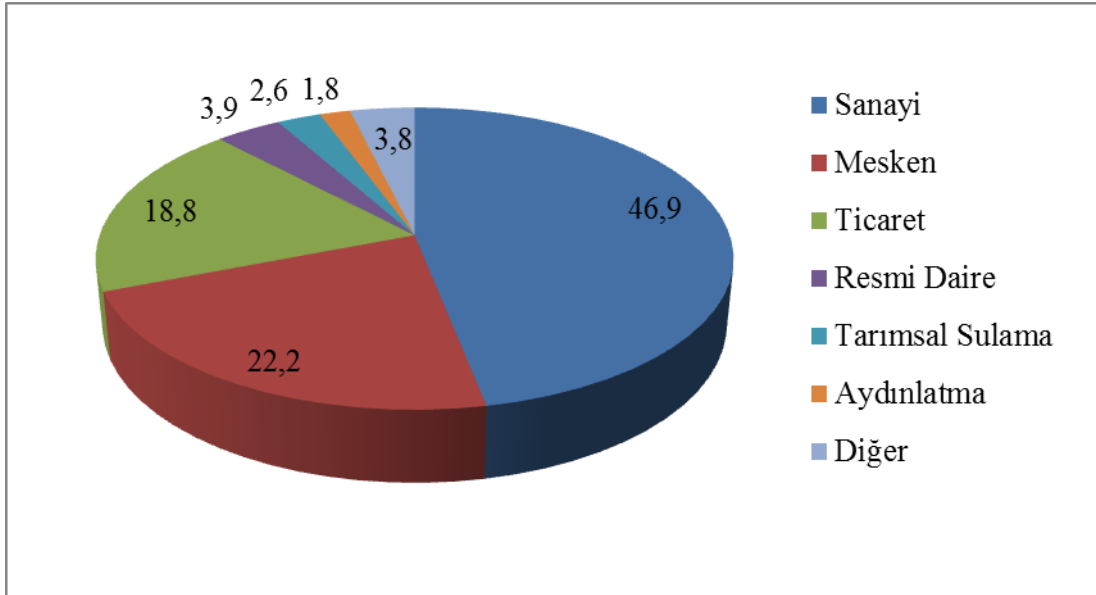
6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu kapsamında yeterli, kaliteli, sürekli, az maliyetli ve çevreyle uyumlu bir şekilde tüketicilerin kullanımına sunulan elektriğin, rekabet ortamında özel hukuk hükümlerine uygun faaliyet gösteren, mali açıdan güçlü, istikrarlı ve şeffaf bir elektrik piyasasının oluşturulması ve denetimin ve bağımsız bir düzenleme yapılmasının sağlanmasıdır.

Türkiye İstatistik Kurumu 2017 yılı itibariyle enerji kaynaklarına göre elektrik enerjisi üretimi ve payları Şekil 2.1’ de gösterilmiştir. Şekilden görüleceği gibi, elektrik enerjisi üretiminin %37’ sini doğalgazdan, %33’ ünü kömürden, %20’ sini hidrolik enerjiden, %6’ sı rüzgâr enerjisinden, %2’ si jeotermal enerjiden ve %2’ si de diğer kaynaklardan elde edilmiştir. Aynı kurumun 2017 yılı itibariyle elektrik enerjisi tüketiminin sektörler göre dağılımı Şekil 2.2’ de gösterilmiştir. Şekilden görüleceği gibi, elektrik enerjisi tüketiminin %46,9’ unu sanayiler, %22,2’ sini meskenler, %18,8’ ini ticarethaneler, %3,9’ unu resmi daireler, %2,6’ sını tarımsal sulamalar, %1,8’ ini aydınlatma da ve %3,8’ ini diğerleri kullanmışlardır. Diğerleri içinde, hayvancılık,

balıkçılık, içme ve kullanma suyu pompaj tesisleri, kamuya ait hizmetler vb. tüketimleri içermektedir (www.tuik.gov.tr ).



**Şekil 2.1.** 2017 yılı itibariyle enerji kaynaklarına göre elektrik enerjisi üretimi ve payları  
(Kaynak: www.tuik.gov.tr)



**Şekil 2.2.** 2017 yılı itibariyle elektrik tüketiminin sektörlere göre dağılımı  
(Kaynak: www.tuik.gov.tr)

### 2.3. Elektrik Enerjisi Talebini Etkileyen Faktörler

Elektriğin kullanılması, her bölgeye ve mevsime göre değişiklikler gösterir. Yıl boyunca, en az tüketim ve en çok tüketim miktarları arasında farklar olabilmektedir. Elektrik talebinin dalgalanma göstermesi, elektriğin büyük ölçekte depolanamayan bir enerji kaynağı olmasından dolayı, elektrik talebinin devamlı olması ve bu arzın sürekli karşılanmasını gerektirmektedir (Yamaçlı, 2010).

Elektrik enerji talebine etki eden faktörler ekonomik büyüme hızı ile sınırlı bulunmamaktadır. Talebi etkilediği saptanan faktörler, etki derecelerine bağlı olarak elektrik enerjisi talep tahmin modellerinde “giriş” olarak kullanılmaktadır. Bunlardan en önemlileri aşağıdaki gibidir ( Sönmez, 2015).

- Gayri Safi Yurt İçi Hâsıla (GSYH)
  - Sektörel bazda katma değerler
  - Kişi başına düşen milli gelir
  - Nüfus
  - Hane halkı sayısı ve ortalama hane halkı büyüklüğü
  - Çok odalı konut yüzdesi ve konut sahipliği artış oranı
  - Şehirleşme oranı
  - Şehir ve köy gelirleri
  - Elektrikli hane ve köy oranı
  - Elektrikten yararlanan nüfus oranı
  - İstihdam verileri
  - Teknolojik gelişmeler ve elektrikli iş aletleri kullanımının yaygınlaşma
- Oranları
- Kişi başına düşen elektrikli alet sayısındaki değişim
  - Elektrikli aletler ve ilgili malzemelerin fiyatları
  - Elektrik birim fiyatı
  - Alternatif enerji kaynaklarının fiyatları
  - Mevsimsel değişiklikler ve iklim koşulları
  - Ülkelerin coğrafi özellikleri
  - Zaman

Karşılanamaması durumunda zorunlu tasarruf ve kesinti uygulamalarının yapılması gerekmektedir. En iyi talebi karşılayabilmek için elektrik arz kapasitesinin, belirli bir düzeyde olması ve olası sıkıntılara karşı yedek bir kapasitenin hazır bulundurulması gerekmektedir. Dolayısıyla, elektrik sistemleri planlanırken, dönemsel değişkenliği dikkate almak, oluşan talebi en az kayıp ve maliyetle karşılayabilmek en iyi üretim ve iletim sistem planlarının ortaya konulması gerekmektedir (Demirel, 2009).

Elektrik talebini etkileyen durumların ve elektrik sistemine ilişkin tüm maliyetlerin en ince ayrıntısına kadar analiz edilebilme durumu büyük önem taşımaktadır ve tüketim tahminlerinin doğru bir şekilde yapılması gerekmektedir. Bu durumların oluşması halinde, arz güvenliğine ilişkin oluşumların giderilmesinde ve strateji belirleme aşamalarında doğru sonuçlar alınabilmesi mümkündür.

Elektrik talebine etki eden faktörler sadece ekonomik bir artma ile sınırlı değildir. Talebi etkilediği belirlenen faktörler, etkilerine bağlı olarak elektrik talep tahmin modellerinde “girdi” olarak kullanılmaktadır (Keleş, 2005).

Türkiye’ de elektrik talebinin sektörel dağılımına bakıldığında, tüketimdeki en büyük pay sanayi sektörüne aittir. Bu sebeple elektrik talebini en fazla etkileyen faktörlerden birisi sanayileşme oranıdır. Benzer şekilde, nüfus ve diğer demografik göstergeler ile bireysel refah düzeyindeki artışlar, talebini doğrudan etkilemektedir. Geçmişe ait veriler bizim gelecekle alakalı tahmin yapmamızı kolaylaştıracaktır. Bu veriler ne kadar çok, doğru ve tutarlı ise tahmin işi o kadar isabetli olacaktır (Yamaçlı, 2010).

#### **2.4. Meteorolojik Veriler**

Meteorolojik veriler, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü’ nden elde edilmiştir. Türkiye’ nin 1980-2017 yılları arasındaki meteorolojik verileri olarak; Türkiye geneli 224 büyük klima istasyonunun yıllık ortalama yağış miktarı (mm), Türkiye geneli 249 büyük klima istasyonunun yıllık ortalama sıcaklık değeri (°C), Türkiye geneli 236 büyük klima istasyonunun yıllık ortalama nem değeri (%) ve Türkiye geneli 254 büyük klima istasyonunun yıllık ortalama rüzgâr miktarı (m/s) kullanılmıştır ([www.mgm.gov.tr](http://www.mgm.gov.tr))

## 2.5. Nüfus Verileri

Nüfus, sınırları belli olan bir bölgede yaşayan insan sayısına nüfus denir. Nüfusla ilgili geleceğe yönelik tahminlerde bulunmak ülkenin sağlık, eğitim, ulaşım, istihdam gibi sosyal, siyasi ve ekonomik alanda önlem almasına yardımcı olur. Geçmiş yıllardaki nüfustan yararlanıp faydalanarak gelecek yıllardaki nüfusun ne kadar olacağı hakkında yapılan tahminlere nüfus projeksiyonları denir. Nüfusla ilgili bu tahminler kısa ve uzun süreli olmak üzere iki şekilde değerlendirilir. Ancak bu tahminler içinde kısa süreli olanlar daha doğru bilgi vermektedir. Nüfus projeksiyonları; ülkelerin gelişmişlik düzeyini, nüfusun sayısını, doğum ve ölüm oranları gibi istatistiki bilgilere göre belirlenmektedir (<http://www.cografyabilimi.gen.tr/turkiye-nufusunun-gelecegi/>).

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) internet sayfasından ([www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr)), Türkiye 1980-2017 yılları arasındaki nüfus verileri alınmıştır.

## 2.6. GSYH Verisi

Türkiye gibi enerji tüketiminde dışa bağımlılığı çok yüksek olan ülkelerde, enerji tüketiminin GSYH üzerindeki etkisi özellikle politika yapıcıları için önemli bir konudur (Ertuğrul, 2013). Dolayısıyla tez çalışmasında GSYH tahmin için giriş verisi olarak alınmıştır.

Literatüre bakıldığında, GSYH tanımı şu şekilde verilmektedir. GSYH, bir ülkenin sınırları içinde belirli bir yılda üretilen nihai malların ve hizmetlerin üretildikleri yılın piyasa fiyatları üzerinden değerine “nominal gayri safi yurtiçi hasıla”, temel bir yılın piyasa fiyatları üzerinden değerine ise “reel gayri safi yurtiçi hasıla” denir. GSYH, 3 farklı şekilde ölçülmektedir (<https://iktisatca.wordpress.com/2016/09/08/gsyh-gsmh-milli-gelir-ve-ilgili-kavramlar/>).

**Toplam Üretim Yaklaşımı:** GSYH, ekonomiyi oluşturan çeşitli faaliyet alanlarındaki tüm firmaların katma değerleri hesaplanarak ölçülür.

**Toplam Harcama Yaklaşımı:** GSYH, bir ülkede belirli bir yılda üretilen nihai malları satın almak için o yıl yapılan harcamalar, tüketim, brüt yatırım, hükümet alımları ve net ihracat verilerinin toplamı ile ölçülür.

**Toplam Gelir Yaklaşımı:** GSYH, kişilerin üretim sürecinde elde ettikleri gelir üzerinden ölçülür. (<https://iktisatca.wordpress.com/2016/09/08/gsyh-gsmh-milli-gelir-ve-ilgili-kavramlar/>).

## 2.7. Elektrik Enerjisi Tüketim Verisi

18 Kasım 2005 tarihine kadar Başbakanlığa bağlı olan Devlet İstatistik Enstitüsü 5429 sayılı Türkiye İstatistik Sistemi ve Kurum yeniden yapılandırılmıştır. Kurumun adı Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) olarak değiştirilmiştir. Türkiye İstatistik Kurumu, İstatistik Konseyi ve Türkiye İstatistik Kurumu Başkanlığı'ndan oluşturulmuştur. 2006-2008 yıllarında bazı maddeleri yeniden düzenlenmeye gitmiştir. 2011-2012 yıllarında ise merkez teşkilatı yeniden düzenlenmiştir. TÜİK, Kalkınma Bakanlığı'na bağlı bir araştırma kurumudur. Genel nüfus sayımı, genel tarım sayımı, genel sanayi veya işyerleri sayımı, milli gelir tahminleri, tüketici ve üretici fiyatları endeksi ve aylık ve yıllık enflasyon hesabı gibi yani ülkemizin tüm istatistiğini tutmak kurumun temel görevleri arasındadır ([www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr)).

Resmi istatistiklerin üretimine ve organizasyonuna ilişkin temel ilkeleri ve standartları belirlemek; ülkenin ihtiyaç duyduğu alanlarda veri ve bilgilerin derlenmesini, değerlendirilmesini, gerekli istatistiklerin üretilmesini, yayımlanmasını, dağıtımını ve Resmi İstatistik Programında istatistik sürecine dâhil kurum ve kuruluşlar arasında koordinasyonu sağlamaktadır. Günümüzde ulusal ve uluslararası sosyal ve ekonomik gelişme hedeflerinin belirlenmesi ve bu hedeflerin başarısı güncel, güvenilir istatistiklerle sağlanmaktadır. Doğru bilgi, doğru yorum ve doğru karar sürecinde araştırmacılar, politikacılar, karar alıcılar ve tüm bireyler çalışmalarında istatistiki bilgileri etkin olarak kullanmaktadırlar ([www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr)).

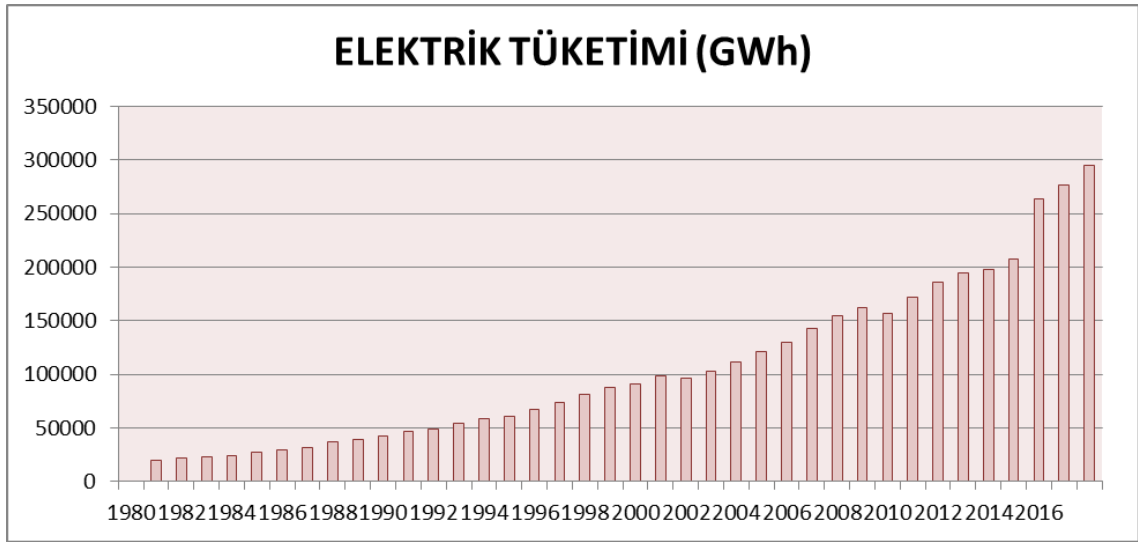
Sonuç olarak, tez çalışmasında kullanacağımız verileri şu şekilde sayabiliriz. Türkiye'nin 1980 – 2017 yılları arasındaki GSYH, nüfus, elektrik enerjisi tüketim miktarı verileri TÜİK' in internet sayfasından ([www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr)) elde edilmiştir. Meteorolojik veriler ise (sıcaklık, rüzgâr, nem ve yağış) T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden elde edilmiştir. Tahmin yapmak için tez çalışmasında kullanacağımız veriler aşağıda verilmiştir ve Çizelge 2.1.' de tablo halinde gösterilmiştir.

- Yıl (1980-2017),
- Gayrisafi Yurtiçi Hâsıla (GSYH) ( Milyar TL),
- Nüfus (x1000 kişi),
- Yağış (mm),
- Nem (%),
- Sıcaklık (°C),
- Rüzgâr (m/s),
- Elektrik tüketimi (GWh)

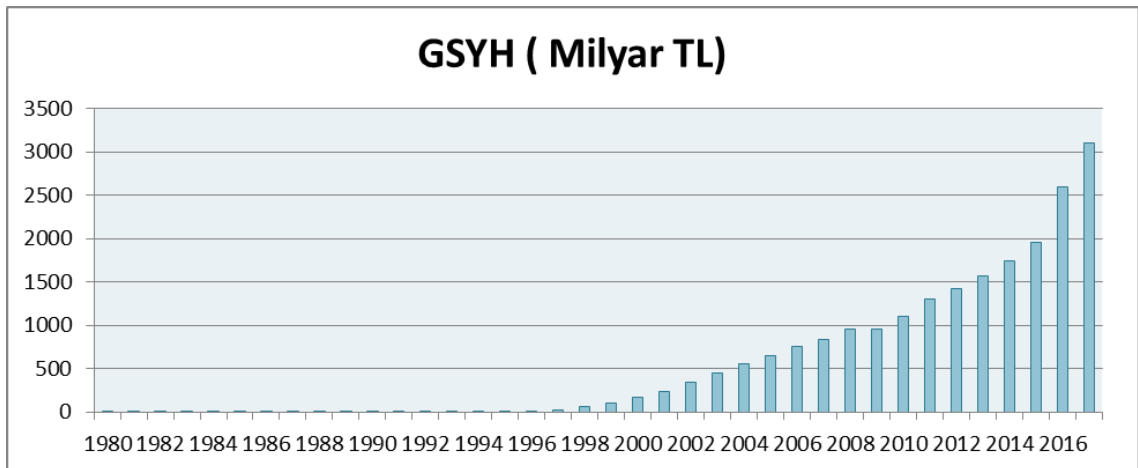
Çizelge 2.1. Tez çalışmasında kullanılan veri kümesi

YIL	GSYH ( Milyar TL)	NÜFUS ( X 1000 Kişi)	YAĞIŞ ( mm )	NEM (%)	SICAKLIK ( °C )	RÜZGÂR (m/s)	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)
1980	0,005	44438	639,5	63,9	12,7	2,1	20398
1981	0,008	45540	751,3	64,0	13,3	2,2	22030
1982	0,010	46688	546,8	63,5	12,1	2,1	23587
1983	0,014	47864	657,8	64,9	12,3	2,1	24465
1984	0,022	49070	560,3	64,2	12,8	2,0	27635
1985	0,035	50306	602,2	63,9	12,8	2,2	29709
1986	0,051	51433	582,7	64,6	13,1	2,1	32210
1987	0,075	52561	699,5	64,8	12,5	2,3	36697
1988	0,129	53715	755,1	66,6	12,5	2,2	39722
1989	0,227	54893	495,1	63,2	13,0	2,2	43120
1990	0,393	56203	501,6	63,6	12,9	2,2	46820
1991	0,630	57305	646,5	66,7	12,7	2,2	49283
1992	1,093	58401	578,8	64,7	11,4	2,2	53985
1993	1,981	59491	545,2	64,5	12,3	2,2	59237
1994	3,868	60576	644,3	64,8	13,7	2,1	61401
1995	7,762	61644	635,7	65,8	13,1	2,1	67394
1996	14,772	62697	682,8	66,2	13,3	2,0	74157
1997	28,835	62480	684,5	65,6	12,5	2,0	81885
1998	70,203	62464	704,3	65,4	13,8	1,9	87705
1999	104,596	63364	561,4	63,4	14,1	1,9	91202
2000	166,658	64269	581,4	62,7	13,1	1,9	98296
2001	240,224	65166	694,2	63,0	14,2	2,0	97070
2002	350,476	66003	634,0	64,2	13,2	1,8	102948
2003	454,781	66795	664,4	63,7	13,2	2,0	111766
2004	559,033	67599	607,4	62,2	13,2	2,0	121142
2005	648,932	68435	637,2	63,2	13,3	1,9	130263
2006	758,391	69295	607,4	63,6	13,3	1,9	143070
2007	843,178	70158	596,7	61,3	13,8	2,0	155135
2008	950,534	71052	493,1	61,0	13,6	2,0	161948
2009	952,559	72039	793,8	63,8	13,7	1,9	156894
2010	1098,799	73142	703,0	62,9	15,1	1,9	172051
2011	1297,713	74224	642,2	63,1	12,8	2,0	186100
2012	1416,798	75176	695,2	62,1	13,8	2,0	194923
2013	1567,289	76055	547,0	59,6	13,8	1,9	198045
2014	1748,168	76903	641,6	62,6	14,5	1,9	207375
2015	1952,638	77738	637,8	62,4	13,8	1,9	263828
2016	2590,517	79815	605,7	61,1	14	2	277200
2017	3104,907	80811	536,4	61,5	13,7	1,9	294900

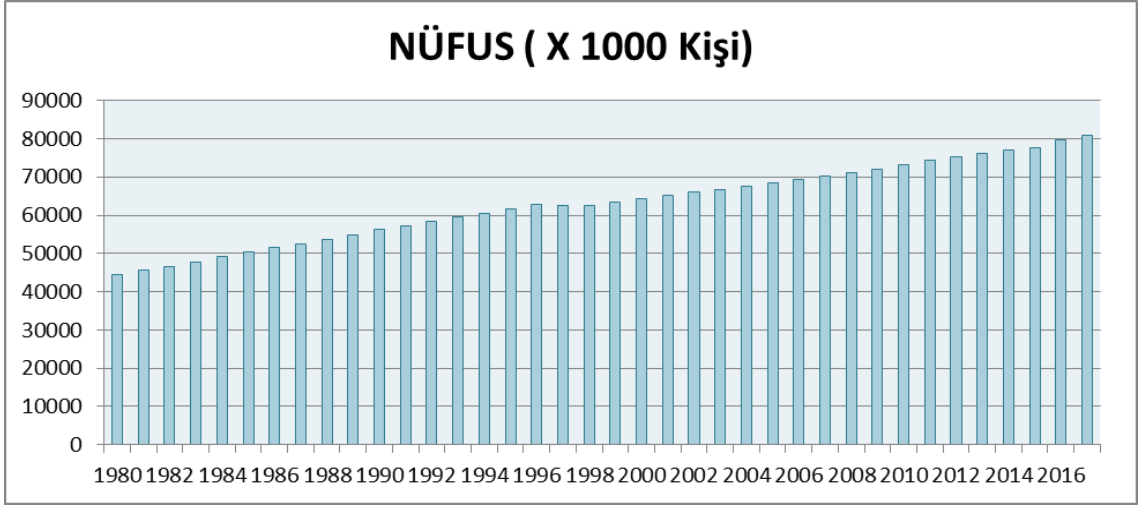
Çizelge 2.1.' de verilen veri kümemize göre; Türkiye' nin 1980-2017 yılları elektrik tüketimi grafiği Şekil 2.3' de, Türkiye' nin 1980-2017 yılları GSYH grafiği Şekil 2.4' de, Türkiye' nin 1980-2017 yılları nüfus grafiği Şekil 2.5' de, Türkiye' nin 1980-2017 yılları yağış grafiği Şekil 2.6' da, Türkiye' nin 1980-2017 yılları nem grafiği Şekil 2.7' de, Türkiye' nin 1980-2017 yılları sıcaklık grafiği Şekil 2.8' de ve Türkiye'nin 1980-2017 yılları rüzgar grafiği Şekil 2.9' da gösterilmiştir.



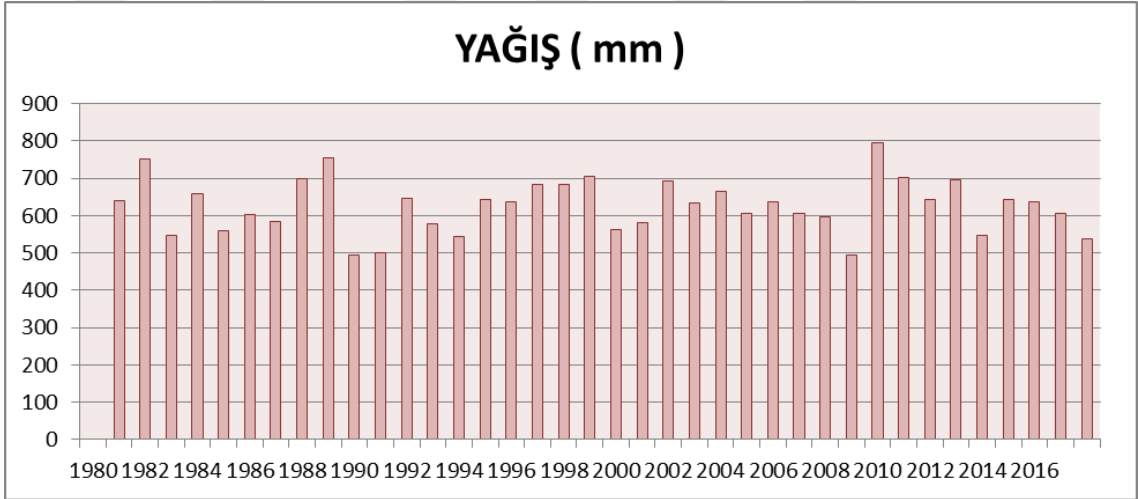
Şekil 2.3. Türkiye' nin 1980-2017 yılları arasındaki elektrik tüketimi



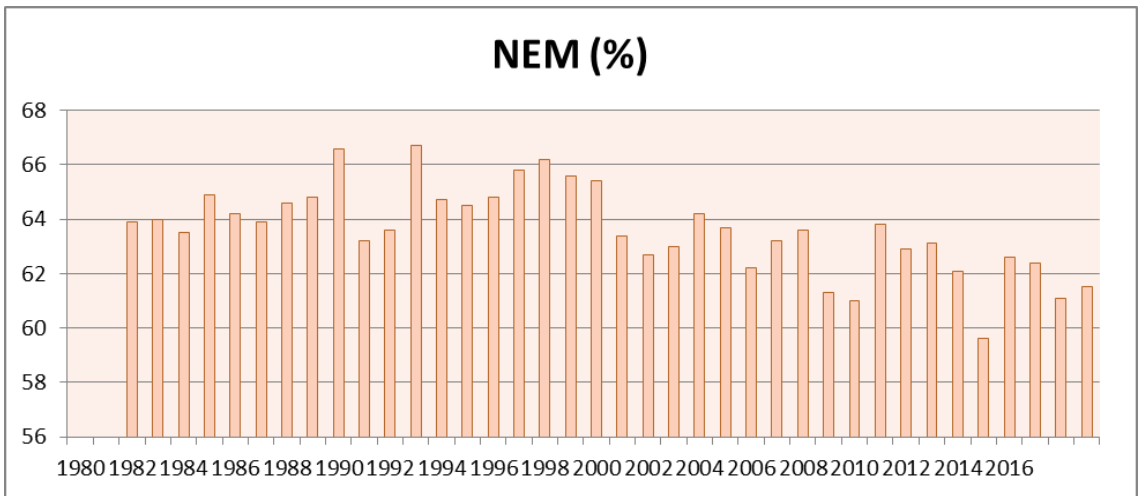
Şekil 2.4. Türkiye' nin 1980-2017 yılları arasındaki GSYH değeri



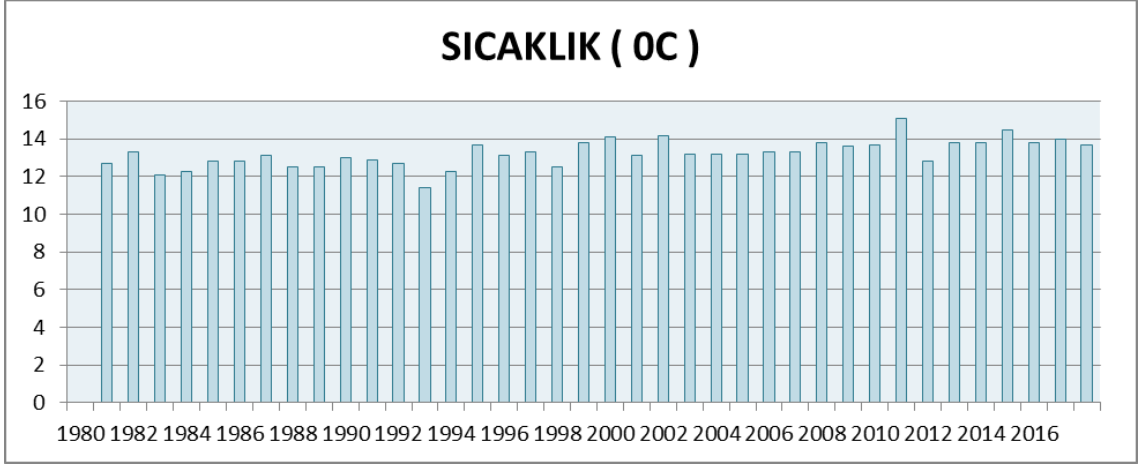
Şekil 2.5. Türkiye' nin 1980-2017 yılları arasındaki nüfusu



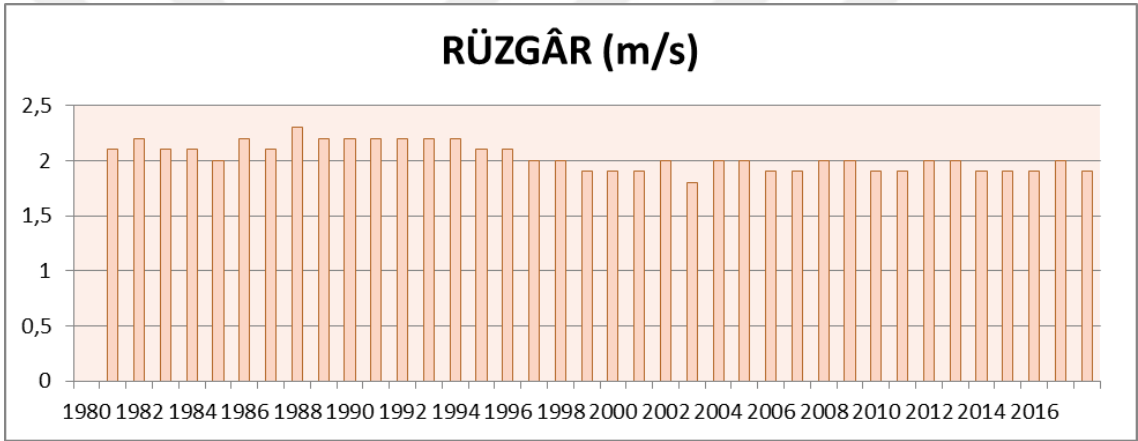
Şekil 2.6. Türkiye' nin 1980-2017 yılları arasındaki yağış miktarı



Şekil 2.7. Türkiye' nin 1980-2017 yılları arasındaki nem değeri



**Şekil 2.8.** Türkiye' nin 1980-2017 yılları arasındaki sıcaklık değeri



**Şekil 2.9.** Türkiye' nin 1980-2017 yılları arasındaki rüzgâr miktarı

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Makine Öğrenmesi Teknikleri

Yapay zekâ kavramı, insanların yapacakları işin bilgisayarlara yaptırma işidir. Yapay zekânın geniş bir alt tabanı olan makine öğrenmesi, bilgisayarların “öğrenmesine” sağlayacak algoritma ve yöntemlerin tasarımı ve gelişimi ile ilgilidir (Ardıl, 2009).

Öğrenme kavramı, sisteme aynı işi bir dahaki seferinde daha verimli yapmasına imkân veren değişiklikler yapmak anlamına gelir. Genel olarak, tümevarım öğrenme ve tümdengelim öğrenme olmak üzere iki çeşittir. Tümevarım makine öğrenme yöntemi, kuralları ve örüntüleri çok büyük veri kümelerinden elde ederler. Makine öğrenmesinin temeli, veriden bilgiyi hesaplamak ve istatistiksel yöntemlerle otomatik olarak çıkarmaktır. Bundan dolayı, makine öğrenmesi veri madenciliği ve istatistikle doğrudan ilişkilidir (Ardıl, 2009).

Makine öğrenmesi, verilen bir problemi veya probleme ait ortamdan edinilen veriye göre modelleyen bilgisayar algoritmalarının genel adıdır. Çalışmalarda yoğun bir şekilde kullanılan bir konu olduğu için önerilmiş birçok yaklaşım ve algoritma mevcuttur. Bu yaklaşımların bir kısmı tahmin, bir kısmı da sınıflandırma yapabilme yeteneğine sahiptir. Tahmin algoritması, veriden öğrenen modellerde sistem çıkışının nicel olması durumunda kullanılan yöntemlerin ürettiği değerlerdir. Sınıflandırma algoritması ise, giriş verisine ait çıkışların nitel olduğu durumlarda kullanılan yöntemlerin her veri örneğinin hangi sınıfa ait olduğunu belirlemesidir.

Günümüzde bilişim teknolojisi, veri iletişim teknolojileri ve veri toplama araçları oldukça gelişmiş ve yaygınlaşmıştır. Bu hızlı gelişim, büyük boyutlu veri kaynaklarının oluşmasına neden olmuş ve beraberinde bazı problemlere de yol açmıştır. Veri madenciliği, büyük ölçekli veriler arasından yararlı ve anlaşılır olanların bulunup ortaya çıkarılması sürecidir (Özkan,2008).

Günümüzde veri madenciliği yazılımları, ticari ve açık kaynak kodlu olmak üzere 2 gruba ayrılmaktadır. Piyasada açık kaynak kodlu olan pek çok veri madenciliği yazılımı vardır. Bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir.

**KEEL:** İspanya Ulusal Bilim Projeleri Kurumunun desteğiyle Granada Üniversitesi tarafından geliştirilen ve Java dilinde yazılmış olan; yapay zekâ tabanlı sınıflandırma ve kural tabanlı kümeleme algoritmaları içerir (Kaya,2014).

**KNIME:** Konstanz Üniversitesi görsel veri madenciliği araştırma grubu tarafından geliştirilen ve kullanıcılara yazılım geliştirme kiti sunarak kullanıcıların kendi modülünü yazabilmelerini sağlayan ve zengin görselleştirme araçları sunan programdır (Kaya,2014).

**ORANGE:** Slovenya Ljubljana Üniversitesi Bilgisayar ve Enformatik Bilimleri Bölümü yapay zekâ araştırmaları ekibi tarafından C++ dili ile geliştirilen ve sadece metin dosyalarından veri alan programdır (Kaya,2014).

**R:** Robert Gentleman ve Ross Ihaka tarafından geliştirilen, Auckland Üniversitesi İstatistik bölümünce grafikler, istatistiksel hesaplamalar ve veri analizleri için kullanılan programdır (Kaya,2014).

**RAPIDMINER (YALE):** Ralf Klinkenberg, Ingo Mierswa ve Simon Fischer tarafından yapılan ve Dortmund Teknoloji Üniversitesi yapay zekâ birimince Java dilinde geliştirilmiştir. 2007 yılından sonra Yale Üniversitesi yazılımı olarak kullanılmaya devam eden programdır (Kaya,2014).

### 3.2. WEKA Programı

Tez çalışmasında, açık kaynak kodlu olan WEKA programı kullanılmıştır. WEKA yazılımı ismini (The **W**aikato **E**nvironment for **K**nowledge **A**nalysis) kelimelerinin baş harflerinden almıştır. WEKA, Waikato Üniversitesi'nde geliştirilmiş olan, Java' da yazılmış makine öğrenmesi yazılımı için popüler bir platformdur (<http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>).

WEKA, Genel Kamu Lisansı altında ücretsiz bir yazılımdır. WEKA ayrıca, projenin ortaya çıktığı Waikato Üniversitesi' nin bulunduğu Yeni Zelanda'ya özgü bir kuş türünün de ismidir. Aynı zamanda bu kuş WEKA programının simgesi olmuştur. Şekil 3.1' de Yeni Zelanda bölgesinde nesli tükenmekte olan WEKA kuşu gösterilmiştir.

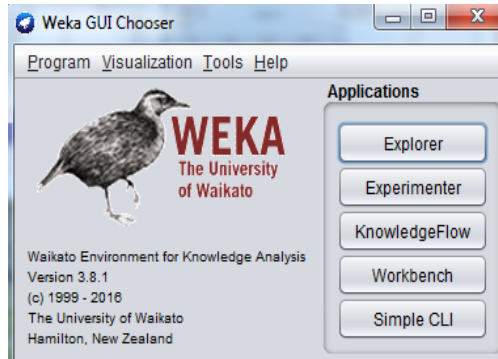


**Şekil 3.1.** Yeni Zelanda' ya özgü bir kuş türü olan WEKA

(Kaynak : <https://tr.depositphotos.com/10688157/stock-photo-weka-a-flightless-bird-that.html> )

WEKA' da hazır algoritmalar bir veri setine doğrudan uygulanabileceği gibi kullanıcı kendi Java kodu ile de kendi algoritmasını yazarak kullanabilir. WEKA, veri kümelerini işleyebilir ve sonuçları analiz edebilir. WEKA tüm veri madenciliği problemleri için (regresyon, sınıflandırma, tahmin, kümeleme, birliktelik kuralları oluşturma, nitelik seçimi vb.) çözümler üretir (<http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>).

WEKA programı çalıştırıldıktan sonra Şekil 3.2' de görüldüğü gibi, *Applications* (uygulamalar) menüsünde çalışılacak uygulama modları liste şeklinde gösterilmektedir. Bunlardan bazıları, komut modunda çalışmayı sağlayan *Simple CLI*, projeyi adım adım görsel ortamda gerçekleştirmeyi sağlayan *Explorer* ve projeyi sürükleyip bırak yöntemiyle gerçekleştirmeyi sağlayan *KnowledgeFlow* modu seçenekleridir (Şaylan, 2013).



**Şekil 3.2.** WEKA programının uygulama arayüz görünümü

WEKA’ daki tüm algoritmalar basit ilişkisel tablo şeklinde olan (*Attribute Relation File Format = ARFF*) (Nitelik-İlişki Dosya Formatı) ARFF dosya formatını giriş olarak alabilmektedir. WEKA ayrıca CSV, C4.5 dosya formatını da giriş olarak kullanabilir (Şaylan, 2013).

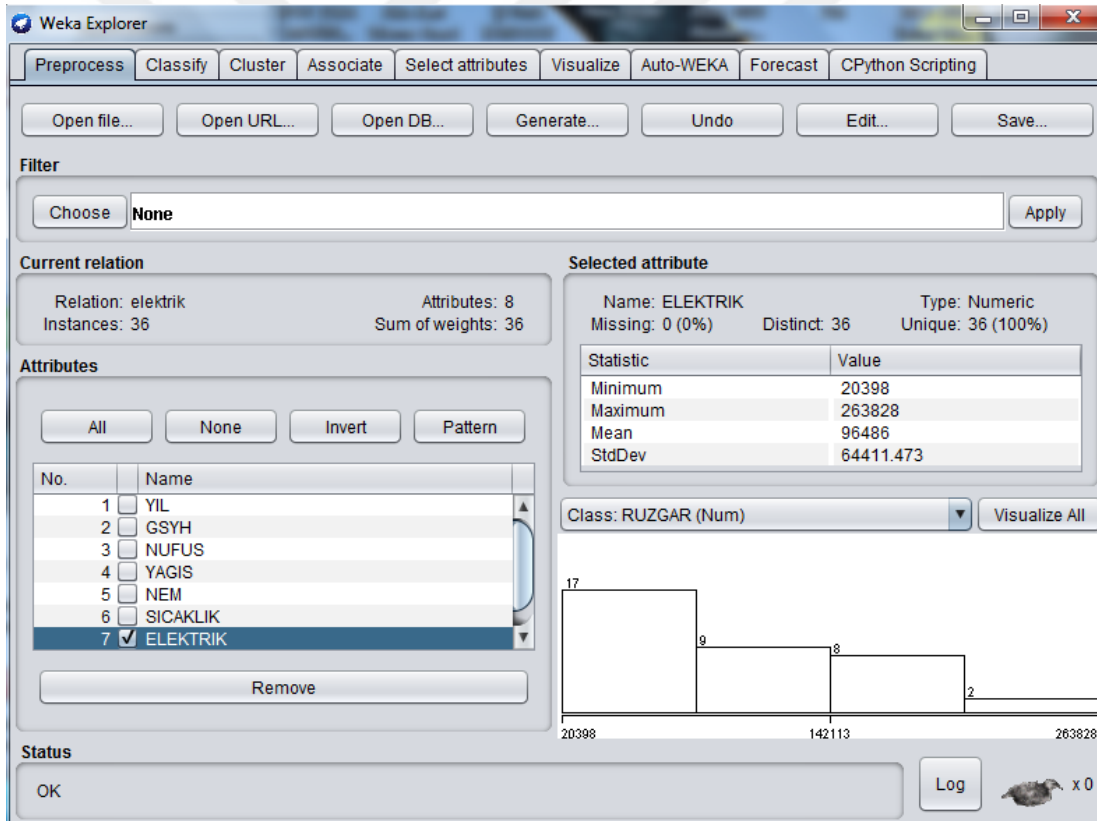
ARFF dosya formatı, makine öğrenmesinde kullanılan bir formattır. ARFF aracılığıyla okunan veriler programlama seviyesinde karakter dizileri biçiminde temsil edilir. Dosya yapısını belirlemek için @ relation, @ attribute ve @ data ifadeleri kullanılır. @ relation ifadesi, verinin genel amacını ya da ismini belirtir. @ attribute ifadesi, veri tabanında bulunan sütunlara karşılık gelen özellik isimlerini belirtmek için kullanılır. @ data ifadesi ise, ham verilerin başladığı satıra işaret eder. Şekil 3.3’ de ARFF veri dosya formatının nasıl kullanıldığını göstermek için, tez çalışmasında kullandığımız ARFF formatı gösterilmiştir (Şaylan, 2013).

```
% Türkiye`nin 2018 - 2023 yıllarındaki Elektrik Tüketim Tahmini
@ relation elektrik tüketim tahmini
@ attribute YIL NUMERIC
@ attribute GSYH NUMERIC
@ attribute NUFUS NUMERIC
@ attribute YAGIS NUMERIC
@ attribute NEM NUMERIC
@ attribute SICAKLIK NUMERIC
@ attribute RUZGAR NUMERIC
@ attribute ELEKTRIK NUMERIC
@data

1980,0.005,44438,639.5,63.9,12.7,2.1,20398
1981,0.008,45540,751.3,64,13.3,2.2,22030
1982,0.01,46688,546.8,63.5,12.1,2.1,23587
1983,0.014,47864,657.8,64.9,12.3,2.1,24465
1984,0.022,49070,560.3,64.2,12.8,2,27635
1985,0.035,50306,602.2,63.9,12.8,29709,2.2
1986,0.051,51433,582.7,64.6,13.1,32210,2.1
:
:
2011,1297.713,74224,642.2,63.1,12.8,2,186100
2012,1416.798,75176,695.2,62.1,13.8,2,194923
2013,1567.289,76055,547,59.6,13.8,1.9,198045
2014,1748.168,76903,641.6,62.6,14.5,1.9,207375
2015,1952.638,77738,637.8,62.4,13.8,1.9,263828
2016,2590.517,79815,605.7,61.1,14,277200,2
2017,3104.907,80811,536.4,61.5,13.7,294900,1.9
```

Şekil 3.3. Tez çalışmasında kullanılan ARFF veri dosya formatı

WEKA programı, veri kümelerini işleyebilir ve sonuçları analiz edebilir. Bu algoritma tüm veri madenciliği problemleri için regresyon, sınıflandırma, tahmin, kümeleme, birliktelik kuralları oluşturma, nitelik seçimi gibi çözümler üretir. Şekil 3.3' de tez çalışmasında kullandığımız ARFF veri dosya formatını WEKA programına yükleme işlemi şu şekilde yapılmaktadır. WEKA' da; ön işleme (*preprocess*), sınıflama (*classify*), kümeleme (*cluster*), birliktelik kuralları (*associate*), nitelik seçme (*select attribute*), görselleştirme (*visualize*) ve tahmin (*forecast*) panelleri bulunmaktadır. Şekil 3.4' de WEKA veri ön işleme paneli görüntüsü gösterilmiştir. Şekil 3.4' de görüleceği gibi, elektrik tüketim verisinin istatistiksel değerleri ( minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri) görülmektedir.



Şekil 3.4. WEKA programı veri ön işleme paneli görüntüsü

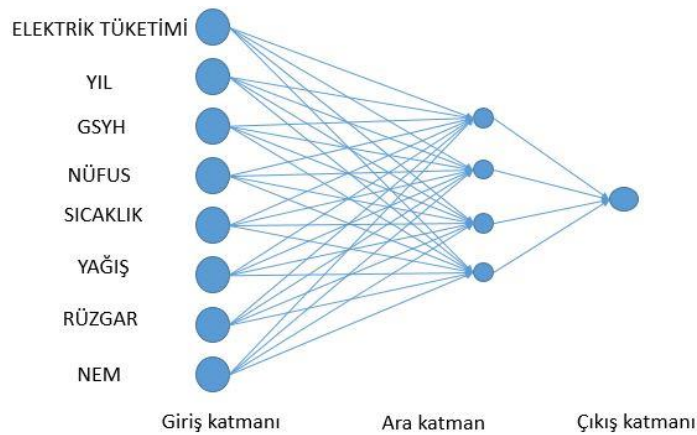
### 3.3. Regresyon Analizi

Biri bağımlı biri bağımsız iki değişken arasındaki doğrusal ilişkinin denklemine “basit regresyon” denir. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiler lineer olduğu gibi, lineer de olmayabilir. Parametrik yöntemlerden olan regresyon analizi, bir tahmin işlemidir ve daha çok değişkenler arasındaki ilişkiyi belirlemek için kullanılır. Aralarında sebep-sonuç ilişkisi olan iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi belirlemek üzere yapılan ve bu ilişkiyi kullanarak o konu ile ilgili gelecekle ilgili tahminler yapabilen yöntemlerden biridir. Önce kullanılacak olan parametreler tahmin edilir sonra da bağımlı değişkenin alacağı değerler belirlenir (Demirel, 2009; Sönmez, 2015).

Regresyon analizinde en çok kullanılan yöntemlerden biri de en küçük kareler yöntemidir. Regresyon yöntemi ile değişkenler arasındaki ilişkiyi matematiksel bir fonksiyon olarak ifade edebilmek için lineer, eğrisel, üssel, logaritmik gibi pek çok eğri modeli kullanılır. Tek bağımsız değişkeni olan basit regresyon analizi ve birden fazla bağımsız değişkeni olan çoklu regresyon analizi olmak üzere iki çeşit regresyon modeli bulunmaktadır (Demirel, 2009; Sönmez, 2015).

### 3.4. Yapay Sinir Ağları

Yapay Sinir Ağları (YSA) kavramı, insan beyninin çalışma ilkelerinin bilgisayarlar üzerinde taklit edilmesi fikri olarak ortaya çıkmış ve beynimizi oluşturan biyolojik sinir hücrelerinin yani nöronların matematiksel olarak modellenmesi üzerinde yoğunlaşmıştır. YSA, insan beynine benzer bir yapıya sahip olan birbirleriyle bağlantılı elemanlardan oluşan matematiksel bir modeldir. YSA modeli, giriş ve çıkışlar arasındaki ilişkiyi açıklamak için uygun veri seti örnekleriyle eğitilir. Böylece eğitilen yapay sinir ağına yeni bir giriş yapıldığında uygun ve doğru çıkışlar elde edilebilir. YSA’ nın en önemli avantajı, öğrenme kabiliyetinin olması ve farklı öğrenme algoritmaları kullanabilmesidir. Ayrıca YSA uyarlanabilir ve esneyebilir. Buna karşılık en önemli dezavantajı sistemin çalışmasının analiz edilememesidir (Çetin, 2003; Öztemel, 2003).



Şekil 3.5. Yapay Sinir Ağları (YSA)

Yapay Sinir Ağları (YSA), insan beyninin sinir ağlarını taklit ederek tasarlanmış bilgisayar programıdır. Bu program paralel bilgi işleme sistemi olarak düşünülebilirler. Böylece örnekler ile tespit edilen özellikler sayesinde genelleştirmeler yapılarak bir sonraki olaylara çözüm üretilmektedir (Sönmez, 2015).

YSA' nın önemli kullanım alanlarından biri de geleceği tahmindir. YSA, veriler arasındaki bilinmeyen ve fark edilmesi güç ilişkileri ortaya çıkartabilir. YSA, giriş ve çıkış değişkenleri arasındaki herhangi bir ön bilgiye ihtiyaç duymadan, herhangi bir varsayımda bulunmadan, doğrusal olmayan modellemeyi sağlayabilmektedir (Şekil 3.5). Ağa, giriş bilgileri ve bu girişlere karşılık gelen çıkış bilgileri verilmekte ve ağın giriş-çıkış arasındaki ilişkiyi öğrenmesi sağlanmakta, böylece ağın eğitimi gerçekleştirilmektedir. Yapılan birçok çalışma geleceği tahmin etmede, YSA' nın en az parametrik yöntemler kadar iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir. YSA' nın özellikle doğrusal olmayan zaman serilerinde gösterdiği başarı, bir tahmin aracı olarak tercih edilmesini sağlamıştır. YSA' nın geleceği tahmin için kullanıldığı alanlardan biri de elektrik enerjisi talep tahminidir (Çetin, 2003; Öztemel, 2003; Sönmez, 2015).

### 3.5. Destek Vektör Makinesi

Destek Vektör Makinesi (DVM), sınıflandırma ve regresyon problemlerinin çözümünde kullanılan güncel ve güçlü bir yöntemdir. Bu yaklaşımın temelleri istatistiksel öğrenme teorisine dayanmaktadır. Başlangıçta örüntü tanıma ve sınıflandırma problemleri için kullanılan DVM, daha sonra regresyon problemlerinin çözümünde kullanılmaya başlanmıştır. Giriş uzayında karmaşık fonksiyonlar tanımlamaya çalışan

YSA'nın tersine DVM, kernel (çekirdek) fonksiyonlarını kullanarak verileri yüksek boyutlu uzaya doğrusal olmayan haritalama yapar. Daha sonra DVM bu yeni uzayda basit karar sınırları oluşturmak için basit doğrusal fonksiyonlar kullanır. Ayrıca, pek çok geleneksel sinir ağı modellerindeki deneysel risk minimizasyonu prensibinden ziyade destek vektör makinelerindeki temel prensip yapısal risk minimizasyonudur.

### 3.6. MATLAB Programı

MATLAB® ismi, (MATrix LABoratory) (Matris Laboratuvarı) kelimelerinden meydana gelmektedir. MATLAB, ilk olarak Fortran Linpack ve Eispack projeleriyle geliştirilen ve bu programlara daha etkin ve kolay erişim sağlamak amacıyla 1970'lerin sonlarında yazılmıştır. İlk başlarda bilim adamlarına problemlerin çözümüne matris temelli teknikleri kullanarak yardımcı olmaktadır. Bugün ise geliştirilen yerleşik kütüphanesi ve uygulama ve programlama özellikleri ile gerek üniversite ortamlarında (başta matematik ve mühendislik olmak üzere tüm bilim dallarında) gerekse sanayi çevresinde yüksek verimli araştırma, geliştirme ve analiz aracı olarak yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. Ayrıca işaret işleme, kontrol, fuzzy, sinir ağları, wavelet analiz gibi birçok alanda ortaya koyduğu *Toolbox* adı verilen yardımcı alt programlarla da özelleştirilmiş ve kolaylaştırılmış imkânlar sağlamış ve sağlamaya da devam etmektedir (<http://www.mathworks.com>).

MATLAB®, temel olarak nümerik hesaplama, grafiksel veri gösterimi ve programlamayı içeren teknik ve bilimsel hesaplamalar için yazılmış yüksek performansa sahip bir yazılımdır. MATLAB programının tipik kullanım alanları: matematik and hesaplama işlemleri, algoritma geliştirme, modelleme, simülasyon (benzetim) ve öntipleme, veri analizi ve görsel efektlerle destekli gösterim, bilimsel ve mühendislik grafikleri, uygulama geliştirme şeklinde özetlenebilir (<http://www.mathworks.com>).

MATLAB, komut temelli bir programdır. *Command Window* penceresinde “»” işareti MATLAB'ın komut *prompt*'unu gösterir ve bu işaret bulunduğu satır komut satırı olarak adlandırılır. Bu işaretin hemen yanında yanıp sönen *I* şeklindeki işaret komut ve metin yazma kursörü yani imlecidir. Bu işaretin olduğu yerde klavyeden giriş yapılabilir demektir (<http://www.mathworks.com>).

#### 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Tez çalışmasında kullanacağımız metodolojik yaklaşım şu şekilde olacaktır. 1980 – 2012 yılları arası veri setini kullanarak bir model oluşturulacaktır. 2013 – 2017 yıllarındaki gerçek değerler ile kıyaslanarak oluşturulan model test edilecektir. Daha sonra 1980 – 2017 yılları arası veri seti kullanılarak yeni bir model oluşturulacak, oluşturulan yeni model kullanılarak 2018 – 2023 yılları tahmin edilecektir.

##### 4.1. Lineer Regresyon Sonuçları

WEKA programının Lineer regresyon (LR) algoritmasında, 1980 – 2012 yılları arası veri seti kullanılarak 2013 – 2017 yılları tahmin değerleri elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlarla gerçek değerleri karşılaştırmak için MAPE değerlerine bakılmıştır. Çizelge 4.1.' de 2013-2017 yılları gerçek değer ile WEKA programında LR algoritmasında tahmin ettiğimiz değerlerden elde edilen MAPE değerleri gösterilmiştir.

**Çizelge 4.1.** WEKA programı LR algoritmasıyla elde edilen 2013-2017 yılları regresyon sonuçlarının MAPE değerlerinin hesaplanması

YIL		GSYH ( Milyar TL)	NÜFUS ( X 1000 Kişi)	YAĞIŞ ( mm )	NEM (%)	SICAKLIK ( °C )	RÜZGÂR (m/s)	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)
2013	<b>GERÇEK</b>	1567,289	76055	547,0	59,6	13,8	1,9	198045
2014		1748,168	76903	641,6	62,6	14,5	1,9	207375
2015		1952,638	77738	637,8	62,4	13,8	1,9	263828
2016		2590,517	79815	605,7	61,1	14	2	277200
2017		3104,907	80811	536,4	61,5	13,7	1,9	294900
2013	<b>TAHMİN</b>	1454,14	76640	813,39	66,92	15,13	1,9999	198589
2014		1553,93	77859	830,5	67,11	15,17	2,0321	203473
2015		1437,24	79082	844	67,31	15,2	1,9998	207903
2016		1214,68	80281	860,44	67,51	15,23	2,0477	212286
2017		1104,68	81514	874,08	67,7	15,26	1,9644	217002
2013	<b>MAPE (%)</b>	7,22	0,77	48,701	12,282	9,638	5,258	0,275
2014		11,111	1,244	29,443	7,205	4,621	6,953	1,882
2015		26,395	1,729	32,33	7,869	10,145	5,253	21,198
2016		53,111	0,584	42,058	10,491	8,786	2,385	23,418
2017		64,422	0,87	62,954	10,082	11,387	3,39	26,416
<b>ORTALAMA MAPE(%)</b>		<b>32,452</b>	<b>1,04</b>	<b>43,098</b>	<b>9,586</b>	<b>8,916</b>	<b>4,648</b>	<b>14,638</b>

Çizelge 4.1.' de verilen WEKA programı lineer regresyon analizi ortalama MAPE sonuçlarına göre; GSYH verisi için % 32,452, nüfus verisi için % 1,04, yağış verisi için % 43,098, nem verisi için % 9,586, sıcaklık verisi için % 8,916, rüzgar verisi için % 4,648 ve elektrik tüketimi verisi için % 14,638 olduğu görülmektedir.

#### 4.2. MLP Sonuçları

WEKA programının YSA tabanlı MLP algoritmasında, 1980 – 2012 yılları arası veri seti kullanılarak 2013 – 2017 yılları tahmin değerleri elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlarla gerçek değerleri karşılaştırmak için MAPE değerlerine bakılmıştır. Çizelge 4.2.' de 2013-2017 yılları gerçek değer ile WEKA programı MLP algoritmasında tahmin ettiğimiz değerlerden elde edilen MAPE değerleri gösterilmiştir.

**Çizelge 4.2.** WEKA programı MLP algoritmasıyla elde edilen 2013-2017 yılları regresyon sonuçlarının MAPE değerlerinin hesaplanması

YIL	GERÇEK	GSYH	NÜFUS	YAĞIŞ ( mm )	NEM ( % )	SICAKLIK ( °C )	RÜZGÂR ( m/s )	ELEKTRİK TÜKETİMİ ( GWh )
		( Milyar TL )	( X 1000 Kişi )					
2013	GERÇEK	1567,289	76055	547,0	59,6	13,8	1,9	198045
2014		1748,168	76903	641,6	62,6	14,5	1,9	207375
2015		1952,638	77738	637,8	62,4	13,8	1,9	263828
2016		2590,517	79815	605,7	61,1	14	2	277200
2017		3104,907	80811	536,4	61,5	13,7	1,9	294900
2013	TAHMİN	1435,07	75521	798,63	66,81	15,61	2,14	199829
2014		1460,69	76281	805,71	66,97	15,99	2,11	204048
2015		1477,63	77007	809,43	67,12	16,07	1,96	208014
2016		1448,08	77706	815,52	67,27	16,09	2,18	211772
2017		1407,08	78377	820,87	67,41	16,09	2,09	215573
2013	MAPE (%)	8,437	0,703	46,002	12,098	13,116	12,632	0,901
2014		16,445	0,809	25,579	6,981	10,276	11,053	1,605
2015		24,327	0,941	26,91	7,565	16,45	3,158	21,156
2016		44,101	2,643	34,641	10,099	14,929	9,001	23,604
2017		54,683	3,012	53,034	9,61	17,446	10	26,9
<b>ORTALAMA MAPE(%)</b>		<b>29,599</b>	<b>1,622</b>	<b>37,234</b>	<b>9,271</b>	<b>14,444</b>	<b>9,169</b>	<b>14,834</b>

Çizelge 4.2.`de verilen WEKA programı MLP algoritması MAPE sonuçlarına göre; GSYH verisi için % 29,599, nüfus verisi için % 1,622, yağış verisi için % 37,234, nem verisi için % 9,271, sıcaklık verisi için % 14,444, rüzgar verisi için % 9,169 ve elektrik tüketimi verisi için % 14,834 olduğu görülmektedir.

### 4.3. SMO Regresyon Sonuçları

WEKA programının destek vektör makinası tabanlı SMO algoritmasında, 1980 – 2012 yılları arası veri seti kullanılarak 2013 – 2017 yılları tahmin değerleri elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlarla gerçek değerleri karşılaştırmak için MAPE değerlerine bakılmıştır. Çizelge 4.3.`de 2013-2017 yılları gerçek değer ile WEKA programında SMO algoritmasında tahmin ettiğimiz değerlerden elde edilen MAPE değerleri gösterilmiştir.

**Çizelge 4.3.** WEKA programı SMO algoritmasıyla elde edilen 2013-2017 yılları regresyon sonuçlarının MAPE değerlerinin hesaplanması

YIL		GSYH ( Milyar TL)	NÜFUS		YAĞIŞ ( mm )	NEM (%)	SICAKLIK ( °C )	RÜZGÂR (m/s)	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)
			( X 1000 Kişi)						
2013	<b>GERÇEK</b>	1567,289	76055		547,0	59,6	13,8	1,9	198045
2014		1748,168	76903		641,6	62,6	14,5	1,9	207375
2015		1952,638	77738		637,8	62,4	13,8	1,9	263828
2016		2590,517	79815		605,7	61,1	14	2	277200
2017		3104,907	80811		536,4	61,5	13,7	1,9	294900
2013	<b>TAHMİN</b>	1525,98	76538		816,12	66,91	14,89	1,98	205823
2014		1560,31	77619		830,91	67,1	14,91	1,94	210695
2015		1570,26	78708		841,14	67,29	15,07	1,91	215155
2016		1585,89	79803		855,25	67,48	15,12	1,88	219829
2017		1614,88	80908		867,44	67,67	15,24	1,76	225182
2013	<b>MAPE (%)</b>	2,636	0,636		49,2	12,266	7,899	4,211	3,928
2014		10,746	0,932		29,506	7,189	2,828	2,106	1,601
2015		19,583	1,248		31,882	7,837	9,203	0,527	18,449
2016		38,781	0,016		41,201	10,442	8	6,001	20,697
2017		47,99	0,121		61,716	10,033	11,241	7,369	23,642
<b>ORTALAMA MAPE(%)</b>		<b>23,948</b>	<b>0,591</b>		<b>42,701</b>	<b>9,554</b>	<b>7,835</b>	<b>4,043</b>	<b>13,664</b>

Çizelge 4.3.' de verilen WEKA programı SMO algoritması MAPE sonuçlarına göre; GSYH verisi için % 23,948, nüfus verisi için % 0,591, yağış verisi için % 42,701, nem verisi için % 9,554, sıcaklık verisi için % 7,835, rüzgar verisi için % 4,043 ve elektrik tüketimi verisi için % 13,664 olduğu görülmektedir.

#### 4.4. GPR Sonuçları

WEKA programının GPR algoritmasında, 1980 – 2012 yılları arası veri seti kullanılarak 2013 – 2017 yılları tahmin değerleri elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlarla gerçek değerleri karşılaştırmak için MAPE değerlerine bakılmıştır. Çizelge 4.4.' de 2013-2017 yılları gerçek değer ile WEKA programında GPR algoritmasında tahmin ettiğimiz değerlerden elde edilen MAPE değerleri gösterilmiştir.

**Çizelge 4.4.** WEKA programı GPR algoritmasıyla elde edilen 2013-2017 yılları regresyon sonuçlarının MAPE değerlerinin hesaplanması

YIL		GSYH ( Milyar TL)	NÜFUS		YAĞIŞ ( mm )	NEM (%)	SICAKLIK ( °C )	RÜZGÂR (m/s)	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)
			( X 1000 Kişi)						
2013	<b>GERÇEK</b>	1567,289	76055		547,0	59,6	13,8	1,9	198045
2014		1748,168	76903		641,6	62,6	14,5	1,9	207375
2015		1952,638	77738		637,8	62,4	13,8	1,9	263828
2016		2590,517	79815		605,7	61,1	14	2	277200
2017		3104,907	80811		536,4	61,5	13,7	1,9	294900
2013	<b>TAHMİN</b>	1541,55	69522		742,21	65,16	13,76	2,11	203578
2014		1663,52	69978		743,48	65,13	13,52	2,13	212979
2015		1745,8	70431		737,05	65,08	13,33	2,13	220386
2016		1810,27	70927		739,59	65,07	13,10	2,14	227747
2017		1882,11	71477		737,47	65,13	12,91	2,09	237578
2013	<b>MAPE (%)</b>	1,643	8,59		35,688	9,329	0,29	11,053	2,794
2014		4,843	9,005		15,88	4,042	6,759	12,106	2,703
2015		10,593	9,4		15,562	4,295	3,406	12,106	16,467
2016		30,12	11,136		22,106	6,498	6,429	7,001	17,841
2017		39,383	11,551		37,486	5,903	5,767	10	19,438
<b>ORTALAMA MAPE(%)</b>		<b>17,317</b>	<b>9,937</b>		<b>25,345</b>	<b>6,014</b>	<b>4,531</b>	<b>10,454</b>	<b>11,849</b>

Çizelge 4.4.' de verilen WEKA programı GPR algoritması MAPE sonuçlarına göre; GSYH verisi için % 17,317, nüfus verisi için % 9,937, yağış verisi için % 25,345, nem verisi için % 6,014, sıcaklık verisi için % 4,531, rüzgar verisi için % 10,454 ve elektrik tüketimi verisi için % 11,849 olduğu görülmektedir.

#### 4.5. MATLAB Programı Regresyon Sonuçları

Bir modelin başarısı gösterdiği performans ile ölçülür. Modelin performansı ise, modelin tahmin etmeye çalıştığı değer ile gerçek değer arasındaki farka göre belirlenir. Gerçek değer ile modelin ürettiği tahmini değer arasındaki fark ne kadar küçükse modelin performansı o kadar iyidir (Sönmez, 2015).

Çalışmada yöntemlerin performansını ölçmek için ortalama mutlak yüzde hata ( Mean Absolute Percentage Error = MAPE ) değeri kullanılmıştır. MAPE ifadesinin matematiksel ifadesi Eşitlik 4.1' de verilmiştir.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{\text{Gerçek değer} - \text{Tahmini değer}}{\text{Gerçek değer}} \right| \cdot 100 \quad (4.1)$$

Tez çalışmasında ortalama sıcaklık değer verilerine, MAPE değerinin nasıl hesaplandığını şu şekilde açıklayabiliriz. Öncelikle 1980 – 2017 yıllarının yerine, 1980 yılına  $X = 1$  değerinden başlayarak sırasıyla 2017 yılına kadar arttırarak  $X = 38$  değeri verilir. Sıcaklık değerlerine uygulanan bu işlem Çizelge 4.5.' de gösterilmiştir.

1980 – 2012 yılları arası  $X = 1 - 33$  arası sıcaklık verilerine 1. dereceden başlamak suretiyle 10. dereceye kadar regresyon denklemleri elde edilmiştir. Örneğin, 1. dereceden regresyon denklemi, Eşitlik 4.2' de gösterilmiştir.

$$\text{Sıcaklık (1)} = 0,042848 \cdot (\text{yıl}) + 12,399 \quad (4.2)$$

2. dereceden regresyon denklemi, Eşitlik 4.3' de gösterilmiştir.

$$\text{Sıcaklık (2)} = 0,000743 \cdot (\text{yıl})^2 + 0,017586 \cdot (\text{yıl}) + 12,546 \quad (4.3)$$

3. dereceden regresyon denklemi, Eşitlik 4.4' de gösterilmiştir.

$$\text{Sıcaklık (3)} = -0,0001622 \cdot (\text{yıl})^3 + 0,0090152 \cdot (\text{yıl})^2 - 0,096604 \cdot (\text{yıl}) + 12,894 \quad (4.4)$$

4. dereceden regresyon denklemi, Eşitlik 4.5' de gösterilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{Sıcaklık (4)} = & 0,00000377777 \cdot (\text{yıl})^4 - 0,00041908 \cdot (\text{yıl})^3 \\ & + 0,014688 \cdot (\text{yıl})^2 - 0,14099 + 12,979 \end{aligned} \quad (4.5)$$

**Çizelge 4.5.** Türkiye' nin 1980 – 2017 yılları arası ortalama sıcaklık değerlerine X = 1-38 değerlerinin verilme işlemi

YIL	X	SICAKLIK (°C)
1980	1	12,7
1981	2	13,3
1982	3	12,1
1983	4	12,3
1984	5	12,8
1985	6	12,8
1986	7	13,1
1987	8	12,5
1988	9	12,5
1989	10	13,0
1990	11	12,9
1991	12	12,7
1992	13	11,4
1993	14	12,3
1994	15	13,7
1995	16	13,1
1996	17	13,3
1997	18	12,5
1998	19	13,8
1999	20	14,1
2000	21	13,1
2001	22	14,2
2002	23	13,2
2003	24	13,2
2004	25	13,2
2005	26	13,3
2006	27	13,3
2007	28	13,8
2008	29	13,6
2009	30	13,7
2010	31	15,1
2011	32	12,8
2012	33	13,8
2013	34	13,8
2014	35	14,5
2015	36	13,8
2016	37	14,0
2017	38	13,7

Her regresyon denklemi için Eşitlik 4.1' de gösterildiği gibi MAPE değerleri hesaplandı. Hesaplama sonucunda MAPE değeri en küçük olan regresyon denklem ifadesi kullanıldı. Çizelge 4.6.' da 1. dereceden regresyon denklemi için MAPE değerinin nasıl hesaplandığı gösterilmiştir.

**Çizelge 4.6.** Sıcaklık değerlerine 1. dereceden regresyon denkleminin MAPE değerinin hesaplanması

YIL	X	SICAKLIK ( °C ) Gerçek değer	SICAKLIK ( °C ) Tahmini değer	MUTLAK HATA	( % ) MAPE değeri
1980	1	12,7	12,441848	0,258152	2,032692913
1981	2	13,3	12,484696	0,815304	6,130105263
1982	3	12,1	12,527544	0,427544	3,533421488
1983	4	12,3	12,570392	0,270392	2,198308943
1984	5	12,8	12,61324	0,18676	1,4590625
1985	6	12,8	12,656088	0,143912	1,1243125
1986	7	13,1	12,698936	0,401064	3,061557252
1987	8	12,5	12,741784	0,241784	1,934272
1988	9	12,5	12,784632	0,284632	2,277056
1989	10	13,0	12,82748	0,17252	1,327076923
1990	11	12,9	12,870328	0,029672	0,230015504
1991	12	12,7	12,913176	0,213176	1,678551181
1992	13	11,4	12,956024	1,556024	13,64933333
1993	14	12,3	12,998872	0,698872	5,681886179
1994	15	13,7	13,04172	0,65828	4,804963504
1995	16	13,1	13,084568	0,015432	0,117801527
1996	17	13,3	13,127416	0,172584	1,29762406
1997	18	12,5	13,170264	0,670264	5,362112
1998	19	13,8	13,213112	0,586888	4,252811594
1999	20	14,1	13,25596	0,84404	5,986099291
2000	21	13,1	13,298808	0,198808	1,517618321
2001	22	14,2	13,341656	0,858344	6,044676056
2002	23	13,2	13,384504	0,184504	1,397757576
2003	24	13,2	13,427352	0,227352	1,722363636
2004	25	13,2	13,4702	0,2702	2,046969697
2005	26	13,3	13,513048	0,213048	1,601864662
2006	27	13,3	13,555896	0,255896	1,924030075
2007	28	13,8	13,598744	0,201256	1,458376812
2008	29	13,6	13,641592	0,041592	0,305823529
2009	30	13,7	13,68444	0,01556	0,113576642
2010	31	15,1	13,727288	1,372712	9,090807947
2011	32	12,8	13,770136	0,970136	7,5791875
2012	33	13,8	13,812984	0,012984	0,094086957
2013	34	13,8	13,855832	0,055832	0,40457971
2014	35	14,5	13,89868	0,60132	4,147034483
2015	36	13,8	13,941528	0,141528	1,025565217
2016	37	14,0	13,984376	0,015624	0,1116
2017	38	13,7	14,027224	0,327224	2,38849635
					<b>% 2,924</b>

Çizelge 4.6.' da gösterildiği gibi 1. dereceden regresyon denkleminin % MAPE değerlerinden sonra bu değerlerin ortalaması alınır, %MAPE değeri yaklaşık %2,924 değeri bulunur. Bu MAPE değeri sıcaklık için en küçük MAPE değeridir.

Sıcaklık için yapılan tüm işlemler elektrik tüketimi, nüfus, GSYH, nem, rüzgâr ve yağış verileri içinde yapılmıştır. Elektrik enerjisi tüketim verilerine 1. dereceden başlamak suretiyle 10. dereceye kadar regresyon denklemleri elde edilmiştir. Her regresyon denklemi için MAPE değerleri hesaplanmıştır. En düşük MAPE değeri 4. dereceden regresyon denklemi için yaklaşık %3,27 bulunmuştur. 4. dereceden regresyon denklemi, Eşitlik 4.6' da verilmiştir.

$$\text{Elektrik (4)} = 0,042 \cdot (\text{yıl})^4 - 1,69 \cdot (\text{yıl})^3 + 137,68 \cdot (\text{yıl})^2 + 1140,4 \cdot (\text{yıl}) + 18783 \quad (4.6)$$

Nüfus verilerine 1. dereceden başlamak suretiyle 10. dereceye kadar regresyon denklemleri elde edilmiştir. Her regresyon denklemi için MAPE değerleri hesaplanmıştır. En düşük MAPE değeri 3. dereceden regresyon denklemi için %0,554 bulunmuştur. 3. dereceden regresyon denklemi, Eşitlik 4.7' de verilmiştir.

$$\text{Nüfus (3)} = 0,66612 \cdot (\text{yıl})^3 - 42,297 \cdot (\text{yıl})^2 + 1668,6 \cdot (\text{yıl}) + 42081 \quad (4.7)$$

GSYH verilerine 1. dereceden başlamak suretiyle 10. dereceye kadar regresyon denklemleri elde edilmiştir. Her regresyon denklemi için MAPE değerleri hesaplanmıştır. En düşük MAPE değeri 6. dereceden regresyon denklemi için %283,03 bulunmuştur. 6. dereceden regresyon denklemi, Eşitlik 4.8' de verilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{GSYH (6)} = & 0,0000509 \cdot (\text{yıl})^6 - 0,0054 \cdot (\text{yıl})^5 + 0,214 \cdot (\text{yıl})^4 - 3,86 \cdot (\text{yıl})^3 \\ & + 31,933 \cdot (\text{yıl})^2 - 108,14 \cdot (\text{yıl}) + 102,8 \end{aligned} \quad (4.8)$$

Nem verilerine 1. dereceden başlamak suretiyle 10. dereceye kadar regresyon denklemleri elde edilmiştir. Her regresyon denklemi için MAPE değerleri hesaplanmıştır. En düşük MAPE değeri 3. dereceden regresyon denklemi için %1,35 bulunmuştur. 3. dereceden regresyon denklemi, Eşitlik 4.9' da verilmiştir.

$$\text{Nem (3)} = 0,00043729 \cdot (\text{yıl})^3 - 0,029306 \cdot (\text{yıl})^2 + 0,47471 \cdot (\text{yıl}) + 62,859 \quad (4.9)$$

Rüzgâr verilerine 1. dereceden başlamak suretiyle 10. dereceye kadar regresyon denklemleri elde edilmiştir. Her regresyon denklemi için MAPE değerleri hesaplanmıştır. En düşük MAPE değeri 1. dereceden regresyon denklemi için %3,5232 bulunmuştur. 1. dereceden regresyon denklemi, Eşitlik 4.10' da verilmiştir.

$$\text{Rüzgar (1)} = -0,0089572 \cdot (\text{yıl}) + 2,2008 \quad (4.10)$$

Yağış verilerine 1. dereceden başlamak suretiyle 10. dereceye kadar regresyon denklemleri elde edilmiştir. Her regresyon denklemi için MAPE değerleri hesaplanmıştır. En düşük MAPE değeri 1. dereceden regresyon denklemi için %9,6487 bulunmuştur. 1. dereceden regresyon denklemi, Eşitlik 4.11' de verilmiştir.

$$\text{Yağış (1)} = 1,1006.(\text{yıl}) + 612,36 \quad (4.11)$$

Sonuç olarak MATLAB programıyla ve MAPE değerleri en küçük olan; GSYH verisi 6. dereceden, nüfus verisi için 3. dereceden, yağış verisi için 1. dereceden, nem verisi için 3. dereceden, sıcaklık verisi için 1. dereceden, rüzgar verisi için 1. dereceden ve elektrik tüketimi verisi için 4. dereceden regresyon denklemleriyle elde edilen 2013 – 2017 yılları arası değerler ile gerçek değerler arasındaki MAPE Çizelge 4.7.' de verilmiştir.

**Çizelge 4.7.** MATLAB programıyla elde edilen 2013-2017 yılları regresyon sonuçlarının MAPE değerlerinin hesaplanması

YIL		GSYH (Milyar TL)	NÜFUS	YAĞIŞ (mm)	NEM (%)	SICAKLIK (°C)	RÜZGÂR (m/s)	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)
			(X 1000 Kişi)					
2013	<b>GERÇEK</b>	1567,289	76055	547,0	59,6	13,8	1,9	198045
2014		1748,168	76903	641,6	62,6	14,5	1,9	207375
2015		1952,638	77738	637,8	62,4	13,8	1,9	263828
2016		2590,517	79815	605,7	61,1	14	2	277200
2017		3104,907	80811	536,4	61,5	13,7	1,9	294900
2013		<b>TAHMİN</b>	1584,38	76099	649,78	62,31	13,86	1,8963
2014	1812,79		77228	650,88	62,32	13,9	1,8873	217449
2015	2110,23		78412	651,98	62,37	13,94	1,8783	229435
2016	2501,45		79656	653,08	62,45	13,98	1,8694	241980
2017	3016,84		80962	654,18	62,58	14,03	1,8604	255110
2013	<b>MAPE (%)</b>		1,091	0,058	18,79	4,547	0,435	0,195
2014		3,697	0,423	1,447	0,448	4,138	0,669	4,858
2015		8,071	0,868	2,224	0,049	1,015	1,143	13,037
2016		3,439	0,2	7,823	2,21	0,143	6,53	12,706
2017		2,837	0,187	21,958	1,757	2,409	2,085	13,493
<b>ORTALAMA MAPE(%)</b>		<b>3,827</b>	<b>0,348</b>	<b>10,449</b>	<b>1,803</b>	<b>1,628</b>	<b>2,125</b>	<b>9,622</b>

Çizelge 4.7.' de verilen MATLAB programı regresyon analizi ortalama MAPE sonuçlarına göre; GSYH verisi için %3,827, nüfus verisi için %0,348, yağış verisi için

%10,449, nem verisi için % 1,803, sıcaklık verisi için %1,628, rüzgar verisi için %2,125 ve elektrik tüketimi verisi için %9,622 olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak tez çalışmasında kullandığımız beş farklı yöntemin ortalama MAPE değerlerinin karşılaştırılması Çizelge 4.8.' de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.8.** 2013-2017 yılları arası verilerinin kullandığımız beş farklı yöntemin ortalama MAPE değerlerinin karşılaştırılması

YÖNTEM	GSYH	NÜFUS	YAĞIŞ	NEM	SICAKLIK	RÜZGÂR	ELEKTRİK TÜKETİMİ
WEKA LR	32,452	1,04	43,098	9,586	8,916	4,648	14,638
WEKA MLP	29,599	1,622	37,234	9,271	14,444	9,169	14,834
WEKA SMO	23,948	0,591	42,701	9,554	7,835	4,043	13,664
WEKA GPR	17,317	9,937	25,345	6,014	4,531	10,454	11,849
<b>MATLAB</b>	<b>3,827</b>	<b>0,348</b>	<b>10,449</b>	<b>1,803</b>	<b>1,628</b>	<b>2,125</b>	<b>9,622</b>

Çizelge 4.8.' den görüleceği gibi beş farklı yöntem karşılaştırıldığında ortalama MAPE değerlerine göre tüm verilerde MATLAB programı regresyon analizinin en iyi sonucu verdiği görülmektedir.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 5.1 Sonuçlar

Tez çalışmasında 1980-2017 yılları arasındaki meteorolojik ve demografik veriler, net elektrik tüketimi ve GSYH değerleri kullanılarak, Türkiye' nin 2018-2023 verileri beş farklı algoritma kullanılarak tahmin edilmiştir.

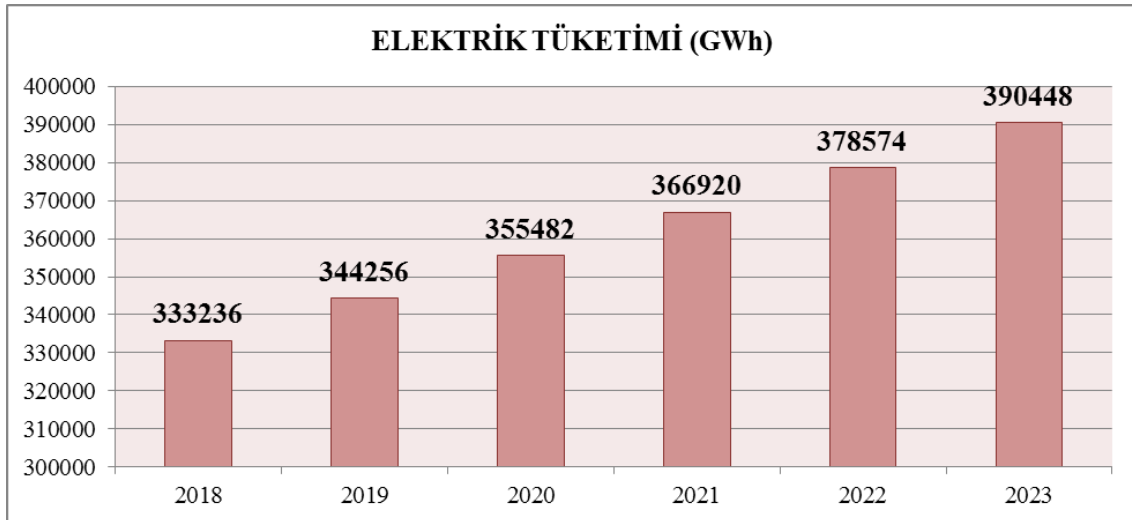
WEKA programı LR algoritması kullanılarak 2018 – 2023 yılları tahmin değerleri Çizelge 5.1.' de gösterilmiştir.

**Çizelge 5.1.** WEKA programı LR algoritmasıyla tahmin edilen 2018-2023 yılları değerleri

YIL	GSYH ( Milyar TL)	NÜFUS ( X 1000 Kişi)	YAĞIŞ ( mm )	NEM (%)	SICAKLIK ( °C )	RÜZGÂR (m/s)	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)
2018	3547	82554	813,5	66,94	15,29	1,86	333236
2019	3564	83882	823,9	67,15	15,42	1,84	344256
2020	3694	85090	840,5	67,37	15,57	1,83	355482
2021	3828	86316	851,5	67,59	15,71	1,81	366920
2022	3968	87561	866,6	67,8	15,86	1,8	378574
2023	4113	88826	878,4	68,01	15,99	1,79	390448

Çizelge 5.1.' e bakıldığı zaman sadece rüzgar verisinde 2018-2023 yılları arasında çok az da olsa bir azalma görülmekte, diğer verilerde ise yıllara göre artış olacağı tahmin edilmiştir. Türkiye' nin 2018 yılı elektrik tüketimi 333236 GWh iken 2023 yılında ise yaklaşık 390448 GWh, nüfusu ise 2018 yılı için 82,554 milyon kişi iken 2023 yılında yaklaşık 88,9 milyon civarında ve GSYH değeri ise 2018 yılında yaklaşık 3547 milyar TL iken 2023 yılında yaklaşık 4113 milyar TL olacağı tahmin edilmiştir. Türkiye' nin 2018 yılı yağış miktarı 813,5 mm iken 2023 yılında ise 878,4 mm olacağı tahmin edilmiştir. Türkiye' nin 2018 yılı nem miktarı %66,94 iken 2023 yılında bu değer yaklaşık % 68 olacağı tahmin edilmiştir. Türkiye' nin 2018 yılı ortalama sıcaklığı 15,29°C iken, 2023 yılında bu değer 15,99°C olacağı tahmin edilmiştir. Türkiye' nin 2018 yılı ortalama rüzgârı 1,86m/s iken, 2023 yılında bu değer 1,79m/s olacağı tahmin edilmiştir.

Çizelge 5.1.' de tahmin edilen Türkiye' nin 2018-2023 yılları arası elektrik tüketim grafiği Şekil 5.1.' de gösterilmiştir.



**Şekil 5.1.** WEKA programı LR algoritması 2018-2023 yılları arası elektrik tüketim tahmini

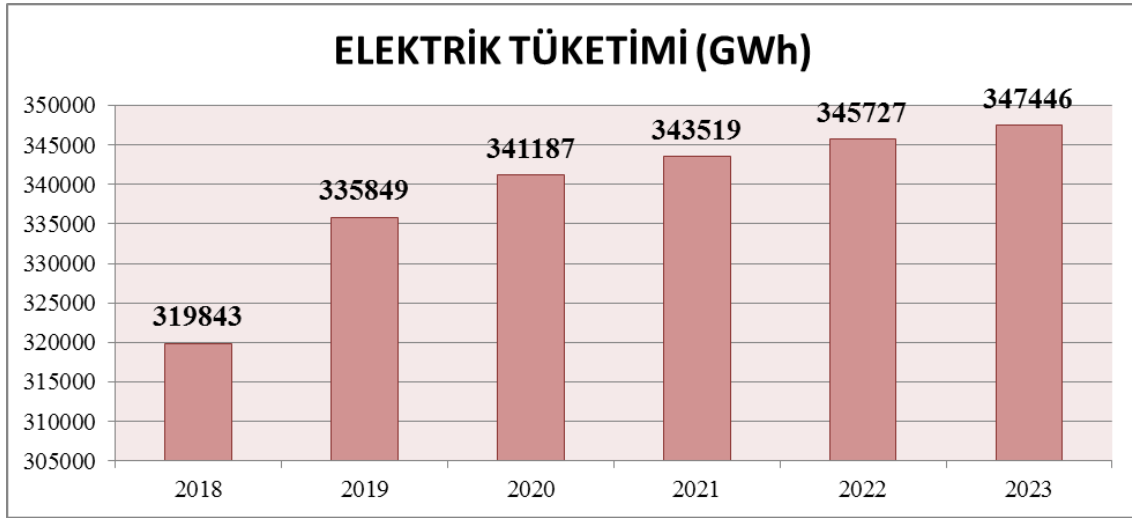
Çizelge 5.2’ de WEKA programı MLP algoritması kullanılarak 2018 – 2023 yılları tahmin değerleri gösterilmiştir.

**Çizelge 5.2.** WEKA programı MLP algoritmasıyla tahmin edilen 2018-2023 yılları değerleri

YIL	GSYH ( Milyar TL)	NÜFUS ( X 1000 Kişi)	YAĞIŞ ( mm )	NEM (%)	SICAKLIK ( °C )	RÜZGÂR (m/s)	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)
2018	3316	80606	589,3	60,56	14,37	1,9	319843
2019	3490	81581	385,9	60,93	14,45	1,88	335849
2020	3612	82583	676,8	61,56	14,63	1,92	341187
2021	3690	83430	382,6	60,95	14,55	1,92	343519
2022	3716	84139	697,4	60,33	14,51	1,89	345727
2023	3725	84825	624,4	60,22	14,45	1,88	347446

Çizelge 5.2.’ ye bakıldığı zaman yağış, nem, sıcaklık ve rüzgar verilerinde 2018-2023 yılları arasında dalgalanma görülmekte, diğer verilerde ise yıllara göre artış olacağı tahmin edilmiştir. Şöyle ki, Türkiye’ nin 2018 yılı elektrik tüketimi 319843 GWh iken 2023 yılında ise yaklaşık 347446 GWh, nüfusu ise 2018 yılı için 80,606 milyon kişi iken 2023 yılında yaklaşık 84,825 milyon civarında olacağı ve GSYH değerinin ise 2018 yılında yaklaşık 3316 milyar TL iken 2023 yılında yaklaşık 3725 milyar TL olacağı tahmin edilmiştir. Türkiye’ nin 2018 yılı yağış miktarı 589,3 mm iken 2023 yılında ise 624,4 mm olacağı tahmin edilmiştir. Türkiye’ nin 2018 yılı nem miktarı %60,56 iken 2023 yılında bu değer %60,22 olacağı tahmin edilmiştir. Türkiye’ nin 2018 yılı ortalama sıcaklığı 14,37°C iken, 2023 yılında bu değer 14,45°C olacağı tahmin edilmiştir. Türkiye’ nin 2018 yılı ortalama rüzgârı 1,9 m/s iken, 2023 yılında bu değer 1,88 m/s olacağı tahmin edilmiştir.

Çizelge 5.2.' de tahmin edilen Türkiye'nin 2018-2023 yılları arası elektrik tüketim grafiği Şekil 5.2.' de gösterilmiştir.



Şekil 5.2. WEKA programı MLP algoritması 2018-2023 yılları arası elektrik tüketim tahmini

Çizelge 5.3' de WEKA programı SMO algoritması kullanılarak yapılan 2018 – 2023 yılları tahmin değerleri gösterilmiştir.

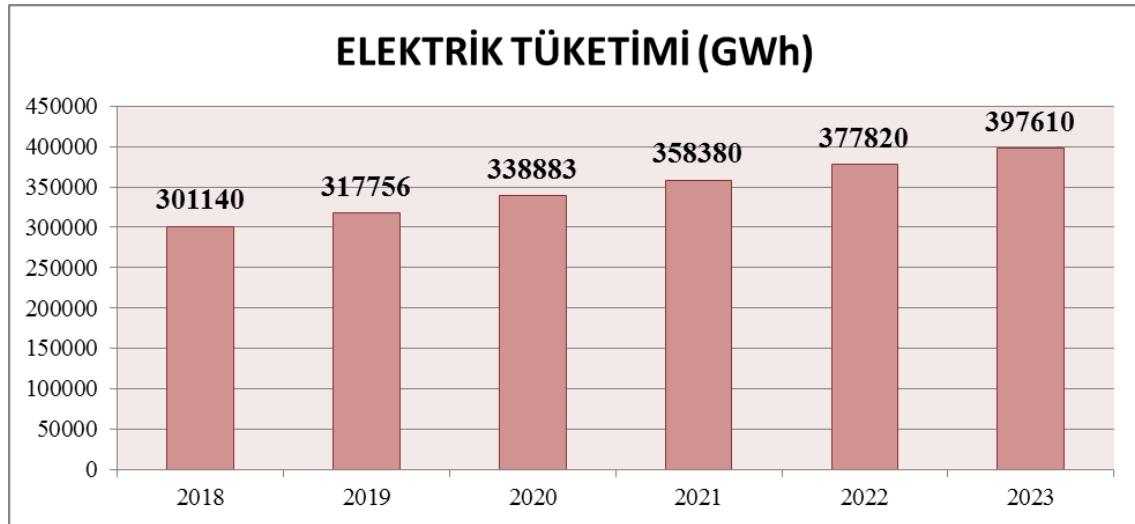
Çizelge 5.3. WEKA programı SMO algoritmasıyla tahmin edilen 2018-2023 yılları değerleri

YIL	GSYH ( Milyar TL)	NÜFUS ( X 1000 Kişi)	YAĞIŞ ( mm )	NEM ( %)	SICAKLIK ( °C )	RÜZGÂR ( m/s)	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)
2018	3336	81030	696,02	61,29	14,25	1,8661	301140
2019	3713	81799	666,49	61,46	14,17	1,8686	317756
2020	4142	82626	674,63	61,43	14,22	1,8708	338883
2021	4529	83329	643,56	60,93	14,17	1,8083	358380
2022	4928	84108	655,86	60,98	14,28	1,8019	377820
2023	5385	84985	644,67	60,99	14,33	1,8056	397610

Çizelge 5.3.' e bakıldığı zaman yağış, nem, sıcaklık ve rüzgar verilerinde 2018-2023 yılları arasında dalgalanma olacağı görülmekte, diğer verilerde ise yıllara göre artış olacağı tahmin edilmiştir. Görüleceği gibi, Türkiye' nin 2018 yılı elektrik tüketimi 301140 GWh iken 2023 yılında ise 397610 GWh, nüfusu ise 2018 yılı için 81,03 milyon kişi iken 2023 yılında yaklaşık 85 milyon civarında olacağı ve GSYH değerinin ise 2018 yılında yaklaşık 3336 milyar TL iken 2023 yılında yaklaşık 5385 milyar TL olacağı tahmin edilmiştir. Türkiye' nin 2018 yılı yağış miktarı 696,02 mm iken 2023 yılında ise 644,67 mm olacağı tahmin edilmiştir. Türkiye' nin 2018 yılı nem miktarı % 61,29 iken 2023 yılında bu değer % 60,99 olacağı tahmin edilmiştir. Türkiye' nin

2018 yılı ortalama sıcaklığı 14,25°C iken, 2023 yılında bu değerin 14,33°C olacağı tahmin edilmiştir. Türkiye' nin 2018 yılı ortalama rüzgârı 1,8661 m/s iken, 2023 yılında bu değerin 1,8056 m/s olacağı tahmin edilmiştir.

Çizelge 5.3.' de tahmin edilen Türkiye' nin 2018-2023 yılları arası elektrik tüketim grafiği Şekil 5.3.' de gösterilmiştir.



Şekil 5.3. WEKA programı SMO algoritması 2018-2023 yılları arası elektrik tüketim tahmini

Çizelge 5.4.'de WEKA programı GPR algoritması kullanılarak 2018 – 2023 yılları tahmin değerleri gösterilmiştir.

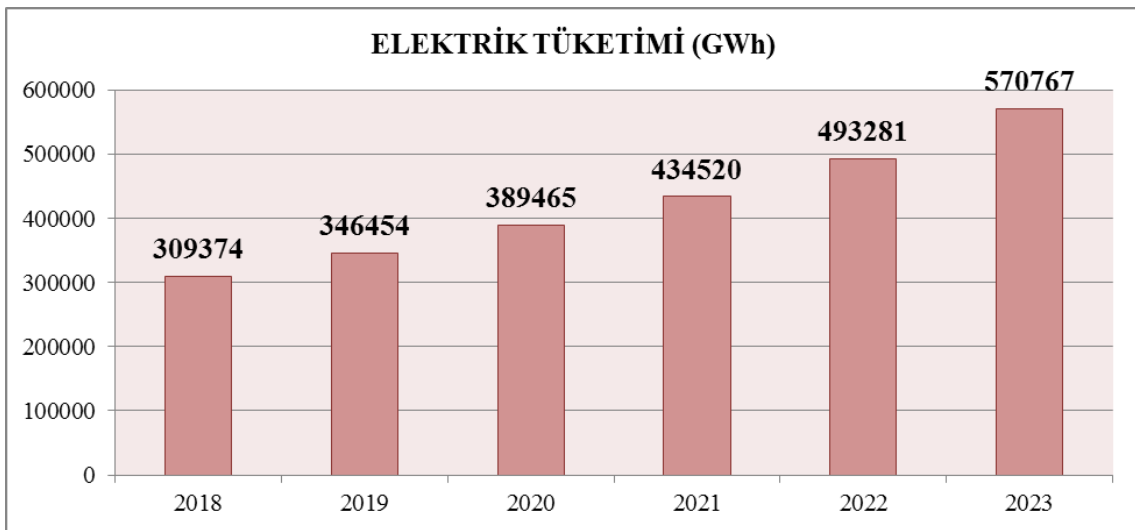
Çizelge 5.4. WEKA programı GPR algoritmasıyla tahmin edilen 2018-2023 yılları değerleri

YIL	GSYH ( Milyar TL)	NÜFUS ( X 1000 Kişi)	YAĞIŞ ( mm )	NEM (%)	SICAKLIK ( °C )	RÜZGÂR (m/s)	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)
2018	3400	71543	645,26	61,06	14,03	1,89	309374
2019	4070	72215	651,9	61,19	14,16	1,87	346454
2020	4889	73754	644,22	61,16	14,17	1,87	389465
2021	5907	75465	646,03	60,72	14,21	1,83	434520
2022	7120	78008	646,85	60,67	14,18	1,83	493281
2023	8633	81687	644,67	60,56	14,24	1,82	570767

Çizelge 5.4.'e bakıldığı zaman yağış, nem ve sıcaklık verilerinde 2018-2023 yılları arasında dalgalanma olacağı görülmekte, rüzgar verisinde yıllara göre azalma olacağı görülmekte, diğer verilerde ise yıllara göre artış olacağı tahmin edilmiştir. Türkiye' nin 2018 yılı elektrik tüketimi 309374 GWh iken 2023 yılında ise 570767 GWh, nüfusu ise 2018 yılı için 71,543 milyon kişi iken 2023 yılında 81,687 milyon olacağı ve GSYH değerinin ise 2018 yılında 3400 milyar TL iken 2023 yılında 8633

milyar TL olacağı tahmin edilmiştir. Türkiye' nin 2018 yılı yağış miktarı 645,26 mm iken 2023 yılında ise 644,67 mm olacağı tahmin edilmiştir. Türkiye' nin 2018 yılı nem miktarı % 61,06 iken 2023 yılında bu değer % 60,56 olacağı tahmin edilmiştir. Türkiye' nin 2018 yılı ortalama sıcaklığı 14,03°C iken, 2023 yılında bu değer 14,24 °C olacağı tahmin edilmiştir. Türkiye' nin 2018 yılı ortalama rüzgârı 1,89 m/s iken, 2023 yılında bu değer 1,82 m/s olacağı tahmin edilmiştir.

Çizelge 5.4.' de tahmin edilen Türkiye' nin 2018-2023 yılları arası elektrik tüketim grafiği Şekil 5.4' de gösterilmiştir.



Şekil 5.4. WEKA programı GPR algoritması 2018-2023 yılları arası elektrik tüketim tahmini

MATLAB programı regresyon analizi 1980 – 2017 yılları arası tüm verilere 1. dereceden başlamak suretiyle 10. dereceye kadar regresyon denklemleri elde edilmiştir. Her regresyon denklemi için MAPE değeri hesaplanarak en küçük MAPE değeri olan regresyon denklemi kullanılarak tahmin yapılmıştır. Sıcaklık verisi için en küçük MAPE değeri %2,9269 ile 1. dereceden regresyon denkleminde elde edilmiştir ve Eşitlik 5.1' de verilmiştir.

$$\text{Sıcaklık}(1) = 0,042937 \cdot (\text{yıl}) + 12,4 \quad (5.1)$$

Elektrik tüketimi verisi için en küçük MAPE değeri %2,867 ile 6. dereceden regresyon denkleminde elde edilmiştir ve Eşitlik 5.2' de verilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{Elektrik (6)} = & 0,0017951 \cdot (\text{yıl})^6 - 0,18274 \cdot (\text{yıl})^5 + 7,1344 \cdot (\text{yıl})^4 - 13,28 \cdot (\text{yıl})^3 \\ & + 1308,2 \cdot (\text{yıl})^2 - 3319,9 \cdot (\text{yıl}) + 23660 \end{aligned} \quad (5.2)$$

Nüfus verisi için en küçük MAPE değeri %0,366 ile 6. dereceden regresyon denkleminde elde edilmiştir ve Eşitlik 5.3' de verilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{Nüfus (6)} = & 0,000090618 \cdot (\text{yıl})^6 - 0,013098 \cdot (\text{yıl})^5 + 0,72898 \cdot (\text{yıl})^4 - 18,851 \cdot (\text{yıl})^3 \\ & + 211,89 \cdot (\text{yıl})^2 + 258,9 \cdot (\text{yıl}) + 44247 \end{aligned} \quad (5.3)$$

GSYH verisi için en küçük MAPE değeri %30783,17 ile 3. dereceden regresyon denkleminde elde edilmiştir ve Eşitlik 5.4' de verilmiştir.

$$\text{GSYH (3)} = 0,11617 \cdot (\text{yıl})^3 - 3,1929 \cdot (\text{yıl})^2 + 27,274 \cdot (\text{yıl}) - 61,427 \quad (5.4)$$

Nem verisi için en küçük MAPE değeri %1,3143 ile 3. dereceden regresyon denkleminde elde edilmiştir ve Eşitlik 5.5' de verilmiştir.

$$\text{Nem (3)} = 0,00033179 \cdot (\text{yıl})^3 - 0,024721 \cdot (\text{yıl})^2 + 0,42199 \cdot (\text{yıl}) + 62,99 \quad (5.5)$$

Rüzgar verisi için en küçük MAPE değeri %3,4415 ile 2. dereceden regresyon denkleminde elde edilmiştir ve Eşitlik 5.6' de verilmiştir.

$$\text{Rüzgar (6)} = 0,000078418 \cdot (\text{yıl})^2 - 0,011221 \cdot (\text{yıl}) + 2,2111 \quad (5.6)$$

Yağış verisi için en küçük MAPE değeri %9,2337 ile 4. dereceden regresyon denkleminde elde edilmiştir ve Eşitlik 5.7' de verilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{Yağış (4)} = & -0,0000037887 \cdot (\text{yıl})^4 - 0,016877 \cdot (\text{yıl})^3 + 0,96873 \cdot (\text{yıl})^2 \\ & - 14,668 \cdot (\text{yıl}) + 672,89 \end{aligned} \quad (5.7)$$

Sonuç olarak MATLAB programıyla ve MAPE değerleri en küçük olan; GSYH verisi 3. dereceden, nüfus verisi için 6. dereceden, yağış verisi için 4. dereceden, nem

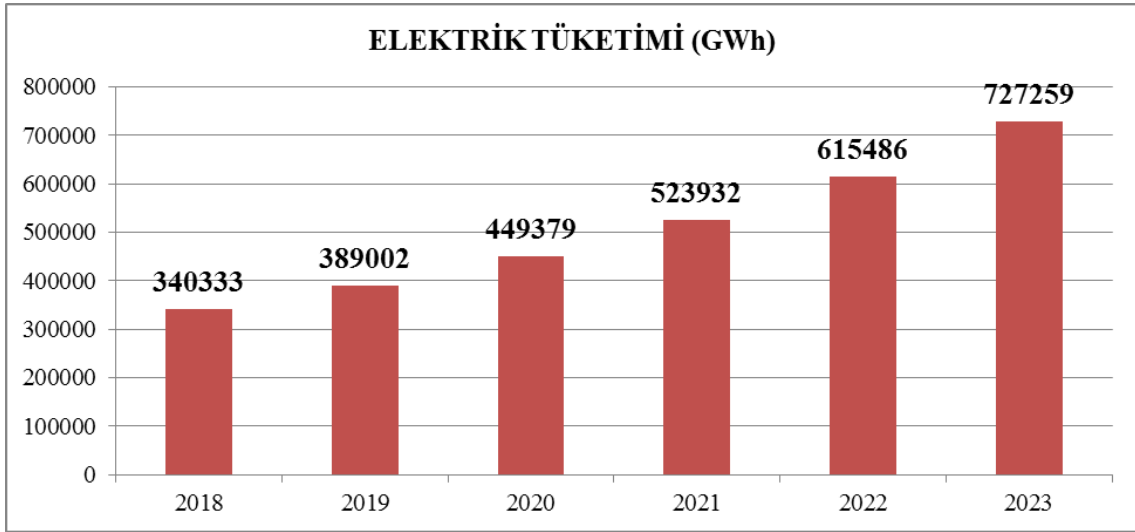
verisi için 3. dereceden, sıcaklık verisi için 1. dereceden, rüzgar verisi için 2. dereceden ve elektrik tüketimi verisi için 6. dereceden regresyon denklemleriyle elde edilen 2018 – 2023 yılları arası değerler tahmin edilmiş ve Çizelge 5.5.' de verilmiştir.

**Çizelge 5.5.** MATLAB programıyla tahmin edilen 2018-2023 yılları regresyon sonuçları

YIL	GSYH ( Milyar TL)	NÜFUS ( X 1000 Kişi)	YAĞIŞ ( mm )	NEM (%)	SICAKLIK ( °C )	RÜZGÂR (m/s)	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)
2018	3037	81964	564,38	61,53	14,07	1,893	340333
2019	3356	83288	546,31	61,55	14,12	1,888	389002
2020	3696	84703	526,05	61,6	14,16	1,883	449379
2021	4059	86237	503,5	61,69	14,2	1,878	523932
2022	4444	87928	478,56	61,81	14,25	1,874	615486
2023	4853	89821	451,11	61,96	14,29	1,869	727259

Çizelge 5.5.' e bakıldığı zaman yağış ve rüzgar verilerinde 2018-2023 yılları arasında azalma olacağı görülmekte, diğer verilerde ise yıllara göre artış olacağı tahmin edilmiştir. Türkiye' nin 2018 yılı elektrik tüketimi 340333 GWh iken 2023 yılında ise 727259 GWh, nüfusu ise 2018 yılı için 81,964 milyon kişi iken 2023 yılında 89,821 milyon olacağı ve GSYH değerinin ise 2018 yılında 3037 milyar TL iken 2023 yılında 4853 milyar TL olacağı tahmin edilmiştir. Türkiye' nin 2018 yılı yağış miktarı 564,38 mm iken 2023 yılında ise 451,11 mm olacağı tahmin edilmiştir. Türkiye' nin 2018 yılı nem miktarı %61,53 iken 2023 yılında bu değer % 61,96 olacağı tahmin edilmiştir. Türkiye' nin 2018 yılı ortalama sıcaklığı 14,07°C iken, 2023 yılında bu değer 14,29°C olacağı tahmin edilmiştir. Türkiye' nin 2018 yılı ortalama rüzgârı 1,893 m/s iken, 2023 yılında bu değer 1,869 m/s olacağı tahmin edilmiştir.

Çizelge 5.5.' de MATLAB programı 6. dereceden regresyon analiziyle tahmin edilen elektrik tüketim grafiği Şekil 5.5' de gösterilmiştir.



Şekil 5.5. MATLAB programı regresyon analiziyle yapılan 2018-2023 yılları arası elektrik tüketim tahmini

## 5.2 Öneriler

Elektrik enerjisinin kullanıcılara kaliteli, kesintisiz ve hesaplı bir şekilde sunulabilmesi için kurum ve kuruluşların en önemli görevlerinden birisi de geleceğe yönelik elektrik enerjisi taleplerinin önceden doğru tahmin ve öngörülerin yapılarak gerekli yatırımların ve yenilemelerin yapılması gerekmektedir. Bu tahminlerden en önemlisi yıllık tüketilen toplam enerji talep değeridir.

Tahminde kullanılan çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemler birbirinden kesin olarak ayıramamakla beraber hepsinin kendine özgü değerlendirme yöntemleri vardır. Regresyon analizi, yapay zekâ teknikleri, bulanık mantık veya uzman sistemler olarak bilinen tahmin yöntemleri, geçmiş yıllardan giriş olarak kullanılan verilerden öğrenme yoluyla veya mantıksal çıkarımlar yaparak ileriye dönük çıkış verilerini tahmin etmektedir.

Bu çalışmada Türkiye' nin 1980 – 2017 yılları arasındaki TÜİK ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan yıllık elektrik tüketimi, GSYH, nüfus, meteorolojik veriler kullanılarak 2018 – 2023 yılına ait tahminler yapılmıştır.

Çalışmada tahmin algoritmaları için açık kaynak kodlu olan WEKA programının 4 farklı algoritması ve MATLAB programının regresyon analizi kullanılmıştır. Diğer açık kaynak kodlu KEEL, KNIME, ORANGE, R, RAPIDMINER (YALE) vb. gibi programlarda bulunan farklı tahmin algoritmaları kullanarak karşılaştırma yapılabilir.

## KAYNAKLAR

- Aksel, F.,2000, Regresyon analizi ve yapay sinir ağı yöntemleri ile uzun dönem yük tahmini, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-18.
- Ardıl, E.,2009, Esnek Hesaplama Yaklaşımı İle Yazılım Hata Kestirimi, Yüksek Lisans Tezi, *Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Edirne,10-25.
- Balcı, H., Esener İ. I. , Kurban, M., 2012, Regresyon Analizi Kullanılarak Kısa Dönem Yük Tahmini ELECO'2012 Elektrik - Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu, 29 Kasım - 01 Aralık , Bursa, 2012, 796-801.
- Bianco, V., Manca O. , Nardini S.,2009, Electricity consumption forecasting in Italy using linear regression models, *Energy* ,34 (9), 1413-1421.
- Blum, M., Riedmiller, M., 2013, Electricity demand forecasting using Gaussian Processes, Association for the Advancement of Artificial Intelligence, 10-13.
- Ceylan, G., 2004, Yapay sinir ağları ile kısa dönem yük tahmini, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-30.
- Ceylan, H., Öztürk H. K.,2004, Estimating energy demand of Turkey based on economic indicators using genetic algorithm approach, *Energy Conversion and Management*, 45 (15-16), 2525 - 2537.
- Çetin, E., 2003, Yapay Sinir Ağları, *Seçkin Yayıncılık*, Ankara.
- Çilliyüz, Y., 2006, Yapay sinir ağları ile çevre koşulları etkili bölgesel yük kestirimi, Yüksek Lisans Tezi, *Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli, 42-61.
- Çevik H.H., Harmancı H., Çunkaş M.,2016, Short-term Load Forecasting based on ABC and ANN for Smart Grids, *IJISAE*, 2016, 4(Special Issue), 38–43,
- Çevik H.H., Çunkaş M.,2015, Short-term load forecasting using fuzzy logic and ANFIS, *Neural Comput & Applic*, 26 (6), 1355-1367.
- Demirel, Ö.,2009, ANFIS ve ARMA modelleri ile elektrik enerjisi yük tahmini, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-26.
- Durğun, S., Özkan, A. O., 2017, Estimation of Turkey's electricity consumption for 2023 by using support vector machines regression algorithm, *3rd International Conference on Engineering and Natural Science (ICENS 2017)*, 3-7 May 2017, Budapeşte, Macaristan, Book of Proceedings, ISBN 978-605-83575-5-6, 1011-1014.
- Durğun, S., Özkan, A. O., 2017, Estimation of Turkey's Electricity Consumption for 2023 by using Multilayer Perceptron's(MLPs), *6th International Conference on*

*Advanced Technology & Sciences (ICAT'17)*, 12-15 Sept 2017, Riga/LATVIA, Proceedings, E-ISBN 978-605-67535-3-4, 105-107.

- Ekici, B. B., 2014, A least squares support vector machine model for prediction of the next day solar insolation for effective use of PV system, *Measurement*, 50 (April 2014), 255-262.
- Elmas, M., 2012, Destek vektör makineleri ile fiyat tahminleri ve kuyumculuk sektöründe bir uygulama, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, 1-20.
- Ertuğrul, H. M., 2013, Türkiye’de enerji tüketimi GSYH ilişkisi: Dinamik bir analiz, *Selçuk Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi (The Journal of Social and Economic Research)*, ISSN: 1303 – 8370, Nisan 2013,13 (25), 249-265.
- Ghanbari, A., Haghavi, A. Ghaderi, S.F, Sabaghian, M., 2009, Artificial Neural Networks and Regression approaches Comparison for Forecasting Iran`s Annual Electricity Load, *International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives*, Lisbon, Portugal.
- Hamzacebi, C., Es, H. A. , 2014, Forecasting the annual electricity consumption of Turkey using an optimized grey model, *Energy* 70 (1 June 2014), 165-171.
- Hengirmen, M. O., Kabak, S.,1999, Gaziantep ve Yöresinde 5 Yıllık Elektrik Enerjisi İhtiyaç Tahminleri, *Elektrik Elektronik Bilgisayar Mühendisliği 8. Ulusal Kongresi*, Gaziantep
- Hocaoğlu, F. O., Kaysal K. , Kaysal A. ,2015, Yük Tahmini İçin Hibrit (YSA ve Regresyon) Model, *Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi*, Afyonkarahisar
- Kaya, M., Özel, S. A., 2014, Açık kaynak kodlu veri madenciliği yazılımlarının karşılaştırılması, *Akademik Bilişim 2014 (AB`14)*
- Kaytez, F., Taplamacıoğlu M. C. , Cam E. , Hardalac F. , 2015, Forecasting electricity consumption: A comparison of regression analysis, neural networks and least squares support vector machines, *Electrical Power and Energy Systems*, 67 (2015), 431-438.
- Keerthi, S.S., Shevade, S.K., Bhattacharyya, C.,Murthy, K.R.K.,2001, Improvements to Platt`s SMO algorithm for SVM classifier design, *Neural Computation*, (13), 637-649.
- Keleş, M.S.,2005, Elektrik enerjisi talep tahminleri ve Türkiye ekonomisine olan etkileri, Hazine Uzmanlık Tezi, *Hazine Müsteşarlığı Kamu İktisadi Teşebbüsleri Genel Müdürlüğü*,Ankara,7-20.

- Kocadayı, Y., Erkaymaz O., Uzun R., 2017, Yapay Sinir Ağları ile Tr81 Bölgesi Yıllık Elektrik Enerjisi Tüketiminin Tahmini, *Bilge International Journal of Science and Technology Research*,1 (Special Issue), 59-64.
- Oğurlu, H., 2011, Matematiksel Modelleme Kullanarak Türkiye'nin Uzun Dönem Elektrik Yük Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* , Konya, 1-40.
- Orhunbilge, N.,2017, Uygulamalı Regresyon ve Korelasyon Analizi, *Nobel Akademik Yayıncılık*, 394 sayfa
- Özkan, Y.,2008, Veri Madenciliği Yöntemleri, *Papatya Yayıncılık Eğitim*, İstanbul.
- Özkan, A. O., Durğun, S., 2017, Çoklu Regresyon Analizi ile Türkiye'nin 2023 Yılı Elektrik Enerjisi Tüketiminin Tahmini, *V. Uluslararası KOP Bölgesel Kalkınma Sempozyumu*, 26-28 Ekim 2017, Konya.
- Öztemel, E., 2003, Yapay Sinir Ağları, *Papatya Yayıncılık*, İstanbul
- Platt, J. C.,1998, Sequential Minimal Optimization: A Fast Algorithm for Training Support Vector Machines, *Microsoft Research*, 14, 1-21.
- Platt, J. C.,1998, Fast Training of Support Vector Machines using Sequential Minimal Optimization, *Advances in Kernel Methods - Support Vector Learning*, Schölkopf, B., Burges, C., and Smola, A., eds., MIT Press
- Rasmussen, C. E. and Williams, C. K. I., 2006, *Gaussian Processes for Machine Learning*, MIT Press
- Sönmez, İ.,2015, Seydişehir Bölgesinin Orta Vadedeki Elektrik Enerjisi Talebinin Yapay Zekâ ile Tahmini Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya,1-100.
- Sözen, A., Arcaklıoğlu E., 2007, Prediction of energy consumption based on economic indicators (GNP and GDP) in Turkey, *Energy Policy*, 35 (10), 4981-4992.
- Sözen, A., Arcaklıoğlu E.,Özkaymak M.,2005, Turkey's net energy consumption, *Applied Energy*, 81 (2), 209-221.
- Şaylan, Ç. A., 2013, Böbrek nakli geçirmiş hastalarda akıllı yöntem tabanlı yeni öznelik seçme algoritması geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Kadir Has Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul,1-8.
- Türkiye Elektrik İletim A.Ş. Genel Müdürlüğü, 2015-2019 dönemi stratejik plan (www.teias.gov.tr)
- Türkiye Petrolleri, 2017 yılı ham petrol ve doğal gaz sektör raporu, Mayıs 2018 (www.tp.gov.tr)

Yamaçlı, M., 2010, Türkiye'nin Uzun Dönem Elektrik Yük Tahmini, Yüksek Lisans Tezi , *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kütahya, 1-45.

Yavuzdemir, M., 2014, Türkiye'nin Kısa Dönem Yıllık Brüt Elektrik Enerjisi Talep Tahmini, Yüksek Lisans tezi, *Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Ankara, 1-36.

01 Ekim 2015 itibarıyla dünya ve ülkemiz enerji ve tabii kaynaklar görünümü, 2015, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Strateji Geliştirme Başkanlığı, Sayı 10 (www.enerji.gov.tr)

[http://istatistikanaliz.com/regresyon\\_analizi.asp](http://istatistikanaliz.com/regresyon_analizi.asp) [Ziyaret Tarihi: 20.05.2018]

<http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/> [Ziyaret Tarihi: 12.03.2017]

[http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FSekt%C3%B6r%20Raporu%2FTP\\_HAMPETROL-DOGAL\\_GAZ\\_SEKTOR\\_RAPORU\\_2015.pdf](http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FSekt%C3%B6r%20Raporu%2FTP_HAMPETROL-DOGAL_GAZ_SEKTOR_RAPORU_2015.pdf) [Ziyaret Tarihi: 24.05.2018]

[http://www.enerji.gov.tr/Resources/Sites/1/Pages/Sayi\\_10/mobile/index.html](http://www.enerji.gov.tr/Resources/Sites/1/Pages/Sayi_10/mobile/index.html) [Ziyaret Tarihi: 24.04.2017]

<http://www.havaforum.com/nem-nedir-nem-ve-sicaklik-iliskisi/> [Ziyaret Tarihi: 20.05.2018]

<http://www.sp.gov.tr/upload/xSPStratejikPlan/files/03gvY+teias.pdf> [Ziyaret Tarihi: 24.05.2018]

<https://iktisatca.wordpress.com/2016/09/08/gsyh-gsmh-milli-gelir-ve-ilgili-kavramlar/> [Ziyaret Tarihi: 22.05.2018]

<https://www.mgm.gov.tr/genel/meteorolojinedir.aspx> [Ziyaret Tarihi: 23.05.2018]

<https://www.teias.gov.tr/sites/default/files/2018-06/TE%C4%B0A%C5%9E%20Stratejik%20Plan%202011-2015.pdf> [Ziyaret Tarihi: 21.05.2018]

[www.enerji.gov.tr](http://www.enerji.gov.tr) [Ziyaret Tarihi: 24.05.2017]

[www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr) [Ziyaret Tarihi: 20.05.2018]

[www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.Sdo?istab\\_id=2218](http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.Sdo?istab_id=2218) [Ziyaret Tarihi: 29.09.2016]

<http://www.mathworks.com> [Ziyaret Tarihi: 05.04.2018]

<http://www.tetas.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FSekt%C3%B6r+Raporu%2FTETA%C5%9E+2017+Y%C4%B1+C4%B1+Sekt%C3%B6r+Raporu.pdf>

[http://www.tp.gov.tr/tp5/docs/rapor/sector\\_rapor\\_2017.pdf](http://www.tp.gov.tr/tp5/docs/rapor/sector_rapor_2017.pdf)

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Semiha DURĞUN  
**Uyruğu** : T.C.  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : ANKARA 06.11.1985  
**Telefon** : 0537 385 92 28  
**Faks** : -  
**e-mail** : semihadurgun@gmail.com

### EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Keçiören Anadolu Teknik E. M. L., Keçiören, ANKARA	2000
Ön Lisans	Abant İzzet Baysal Üniversitesi Teknik Bilimler M. Y. O. ,Elektronik Haberleşme, BOLU	2003
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi T. E. F. Elektronik Öğretmenliği, Selçuklu, KONYA	2013
Yüksek Lisans	: NEÜ FBE Enerji Sistemleri Müh.	
Doktora	: -	

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2016	Keçiören Anadolu Teknik E. M. L.	Ücretli Öğretmen
2017	ÖSYM	Bilgi İşlem Destek Personeli

### UZMANLIK ALANI

### YABANCI DİLLER

### BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

### YAYINLAR

1-) Durğun, S., Özkan, A. O., 2017, Estimation of Turkey's electricity consumption for 2023 by using support vector machines regression algorithm, *3rd International Conference on Engineering and Natural Science (ICENS 2017)*, 3-7 May 2017, Book of Proceedings 2017, pp. 1011-1014, ISBN 978-605-83575-5-6, Budapeşte, Macaristan (Yüksek Lisans tezinden yapılmıştır)

2-) Durğun, S., Özkan, A. O., 2017, Estimation of Turkey's Electricity Consumption for 2023 by using Multilayer Perceptron's(MLPs), *6th International Conference on Advanced Technology & Sciences (ICAT'17)*, 12-15 Sept 2017, Riga/LATVIA, Proceedings, E-ISBN 978-605-67535-3-4, pp. 105-107 (Yüksek Lisans tezinden yapılmıştır)

3-) Özkan, A. O., Durğun, S.,2017, Çoklu Regresyon Analizi ile Türkiye`nin 2023 Yılı Elektrik Enerjisi Tüketiminin Tahmini, V. Uluslararası KOP Bölgesel Kalkınma Sempozyumu, 26-28 Ekim 2017, Konya (Yüksek Lisans tezinden yapılmıştır)

4-) Özkan, A. O., Durğun, S., 2016, Normalizasyon Tekniklerinin Romatoid Artrit Hastalığı Tanısı için YSA Sınıflama Performansına Etkisi,; *EEB 2016 Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu*, 11-13 Mayıs 2016, 147-152, Tokat

