İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

METEOROLOJİK DEĞİŞKENLERİN ELEKTRİK TÜKETİMİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Beytiye Derya AYDIN

Meteoroloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Atmosfer Bilimleri Programı

ARALIK 2016

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

METEOROLOJİK DEĞİŞKENLERİN ELEKTRİK TÜKETİMİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Beytiye Derya AYDIN
(511131002)

Meteoroloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Atmosfer Bilimleri Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Hüseyin TOROS

ARALIK 2016

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 511131002 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Beytiye Derya AYDIN, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "METEOROLOJİK DEĞİŞKENLERİN ELEKTRİK TÜKETİMİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı :	**Doç. Dr. Hüseyin TOROS** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
Jüri Üyeleri :	**Prof. Dr. Kasım KOÇAK** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
	Prof. Dr. Zafer ASLAN İstanbul Aydın Üniversitesi	.....

Teslim Tarihi : 23 Kasım 2016
Savunma Tarihi : 30 Aralık 2016

Aileme,

ÖNSÖZ

Tezin hazırlama aşamasındaki tüm destekleri ve yönlendirmeleri için danışmanım Doç. Dr. Hüseyin TOROS'a, manevi olarak beni hep destekleyen ve yanımda olan aileme, bitirme çalışmamda bana destek olan Sercan YILDIZ'a, teknik destek ve tez sürecindeki anlayışlarından dolayı Ahmet Faruk KAVAK ve APlus Enerji Yatırım ve Danışmanlık yöneticilerine teşekkürü bir borç bilirim.

Aralık 2016

Beytiye Derya AYDIN
(Meteoroloji Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ vii
İÇİNDEKİLER ix
KISALTMALAR xi
SEMBOLLER xiii
ÇİZELGE LİSTESİ xv
ŞEKİL LİSTESİ xvii
ÖZET xix
SUMMARY xxi
1. GİRİŞ 1
1.1 Tezin Amacı 2
1.2 Literatür Araştırması 2
2. ELEKTRİK PİYASASI 9
2.1 Piyasa Kavramı 9
2.1.1 Elektrik sektörü piyasası 10
2.1.1.1 Türkiye elektrik piyasası 11
2.2 Tüketim Kavramı 16
2.2.1 Elektrik piyasasındaki tüketim kavramı 16
2.2.2 Türkiye elektrik piyasasındaki tüketim kavramı 17
2.2.2.1 Gün öncesi piyasası 18
2.2.2.2 Gün içi piyasası 19
2.2.2.3 Dengeleme (gerçek zamanlı) piyasası 19
2.3 Elektrik Tüketimine Etki Eden Faktörler 20
2.3.1 Meteorolojik değişkenlerin elektrik tüketimine etkisi 21
2.4 Elektrik Talep Tahmini 24
3. YAPAY SİNİR AĞLARI 25
3.1 Yapay Sinir Ağlarının Genel Yapısı 25
3.2 Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması 28
3.2.1 YSA ağ yapıları 29
3.2.1.1 İleri beslemeli ağlar 30
3.2.3 YSA öğrenme tipleri 33
3.2.3.1 Danışmanlı öğrenme 34
3.2.3.2 Danışmansız öğrenme 34
3.2.3.3 Takviyeli öğrenme 35
4. ELEKTRİK TÜKETİM TAHMİNİ 37
4.1 Türkiye Elektrik Tüketim Profilleri 37
4.2 Türkiye Elektrik Tüketim Tahmini Uygulaması 44
4.2.1 Elektrik tüketim tahmini veri grupları 44
4.3 Verilerin Çözümlenmesi 46
4.3.1 Elektrik tüketim verisi 46
4.3.2 Sıcaklık verisi 51
4.3.3 YSA tahmin modeli 52

4.3.4 YSA tahmin performans faktörü 54
4.3.5 YSA tahmin sonuçları 55
4.3.5.1 Ocak ayı tahmin sonuçları 55
4.3.5.2 Ağustos ayı tahmin sonuçları 58
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 61
KAYNAKLAR 69
ÖZGEÇMİŞ 73

KISALTMALAR

ARIMA : Autoregressive Integrated Moving Average
ARMAX : Autoregressive Moving Average eXogeneous
EDAŞ : Elektrik Dağıtım Şirketi
EPDK : Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
EPİAŞ : Elektrik Piyasaları İşletme Anonim Şirketi
GİP : Gün İçi Piyasası
GK : Gizli Katman
GÖP : Gün Öncesi Piyasası
MAPE : Ortalama Mutlak Hata
PMUM : Piyasa Mali Uzlaştırma Merkezi
PTK : Piyasa Takas Fiyatı
TBMM : Türkiye Büyük Millet Meclisi
TEAŞ : Türkiye Elektrik Üretim İletim Anonim Şirketi
TEDAŞ : Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
TEİAŞ : Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TEK : Türkiye Elektrik Kurumu
TEP : Türkiye Elektrik Piyasası
TETAŞ : Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt Anonim Şirketi
TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu
YSA : Yapay Sinir Ağı

SEMBOLLER

$x_i(k)$	**:** Farklı k zamanlarında i'nin 0'dan m'ye kadar değiştiği giriş değerleri
$w_i(k)$	**:** Farklı k zamanlarında i'nin 0'dan m'ye kadar değiştiği ağırlık değerleri
b	**:** Hata
F	**:** Transfer fonksiyonu
$y_i(k)$	**:** Farklı k zamanları için çıktı değeri

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Elektrik reformunun temel aşamaları**…..……11**
Çizelge 2.2 : 21 Dağıtım bölgesi ve kapsadıkları iller**……..……. 14**
Çizelge 4.1 : Türkiye'nin 1971-2014 yılları arasındaki ekonomik büyüme oranı ve tüketimdeki değişim oranını**……...……..…..39**
Çizelge 4.2 : İllerin tüketim miktarı ve toplam Türkiye tüketimine oranları**……..…40**
Çizelge 4.3 : İllerin tüketim miktarı ve toplam Türkiye tüketimine oranları**……..…42**
Çizelge 4.4 : Ocak 2012-Kasım 2016 dönemi aylık Türkiye sıcaklık ortalamaları**...45**
Çizelge 4.5 : Sıcaklık verisi kullanılan illerin ağırlık katsayıları**……51**
Çizelge 4.6 : Ocak ayı tahmini saatlik ve günlük Mape değerleri**…….…….55**
Çizelge 4.7 : Ağustos ayı tahmini saatlik ve günlük Mape değerleri**…….……58**
Çizelge 5.1 : Kış dönemi saatlik ve günlük ortalama tablosu**…….……62**
Çizelge 5.2 : Yaz Dönemi Saatlik Ve Günlük Ortalama Tablosu**……62**
Çizelge 5.3 : Ağustos Ayı X1 Modeli Gün Tipine Göre Ortalama Günlük Mape**…...63**
Çizelge 5.4 : Ağustos Ayı X2 Modeli Gün Tipine Göre Ortalama Günlük Mape**…...64**
Çizelge 5.5 : Ocak Ayı X1 Modeli Gün Tipine Göre Ortalama Günlük Mape**…….…..65**
Çizelge 5.6 : Ocak Ayı X2 Modeli Gün Tipine Göre Ortalama Günlük Mape**…..…..65**
Çizelge 5.7 : 1-9 Ocak 2016 Tarihleri Ortalama Sıcaklık**……67**

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Piyasadaki Arz Talep Eğrisi……**9**
Şekil 2.2 : Elektriğin Akış Şeması……..…**10**
Şekil 2.3 : Türkiye'nin Enerji İthalatı Ve Cari Açığa Etkisi (Tüik,2013)…..……..…**17**
Şekil 2.4 : Piyasa Takas Fiyatının Belirlenmesi……...……...…**19**
Şekil 2.5 : Normaliz Elektrik Tüketiminin Günlük Ortalama Sıcaklık İle İlişkisi..….**23**
Şekil 3.1 : Yapay Sinir Ağı Yapısının Çizimsel Gösterimi……..**27**
Şekil 3.2 : Bir Nöronun Matematik Modelinin Gösterimi……..……**28**
Şekil 3.3 : Temel Doğrusalsızlıklar……**29**
Şekil 3.4 : YSA Sınıflandırma Şeması……...…**30**
Şekil 3.5 : Çok Katmanlı İleri Beslemeli Ağ Yapısı……**32**
Şekil 3.6 : Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağ……..**34**
Şekil 4.1 : Yılık Bazda Türkiye Toplam Elektrik Tüketimi……**38**
Şekil 4.2 : 1971-2014 Yılları Arası Türkiye Ekonomik Büyüme Ve Elektrik Tüketimi Atış Oranı……...**39**
Şekil 4:3 : Tüketici Türü Bazında Elektrik Tüketim Oranları-2015……**43**
Şekil 4.4 : Tüketim Verisi Yıllık Kutu Grafiği……**46**
Şekil 4.5 : Tüketim Verisi Aylık Kutu Grafiği……**47**
Şekil 4.6 : Tüketim Verisi Yıllık Kutu Grafiği……..……**49**
Şekil 4.7 : Tüketim Verisi Aylık Kutu Grafiği……..……**50**
Şekil 4.8 : 2012-2016 Yılları 12 İlin Ağırlıklı Ortalaması İle Üretilen Türkiye Sıcaklığı Veri Seti…….……..…...**51**
Şekil 4.9 : 2012-2016 Yılları 12 İlin Ağırlıklı Ortalaması İle Üretilen Türkiye Sıcaklığı Verisi Ve Tüketim Verisi Dağılım Grafiği……..…**52**
Şekil 4.9 : Uygulanan YSA Model Yapısı……...……..……**53**
Şekil 4.10 : Uygulanan YSA Model Yapısı……..……..**53**
Şekil 4.11 : Tanjant Sigmoid Ve Saf Lineer Transfer Fonksiyonları…….……**54**
Şekil 4.12 : Ocak Ayı 1.Hafta Performansı……**56**
Şekil 4.13 : Ocak Ayı 2.Hafta Performansı……**56**
Şekil 4.14 : Ocak Ayı 3.Hafta Performansı……...…..**57**
Şekil 4.15 : Ocak Ayı 4.Hafta Performansı……..…..**57**
Şekil 4.16 : Ağustos Ayı 1.Hafta Performansı……**59**
Şekil 4.16 : Ağustos Ayı 2.Hafta Performansı……**59**
Şekil 4.17 : Ağustos Ayı 3.Hafta Performansı……**60**
Şekil 4.18 : Ağustos Ayı 4.Hafta Performansı……**60**
Şekil 5.1 : Ağustos Ayı Günler Bazında X1 Ve X2 Modellerinin Mape Değerleri….**64**
Şekil 5.2 : Ocak Ayı Günler Bazında X1 Ve X2 Modellerinin Mape Değerleri……...**66**
Şekil 5.3 : 1-9 Ocak 2016 Tarihleri Saatlik Elektrik Tüketimi…….……**66**

METEOROLOJİK PARAMETRELERİN ELEKTRİK TALEBİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

ÖZET

Günümüzde ülkelerin gelişmişlik seviyelerinin en önemli göstergelerinden biri enerji tüketimleridir. Sosyal ve ekonomik kalkınmanın en önemli girdisi olan enerji, yaşam standardının artması ve sürdürülebilir kalkınma sağlanabilmesi için zorunlu ihtiyaçtır. Elektrik enerjisi kolay kullanımı, taşınması ve temiz bir enerjisi olması nedeniyle en çok tercih edilen ve tüketilen enerji türlerinden biri olmuştur. Ülkemizde gelişen sanayileşme, nüfus artışı ve yükselen yaşam standartları nedeniyle elektrik tüketimi yıldan yıla hızla artmaktadır. İnsan hayatını kolaylaştıran teknolojik aletler yaşamın vazgeçilmez unsuru haline gelmiştir. Teknolojik cihazların tasarlanması, üretilmesi ve kullanıcılar tarafından tüketilmesine kadar geçen süreçte en önemli unsuru enerji üstlenmektedir. İnsan yaşamın zorunlulukları olan üretimin, sosyal ve ekonomik faaliyetlerin sağlıklı ilerleyebilmesi enerjinin kesintisiz olarak sağlanmasına bağlıdır. Enerjinin sürdürülebilirliği ve güvenliği yanında, kaliteli ve güvenilir elektrik enerjisinin tüketicilere ulaşması ve ilerleyen dönemlerde ihtiyaç duyulacak elektrik üretiminin planlanabilmesi doğru tüketim tahminin yapılması ile gerçekleşebilmektir.

Elektrik tüketimi nüfus, ekonomik büyüme ve gayri safi yurtiçi hâsıla gibi çeşitli sosyal ve ekonomik değişkenlerin yanı sıra sıcaklık, yağış ve nem gibi iklimsel değişkenlere de bağlı değişiklik göstermektedir. Isınma ve soğuma ihtiyacı için kullanılan elektriğin, elektrik tüketimindeki etkisi büyüktür. Hava şartları tüketimde artış ve azalışa neden olurken, etkisi en yüksek meteorolojik değişken sıcaklıktır. Konfor sıcaklığı kabul edilen sıcaklık aralığından uzaklaşıldıkça elektrik tüketimi de artmaktadır.

Tez çalışmasında Türkiye elektrik talebinin sıcaklık değişimlerinden ne kadar etkilendiği incelenmiştir. Aylık ve mevsimlik zaman periyodlarında tüketimin sıcaklık nedeniyle ne yönde ve ne kadar değiştiği araştırılmış, tüketim modeline sıcaklık girdi olarak eklenerek daha tutarlı tüketim tahmini yapabilmek amaçlanmıştır.

Çalışma kapsamında Levenberg-Marquardt geriye yayılma algoritması YSA yöntemi ile modellenen veri grupları kullanılarak kısa dönemli elektrik tüketim tahmini yapılmıştır. Çalışma aralığı olarak Ocak 2012-Kasım 2016 yılları belirlenmiştir. Bu yıllara ait Türkiye toplam tüketim verisi ve sıcaklık verisi kullanılmıştır. Sıcaklık verisi, nüfusa göre ağırlıklandırılmış ortalama ile üretilmiştir. Türkiye tüketiminde en çok paya sahip 12 ilin sıcaklıkları, tüketim oranlarına göre ağırlıklandırılmıştır. Modelde 38 ara katmanlı yapay sinir ağının en iyi sonuç verdiği saptanmıştır. Tahminler bu yapı ile kurulurken, aylık ortalamalara göre en sıcak ve en soğuk olan Ağustos ve Ocak aylarının 2016 yılı için tüketimleri tahmin edilmiştir. Modele sıcaklık ve elektrik tüketiminin yanı sıra girdi olarak gün etkisi de katılmıştır. Aynı ağ yapısı ve algoritması kullanılarak sıcaklık verisi ve sadece elektrik tüketim verisi ile toplam elektrik tüketimi tahmini yapılmıştır. Çalışma sonucunda sıcaklık verisinin girdi olarak katılığı modelin Ağustos ayı için mutlak ortalama yüzdelik hata (MAPE) ortalaması saatlik %1.62, günlük %1.04 olmuştur. Aynı ay için sıcaklık verisi

kullanılmayan tahmin modelin MAPE sonuçları saatlik %2.76, günlük %2.08 olmuştur. Ocak ayı sonuçları ise sıcaklık verisinin katıldığı modelde saatlik %1.94, günlük %1.34 ‘tür. Sadece tüketim ile kurulan modelin sonuçları ise saatlik %2.2, günlük %1.81 olmuştur. İki model de başarılı sonuç verirken, sıcaklığın katılması ile oranın daha da azaldığı görülebilmektedir.

EFFECTS OF METEOROLOGICAL VARIABLES ON ELECTRICITY CONSUMPTION

SUMMARY

Today, energy consumption is one of the most important indicators of countries' development levels. Energy, the most important input of social and economic development, is a necessity in order to increase the standard of living and sustainable development. Electricity is one of the most preferred and consumed energy types because of easy use and clean energy. Due to industrialization, population growth and rising living standards in our country, electricity consumption is increasing rapidly. Technological tools that make human life easier have become indispensable elements of life. Until the technological devices are designed and are consumed by the users, energy is the most important factor. The healthy progress of production, social and economic activities, which are obligations of human life, depends on the uninterrupted supply of energy. Quality and reliable electric energy can reach the consumers and the electricity generation to be needed in the future can be planned with the correct consumption estimation.

Electricity consumption depends on various social and economic variables such as population, economic growth, cost and gross domestic product, as well as on climatic variables such as temperature, precipitation and humidity. The electricity used for the heating and cooling needs is bigger in the electricity consumption series. The effect is the highest meteorological variable temperature, while weather conditions cause an increase and a decrease in consumption. Humidity, wind and precipitation are other meteorological variables that cause an increase and decrease in electricity demand. While the effect of these variables varies on a regional basis, factors such as population or industry change which air condition affects consumption more intensively in that region. In regions with high population density, especially in summer, temperature, humidity and temperature are influential in the change of consumption due to the need for cooling, while rainfall consumption is the most influential variable in agriculture areas in summer. The energy used for irrigation causes the delayed effect of rainy days and irrigation to decrease and consequently the electricity consumption to decrease.

The researches on the literature were mentioned in the first part of the thesis. In the second part, the structure of the electricity markets and the historical progression process in our country are explained. It was explained in which processes the electricity consumption was evaluated in the Turkish electricity markets and how the trade was done. By exploring the variables affecting electricity consumption, it was explained how meteorological variables affect consumption. In the third part, artificial neural networks, which are model structures used in working, are explained. The network and structure details of the model used are given. In the fourth part, it is the part where the actual work is told. Electricity consumption profiles in Turkey are announced on provincial and regional basis. Information about the selected data and the data analysis process are explained. Then the details of the model and the results are presented in this section.

In this thesis, it is examined how much the electricity demand of Turkey is affected by the temperature changes. In monthly and seasonal time periods, it was researched how and how much the consumption was changed due to the temperature and it was aimed to make more consistent consumption estimation by adding the temperature as input to the consumption model.

Within the scope of the study, short-circuited electricity consumption estimations were made by using the Levenberg-Marquardt back propagation data group which is modeled by YSA method. The study period is January 2012-November 2016. Turkey's total consumption data and temperature data for these years are used. The temperature data was produced with a population-weighted average. The temperatures of 11 provinces with the largest share of consumption in Turkey are weighted according to their consumption rates. In the model, 38 intermediate layer artificial neural networks were found to give the best results. When estimates are established with this structure, the consumption of the hottest and coldest August and January months for 2016 is estimated according to the monthly average.

Day effect was used as an input to model in addition temperature and electricity consumption data. Using the same network structure and algorithm two electricity consumptions were forecasted. One of these X_1 included the temperature data in addition to historical consumption and day effect data, other model X_2 included just historical consumption and day effect data. Results of the study, MAPE of August was 1.62% for hourly and 1.04% for daily of X_1 model. MAPE of August was 2.67% for hourly and 2.08% for daily of X_2 model. Moreover, MAPE results of January was 1.93% for hourly and 1.34% for daily of X_1 model. MAPE of January was 2.20% for hourly and 1.81% for daily of X_2 model. The model X_1 which include temperature data, was more successful with higher performance.

Based on these results, it is predicted that the effect of temperature on electricity consumption will be higher in summer. The use of air conditioning for summer cooling needs directly leads to an increase in electricity consumption. However, as winter heating needs to be covered by natural gas and coal in winter, the use of electric heaters and air conditioners is low for heating needs. Thus, the direct effect of temperature on electricity consumption is decreasing. In the transition seasons, it is thought that the model will work close to performance at this period because the temperatures are close to the comfort temperature.

In the model, the day type was used as input. The results were analyzed on a weekly basis. According to month of August result; on Monday, the models performed very close to each other while the X2 performed better than X1 at 0.04%. Looking at the other days, it is seen that X1 has lower MAPE value per day. In the chart, the X2 model predicts Tuesday that the MAPE average is very high. The reason for this is that on August 30, 2016, it will coincide with Tuesday. In the model, August 30 has a separate day type as a public holiday. But the artificial neural network is limited in the number of data to be learned because there are few official holidays in hand when making weight assignments. It is much easier to assign the right weight to today as it is on Tuesday with data on it. This result shows us that the model has a higher error rate on special days. The X1 performs better on August 30 but still has the error above average.

According to month of August result; On Thursday the average MAPE X2 model is less than X1. For other days, the X1 model was more successful. The day with the highest error rate on both models has been Saturday. The highest error rates were observed on Friday, January 1 and Saturday, January 2, when looking at daily faults. Parallel to August results, on weekdays the errors were less and the errors of the weekend models more. It was taken as a public holiday on January 1, but it is not enough that consumption is lower than on a typical Friday, and that there are only five January 1 data in model training. Because of the special day electricity consumption, the highest error rate during the month was realized on that day.

In the model weighting, the percentage of effect 1 day before is more than 1 week before and 1 week before is more than 1 year before. For this reason, deviations in the recent history more influence the model.

The study presents a model for forecasting electricity demand, which is very important for today's electricity markets and which is very effective in terms of economic and financial performance of market participants. When model results are evaluated, error rates are considered reasonable. It is planned to establish the model on a regional basis for future work. When estimating regional electricity demand, a model can be developed by using different meteorological variables. It is predicted that rainfall data will increase the performance of estimates of the inclusion of temperature data in the Bosporus Region, which has a high population density and a high level of residential consumption.

1. GİRİŞ

Enerji, sanayi devriminden bugüne kadar insanın en önemli ihtiyaçlarından biri olarak beliren bir kavramdır. Üretim yapabilmek için enerjinin gerekli olması insanoğlunun enerjiye olan zorunlu ihtiyacını net olarak belirlemiştir. Bir ülkenin kalkınması için üretim yapması gerekliliğine bağlı olarak endüstri, ulaşım, tarım ve sanayinin gelişmesi enerji talebini daha çok arttırmıştır. Enerji sektöründe enerjinin üretimi, farklı enerji türlerine dönüştürülmesi ve kullanılacak bölgelere ulaştırılması kapsamındaki teknolojiler son yıllarda hızla gelişmektedir. Böylece arz ve talep zinciri çevresel faktörler sayesinde şekillenerek dünyanın her yerine hızlı bir biçimde enerjinin taşınması söz konusu olmuştur.

Elektrik enerjisi, rüzgâr, güneş, kömür gibi birincil enerji kaynaklarından üretilen ikincil enerji kaynağıdır. Çevreyi kirletmemesi ve kolay kullanımı sayesinde sanayi, aydınlatma, sulama ve mesken gibi birçok faklı alanda kullanılmaktadır. Elektrik enerjisi hidrolik, termik, nükleer, rüzgâr, güneş, jeotermal gibi kaynaklardan elde edilmektedir.

Türkiye'de enerji tüketimi artan nüfus, sanayileşme ve gelişen yaşam standartlarına bağlı olarak özellikle son 30 yılda hızla artmıştır. Tarımın azalması, sanayi ve hizmet sektörlerinin gelişmesi enerji tüketimindeki artışların nedenleri arasındadır. Elektrik enerjisi üretildiği bölgeden kullanılacağı bölgelere iletim ve dağıtım şebekeleri ile taşınabilmektedir. Fakat elektrik enerjisi depolanamadığı için, elektrik enerjisi tüketimini tahmin edebilmek iş ve mali planlama açısında oldukça önemlidir. Elektrik enerjisi üreten ve dağıtımını yapan şirketler bu enerjiyi kesintisiz, sabit gerilim ile ihtiyaç duyulan kadar sürekli sağlanmalıdır. Enerji kullanan farklı tüketim merkezlerinin bu gereksinimlerini karşılamak oldukça zordur ve önemli yatırımlar gerektirmektedir. Yeterli enerjinin sağlanması için en önemli ölçüt ise doğru tüketim tahminini yapabilmektir. Elektrik tüketimi nüfus, pahalılık ve gayri safi yurtiçi hâsıla gibi çeşitli sosyal ve ekonomik değişkenlerin yanı sıra sıcaklık ve yağış gibi iklimsel değişkenlere de bağlı değişiklik göstermektedir. Elektrik tüketimini etkileyen faktörlerin belirlenmesi ve tüketim tahmininin doğruluk oranlarının yüksek olması

enerji piyasası için çok büyük önem taşımaktadır. Sürekli artan enerji maliyetleri ile daha temiz bir çevre için düşürülmesi gereken CO2 salınımı, enerji kaynaklarının doğru yönetilmesinin bir zorunluluk olduğunu göstermektedir.

Kısa, orta ve uzun vadede yapılan elektrik tüketim tahminleri, elektrik üreten şirketlerin yeterli enerjiyi temin etmelerini ve oluşabilecek riskleri belirleyerek önlem almalarına olanak sağlayarak maddi kayıpları en aza indirmekte ve rakiplerine karşı avantajlı duruma geçmelerini sağlamaktadır. Tüketimin doğru tahmin edilebilmesi elektrik fiyatının belirlenebilmesi için de önem arz etmektedir.

Tüketim tahmini için birçok farklı yöntem kullanılmaktadır. Zaman serisi analizleri ve regresyon analizi gibi oldukça sık kullanılan yöntemlerin yanında, kolay kullanımı ve yüksek tutarlılık oranı sayesinde son yıllarda oldukça fazla tercih edilen yapay sinir ağları yöntemi de mevcuttur. Bu tez çalışmasında hata toleransı yüksek olan ve öğrenme yeteneği ile tüketim tahmininde daha tutarlı sonuçlar verdiği düşünülen yapay sinir ağı yöntemi ile elektrik tüketim tahmini modeli geliştirilecek ve tahminler alınacaktır.

1.1 Tezin Amacı

Geçmiş elektrik tüketimi verileri incelendiğinde verinin mevsimselliğe sahip olduğu görülmektedir. Yıllara göre artan bir ilerleme gösterirken, kısa dönemli bakıldığında tüketimin gün tipinden (hafta içi, hafta sonu, resmî tatil, dini günler gibi.) ve hava şartlarından önemli ölçüde etkilendiği görülmektedir. Bölgesel bazda incelendiğinde sıcaklık, yağış ve nem gibi meteorolojik değişkenlerin de etkili olduğu fark edilebilmektedir. Fakat toplam tüketimine bakıldığında en etkili olan meteorolojik değişkeninin sıcaklık olduğu görülmektedir [1]. Bu tez çalışmasında Türkiye elektrik tüketiminin sıcaklık değişimlerinden ne kadar etkilendiği incelenmiştir. Aylık ve mevsimlik zaman periyodlarında tüketimin sıcaklık nedeniyle ne yönde ve ne kadar değiştiği araştırılmış, tüketim modeline sıcaklık girdi olarak eklenerek daha tutarlı tüketim tahmini yapabilmek amaçlanmıştır.

1.2 Literatür Araştırması

Elektrik piyasasındaki katılımcıların sektörde başarılı olabilmesi, piyasayı öngörebilmesi ve kullanıcılara kesintisiz enerji sağlayabilmesi için elektrik talep ve

fiyatını doğru tahmin etmeleri gerekmektedir. Elektrik enerjisi depolanamadığı için tüketilecek miktar kadar üretilmelidir. Elektik tüketim tahmini, elektrik endüstrisinin planlanması ve enerji sistemlerinin operasyonu için çok önemli bir süreçtir. Doğruluğu yüksek tahminler, işletme ve bakım maliyetlerinde önemli bir tasarruf sağlarken, enerji üretim ve iletim sistemlerinin dayanıklılığı arttırarak gelecek yatırımların planlanmasına katkı sağlar [2].

Fiyat ve tüketim tahminini kısa, orta ve uzun dönem olmak üzere üç şekilde düşünebiliriz. Kısa dönemli tahmin 1 günden 1 haftaya kadar olan, elektriğin üretim ve iletim planı için kullanılan tahminlerdir. Orta dönemli tahmin 1 yıla kadar yapılan ve yakıt ithalat planı için kullanılan tahminlerdir. Uzun dönemli tahmin ise 1 yıldan daha uzun olan enerji üretim ve dağıtım sistemlerinin geliştirilmesi için kullanılan tahminlerdir [3]. Belirtilen bu sebeplerden dolayı elektrik fiyat ve tüketim tahmini enerji piyasası için büyük önem arz ettiği için konu ile ilgili birçok çalışma ve araştırma bulunmaktadır. Literatür çalışması sırasında elektrik tüketim tahmininde kullanılan yöntemler ve girdiler incelenmiştir. Çalışmada kullanılacak yöntem olan yapay sinir ağları ve belirleyici bir girdi olan meteorolojik faktörler konusu daha detaylı incelenerek, araştırmalara bu konular üzerinde yoğunlaşılmıştır.

Lam (1996) Hong Kong'daki evsel elektrik tüketimin, ekonomik değişkenler ve iklimsel faktörler arsasındaki ilişkiyi araştırmak için regresyon ve korelasyon analizleri yapmıştır. Analizinde 23 yıllık ekonomi verisi ve enerji verisi kullanmıştır. Çalışmasında mevsimsel ve yıllık evsel elektrik kullanımının hane gelirine, ev nüfusuna, elektrik fiyatına ve soğuma derece günlere bağlı değiştiği sonucuna ulaşmıştır [4].

Aneiros ve diğerleri (2015) bir gün sonrasının elektrik talep ve fiyat tahmini için iki metot geliştirmişlerdir. Bu metotlar geçmiş verilerin eğimlerini kullanarak bir gün sonrası için fiyat ve talep eğimini tahmin etmektedir. Çalışmada İspanya'nın 2011-2012 yıllarına ait: saatlik elektrik talep ve fiyat verisi, maksimum günlük sıcaklık ve günlük rüzgâr üretim verisi kullanılmıştır.

Elektrik tüketim verisi grafiği çizdirildiğinde ana özelliğin günlük ve haftalık sezonluk olduğu görülmektedir. Takvim etkisi hafta Sonlarında değişimin temel nedenidir. Cumartesi ve Pazar günlerinin günlük eğimi de birbirlerinden farklı olmaktadır. Hafta sonları, endüstriyel üretimin azalması, üretim ve çalışma rutininin değişmesi nedeniyle

tüketim azalmaktadır. Hafta sonlarına bakıldığında ise Pazar gününün haftanın en düşük tüketime sahip olan günü olduğu fark edilmektedir. Gün etkisi elektrik talebinde belirleyici bir girdidir.

Sıcaklık, elektrik talebinde yüksek etkiye sahip olduğundan tahminlerini geliştirmek için, İspanya'da her ilin günlük maksimum sıcaklık ve nüfus verisi modele katılmıştır. Sıcaklığın talebe etkisi nonlineerdir. Konfor sıcaklığı olarak belirlenen 20-24○ C arasındaki sıcaklıkların tüketime etkisi olmazken, klima kullanımı bu sıcaklık aralığının üstünde soğuma amaçlı ve altında ise ısınma ihtiyacı nedeniyle tüketime pozitif katkı yapmaktadır. Bu ilişkiyi lineer etkiye çevirmek için ısınma ve soğuma derece gün değişkenleri geliştirilmiştir.

Çalışmada 4 farklı metot geliştirilmiştir. Benzer gün metodu olan 'naive' modelinin yıllık ortalama MAPE değeri hafta içi, Cumartesi ve Pazar günlerinde sırasıyla 5.24, 8.41 ve 10.10 olmuştur. Modelin hafta içi performansı tatil günlerine oranla daha yüksektir. İkinci metot RFPCA(robust functional principal component analysis), veri setinde düzgünleştirilmiş fonksiyonel veri analizi uygulandıktan sonra geliştirilen modeldir. Bu modelin yıllık ortalama MAPE değeri hafta içi, Cumartesi ve Pazar günlerinde sırasıyla 4.96, 7.89 ve 9.25'tir. Bu yöntem 'naive' metoduna göre daha başarılı olurken, tahmin hata oranı yine en iyi hafta içi günlerde gerçekleşmiştir. Diğer bir yöntem FNP (Functional non parametric model) modelidir. Bu modelin yıllık ortalama MAPE değeri hafta içi, Cumartesi ve Pazar günlerinde sırasıyla 5.58, 6.64 ve 7.80'dir. Hafta içi günü tahminleri hata oranı önceki iki modelden yüksek olsa da Cumartesi ve Pazar günleri için modeller arasında en iyi sonucu veren modeldir. Son metot ise SFPL (Semi-functional partial linear model) modelidir. Yıllık ortalama MAPE değeri hafta içi, Cumartesi ve Pazar günlerinde sırasıyla 5.23, 6.15 ve 8.17'dir. Bu model hafta içi ve Cumartesi günü için en iyi doğruluk oranına sahiptir. Pazar günü için de FNP modelinin altında kalmasına rağmen önceki modellerden daha başarılı olmuştur [5].

Friedrich ve Afshari (2015) Abu Dhabi için kısa dönemli elektrik yük tahmini için modeller geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri metotlar istatistik ve yapay zekâya dayanan metotlardır. Model yapıları ve değişik olsa da iki model de geçmiş yük verisine ve mevsim, gün tipi ve hava gibi değişkenlere dayanmaktadır. İlk olarak kısa dönemli elektrik yük tahmini için matematiksel bir model geliştirmişlerdir. Bu modelde yük ile ilişkisi olan meteorolojik değişkenlerinden; sıcaklık, nem, küresel güneş radyasyonu

ve rüzgârın yük ile olan korelasyonlarına ayrı ayrı incelenmiştir ve modele dâhil edilmiştir. Daha sonra bu matematiksel model, yine girdi olarak aynı değişkenlerin verilerini kullanan yapay sinir ağı modeli ile karşılaştırılmıştır.

Çalışmada Temmuz 2009- Haziran 2011 elektrik tüketim verisi kullanılmıştır. Saatlik elektrik verisi Abu Dhabi Emirlikleri SCADA sisteminden, hava şartları verisi Masdar şehri hava istasyonu tarafından sağlanmıştır. Sadece Abu Dhabi belediyesi bünyesindeki evsel, ticari ve kurumsal elektrik tüketimi dikkate alınmıştır. Geliştirdikleri transfer fonksiyon (TF) modelinde dışsal değişkenler ayrı ayrı Akaike bilgi kriteri ile test edilmiştir. Test sonucunda yüksek ilişkili katsayılar ile en iyi transfer fonksiyon yapısı oluşturulmuştur. Bu yapıya uygun olarak da bütün değişkenler yük modelinde birleştirilmiştir.

Geliştirilen modelin doğruluğunu test etmek için 1 saatten 1 haftaya kadar yük tahmini alınmıştır. Sonuçlar gerçek veriler ile kıyaslanarak MAPE (ortalama mutlak hata oranı) yöntemi ile tutarlılığı ölçülmüştür.

Kısa dönem yük tahmini modelinin kıyaslanması amacı ile aynı girdi parametreleri kullanılarak yapay sinir ağı modeli (YSA) geliştirilmiştir. YSA' da bir girdi tabakası, bir gizli tabaka ve bir çıktı tabakası kullanılmıştır. Dışsal değişkenlerin ve yükün güçlü oto korelasyonları için değişkenlerin 1, 2, 3, 6, 12, 24 ve 168 gecikme (lag) kullanılmıştır. Aynı tarihler için YSA modeli ile de 1 saatten 1 haftaya kadar tahmin alınmıştır. Kıyaslanan tahmin sonuçlarına göre, 1-24 saat arasında TF 1.47, YSA 1.97 hata oranı göstermiştir. 1-48 saat arasındaki hata oranları TF ve YSA için sırasıyla 1.97 ve 2.48 olmuştur. 1-168 saat arası yapılan tahminlerde ise TF 3.92 hata oranına sahipken YSA 3.18 hata oranı göstermiştir. Alınan sonuçlara göre kısa vadede TF modelinin doğruluk oranının daha yüksek olduğu görülmektedir. Fakat tahmin edilen saat sayısı artığında ve 168 saatlik yani bir hatalık tahmin performansına bakıldığında YSA'nın TF'ye göre daha az hata oranına sahip olduğu gözlemlenmiştir [6].

Khwaja ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada kısa dönemli elektrik tüketim tahmini için Boosted sinir ağları kullanarak model geliştirmişlerdir. Boosted sinir ağı (BooNN) tekrar eden bir dizi yapay sinir ağı (YSA) kombinasyonundan oluşmaktadır. Her yinelemede, önceki yinelemede eğitim alan YSA modelinin tahmini çıktıları ve hedef çıktılar arasındaki hata en aza indirilir. Bu işlem, tahmin hatalarının boyutunu ve varyasyonlarını tek bir YSA ve paketlemiş sinir ağları (BNN) ile karşılaştırıldığında

daha başarılı olmuştur. Çalışma öncesinde yaptıkları araştırmalarda elektrik tüketiminin hava durumu, zaman, ekonomi, elektrik fiyatları, rasgele bozulmalar ve coğrafi koşullar gibi çeşitli faktörlere bağlı olduğunu belirlemişlerdir. Tüketim ile tüketim miktarını etkileyen faktörlerinin ilişkisinin doğrusal olmadığını bu nedenle yapay zeka tabanlı algoritmaların -bulanık mantık, destek vektör makineleri ve yapay sinir ağları gibi- büyük avantaja sahip olduğu sonucuna varmışlardır. İnceledikleri çok sayıdaki çalışmalara dayanarak benzer gün tabanlı dalgacık sinir ağları ve hibrid YSA modellerinin kısa vadeli yük tahmini için geleneksel yöntemlerden daha iyi performans gösterebildiklerini belirlemişlerdir. Bu nedenle tüketim tahmini YSA tabanlı tahmin algoritması, uygulama kolaylığı ve iyi performans nedeniyle dikkatle kullanılmıştır. Tüketim tahmini modelinde İngiltere'nin New Pool bölgesine ait saatlik sıcaklık ve elektrik tüketim verisi kullanılmıştır. Buna ek olarak model eğitilirken çiy noktası sıcaklığı, günün saati, haftanın günleri, hangi günün tatil olduğunu belirten değişken, 1 gün öncesinin ortalama elektrik tüketimi, 1 hafta önceki aynı saate ait elektrik tüketimi verileri de modele girdi olarak eklenmiştir. En iyi sonucu veren yapay sinir ağ modelini seçmek için farklı algoritmalar ile birçok deney yapmışlardır. Nöron sayısını 8 olarak belirleyip farklı yapay sinir ağ algoritmaları ile tahmin almışlardır. En başarılı buldukları algoritma olan Levenberg–Marquardt backpropagation (LMB) algoritmasını BooNN modeli için kullanmayı uygun bulmuşlardır. LMB algoritması ile geliştirdikleri BooNN modeli defalarca gizli katmanda iterasyonlar yaparak tutarlılığı arttırmaya çalışmıştır. Aynı veri seti ile tekli yapay sinir ağı modeli, paketlenmiş sinir ağı modeli ve hibrid sinir ağı modeli geliştirilmiş ve tahmin alınmıştır. Tahmin sonuçları MAPE değerleri karşılaştırıldığında BooNN modeli ortalama MAPE değeri %1.43 ile en başarılı model olmuştur. Paketlenmiş sinir ağı, tekli yapay sinir ağı ve hibrid sinir ağı model MAPE değerleri sırasıyla %1.5, %1.71, %2.44 olmuştur. BooNN modelinde kullanılan tekniğin hata oranını düşürdüğü ve tüketim tahminini geliştirdiği belirlenmiştir [7]. Yalçınöz ve diğ. (t.y.) yaptıkları çalışmada Niğde için çok katmanlı yapay sinir ağı modeli ve hareketli ortalama yöntemi kullanarak elektrik tüketim tahmini yapmışlardır. Tahmin sonuçlarını gerçek tüketim değerleri ile karşılaştırarak hangi modelin daha iyi performans verdiğini belirlemişlerdir. TEDAŞ Niğde müdürlüğünden sağlanan 1991-1993 yılları arası yıllık elektrik tüketim verileri ve 1994-2001 yılları arası aylık elektrik tüketim verileri kullanılmıştır. Veri setleri kullanılarak hareketli ortalamalar analiz yöntemi ve yapay sinir ağları yöntemi ile 2001 yılı için tüketim tahmini yapılmıştır

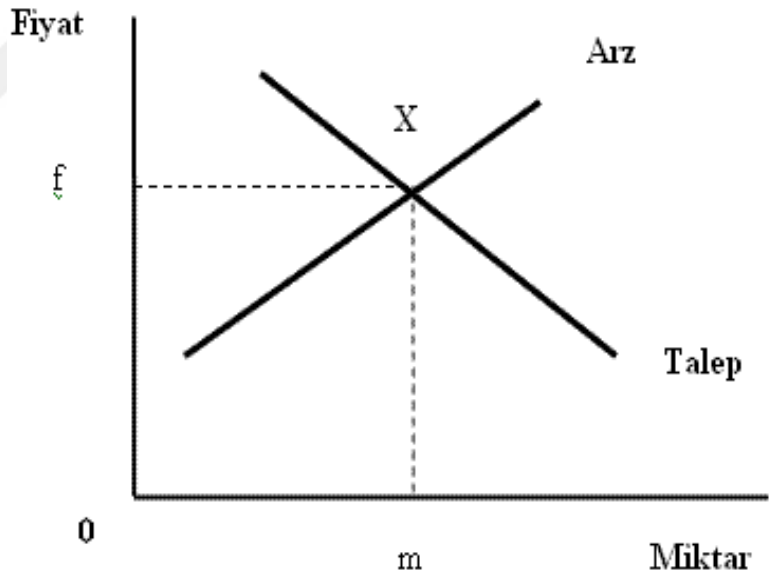
Yapay sinir ağı modelinde çok katmanlı geri yayılımlı algoritma tercih edilmiştir. Tahmin sonuçlarının değerlendirilmesi için Theil deneyi uygulanmıştır. Theil deneyinin amacı gözlenen değerler ile tahmin olunan değerler arasındaki uyuşmanın derecesini belirlemektir. Üç aylık hareketli ortalamalar metoduna yapılan ve yapay sinir ağı yöntemi ile yapılan elektrik tüketim tahminleri aylık bazda karşılaştırılmıştır. Ayın tüketim tahmini yapıldığı için değerlendirmeler de aylara göre yapılmıştır. Aylık tahmin performansları ve Thail deneyi katsayıları hesaplandığında yapa sinir ağı modelinin daha başarılı sonuç verdiği görülmüştür [8].

Azadeh ve ark. (2008) yaptıkları çalışmada İran'da yüksek enerji tüketen sanayi sektöründe yıllık elektrik tüketimi için yapay sinir ağı yaklaşımı ile tüketim tahmini yapmışlar ve sinir ağı modelinin regresyon modellerinden daha başarılı olduğunu göstermeye çalışmışlardır. 1979-2003 yılı yüksek enerji tüketen sanayisi elektrik tüketimi verileri çok tabakalı perceptrona dayalı varyans analizi yaklaşımı ile yapay sinir ağı modeli ve aynı veriler ile regresyon modeli kurmuşlardır. Veriler aylık toplam elektrik tüketim verisidir. 1979-1999 yılları arası aylık verileri eğitim verisi olarak kullanılmıştır. Tahminler 2000-2003 yılı verileri ile test edilerek sonuçlar çıkarılmıştır. Yapay sinir ağı algoritması geri yayılım olarak belirlenmiştir. Model sonuçlarını karşılaştırmak için hata oranlarına bakıldığında yapay sinir ağ %0.99, regresyon modeli %7.5 seviyesinde hata vermiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda uzun dönemli elektrik tüketim tahmininde de yapay sinir ağlarının güvenilir tahmin yöntemi olduğu gösterilmiştir [9].

2. ELEKTRİK PİYASASI

2.1 Piyasa Kavramı

Piyasa, alıcıların ve satıcıların ürün ya da hizmet alışverişi yaptıkları düzendir. Bir pazar alıcıyı ve satıcıyı fiziksel olarak bir araya getiren bir yapı iken, borsada aksine işlemler aracılar ile yapıldığı için alıcı ile satıcı karşı karşıya gelmezler. Değişik türlerde piyasalar mevcuttur fakat piyasaların temel özelliği satıcının satmak istediği bir mal ya da hizmetinin olması ve bunun karşılığı olan fiyatın belirlenmesidir [10]. Piyasalarda talebi alıcılar, arzı da satıcılar belirlemektedir. Talep, tüketicilerin belirli piyasa fiyatları ile satın almak istedikleri mal miktarı, arz ise üreticinin belirli piyasa fiyatından satmaya hazır oldukları mal miktarıdır. Şekil 2.1'de piyasalardaki arz ve talep eğrisi gösterilmiştir.



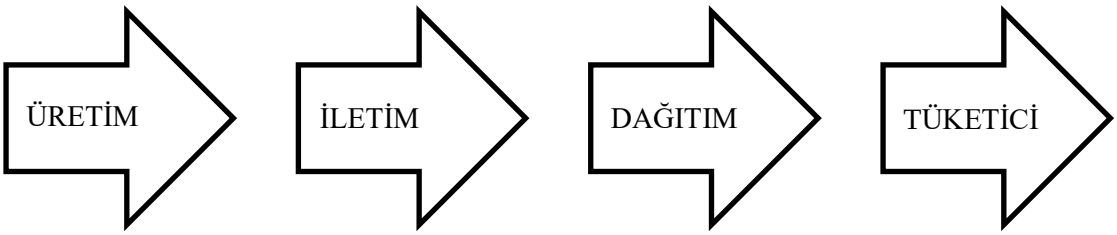
Şekil 2.1 : Piyasadaki arz talep eğrisi [10].

Fiyat arttığında alıcıların alım güçleri azalmaktadır, bu nedenle de talep eğrisi negatif yönlüdür. Satıcılar yüksek fiyattan daha çok mal satmak istediği için fiyat arttıkça arz edilen ürün miktarı da artmaktadır ve bu yüzden arz eğrisi pozitif yönlüdür. Talep ve arzın kesiştiği diğer bir deyişle satıcının arz ettiği ürün miktarı ile tüketicinin almak istediği ürün miktarı eşit olduğu nokta piyasanın denge noktasıdır. Bu noktaya denk gelen fiyat da ürünün denge fiyatıdır (Şekil 2.1) [10].

2.1.1 Elektrik sektörü piyasası

Elektrik piyasaları tekel yapıda başlayıp sonrasında rekabetçi yapıya geçen piyasalardır. Dünya genelinde birçok ülke 1980'li yıllardan sonra elektrik piyasalarında serbestleşme dönemini yaşamıştır [11]. Elektrik piyasaları üretim, iletim ve dağıtım süreçlerinden oluşur. Elektrik enerjisinin depolanması mevcut teknolojiler ile çok yüksek maliyetli olduğu için depolanamayan enerji kaynağı olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle anında tüketilmesi yani üretim ve tüketim dengelerinin çok hassas ayarlanması gerekmektedir. Üretimin talepten fazla olması ya da aksi yönde talep edilenden az enerji üretilmesi tüm sistemde ciddi sorunlara ve maliyet kayıplarına neden olmaktadır. Elektriğin bu hassasiyeti piyasasını da diğer ürün piyasalarından farklı kılmaktadır. Elektrik üretim firmaları elektrik enerjisini sabit gerilim ve frekansta kesintisiz olarak sağlamaya çalışmaktadırlar.

Elektrik enerjisi süreçleri Şekil 2.2'de görüldüğü gibi üretim, iletim, dağıtım ve arz olarak toplamda 4 aşamadan oluşmaktadır. Elde edilen mekanik enerjinin elektrik enerjisine dönüştüğü süreç üretimdir. Üretilen enerjinin kullanıcılara ulaştırılması için şehir merkezlerine ya da diğer kullanım bölgelerine iletilmesi gerekir. Santrallerden yüksek gerilim kademelerine enerjinin taşınması süreci iletimdir. İletilen enerjinin düşük gerilim kademelerine taşınarak kullanıcılara ulaştırılması kısmı da dağıtım sürecidir. Elektrik enerjisinin son kullanıcıya satılmasına arz denmektedir. Ölçüm, faturalama ve pazarlama hizmetleri ise satın almaya dâhildir [10].



Şekil 2.2 : Elektriğin akış şeması [10].

1980'li yıllara kadar elektrik piyasalarında tekel yapı gözlenmiştir. Bu yapıda rekabet ortamı yoktur. Elektriğin üretim sürecinden son kullanıcıya ulaşana kadarki iletim ve dağıtım süreçleri tek bir otorite yani kamu ya da özel bir şirket tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu yapıda elektrik üretim yatırımları, merkezlere ulaştırılması ve ticareti tek bir yapıya bağlı yürütülmektedir.

Elektrik endüstrisi dünya genelinde 1980 yılı öncesine kadar dikey bütünleşik yapıda işlem yaparken, bu yıldan sonraki dönemde özelleştirmelerin yolu açılarak birçok ülke tarafından bu endüstri yeniden yapılanmaya başlamıştır. 1982 yılında ilk olarak Şili, ardından da İngiltere, Galler, Norveç, Arjantin, Avustralya, İspanya ve ABD'nin çeşitli eyaletlerinde elektrik endüstrisinde piyasa odaklı süreçlere geçişler gerçekleştirilmiştir [11]. Elektrik piyasalarında rekabetçi yapı modeline geçiş yapılarak ekonomik etkinlik arttırılmak hedeflenmiştir. Gelişmişlik seviyeleri farklı ülkelerin bu rekabetçi yapıya geçişleri sırasında amaçları da farklı olmuştur. Gelişmiş ülkelerde elektrik piyasası reformu piyasanın ekonomik ve finansal performansını arttırmayı amaçlamıştır. Gelişmekte olan ülkelerde ise, elektrik sektöründe maliyetlerin yüksek olması, arz güvenliğinin tehlikede olması, kamu kesiminin artan enerji talebini karşılayacak yatırımları gerçekleştirmede sorunlar yaşaması elektrik reformunu destekleyen etkenlerdir.

1990'lı yıllara gelindiğinde büyük oranda serbestleşen elektrik piyasa yapısı ülkeler arasında popülerleşmiş ve yeni bir döneme geçiş aşaması haline gelmiştir. Bu süreçte ülkelerin serbestleşen elektrik piyasa yapısı doğrultusunda gerçekleştirmek istedikleri adımlar ve farklı hedefleri olmuştur. Elektrik piyasasına getirilen yenilikler ve bu yenilikler ile gerçekleştirilmek istenen amaçlar Çizelge 2.1'de özetlenmiştir.

Çizelge 2.1 : Elektrik reformunun temel aşamaları [12].

Yeniden Yapılanma	- Üretim, iletim, dağıtım ve arz faaliyetlerinin dikey ayrıştırılması - Üretim ve tedarik faaliyetlerinin yatay olarak bölünmesi
Rekabet ve Piyasalar	- Toptan satış piyasası ve perakende satışta rekabet - Üretim ve tedarik aşamasına yeni girişlerin sağlanması
Düzenleme	- Bağımsız bir düzenleyicinin kurulması - Üçüncü tarafların şebeke erişimleri koşulunun yerine getirilmesi - İletim ve dağıtım aşamalarında teşvik edici düzenleme
Sahiplik (mülkiyet)	- Yeni özel şirketlerin piyasada yer almasına olanak sağlanması - Kamu mülkiyetindeki faaliyetlerin özelleştirilmesi

2.1.1.1 Türkiye elektrik piyasası

Türkiye'de elektrik üretiminin gelişimi ilk olarak 1902 yılında Tarsus'ta bir su değirmeninde 2 kW gücündeki dinamo ile başlamıştır. İlk büyük santral 1913'te İstanbul Silahtar Ağa'da devreye giren kömür santralidir [13].

1930'lu yıllara kadar genelde yabancı şirket işletmelerine ait yerel santraller ve dağıtım şebekeleri ile Türkiye'de elektrik çalışmaları yapılmıştır. 1939 yılında ise bu durum değişmiş, yabancı şirketlere verilen imtiyazlar devletleştirilmiştir. Dağıtım hizmetleri ise belediyelere verilmiştir. 1933 yılında İller Bankası kurulmuştur. 1935 yılında Etibank kurulmuş ve elektrik işletmeciliği görevleri arasında yer almıştır. Aynı yıl Maden Tetkik Arama ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi kurumuştur. Tüm üretim ve dağıtım hizmetleri bu kuruluşlar ile sağlanmıştır. 1954 yılında Devlet Su İşleri kurulmuştur [13].

1948 yılında kurulan Zonguldak Çatalağzı Termik Santrali 1952 yılında 154kV'luk enerji nakil hattı sayesinde İstanbul'a elektrik sağlamış ve ulusal enerji sisteminin de başlangıcı olmuştur [13].

1950'li yıllardan sonra santrallar devlet ve özel sektör eliyle yapılmaya ve işletilmeye başlanmıştır. Adana ve İçel yöresine elektrik veren Çukurova Elektrik A.Ş. (ÇEAŞ) ile Antalya yöresine elektrik veren Kepez Elektrik A.Ş. bu şirketlerdendir. 1950 yılının başında Türkiye Kurulu gücü 407,8 MW'a, üretimi ise 789,5 milyon kWh'a ulaşmıştır [12].

275 MW'lık kurulu gücün devreye alınması ile tarihte kurulu gücümüzün oransal bazda en çok arttığı yıl %44,9 ile 1956 senesi olmuştur. Türkiye'nin ilk büyük hidroelektrik santrali olan 160 MW'lik Sarıyer Barajı devreye alınmıştır [14].

Birinci (1963-1967) ve İkinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (1968-1972) dönemlerinde, Türkiye'deki elektrik üretim, iletim, dağıtım ve ticaretinin bütünleşmiş bir şekilde kamu denetimi altında planlanması öngörülmüştür. Bu hedef ve strateji doğrultusunda, 15.07.1970 tarih ve 1312 sayılı kanunla devletin genel enerji ve ekonomi politikasına uygun olarak, Türkiye sınırları içerisindeki elektriğin; üretim, iletim, dağıtım ve ticaretini yapmak amacıyla, kamu iktisadi kuruluşu statüsünde, Türkiye Elektrik Kurumu (TEK) kurulmuştur [13]. 1982 yılında Belediye ve Birliklerin Elektrik Tesisleri Türkiye Elektrik Kurumu (TEK)'na devredilmiştir. Bu tarihten itibaren de elektrik üretim, dağıtım ve satışından sadece TEK sorumlu olmuştur.

Tek kurulduktan sonra Türkiye'deki tüm elektrik hizmetleri kamu kontrolünde tek yapı ile sağlanmıştır. 1984 yılında, enerji sektöründeki TEK tekeli kaldırılmış, gerekli izin alınarak kurulacak özel sektör şirketlerine de enerji üretimi, iletimi ve dağıtımı konusunda olanaklar sağlanmıştır. Ayrıca yine bu yılda TEK'in hukuki bünyesi, organları ve yapısı toparlanarak Kamu İktisadi Kuruluşu kimliğini kazanması sağlanmıştır [10]. Ancak TEK'in bünyesinde barındırdığı üretim, iletim ve dağıtım yapısı; 233 sayılı kanun hükmünde kararnameye dayanılarak çıkarılan 12.08.1993 tarih ve 93/4789 sayılı Bakanlar Kurulu Kararıyla, Türkiye Elektrik Üretim İletim A.Ş. (TEAŞ) ve Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. (TEDAŞ) ünvanlı iki ayrı devlet kurumu olarak ayrıştırılmıştır [13]. 1994 yılında ise TEAŞ ve TEDAŞ tüzel kişiliklerine kavuşmuşlardır [15].

Bakanlar Kurulu'nun Resmi Gazetede yayınlanan 05.02.2001 tarih ve 2001/2026 sayılı kararı ile TEAŞ; Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ), Elektrik Üretim Anonim Şirketi (EÜAŞ) ve Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt Anonim Şirketi (TETAŞ) olacak şekilde üç ayrı İktisadi Devlet Teşekkülü olarak yeniden teşkilatlandırılması kararlaştırılmıştır. Bu karar doğrultusunda, TEİAŞ elektrik enerjisi iletimi, EÜAŞ üretimi ve TETAŞ da toptan satışı konusunda faaliyet yürütecek şekilde yapılandırılmıştır [16].

Elektriğe konu olan devlet teşkilatlarının ayrışmalarına ve yeniden yapılandırılmalarına ek olarak 4628 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu'nda Elektrik Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) adı altında ayrı bir Devlet teşkilatı da yapılandırılmıştır.

Enerji sektöründeki özelleştirme hareketleri de bu süreç ile paralel olarak atılmaya başlanmıştır. Elektrik dağıtım ve perakende satış sektöründe rekabet ortamı oluşturulduğu için piyasada gerekli yeniliklerin yapılması gerekmiştir. Dağıtım bölgeleri temel alınarak elektrik işletmeleri yeniden yapılandırılmış ve elektrik enerjisi dağıtım hizmetleri özelleştirilmiştir. Bu doğrultuda TEDAŞ 02.04.2004 tarih ve 2004/22 sayılı Özelleştirme Yüksek Kurulu Kararı ile özelleştirme kapsam ve programına alınmış ve dağıtım bölgeleri yeniden belirlenerek, Türkiye 21 dağıtım bölgesine ayrılmıştır. 31.08.2013 tarihi itibariyle, şirketlerle TEDAŞ arasındaki hisse devri sözleşmeleri tamamlanarak TEDAŞ'ın özelleştirilme aşaması son bulmuştur [15].

EPDK'nın elektrik piyasasındaki geniş görev tanımı belirlemiştir. Elektrik dağıtımından, elektrik fiyat belirlenmesine ve gerekli önlemlerin uygulanması kadar geniş denetim sorumlulukları belirtilmiştir. Kanunda da belirtildiği üzere:

> Kurum, tüzel kişilerin yetkili oldukları faaliyetleri ve bu faaliyetlerden kaynaklanan hak ve yükümlülüklerini tanımlayan Kurul onaylı lisansların verilmesinden, işletme hakkı devri kapsamındaki mevcut sözleşmelerin bu Kanun hükümlerine göre düzenlenmesinden, piyasa performansının izlenmesinden, performans standartlarının, dağıtım ve müşteri hizmetleri yönetmeliklerinin oluşturulmasından, tadilinden ve uygulattırılmasından, denetlenmesinden, bu kanunda yer alan fiyatlandırma esaslarını tespit etmekten, piyasa ihtiyaçlarını dikkate alarak serbest olmayan tüketicilere yapılan elektrik satışında uygulanacak fiyatlandırma esaslarını tespit etmekten ve bu fiyatlarda enflasyon nedeniyle ihtiyaç duyulacak ayarlamalara ilişkin formülleri uygulamaktan, bunların denetlenmesinden ve piyasada Kanuna uygun şekilde davranılmasını sağlamaktan sorumludur. [16]

TEDAŞ özelleştirilmesi sonrası belirlenen 21 dağıtım bölgesi şirketi ve sorumlu oldukları iller Çizelge 2.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.2 : 21 Dağıtım bölgesi ve kapsadıkları iller [15].

Elektrik DağıtımA.Ş.	İller
Akdeniz	Antalya, Burdur, Isparta
Akedaş	Adıyaman, Kahramanmaraş
Aras	Ağrı, Erzincan, Erzurum, Kars, Bayburt, Ardahan, Iğdır
Aydem	Aydın, Denizli, Muğla
Başkent	Ankara, Çankırı, Kastamonu, Zonguldak, Kırıkkale, Bartın, Karabük
Boğaziçi	İstanbul ili Avrupa Yakası
Çamlıbel	Sivas, Tokat, Yozgat
Çoruh	Artvin, Giresun, Gümüşhane, Rize, Trabzon
Dicle	Diyarbakır, Mardin, Siirt, Şanlıurfa, Batman, Şırnak
Fırat	Bingöl, Elazığ, Malatya, Tunceli
Gediz	İzmir, Manisa
İst. AnadoluYakası	İstanbul ili Anadolu Yakası
Kayseri ve Civarı	Kayseri
Meram	Kırşehir, Konya, Nevşehir, Niğde, Aksaray, Karaman
Osmangazi	Afyonkarahisar, Bilecik, Eskişehir, Kütahya, Uşak
Sakarya	Bolu, Kocaeli, Sakarya, Düzce
Toroslar	Adana, Gaziantep, Hatay, Mersin, Kilis, Osmaniye
Trakya	Edirne, Kırklareli, Tekirdağ
Uludağ	Balıkesir, Bursa, Çanakkale, Yalova
Van Gölü	Bitlis, Hakkâri, Muş, Van
Yeşilırmak	Amasya, Çorum, Ordu, Samsun, Sinop

Türkiye Elektrik Piyasasında 4628 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu ile TEAŞ yerini EÜAŞ, TEİAŞ ve TETAŞ'a bırakmış ve bu dönemde elektrik ticareti ikili anlaşmalar ile yürütülmüştür. 2004 Kasım ayında yayınlanan dengeleme ve uzlaştırma yönetmeliği ile Gün Öncesi Dengeleme sistemine geçilmiştir. Bu sisteme geçilmesindeki temel amaç gerçek zamanlı dengelemeyi kolaylaştırmak ve sistem güvenliğini iyileştirmek olmuştur. Dengeleme ve uzlaştırma yönetmeliğiyle öncelikle (06:00 -17:00 gündüz, 17:00-22:00 puant ve 22:00-06:00 arası gece) olmak üzere üç zamanlı yapıya sahip olan bir uzlaştırmaya gidilmiştir. Dengeleme ve uzlaştırma yönetmeliği elektrik piyasasında gerçek zamanlı dengelemenin sağlıklı yürütülmesini sağlamak ve piyasa katılımcılarının ihtiyaçlarına tam anlamıyla cevap verebilmek amacıyla piyasa katılımcılarının talepleri doğrultusunda yürütülen çalışmalar neticesinde 2004, 2007, 2009 ve 2011 yıllarında çeşitli değişikliklere uğramıştır [11]. Günümüzde teknolojilerin hızla gelişmesi nedeniyle elektrik üretim ve tüketim dengelemesi için anlık fiyatlandırma çalışmaları da önerilmektedir. Toros ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada ihtiyaç duyulan kadar elektrik üretilmesi sonucu kaynakların daha verimli kullanılacağı ve bununda anlık fiyatlandırma ile hâlihazırda Türkiye'de kullanılan günlük 3 farklı fiyat uygulamasına göre dengelemeye ciddi katkılar sağlayacağı dile getirilmiştir. Bunun için, ülke genelinde elektrik üretimini ve tüketimi çevrimiçi izleyerek elektrik fiyatının daha fazla olarak sınıflandırılması önerilmektedir. Önerilen sistemde akıllı sistemler, ayarlanabilir elektrik tüketim cihazları tarafından kontrol edilecektir. Yeni akıllı güç cihazları, tüketicilerin elektrikli cihazlarını ucuz fiyat aralıklarıyla kullanmalarına yardımcı olacaktır. Aşırı tüketim ve üretim arasındaki farkların azaltılması çevresel ve ekonomik yararlar sağlayacaktır [18].

2009 yılında Dengeleme Uzlaştırma Yönetmeliğinde yapılan değişiklikle gün öncesi planlama olarak adlandırılan ve saatlik olarak uygulanan yeni bir sisteme geçilmiştir. Piyasa katılımcısı olan bir üretim şirketi ürettiği elektriği bir başka üreticiye ikili anlaşma ile satabilmektedir. Türkiye Elektrik Piyasasında 2009 yılında çalışmaya başlayan gün öncesi planlama sisteminin ardından 1 Aralık 2011 tarihinde gün öncesi piyasası sistemine geçilmiştir. Gün öncesi piyasası ile talep tarafı tüketeceği yükü fiyat seviyelerine göre ayarlayabilme imkânı kazanmıştır. Gün öncesi piyasasında katılım zorunluluğu yoktur ve uzlaştırmanın günlük yapılması piyasa katılımcılarının yaptıkları ticari işlemlerden doğan alacaklarının günlük olarak uzlaştırılmasını

sağlamıştır. Böylece piyasa katılımcıları ürettikleri elektriğin bedelini günlük olarak almaktadır [11].

2.2 Tüketim Kavramı

Üretilen malın ya da hizmetin, ihtiyaç ve isteklerini karşılaması için insanlar tarafından kullanılması tüketimi ifade etmektedir. Her birey hayatı boyunca tüketim yapmaktadır. Yaşamı devam ettiği sürece ihtiyaçlarını karşılamak için mal veya hizmetlere sahip olmaya çalışmaktadır. Sosyal, kültürel veya ekonomik ihtiyaçlar çerçevesinde ürün ya da hizmeti kullanmak tüketici olmaya yönelik özelliklerdendir [19]. Artan nüfus, toplumların değişen yaşam tarzı, reklamlar ve gelişen teknoloji tüketim alışkanlıklarını değiştirmiş ve insanları daha fazla tüketme yönünde ivmelendirmiştir.

Tüketimin hızlar artması üretimi de arttırmış ve sanayileşmeyi hızlandırmıştır. Artan tüketim alışkanlıkları sonucu enerji gereksinimi de açığa çıkmıştır. Kentleşme, artan teknolojik aletler, hayatı kolaylaştırdığı için kullanımı yaygınlaşan elektrikli aletler sonucunda enerji tüketiminde artışlar başlamıştır [20].

2.2.1 Elektrik piyasasındaki tüketim kavramı

Elektrik enerjisi kömür, sıvı yakıt, doğal gaz vb. sınırlı veya güneş, rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından dönüştürülerek elde edilen ikincil enerji kaynağıdır. Elektrik enerjisi, kaynaklarının sınırlı veya düzensiz olması ve sanayinin temel gerekliliğini oluşturması nedeni ile ülkelerin sanayileşmeleri ve gelişmişliklerini göstermesi açısından önemlidir. Temiz ve kolay kullanımı olan elektrik enerjisinin tüketim payı, genel enerji tüketiminde hızla artmaktadır. Artan enerji talebinin karşılanmasında elektrik enerjisinin payı oldukça önemlidir.

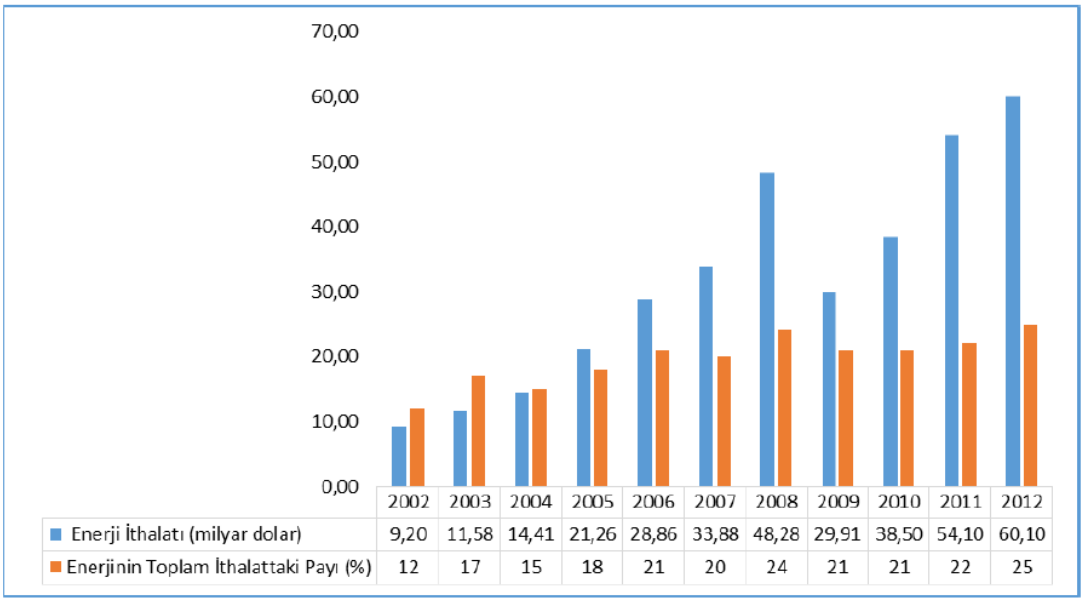
Makroekonomik değişkenlerin enerji arzı kesintilerine, enerji fiyat artışına, enerji tasarrufuna karşı etkisini belirlemek; enerji sektöründe arz değişimlerinin önceden tahmin edilebilirliği açısından önemlidir. Büyüme ve istihdamın elektrik tüketimine neden olması veya böyle bir nedenselliğin bulunmaması durumlarında, elektrik sektörü ile ilgili politikaların iktisadi büyüme ve istihdam düzeyi üzerinde bir etkisi bulunmayacaktır. Polat ve diğ. (2011) yaptıkları çalışmada Türkiye elektrik tüketimi, istihdam ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Çalışma sonucunda elektrik israfını önlemek ve elektrik talebini kısmak amacıyla yapılacak olan enerji koruma politikaları kısa dönemde etkili olmazken, uzun dönemde iktisadi büyümeyi

olumsuz etkileyeceği sonucuna ulaşmışlardır. Diğer yandan, enerji girdisi olarak elektrik tüketimini teşvik edici politikalar ise uzun dönemde iktisadi büyümeyi olumlu etkileyeceği, kısa dönemde ise sadece istihdamdan elektrik tüketimine yönelik tek yönlü bir nedensellik tespit edilmiştir. Bu sonuç, elektrik tüketimi ve istihdam girdilerinin kısa dönemde birbirlerinin tamamlayıcısı olduğuna işaret etmektedir [21].

2.2.2 Türkiye elektrik piyasasındaki tüketim kavramı

Elektrik enerjisi vazgeçilmez bir enerji kaynağıdır ve bu nedenledir ki dünyada enerji savaşları yaşanmaktadır. Elektrik enerjisi depolanamaması nedeniyle arzın ve talebin örtüşmesi gerekmektedir. 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanununun ilgili maddesinde özellikle elektrik enerjisinin kesintisiz, sürekli kaliteli ve taraflar arası ayrım yapmaksızın kullanıcılara götürülmesi gerekliliği özellikle belirtilmiştir. Bu da hem dağıtım hem de üretim şirketlerine çok disiplinli, planlı ve öngörülü bir çalışma gerçekleştirme mecburiyeti getirmiştir [22].

Elektrik enerjisi sektöründe iletim-dağıtım-arz-talep ve fiyat belirleme en önemli konulardır. Sektörün sağlıklı işleyişi için bu sürecin iyi planlanması gerekmektedir. Enerji ithalatı nedeniyle özellikle doğalgaz kaynaklı üretimde maliyet oldukça artmaktadır. Bu da ülkede cari açığın büyümesine katkı sağlamaktadır. Şekil 2.3'te görüldüğü gibi her geçen yıl enerji ithalatı için harcanan para artmaktadır. 2012 yılına bakıldığında enerji toplam ithalatın %25 lik kısmını kapsamaktadır.



	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Enerji İthalatı (milyar dolar)	9,20	11,58	14,41	21,26	28,86	33,88	48,28	29,91	38,50	54,10	60,10
Enerjinin Toplam İthalattaki Payı (%)	12	17	15	18	21	20	24	21	21	22	25

Şekil 2.3 : Türkiye'nin enerji ithalatı ve cari açığa etkisi (TÜIK, 2013) [23].

Artan enerji ihtiyacı paralelinde enerji ithalatını da arttırmıştır. Enerji ithalatının artması ülke ekonomisini olumsuz yönde etkilemektedir.

Enerji maliyetinin yüksek olması tutarlı talep tahminini gerekli kılmaktadır. Enerji talebinin doğru tahmin edilebilmesi de ayrı bir uzmanlık ve geliştirme ihtiyacını ortaya koymuştur. Elektrikteki talep tahmini, tüketim miktarının tahmini anlamına gelmektedir. Kısa dönem ya da uzun dönemde tüketilecek elektrik miktarının belirlenebilmesi, üretici firmalara mali açıdan kazanç sağlamaktadır.

Elektriğin fiziksel ticaretini yapılması için öncelikle üretim aşamasının gerçekleşmesi gerekmektedir. Elektrik üretici firmalar farklı kaynaklardan santraller aracılığı ile üretimi yaparken oluşacak maliyetin hesaplanması oldukça geniş kapsamlıdır. Üretecekleri elektriğin miktarı gerçekleşecek talep doğrultusunda olmaktadır. Bu noktada talebin belirlenebilmesi için ve yeterli arzın sağlanabilmesi için tüketimin tahmin edilmesi gerekmektedir. Tüketiciler talep kısmını oluşturmaktadırlar.

Elektrik piyasalarında fiziksel ya da finansal olarak ve elektrik ticaretinin yapılması için üç farklı piyasa oluşturulmuştur. Bunlar:

a) Gün Öncesi Piyasası,

b) Gün İçi Piyasası

c) Dengeleme (Gerçek Zamanlı) Piyasası'dır.

2.2.2.1 Gün öncesi piyasası

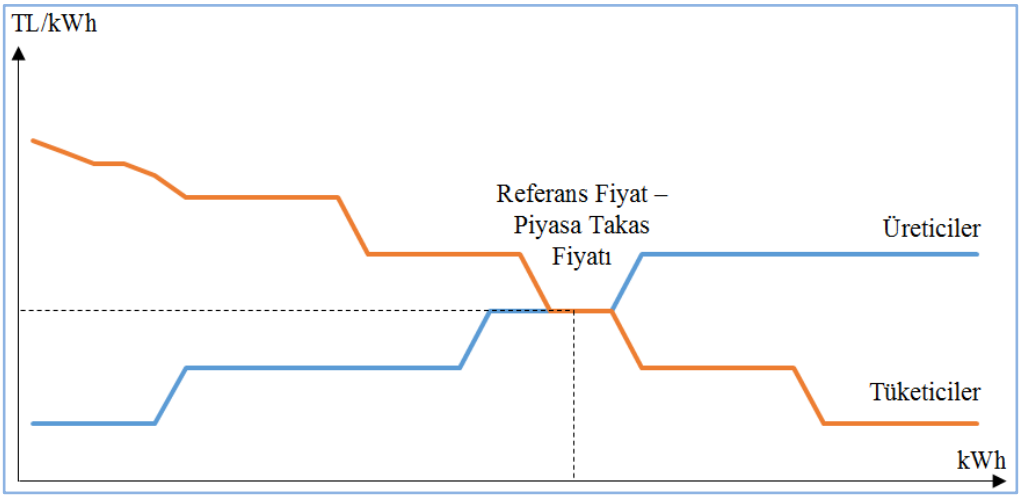
Gün Öncesi Piyasası (GÖP), elektrik ticareti yapan kurumların bir gün sonrası için eksik ya da fazlalıklarını dengeleyebilmesi ve risklerini azaltacak ortamın sağlanması için geliştirilen piyasadır. Piyasa katılımcılarına sonraki gün için enerji alış veriş yapma fırsatı tanıyarak, üretim/tüketim ihtiyaçları ile sözleşmeye bağlı yükümlülüklerini gün öncesinde dengeleme imkânı sağlar. GÖP işlemleri günlük olarak saatlik bazda gerçekleşir. Piyasa her gün 00.00'da başlayıp ertesi gün 00.00'da sona eren saatlik zaman dilimlerinden oluşur [24]. Katılımcılar saatlik/blok ya da esnek teklifler sunabilirler. Teklifler alış ya da satış yönünde verilir. Her saat için üretim ve tüketim miktarları karşılaştırılarak referans elektrik fiyatı (piyasa takas fiyatı) olan PTF hesaplanır. Arz ve talep eğrilerinin kesişmemesi durumunda alış teklifleri tüm katılımcıları eşit etkileyecek şekilde azaltılarak kesişme sağlanır. Eğri birden çok yerde kesişiyorsa ortalama değer PTF olarak belirlenir.

2.2.2.2 Gün içi piyasası

Gün Öncesi Piyasası (GİP), gerçek zamana yakın elektrik ticaretine imkân sağlamaktadır. Böylece piyasa katılımcıları kısa vadede portföylerini dengeleme fırsatı yakalamaktadırlar. GİP ile santral arızaları veya yenilenebilir enerji kaynaklarının üretimlerindeki değişimler gibi dengesizliğe yol açacak unsurlar ortadan kaldırabilmektedir. Böylelikle katılımcılara gün içinde yaşayabilecekleri pozitif veya negatif dengesizliklerin en aza indirilmesi ya da dengelenmesi imkânı verilmektedir. Katılımcılara Gün Öncesi Piyasasında değerlendiremedikleri kapasitelerini Gün Öncesi Piyasası kapanış zamanından sonra Gün İçi Piyasasında değerlendirme imkânı verilerek ek ticaret alanı sağlanmaktadır. Gün İçi Piyasasının aktif bir şekilde kullanılması ile birlikte Dengeleme Güç Piyasasındaki işlem hacmi ve miktarı azalacaktır [25]. Gün içi piyasası işlemleri günlük olarak, saatlik bazda gerçekleştirilir.

2.2.2.3 Dengeleme (gerçek zamanlı) piyasası

Dengeleme piyasası (gerçek zamanlı piyasa) gün içerisinde gerçek zamanlı operasyonlarda üretilen ve tüketilen elektriği dengelemek amacı oluşturulmaktadır. Genel olarak işleyişi, spot piyasa kapandıktan sonra belli bir alanda, katılımcıların elektrik üretimlerini veya tüketimlerini miktarsal olarak arttırıp-azaltmaya karşılık sundukları fiyat tekliflerini kapsamaktadır [9]. Şekil 2.4'te görüldüğü gibi dengeleme piyasasında oluşan fiyat, GÖP' te takas gerçekleştikten sonra, gün içerisinde gerçekleşen anlık dengesizliklere karşılık olarak üreticiler tarafında geriye kalan rezerv miktarı için sunulan marjinal fiyattır.



Şekil 2.4 : Piyasa takas fiyatının belirlenmesi [12].

Bahsedilen elektrik ticareti piyasalarında katılımcıların alış ya da satış yönünde verdikleri teklifler ve saatlik bazda fiyatın belirlenmesi gibi süreçler önceden talebin ve bunu karşılayacak arzın belirlenmesi doğrultusunda olmaktadır. Ticarette dengesizlik miktarının azalması ve mali kayıpların minimum seviyeye indirilmesinde talebin yani tüketilecek elektriğin iyi tahmin edilmesi büyük rol oynamaktadır. Çalışma kapsamında da tahmini yapılacak olan tüketim faktörü ve onu etkileyen faktörler, diğer piyasa değişkenlerinden daha detaylı incelenmiştir.

2.3 Elektrik Tüketimine Etki Eden Faktörler

Dünya genelinde son birkaç on yıllık dilimde nüfusun artması ve ekonomik gelişmelerin hızla ilerlemesi elektrik tüketimini gözle görülür biçimde artmıştır. Her ülkede gelişmişlik seviyesine paralel olarak enerji tüketimi arttırmaktadır. İnsanların yaşam biçimi, elektrik tüketiminin sosyal ve davranışsal yönleri ile yakından ilişkilidir. Toplumları sosyal hayata, nüfusa ya da davranışlarına göre gruplandırırsak birbirlerinin harcama ve tüketimlerini sonuç olarak da enerji kullanımlarını etkilediğini görebiliriz. İnsanların gelirleri doğrultusunda harcama alışkanlıklarının değişmesi, yaşam standardı arttıkça enerji tüketimlerinin artması anlamına gelmektedir. Ayrıca gelişen teknoloji ile hayatımızı kolaylaştıran birçok elektronik alet günlük hayatımızın vazgeçilmez araçları olmuştur. Bu hayat kolaylaştıran gereçlerin sayısı ve bizlerin bu ürünleri kullanma süresinin artması elektrik tüketiminin de hızla artmasına neden olmaktadır. Televizyon ve internetin hayatımızın çok içinde olması ve reklam sektörü de dolaylı yoldan bu enerji artışını desteklemektedir. Modanın yaygınlaşması ile giyim sektöründe tüketim artmış böylece kıyafet, tekstil, ayakkabı, takı gibi insanların ihtiyacı olan ürünler daha fazla tüketilmeye ve bu böylece daha çok üretilmeye başlanmıştır. Bu ürünlerin daha çok üretilmesi de enerji tüketimini arttırmaktadır.

Ülkelerin gelişmişlik seviyesini gösteren belirtilerin en önemlilerinden biri de kişi başına düşen elektrik tüketim miktarıdır. Diğer ülkeler için de bu durum benzer şekildedir. Gayrisafi yurtiçi hâsıla (GSYİH) arttıkça kişi başı elektrik tüketimi de artmaktadır. Türkiye kişi başı elektrik tüketimi açısından ancak son yıllarda dünya ortalamasını yakalayabilmiştir. Kişi başı tüketimin en yoğun olduğu bölgeler ve iller, endüstriyel ve sosyal faaliyetlerin en yoğun olduğu yerlerdir. Bölgelerin ve illerin gelişmişlik seviyeleri arasında oluşmuş farkı, kişi başı elektrik tüketimi de net bir

biçimde göstermektedir [26]. Bir ülkede kişi başına düşen elektrik tüketimi o ülkedeki hayat standardını yansıtması açısından da önemlidir.

Enerji politikalarının sağlıklı ilerleyişi için enerji talep tahminlerinin doğru ve güvenilir sonuçlar üretmesi temel konudur. Tahminlerin dayandırılması gereken temel parametrelerin en önemlileri şunlardır:

- Ekonomik büyüme
- Nüfus (göç, etkin çalışan nüfus, vb.),
- Enerji fiyatları,
- Ekonomik gelişmeler (İthalat, İhracat),
- Enerji politikaları,
- Tüketici davranışları.

Elektrik tüketimi sosyal ve ekonomik faktörlerin dışında çevresel faktörlerden de büyük ölçüde etkilenmektedir. Meteorolojik değişkenler bölgesel elektrik tüketiminin değişiminde önemli bir paya sahiptir. Son yıllarda doğal iklim koşullarının tüketime etkisi dışında insan kaynaklı iklim değişimleri de söz konusu olmuştur. Sıcaklık, yağış, rüzgâr ve nem gibi meteorolojik değişkenler özellikle evsel elektrik tüketiminde ciddi değişimlere neden olmaktadır. Bununla birlikte insan kaynaklı (antropojenik) etkiler sera gazı üretimine katkı sağlarken iklim değişimi büyük bir sorun haline gelmektedir. Aşırı sıcaklıkların ve aşırı soğukların artması, kurak dönemlerin daha uzun yaşanması gibi mevsimsel değişimler elektrik tüketiminde net olarak kendini göstermektedir [1]. Tarihsel süreç içerisinde dünya ekonomisinin büyümesi ile enerji kullanımının artması ve bununla bağlantılı olarak sera gazı emisyonlarının yoğunlaşması arasında güçlü bir ilişki söz konusu olmuştur. Birbirini tetikleyen bu süreçte elektrik tüketimi büyüyen ekonomi, gelişen teknoloji, yoğunlaşan nüfus, artan sera gazları ve değişen iklim koşullarından etkilenerek kısa ve uzun vadede farklı salınımlara sahip olmaktadır. Çalışma kapsamında kısa vadede elektrik talebinde büyük etkisi olan meteorolojik değişkenlerin tüketim ile ilişkisi detaylı olarak incelenecektir.

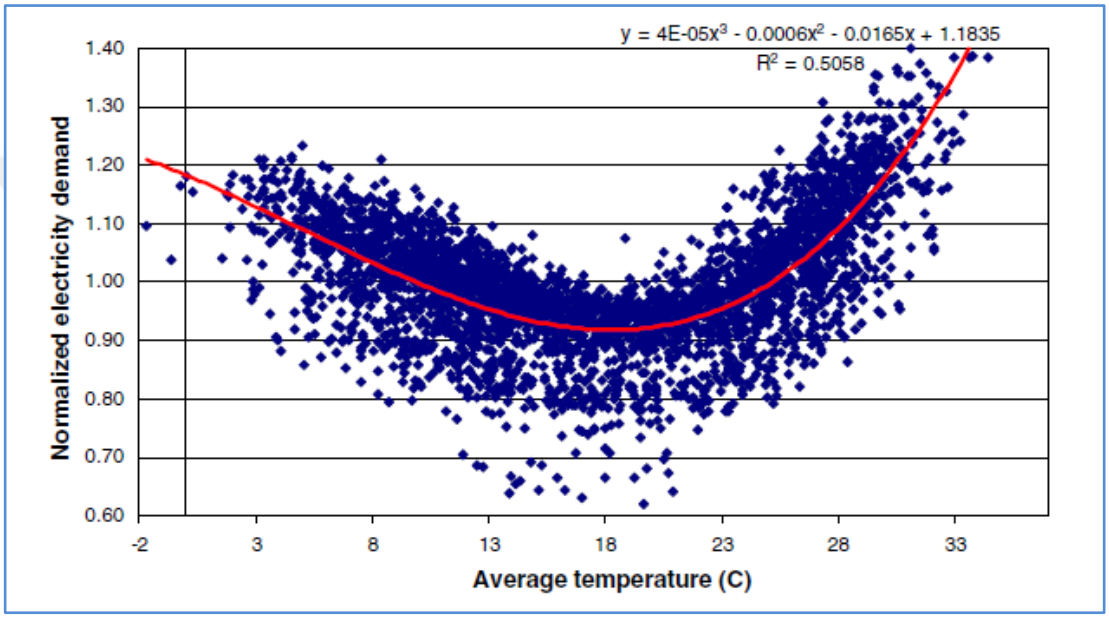
2.3.1 Meteorolojik değişkenlerin elektrik tüketimine etkisi

Elektrik tüketiminin uzun süreli zaman serileri göz önünde bulundurulduğunda mevsimselliğe sahip olduğu görülmektedir. Tüketim değişimde rol oynayan önemli

faktörlerden biri hava şartlarıdır. Isınma ve soğuma ihtiyacı için kullanılan elektriğin, elektrik tüketimindeki etkisi büyüktür. Yapılan birçok çalışmada iklim değişimin elektrik tüketimi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu araştırmalar sonucunda tüketimi etkileyen meteorolojik değişkenlerin başında sıcaklık gelmektedir. Damm ve diğ. (2016) 26 Avrupa ülkesi üzerinde yaptıkları çalışmada +2 derecelik küresel ısınmanın elektrik tüketimini nasıl etkileyeceğini öngörmüşlerdir. Ülkelerin bulundukları enlemlere göre elektrik tüketim alışkanlıkları değişse de genel sonuç göstermiştir ki; Avrupa ülkelerinin birçoğunda 2 derecelik artış nedeniyle ısıtmada kullanılan elektriğin azalması, soğutmada kullanılan elektrik artışından daha baskın olmuştur. Diğer bir deyiş ile sıcaklıktaki artış, elektrik talebinde azalma etkisi olarak kendini göstermiştir [27]. Avrupa elektrik tüketiminde sıcaklık değişimlerinin etkisini inceleyen pek çok çalışma mevcuttur. Pilli ve diğ. (2010) ısınma ve soğuma ihtiyacını ekonometri çoklu regresyon modeli ile analiz etmişlerdir. Orta ve Kuzey Avrupa iklimdeki ısınma etkisinde ısınma ihtiyacının azaldığını ve bunun sonucunda elektrik kullanıcıları için maliyetin düştüğünü saptamışlardır. Güney Avrupa'da iklimin ısınması ise soğuma ihtiyacı kaynaklı elektrik talebinde artışa neden olmuş, ısınma ihtiyacını çok azaltmış bu nedenle de maliyet artmıştır [28]. İnceledikleri diğer bir araştırmada sıcaklık dışında tüm faktörler sabit tutularak sadece sıcaklık değişiminin etkisi kontrol edilmiştir. Bu çalışma sonucunda Kuzey Avrupa ülkelerinde elektrik tüketiminin düşeceğini (Letonya -%19,5, Litvanya -%20,8), Orta Avrupa ülkelerinde yaz sıcaklıklarında artarken kış sıcaklıklarında azaldığı ve yıllık tüketim değişiminin aynı seviyeye yakın olacağını, Güney Avrupa ülkelerinde ise tüketimin artacağını (Yunanistan %10, Türkiye %18,6) öngörmüşlerdir [29].

Sıcaklık elektrik tüketimindeki değişimde en etkili meteorolojik değişkeni olsa da, tek değişken değildir. Nem, rüzgâr ve yağış da elektrik talebinde artış ve azalışa neden olan diğer meteorolojik değişkenlerdir. Bu değişkenlerin tesiri bölgesel bazda farklılık gösterirken, nüfus ya da sanayi gibi etkenler o bölgede hangi hava şartının daha yoğun olarak tüketimi etkilediğini değiştirmektedir. Nüfusun yoğun olduğu bölgelerde özellikle yaz aylarında, sıcaklık, nem ve hissedilen sıcaklık soğuma ihtiyacı nedeniyle tüketimin değişiminde etkin rol oynarken, yine yaz aylarında tarım yapılan bölgelerde yağış tüketim değişimdeki en etkili değişkenlerdendir. Tarımsal sulama için harcanan enerji, yağmurlu günlerin gecikmeli etkisi ile sulama da azalmaya ve paralelinde elektrik tüketiminde düşüşe neden olur.

Elektrik tüketimi ve sıcaklık ilişkisini analiz eden birçok çalışma vardır. Mirasgedis ve Sarafidis (2007) çalışmasında Yunanistan'daki elektrik talebinin sıcaklık ile korelasyonunu analiz etmişlerdir. Normalize edilmiş elektrik talebinin günlük ortalama sıcaklığa karşı çizilen grafiği Şekil 2.5 'te gösterilmiştir. Elektrik talebinin sıcaklıkla değişimi doğrusal değildir. Hem azalan hem de artan sıcaklıklarda grafik asimetri göstermektedir. Kış aylarındaki ısınma, yaz aylarındaki klima kullanımını yansıtmaktadır. 18.5 °C civarında en düşük tüketim görülürken altında ve üstündeki sıcaklıklarda tüketim artmaktadır [30].



Şekil 2.5 : Normalize elektrik tüketiminin günlük ortalama sıcaklık ile ilişkisi [30].

Sailor elektrik tüketimi ve iklim parametreli arasındaki ilişkiyi belirlemek için çoklu regresyon modeli geliştirmiştir. Bu model, 3 farklı küresel iklim simülasyonun sonucundaki özellikle sıcaklık değişimleri kullanılarak ABD'nin 8 eyaletinde uygulanmıştır. Sonuçlar geniş ölçekte elektrik tüketimi etkilerini göstermiştir. Sıcaklığın 2 ○C artması bir eyalette önemli bir tüketim düşüşüne (konut sektöründe %7.2, ticaret sektöründe %0.3) diğer eyaletlerde ise tüketim artışına (konut sektöründe %0.9- %11.6, ticaret sektöründe %1.6-%5.0) neden olmuştur. İlkim değişikliğinin neden olduğu sıcaklık artışları tüketicilerin doğal gaz ve diğer türlerinden elektriğe geçmelerine neden olacaktır. Artan sıcaklıklar nedeniyle insanlar kömür ya da doğal gaz yakmak yerine klima ya da elektrikli ısıtıcıların yeterli olması sayesinde elektrik tüketiminde artışa neden olacaklardır. Yapılan çalışmalarda da belirtildiği gibi elektrik tüketimde hava koşulları oldukça etkili olurken, sıcaklık en büyük etkiye sahip olan

değişkendir. Sıcaklık değişimleri elektrik tüketimindeki salınımların belirlenmesinde yüksek oranda fikir vermektedir.

2.4 Elektrik Talep Tahmini

Elektrik enerjisi sektörünün güvenilir bir hizmet verebilmesi için talep, arz, iletim, dağıtım ve fiyatlandırma gibi süreçleri iyi planlanması gerekmektedir. Piyasa katılımcılarının mali sorun yaşaması ya da kullanıcıların uzun veya kısa süreli bir enerji kesintisine maruz kalması gibi büyük sorunların önüne geçilmesi için ilk olarak talebin yani tüketilecek enerjinin iyi tahmin edilebilmesi gerekmektedir. Böylece üretici firmalar arzlarında ve iletim-dağıtım gibi sonraki aşamalarda süreç sağlıklı ilerleyebilecektir. Gelişen teknoloji sayesinde son yıllarda enerji tüketimi güderek artmaktadır. Üretim, iletim ve dağıtım tesislerinin geleceğe yönelik planlanması için uzun dönemde elektrik talebinin tahmin edilmesi gerekmektedir. Çevresel ve iklimsel değişimler neticesinde üretim-tüketim dengesinin bozulmaması için yapılacak tahminlerin doğruluğu önem kazanmıştır.

Elektrik enerjisinin üretildiği gibi tüketilmesi gerekliliği talep tahminindeki doğruluk derecesinin önemini artırmaktadır. Elektrik enerjisi tüketimi tahminine yönelik çalışmalar üç sınıfta değerlendirilebilir:

1. Kısa dönemli tahmin: saatlik, günlük veya haftalık.

2. Orta dönemli tahmin: aylık, üç aylık.

3. Uzun dönemli tahmin: yıllık veya daha uzun dönemler.

Elektrik talep tahmininde kullanılan birçok farklı yöntem vardır. Giriş bölümünde de kısaca bahsedildiği gibi yapılan çalışmalarda kısa vadeli, orta vadeli ve uzun vadeli tüketim tahminleri için değişik yöntemler kullanılmıştır. Kısa dönemli yük tahmini için; bulanık sinir ağlarını kullanılması, genetik algoritma ile geliştirilmiş YSA yardımı ile haftalık tahminlerin yapılması, radyal tabanlı sinir ağları, dinamik sinir ağları, bulanık sinir ağları ile otoregresif (auto regressive-ar) modelleri karşılaştırılması, geri yayılım sinir ağlarını (backpropagation networks) ve jordan geri beslemeli ağını kullanılarak uzunu dönem elektrik enerjisi tahmin edilmesi, uzun dönemli yük tahmini için YSA, genetik algoritma (ga) ve bulanık mantığın (bm) beraber kullanıldığı melez bir model geliştirilmesi, yapılan çalışmalara örnektir [31].

3. YAPAY SİNİR AĞLARI

Zekâ, çevreye uyum sağlayabilmek için anlama ve kavrama olarak açıklanabilir. Yapay zekâ, insana ait bir özellik olan zekâyı ve düşünme yapısını anlayarak benzeri işlemleri bilgisayarların yapabilmesi için çalışılan girişimlerdir.

Yapay sinir ağları Makine Öğrenmesi alanında sıklıkla kullanılan metotlardır. Mühendislik problemleri başta olmak üzere farklı sorunlara çözüm üretebilen ağlardır. Örüntü tanıma, tahmin etme, resim sınıflandırma, finansal tahmin ve veri sıkıştırma gibi mühendislik problemlerini çözmede yapay sinir ağları kullanılmaktadır. Bu bölümde, elektrik talep tahmini çalışması yapılabilmesi için kullanılan YSA modellerinin yapısı, işleyişi ve yöntemleri anlatılmıştır.

Öztemel (2012) çalışmasında yapay zekâ konusundaki ilk çalışmanın McCulloch ve Pitts tarafından yapıldığını, bu araştırmacıların önerisinin "Her hangi bir hesaplanabilir fonksiyonun sinir hücrelerinden oluşan ağlarla hesaplanabileceğini ve mantıksal 've' ve 'veya' işlemlerinin gerçekleştirilebileceği" olduğunu belirtmiştir. Araştırmacıların bu ağ yapılarının uygun şekilde tanımlanmaları halinde öğrenme becerisi kazanabileceğini de ileri sürdüklerini, Hebb sinir hücreleri arasındaki bağlantıların şiddetlerini değiştirmek için basit bir kural önerince, öğrenebilen yapay sinir ağlarını gerçekleştirmek de olası hale geldiğini açıklamıştır [31].

Tez çalışması kapsamında ileri beslemeli YSA'lardan Levenberg-Marquardt geriye yayılma algoritması kullanılarak elektrik talep tahmini gerçekleştirilmiştir. Bu sebeple ileri beslemeli yapay sinir ağları daha detaylı olarak incelenmiştir.

3.1 Yapay Sinir Ağlarının Genel Yapısı

Yapay sinir ağları insan beyninin temel özelliği olan öğrenme özelliğini gerçekleştiren, biyolojik sinir sisteminden esinlenerek oluşturulan, makine öğrenmesi alanında sıklıkla kullanılan bilgisayar sistemleridir. İnsan beyni tecrübeleri sayesinde öğrenir. Öğrendiği bilgiler ile yeni bilgi oluşturma, bu bilgiler ile yorumlama, sınıflandırma ve karar verme gibi kabiliyetleri kazanır. Benzer şekilde bilgisayar için de bu kabiliyetleri gerçekleştiren makine öğrenmesi yaklaşımları önerilmiştir. Öğrenmeyi örnekler

yardımı ile gerçekleştiren bu ağlar, yapay sinir hücrelerinin bir araya gelmesi ile oluşur. Her bağlantının kendine ait ağırlık değeri vardır [32]. YSA'nın; doğrusal olmaması, doğru bağlantıları ve ağırlıkları önceden tasarlamadan geçmişteki veri ya da problemlerden kendinin öğrenmesi, problemi öğrendikten sonra eğitim sırasında karşılaşmadığı örneklerde de istenilen doğru sonucu vermesi, tekrar eğitilebilir olması ve kolay uygulanabilirliği, hata toleransının yüksek olması bu sistemlerin tercih edilmesinin nedenleridir.

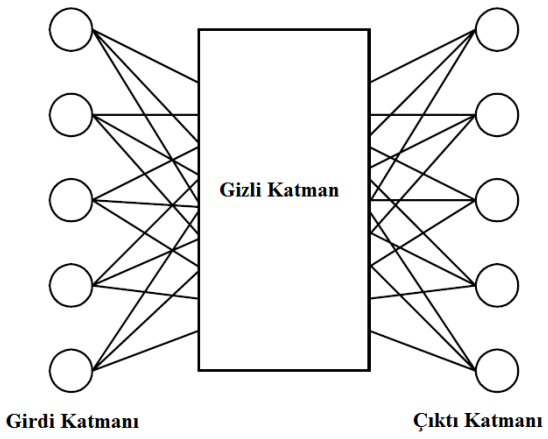
Yapay sinir ağlarını birbirine bağlayan bağlantı değerlerine ağırlık denmektedir. Proses elemanları bir araya gelerek 3 katmanlı bir ağ oluştururlar:

Girdi katmanı

Ara katman

Çıktı katmanı

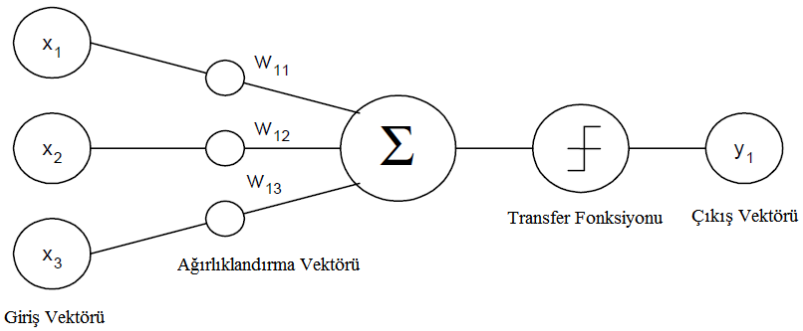
Bilgiler girdi katmanı ile ağa iletilir. Ara katmanda işlendikten sonra da çıktı katmanına gönderilir. Bu işlem sırasında amaç, girdiye gelen verilere doğru ağırlık değerlerinin atanması ile sağlam bir ağ yapısı oluşturulması ve çıktı ağın da girilen bilgiye karşılık doğru değerlerin üretebilmesidir. Şekil 3.1'de ağ yapısı gösterilmiştir.



Şekil 3.1 : Yapay sinir ağı yapısının çizimsel gösterimi [12].

Biyolojik nöron yapısından YSA model yapısına geçişte 3 ana kural bulunmaktadır. Bunlar çarpma, toplama ve aktifleştirme olarak basitleştirilmiş işlemler bütünüdür. Yapay sinirin giriş bölümünde, her bir veri değeri kendi ağırlık faktörü ile çarpılarak girdi değerlerine ağırlık atanır. Orta bölümde, ağırlıklandırılmış tüm girdiler ve sapma toplanır. Yapay sinir çıkış bölümünde ise orta bölümde ağırlık atanan girdilerin ve

sapmanın toplamı aktifleştirme fonksiyonu üzerinden diğer adıyla transfer fonksiyonundan geçirilir [33].Şekil 3.2'de nöronun matematiksel yapısı gösterilmiştir.



Şekil 3.2 : Bir nöronun matematik modelinin gösterimi [23].

YSA eşitliği Denklem 3.1'de görülmektedir. Bu eşitlikteki en önemli bilinmezlik transfer fonksiyonudur. YSA'nın özelliği transfer fonksiyonu ile tanımlanır. Bu fonksiyon bir matematiksel fonksiyon olabilmektedir. YSA'nın kullanıldığı probleme ve girilen bilgi yapısına göre değişebilmektedir [18].

$$y(k) = \mathrm{F}(\sum_{i=0}^{m}(w_i(k).x_i(k) + \mathrm{b}) \tag{3.1}$$

Kavram:

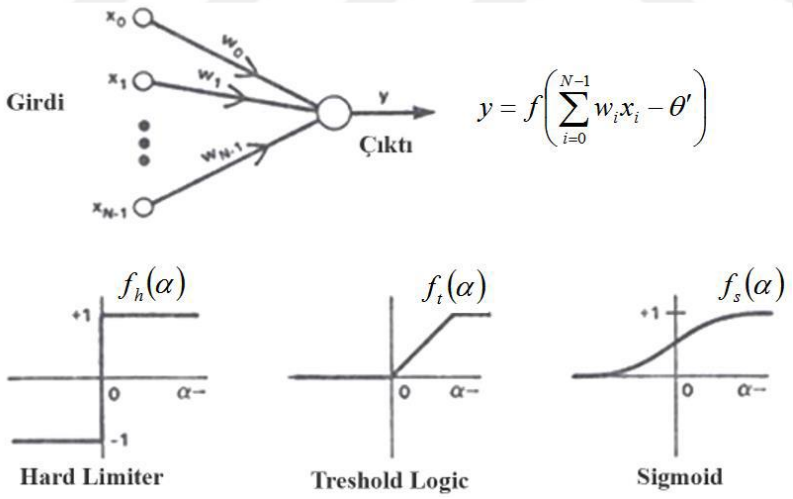
- xi(k) farklı k zamanlarında i'nin 0'dan m'ye kadar değiştiği giriş değerleri,
- wi(k) farklı k zamanlarında i'nin 0'dan m'ye kadar değiştiği ağırlık değerleri,
- b hata,
- F transfer fonksiyonu,
- yi(k) farklı k zamanları için çıktı değeridir.

Diğer yandan, transfer fonksiyonu çoğunlukla; birim adım fonksiyonu (step function), lineer fonksiyon veya lineer olmayan (sigmoid) fonksiyon olarak karşımıza çıkmaktadır. Birim adım fonksiyonu sadece iki olası sonuca sahip bir fonksiyondur ("0" ve "1"). Bunun anlamı, girişte verilen bilgilerin belirlenen eşik değerin üzerinde veya altında olması, çıktı değerlerinin birbirinden farklı iki değer almasıdır. Matematiksel eşitlik olarak ise Denklem 3.2'deki ifade ile tanımlanabilir [12].

$$y = \begin{cases} 1, & wi.xi \leq eşik\ değer \\ 0, & wi.xi \geq eşik\ değer \end{cases} \tag{3.2}$$

YSA'da bu tip bir transfer fonksiyonu kullanılması sonucu yapay sinir "algılayıcı" (perceptron) olarak ifade edilir. Perceptron ağ yapısının son katmanında bulunur ve sınıflandırma problemlerinin çözülmesini sağlamaktadır. Lineer transfer fonksiyonu kullanılırsa eğer yapay sinir toplam ağırlıklandırılmış girdi ve sapma üzerinden basit lineer dönüşüm işlemleri gerçekleşir. Lineer transfer fonksiyonu ağın giriş katmanında kullanılır. Lineer olmayan fonksiyonlar arasında sigmoid fonksiyon en yaygın olarak tercih edilendir. Yapay sinir ağında yeniden güncelleme yapılmak istendiğinde sigmoid fonksiyonun türevi hızlı ve kolayca hesaplanabilmektedir. Bu özelliği ile de diğer fonksiyonlardan daha çok tercih edilmesini sağlamaktadır [12].

Tipik olarak sinir ağlarının var olan analog yapıları modern dijital devrelerle karşılaştırıldığında yavaş olarak nitelendirilebilir. En basit sinir, N adet ağırlıklandırılmış olan girdiyi toplayarak Şekil 3.3'te belirtilen doğrusalsızlıklar üzerinden geçirmektedir. Sinir, θ dengeleyicisi veya içsel eşik değeri ile ve doğrusalsızlık değişken tipine göre karakterize edilir. Şekil 3.3'te en temel üç doğrusalsızlık; Hard Limiter (Katı Sınırlayıcı), Threshold Logic (Eşik Mantığı) ve Sigmoid gösterilmektedir [30].

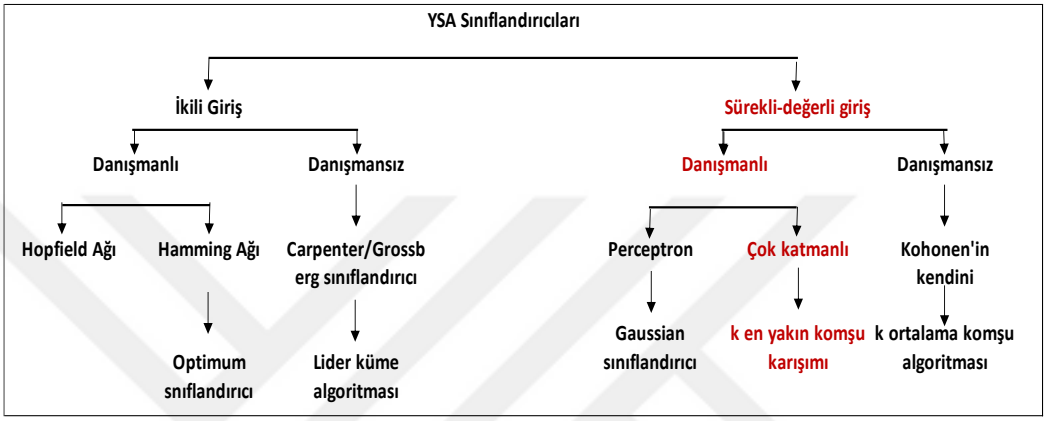


Şekil 3.3 : Temel doğrusalsızlıklar [12].

3.2 Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması

Yapay sinir ağları başlıca sınıflandırma, modelleme ve tahmin uygulamaları olmak üzere pek çok alanda kullanılmaktadır. Başarılı uygulamalar incelendiğinde, YSA'ların karmaşık, kesin olmayan, eksik, kusurlu, hata olasılığı yüksek verilerinin olması ve problemi çözmek için matematiksel modelin ve algoritmaların bulunmadığı,

sadece örneklerin var olduğu durumlarda yaygın olarak kullanıldıkları görülmektedir. Bu doğruluda birbirinden farklı öğrenme tipleri ve ağ yapılarına bağlı olarak, problemlere olan yaklaşımlar değişebilmektedir. YSA'ları öğrenme tipleri ve ağ yapılarına göre sınıflandırabiliriz. Şekil 3.4'te YSA sınıflandırma şeması detaylı olarak görülebilmektedir. Bu çalışma kapsamında kullanılacak olan yöntem ve öğrenme tipi adımları kırmızı ile işaretlenmiştir.



Şekil 3.4 : YSA sınıflandırma şeması [30].

3.2.1 YSA ağ yapıları

YSA temel olarak, basit yapıda ve yönlü bir graf biçimindedir. Her bir düğüm hücre denilen n. dereceden lineer olmayan bir devredir. Düğümler işlem elemanı olarak tanımlanır. Düğümler arasında bağlantılar vardır. Her bağlantı tek yönlü işaret iletim yolu (gecikmesiz) olarak görev yapar.

Tek yapay sinirlerin bir araya gelerek yapay sinir ağ oluşturmalarına topoloji denilmektedir. Yapay sinirlerin birbirine bağlanması için farklı kombinasyonlar mevcuttur. Farkı sayı ve farklı yollardan birbirine bağlanan yapay sinirler çeşitli topolojiler meydana getirirler. YSA'daki bilgi, ağdaki sinirlerin bağlantı ağırlıklarında tutulur. Bu nedenle ağırlıkların nasıl belirlendiği önemlidir. Tek bir nörondaki bilgi hiç bir şey ifade etmez. Tüm ağdaki ağırlıkların en uygun değerleri alması gerekir. Olası topolojiler 2 temel sınıfta toplanmaktadır. Bu iki sınıflandırma; "İleri Beslemeli (Asiklik Grafik) Topoloji" ve "Geri Beslemeli (Yarı-Asiklik Grafik) Topoloji" olarak adlandırılmıştır. İleri Beslemeli Topoloji 'de bilgi giriş katmanından çıkış katmanına doğru tek yönde ilerlemektedir. Geri Beslemeli Topoloji 'de bilgi sadece ileri yönlü değil buna ek olarak zıt yönde de eğitilebilmektedir [12].

3.2.1.1 İleri beslemeli ağlar

İleri beslemeli ağlarda nöronlar girişten çıkışa doğru düzenli katmanlar şeklindedir. Bir katmandan sadece kendinden sonraki katmanlara bağ bulunmaktadır ve tek yönlü akış vardır. Yapay sinir ağına gelen bilgiler giriş katmanına daha sonra sırasıyla ara katmanlardan ve çıkış katmanından işlenerek geçer ve daha sonra dış dünyaya çıkar.

Bilgi, giriş katmanın işlem görmezken orta ve çıkış katmanında doğrusal olmayan statik bir işlevi gerçekleştirir. İleri beslemeli 3 katmanlı YSA' nın, orta katmanında yeterli sayıda hücre olmak kaydıyla, herhangi bir sürekli fonksiyonu istenilen doğrulukta yaklaştırabileceği gösterilmiştir. Giriş ve çıkış katmanlarındaki nöron sayıları ele alınan problemin gereklerine göre belirlenir [34]. En basit ileri beslemeli YSA sadece lineer ayrıştırma problemlerini çözme kapasitesine sahip "Tek Katmanlı Perceptron"dur. Tek katmana sahip Perceptron'un, orta kısmına gizli katman dâhil olmasıyla lineer olmayan "Çok Katmanlı Perceptron (ÇKP)" meydana gelmektedir.

Tek katmanlı perceptron

Tek katmanlı yapay sinir ağları sadece girdi ve çıktı katmanlarından oluşur. En basit tek katmanlı sinir ağı modeli perceptron'dur.

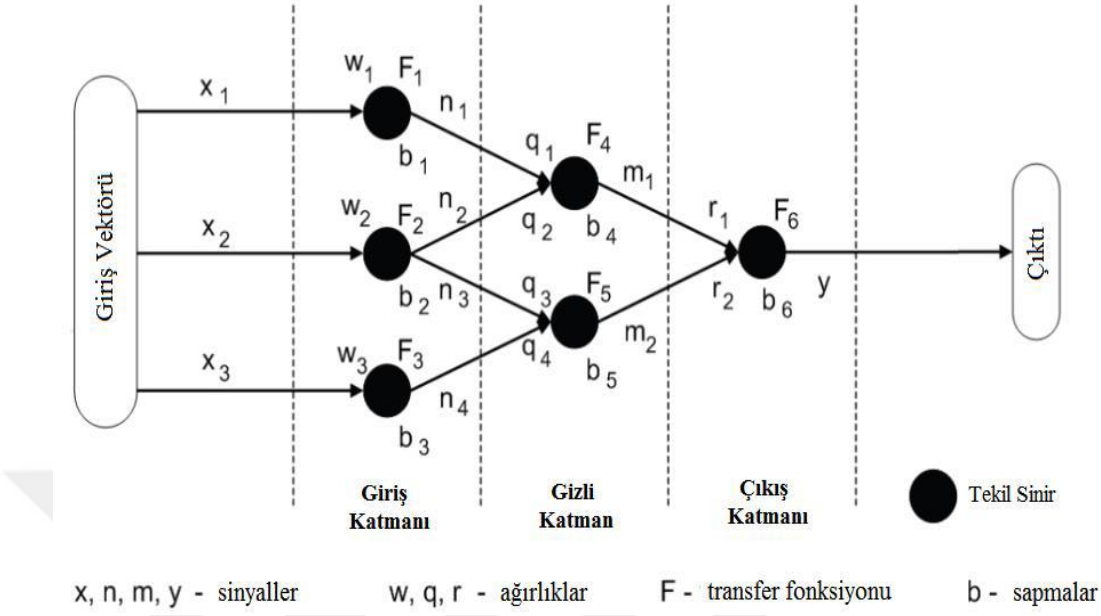
Perceptron modeli eğitilebilen tek bir yapay sinir hücresinden oluşur. Bu modelde ağırlıklandırılmış girdiler aktivasyon fonksiyonuna uygulanır. Perceptron'un amacı girdileri belli bir eşik değer yöntemini gözeterek A ve B gibi iki farklı gruba ayırabilmektir. Bu demektir ki n-boyutlu uzay şekildeki gibi bir doğru ya da düzlem ile iki bölgeye ayrılır.

Çok katmanlı perceptron

Çok katmanlı sinir ağları bir ya da daha fazla gizli katmanı olan ileri beslemeli sinir ağlarıdır. Genelde bu ağ bir girdi katmanı, en az bir gizli katman ve bir de çıkış katmanından oluşur.

Çok Katmanlı Algılayıcı (ÇKA), eğitim aşaması için verilerin girdilere göre üretilen çıktılardan oluşan bir modeldir. Bu modelin ağ yapısı 3 farklı katmandan oluşur. Girdi katmanı, gelen bilgilerin alınarak ara katmana direkt olarak iletildiği bölümdür. Bu bölümde veriye bir işlem uygulanmamaktadır. Ara katman bir ya da daha çok sayıda olabilmektedir. Girdi katmanından gelen veriler bu katmanda işlenir. Çıktı katmanında ise ara katmandan alınan işlenmiş bilgilere göre bir girdiye karşılık çıktı değerleri

saptanan bölümdür. Tüm katmanlar arasında süreç elemanları birbiriyle bağlantılıdır (Şekil 3.5) [35].



Şekil 3.5 : Çok katmanlı ileri beslemeli ağ yapısı.

Çok katmanlı perceptronlar, tek katmanlı perceptronlar için limit sayılabilecek birçok noktada problemleri çözüme kavuşturma yeteneğine sahiptirler. Çok katmanlı ağ öğretmenli öğrenme stratejisini kullanır. Ağa, hem örnekler hem de örneklerden elde edilmesi gereken çıktılar verilmektedir. Sistem, kendisine gösterilen örneklerden genellemeler yaparak problem uzayını temsil eden bir çözüm uzayı üretmektedir. Daha sonra gösterilen benzer örnekler için bu çözüm uzayı sonuçlar ve çözümler üretebilmektedir.

Çok katmanlı ağın öğrenme kuralı en küçük kareler yöntemine dayalı "Delta Öğrenme Kuralı"nın genelleştirilmiş halidir. Bu yüzden "Genelleştirilmiş Delta Kuralı" olarak da isimlendirilmektedir. Ağın öğrenebilmesi için eğitim seti adı verilen ve örneklerden oluşan bir sete ihtiyaç vardır. Bu set içinde her örnek için ağın hem girdiler hem de o girdiler için ağın üretmesi gereken çıktılar belirlenmiştir.

Ancak bu kabiliyetlerinin işlerliği, uygulamalarda eğitim sürecinin verimsizliği sebebiyle düşük seviyede seyretmiştir. Rumelhart (1986) tarafından "Geriye yayılma algoritması" bulunmuştur. Bu algoritma ile çıktılar arasındaki hatayı ağırlıklandırmakla kalmayıp önceki katmanlarda da gerçekleşen bu hataları ağırlıklandırarak yeniden düzenlemelerle ağa katkıda bulunur [36].

Genelleştirilmiş Delta Kuralı iki aşamadan oluşur. Birincisi ileri doğru hesaplama(Feed Forward) ve ikincisi geri doğru hesaplama (Back Propogation) kurallarıdır.

İleri doğru hesaplama (Feed Forward)

Girdi katmanındaki k. proses elemanının çıktısı Gk, çıktı katmanındaki k. Proses elemanına katsayı ile eşitlenerek bulunur.

Ara katmandaki her proses elemanı girdi katmanındaki bütün proses elemanlarından gelen bilgileri bağlantı ağırlıklarının (A1,A2,....) etkisi ile alır. Önce ara katmandaki süreç elemanlarına gelen net girdi (NETj a) Denklem 3.3 formül kullanılarak hesaplanır.

$$NETj^{a} = \sum_{k=1}^{n} \text{Akj. Çk}^{i} \tag{3.3}$$

Burada Akj k. girdi elemanını j. ara katman elemanına bağlayan bağlantının ağırlık değerini göstermektedir. J. ara katman elemanının çıktısı ise bu net girdinin aktivasyon fonksiyonundan geçirilmesiyle hesaplanır [33].

Ara katmanın bütün süreç elemanları ve çıktı katmanının süreç elemanlarının çıktıları aynı şekilde kendilerine gelen NET girdinin hesaplanması ve sigmoid fonksiyonundan geçirilmesi sonucu belirlenirler. Çıktı katmanından çıkan değerler Denklem 3.4'ten bulununca ağın ileri doğru hesaplama işlemi tamamlanmış olur [33].

$$\text{Çj}^{a} = \frac{1}{1+e^{-(\text{NET}j^{a}+\beta j^{a})}} \tag{3.4}$$

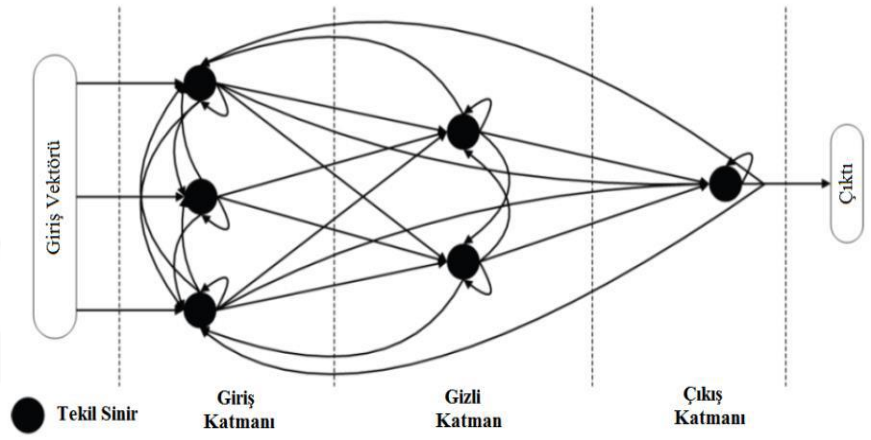
Ağa sunulan girdi için ağın ürettiği çıktı ağın beklenen çıktıları ile karşılaştırılır. Bunların arasındaki fark hata olarak kabul edilir. Amaç bu hatanın düşürülmesidir. Bu hata, ağın ağırlık değerlerine dağıtılarak bir sonraki iterasyonda hatanın azaltılması sağlanır. Çıktı katmanındaki m. proses elemanı için oluşan hata Em Denklem 3.5'teki işlem ile belirlenir.

$$\text{Em= Bm- Çm} \tag{3.5}$$

Geri doğru hesaplama (Back Propogation)

İleri beslemeli ve geri beslemeli YSA'lar arasında gruplandırma ileri beslemeli YSA'lar statik yapıya sahipken geri beslemeli YSA'lar dinamik bir yapıya sahiptirler. İleri beslemeli YSA'lar girdilerin bir sonraki katmana aktarılması sonucu ilerleyen

girdiye karşılık gelen tek bir çıktının olduğu sonuç üretirler. Ayrıca belli bir belleğe sahip değillerdir. Geri beslemeli YSA'lar dinamik sistemlerdir. Yeni bir girdi, yapıya sokulduğunda çıktılar ağ içerisinde tekrar hesaplanmaktadır. Bunun ana sebebi geri besleme kavramıdır. Her bir sinire sokulan girdi ileri katmana ilerlerken geriye dönerek tekrar hesaplanır ve yeniden düzenlenir. Böylece ağa yeni bir sonuç verir. Şekil 3.6'da geri beslemeli YSA ağ yapısı daha net bir şekilde görülmektedir.



Şekil 3.6 : Geri beslemeli yapay sinir ağ.

Şekilde de görüldüğü gibi geri beslemeli ağ yapısında veri sadece ileri değil geriye de dönerek iletilmektedir. Böylece ağ içinde dinamik bir yapı oluşmaktadır. Geri dönüp tekrar eğitilen veri sonraki hücreye iletilerek art arda gelen girdilere sonuç üretmektedirler. Geri beslemeli ağlar her bir temel yapay sinirin diğer sinirleriler ile herhangi bir yönde bağlantı kurduğu tam geri beslemeli ağlardır.

3.2.3 YSA öğrenme tipleri

Öğrenme, davranışların gözlemler ve eğitimler sonucu değişmesi olarak açıklanabilmektedir. Bazı metotlar ve kurallar sayesinde ağdaki ağırlıklar eğitimle değiştirilebilir. Buna bağlı olarak; danışmanlı öğrenme, danışmansız öğrenme ve takviyeli öğrenme olmak üzere üç temel öğrenme paradigması vardır. Çözülmek istenen problemin yapısına göre farklı öğrenme şekli seçilmektedir. Ağlardaki öğrenme yöntemleri birbirinden farklı dahi olsa hepsinin ortak özelliği girdi olarak verilen veriye yönelik olarak uygun ve en doğru çıktıları sunmak için kuralları öğrenme amaçlarıdır. Bu amaç doğrultusunda danışmanlı, danışmansız ve takviyeli öğrenme yöntemleri kullanılarak veriye ait eğitimin tamamlanarak en uygun çıktı oluşturulmaktadır.

3.2.3.1 Danışmanlı öğrenme

Danışmanlı öğrenmede öğrenme kuralı eğitim veri grubu ile sağlanmaktadır. Bu veri grubunda, parametreler üzerinde {xn,dn} xn girdi veri grubu ve dn beklenen doğru çıktı veri grubu olarak düşünülebilir. Bu tip öğrenmede, YSA'ya örnek olarak bir doğru çıkış verilir. Ağın ürettiği çıktılar ile hedef çıktılar arasındaki fark hata olarak ele alınır ve bu hata minimize edilmeye çalışılır. Bunun için de bağlantıların ağırlıkları en uygun çıkışı verecek şekilde değiştirilir. Bu şekilde beklenen doğru veri grubuna olabildiğince yaklaşılmaya çalışılır.

Danışmanlı öğrenme ile problem çözümüne gidilebilmesi için bazı adımların göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Öncelikle ilk adımda, eğitim örneklemleri belirlenmelidir. İkinci adımda, problemi tanımlayan eğitim veri setlerinin bir araya getirilmesi gerçekleştirilir. Üçüncü adımda, bir araya getirilmiş eğitim verileri, seçilen YSA'da anlamlı olacak bir şekilde tanımlanır. Dördüncü adımda, öğrenme işlemi gerçekleştirilir ve öğrenme gerçekleştikten sonra beklenen doğru veri grubu ile performans test edilir. Bahsi geçen bu test veri grubu öğrenme aşamasında YSA'ya tanıtılmamaktadır [12]. Widrow-Hoff tarafından geliştirilen delta kuralı ve Rumelhart ve McClelland tarafından geliştirilen genelleştirilmiş delta kuralı veya geri besleme (back propagation) algoritması danışmanlı öğrenme algoritmalarına örnek olarak verilebilir [32].

3.2.3.2 Danışmansız öğrenme

Danışmansız öğrenme tipinde ağın öğrenmesi ve sapmalar üzerindeki ayarlamalar sadece ağa girdi olarak sokulan örnek veriler ile sağlanır. Herhangi bir beklenen çıktı bilgisi verilmez. Girişte verilen bilgilere göre ağ her bir örneği kendi arasında sınıflandıracak şekilde kendi kurallarını oluşturur. Ağ bağlantı ağırlıklarını aynı özellikte olan dokuları ayırabilecek şekilde düzenleyerek öğrenme işlemini tamamlar [36]. Bu noktada etiketsiz örneklemler içermesiyle danışmanlı ve takviyeli öğrenme tiplerinden ayrılmaktadır. Bu tip öğrenme daha çok düzenleme ve değerlendirme problemleri olan; istatistik model, karşılaştırma, filtreleme ve kümeleme gibi işlerde kullanılmaktadır. Danışmansız öğrenme problemlerinde verinin nasıl düzenleneceği tanımlanmaya çalışılır. Genel anlamıyla, birbirine yakın özelliklere sahip verinin kategorize edilmeye çalışıldığı kümeleme özelliği esastır [12]. Grossberg tarafından geliştirilen ART (Adaptive Resonance Theory) veya Kohonen tarafından geliştirilen

SOM (Self Organizing Map) öğrenme kuralı danışmansız öğrenmeye örnek olarak verilebilir [32].

3.2.3.3 Takviyeli öğrenme

Takviyeli öğrenmede, genellikle her hangi bir veri grubu olmadan, ortam içerisindeki etkileşim ile veri üretilerek öğrenme gerçekleştirilir. Ağ bu bilgilere göre kendini yeniden düzenler. Bu sayede ağ herhangi bir girdi dizisiyle hem öğrenerek hem de sonuç çıkararak işlemeye devam eder [38].

Ortam içerisinde elde edilen sonucun başarılı olup olmadığına göre bir dönüş fonksiyonu düşündüğümüzde, bu fonksiyon her bir iterasyon sonucunda başarısını çeşitli algoritmalar aracılığı ile test ederek öğrenir. İlk adımda toy ve mantıksız olan hareket, ilerleyen adımlarda tüm olası prensipleri zorlayarak en çok geri dönüşü aldığı fonksiyonu seçer [12]. Optimizasyon problemlerini çözmek için Hinton ve Sejnowski'nin geliştirdiği Boltzmann kuralı veya GA takviyeli öğrenmeye örnek olarak verilebilirler [32].

4. ELEKTRİK TÜKETİM TAHMİNİ

Elektrik enerjisi, sanayinin temel ihtiyacı olması nedeniyle ülkelerin gelişmişlik seviyelerini yansıtan en önemli göstergedir. Çağımızda hayatımızın her alanında kullanılan elektrik enerjisi tüketimi, artan nüfus ve gelişen teknoloji ile birlikte artmaya devam edilmektedir. Enerji tüketimi, tüm Dünya ülkelerindeki gibi Türkiye'de 30 yılda hızla artırmıştır. Elektrik üretildiği anda tüketilmesi gereken bir enerji olduğundan arz-talep dengesinin sistem tarafından gerçek zamanlı olarak korunması gerekmektedir. Elektrik enerjisinin kaliteli ve sürekli akışı sistem frekansına bağlıdır. Frekans da arz-talep dengesi sonucunda belirlenmektedir.

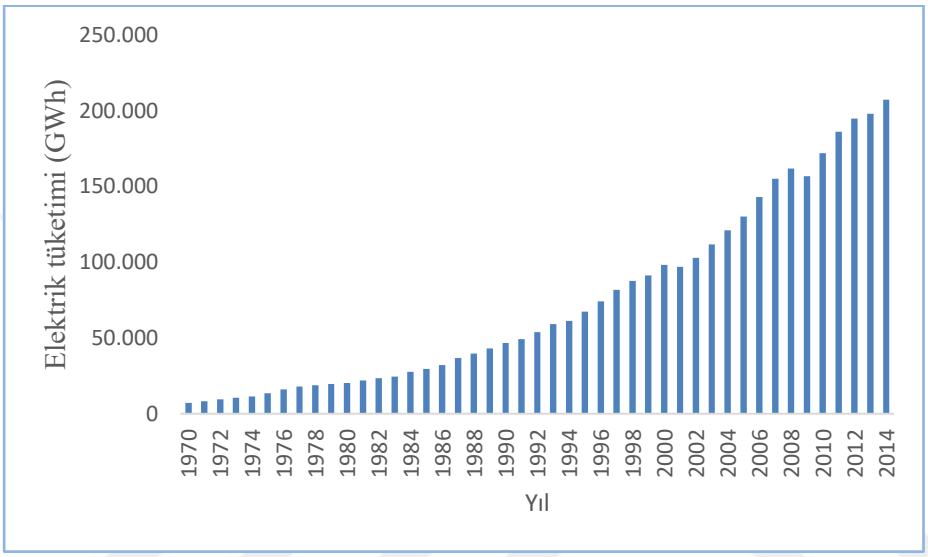
Elektrik enerjisi sistemi planlamasında iki önemli unsur vardır. Birincisi, maksimum tüketimi karşılayacak üretim, iletim ve dağıtım kapasitesinin bulundurulmasıdır. İkincisi ise sistemde meydana gelebilecek herhangi bir arızada, elektrik arzının devamlılığının sağlanabilmesi için yeterli üretim yedek kapasitesi, iletim ve dağıtım yedeği bulundurulmasıdır. Bu ise ancak doğru yük tahmininin yapılmasıyla mümkündür [39].

Elektrik enerjisi talebi ve elektrik enerjisi tüketiminin tahmini konusunda ilk çalışmalar ülkemizde 1960'larda başlamıştır. Bu tarihten itibaren Devlet Planlama Teşkilatı elektrik enerjisi tahmini için basit regresyon tekniklerinin kullanmaya başlamıştır. Benzer çalışmalar, sonradan Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından devam ettirilmiştir. Enerji sektörünü ekonomiden ayrı bir şekilde tek başına ve detaylı olarak ele alan enerji modelleri; teknoloji planlaması, yatırım planlamasının gerçekleştirilmesi ve talep tahminlerinin üretilmesine ek olarak enerji sektörüne özgü parametrelerin analiz edilmesine de imkân vermiştir [22].

4.1 Türkiye Elektrik Tüketim Profilleri

Enerji talebi gelişmekte olan ülkelerde daha hızlı artmaktadır. Büyüyen ekonomisi ve artan nüfusu ile Türkiye bu ülkelere örnektir. 2012 yılında 3.199 kWh'lik kişi başına düşen elektrik enerjisi tüketimiyle Türkiye, dünya ortalamasının (2.782 kWh) biraz üstünde, OECD ülkelerinin ortalamasının (8.486 kWh) ise oldukça altında bir elektrik

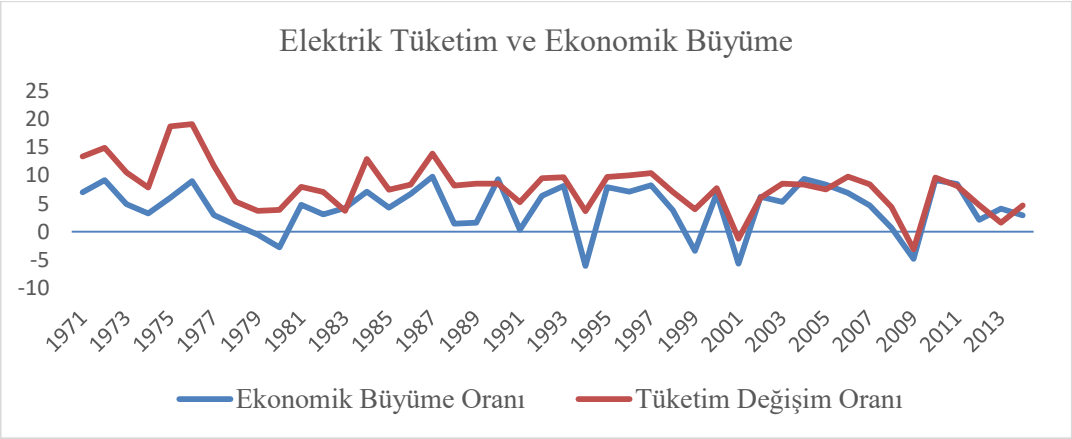
tüketimine sahiptir [39]. Enerji talebi Türkiye'de yılda yaklaşık olarak ortalama %7 oranında büyümektedir. Bu oran Dünya ülkeleri ile kıyaslandığında yüksek bir orandır. Bu nedenle enerji kaynakları ve enerji politikaları üzerinde büyük ilgi görmüştür [41]. Bu artan trendin gelecek yıllarda da devam edeceği düşünülmektedir. Şekil 4.1'de TÜİK verilerine göre Türkiye'deki elektrik tüketiminin yıllara göre dağılımı gösterilmektedir. Grafikte görüldüğü gibi 2009 yılındaki istisnai düşüş haricinde, elektrik tüketimi son 15 yılda hızla artmıştır.



Şekil 4.1: Yılık bazda Türkiye toplam elektrik tüketimi [23].

Ülkedeki enerji tüketimi, ekonomideki büyüme ile paralel ilerlemektedir. Ekonomi geliştikçe tüketilen enerji miktarı da artmaktadır. Son yıllarda Türkiye'de elektrik talebi arzdan daha hızlı büyümesinden dolayı Türkiye elektrik ithal etmeye başlamıştır. Elektrik yetersizliğinin temel nedenleri özel sektör yatırımlarının eksikliği, elektrik santralleri kurmak için uzun yatırım dönemlerine gerek olması, elektrik üretim kapasitesinde iyileştirme ve genişleme için devlet bütçesinin yetersizliği ve doğal gaz santralleri için doğal gaz temininde problemlerdir [40]. Uzun ve kısa dönemde elektrik talebinin öngörülebilmesi ile ileriye dönük yatırımlar daha doğru planlanarak yeterli enerjinin üretilebilmesi sağlanabilir.

Şekil 4.2'de Türkiye'nin 1971-2014 yılları arasındaki ekonomik büyüme oranı ve yıllık elektrik tüketim artış oranları kıyaslanmıştır. Grafikte de görüldüğü gibi ekonomin büyümesi ve elektrik tüketimi arasındaki ilişkisi oldukça yüksektir. Ekonomik gelişmenin arttığı yıllarda elektrik tüketiminde artışlar meydana gelirken, büyüme oranı azaldığında tüketim de negatif yönde ilerlemiştir [23].



Şekil 4.2: 1971-2014 Yılları arası Türkiye ekonomik büyüme ve elektrik tüketimi atış oranı [41].

Türkiye'de toplam elektrik tüketimi incelendiğinde, bölüm başında da bahsedildiği gibi son yıllarda tüketimin hızla arttığı görülmektedir. Fakat 2009 yılında ise tüketim önceki yıla oranla %3.12 azalma yaşamıştır. Çizelge 4.1'e bakıldığında tüketimdeki bu düşüşün en büyük nedenin ekonomideki daralmadan kaynaklı olduğu söylenebilmektedir. 2009 yılında ekonomi %4.8 oranın da küçülürken, tüketim de bunun etkisi ile azalma yaşamıştır. Ardındaki yıllarda ile elektrik tüketimi ortalama %5.5 oranında artarken, ekonomi de ortalama %5.3 oranında büyümüştür.

Çizelge 4.1 : Türkiye'nin 1971-2014 yılları arasındaki ekonomik büyüme oranı ve tüketimdeki değişim oranını [41].

Yıl	Ekonomik Büyüme Oranı(%)	Tüketim Değişim Oranı(%)
2004	9,4	8,39
2005	8,4	7,53
2006	6,9	9,83
2007	4,7	8,43
2008	0,7	4,39
2009	-4,8	-3,12
2010	9,2	9,66
2011	8,5	8,17
2012	2,1	4,74
2013	4,1	1,60
2014	2,9	4,71

Türkiye, üyesi olduğu İktisadi İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı (OECD) ülkeleri içinde son on yıllık süre göz önüne alındığında enerji talep artışının en hızlı gerçekleştiği ülke durumuna gelmiştir [42]. Yılda %10 seviyelerine kadar çıkan elektrik talebi artışını karşılayabilmek için yeni yatırımlara ihtiyaç duyulmaktadır. Elektrik üretimi bu artışı

yakalayamadığında ülke elektrik kesintileri ile karşı karşıya kalmaktadır. Ülke çapında bu kesintilerin yaşanmaması için ertesi gün gerçekleşecek elektrik talebinin çok iyi tahmin edilebilmesi ve üretici kuruluşların bu yönde önlemler alarak gerekli enerjiyi sağlamaları gerekmektedir.

Çizelge 4.2'de EPDK'nın Ocak 2016 ayına ait elektrik piyasası sektör raporundaki illere göre elektrik tüketim miktar ve oranları gösterilmektedir. Nüfusun ve sanayinin yoğun olduğu iller elektrik tüketiminin maksimum olduğu illerdir. İllerin gelişmişlik seviyesi tüketilen elektrik miktarı ile orantılıdır.

Çizelge 4.2 : İllerin tüketim miktarı ve toplam Türkiye tüketimine oranları [43].

İl	Tüketim(MWh)	Oran(%)
İSTANBUL	3404730	18,99%
İZMİR	1287213	7,18%
ANKARA	1125999	6,28%
BURSA	847982,6	4,73%
ANTALYA	717174,3	4,00%
KOCAELİ	700074,9	3,90%
TEKİRDAĞ	518174,3	2,89%
ADANA	499479,9	2,79%
GAZİANTEP	432819,8	2,41%
MERSİN	396971,6	2,21%
KONYA	383836,7	2,14%
ÇANAKKALE	331652,9	1,85%
MANİSA	329723,8	1,84%
OSMANİYE	324549,1	1,81%
BALIKESİR	324409,6	1,81%
KAHRAMANMARAŞ	323663,3	1,81%
HATAY	285938,7	1,59%
SAKARYA	285226,9	1,59%
DENİZLİ	269982,3	1,51%
MUĞLA	253533,9	1,41%
ESKİŞEHİR	252034,1	1,41%
KAYSERİ	249115,4	1,39%
SAMSUN	238935,5	1,33%
ŞANLIURFA	226154,5	1,26%
AYDIN	205281	1,15%
KIRKLARELİ	171415,8	0,96%

Çizelge 4.2 (devam) : İllerin tüketim miktarı ve toplam Türkiye tüketimine oranları [43].

İl	Tüketim(MWh)	Oran(%)
AFYONKARAHİSAR	150784,6	0,84%
DİYARBAKIR	139477,9	0,78%
BİLECİK	137256,6	0,77%
SİVAS	132903,9	0,74%
KÜTAHYA	129933,4	0,73%
ISPARTA	127508,7	0,71%
UŞAK	122472,5	0,68%
MALATYA	119892,9	0,67%
ZONGULDAK	117071,6	0,65%
TRABZON	116698,7	0,65%
TOKAT	116354,3	0,65%
ELAZIĞ	101254,7	0,57%
EDİRNE	99104,76	0,55%
ORDU	97288,35	0,54%
BURDUR	92539,62	0,52%
ERZURUM	88493,78	0,49%
BOLU	87708,82	0,49%
YOZGAT	87172,87	0,49%
ADIYAMAN	84559,98	0,47%
VAN	77735,79	0,43%
DÜZCE	76305,86	0,43%
NİĞDE	76191	0,43%
MARDİN	68821,76	0,38%
YALOVA	62556,24	0,35%
ÇORUM	61535,42	0,34%
AKSARAY	56285,43	0,31%
KASTAMONU	54057,13	0,30%
NEVŞEHİR	50630,14	0,28%
GİRESUN	50297,89	0,28%
KIRIKKALE	48679,26	0,27%
RİZE	48327,01	0,27%
AMASYA	46625,69	0,26%
KARABÜK	45224,22	0,25%
BATMAN	45058,55	0,25%
KARAMAN	43527,38	0,24%
KIRŞEHİR	39717,46	0,22%

Çizelge 4.2 (devam) : İllerin tüketim miktarı ve toplam Türkiye tüketimine oranları [43].

İl	Tüketim(MWh)	Oran(%)
ARTVİN	31818,1	0,18%
MUŞ	31801,72	0,18%
KARS	30551,6	0,17%
ÇANKIRI	28809,66	0,16%
GÜMÜŞHANE	28337,15	0,16%
ERZİNCAN	27764,68	0,16%
AĞRI	27624,75	0,15%
SİİRT	26826,11	0,15%
KİLİS	24047,43	0,13%
SİNOP	23837,74	0,13%
ŞIRNAK	23475,22	0,13%
BİTLİS	23302,33	0,13%
BİNGÖL	19129,35	0,11%
IĞDIR	18698,53	0,10%
HAKKÂRİ	16102,03	0,09%
ARDAHAN	11419,75	0,06%
TUNCELİ	10110,77	0,06%
BAYBURT	9265,82	0,05%
TOPLAM	17.933.430	100

Çizelge 4.3'de Türkiye'nin 21 dağıtım bölgesi ve tüketimleri değerleri görülmektedir. İstanbul'un Anadolu ve Avrupa yakası ayrı dağıtım şirketlerine aittir. İstanbul Avrupa yakasının bağlı olduğu Boğaziçi Elektrik Dağıtım şirketi toplam elektrik tüketiminin %12,9'unun kapsayan en yüksek tüketime sahip şirkettir. Van Gölü elektrik dağıtım şirketi ise toplam tüketiminin %0.83 'ünü oluşturarak en düşük tüketim payına sahip şirkettir.

Çizelge 4.3 : İllerin tüketim miktarı ve toplam Türkiye tüketimine oranları [43].

Elektrik Dağıtım Şirketleri	Tüketim Miktarı(MWh)	Oran(%)
BOĞAZİÇİ	2.312.476,46	12,89
TOROSLAR	1.963.806,56	10,95
GEDİZ	1.616.936,54	9,02
ULUDAĞ	1.566.601,30	8,74
BAŞKENT	1.454.221,19	8,11
SAKARYA	1.149.316,49	6,41

Çizelge 4.3 (devam) : İllerin tüketim miktarı ve toplam Türkiye tüketimine oranları [43].

Elektrik Dağıtım Şirketleri	Tüketim Miktarı(MWh)	Oran(%)
İSTANBUL Anadolu Yakası	1.092.253,84	6,09
AKDENİZ	937.222,66	5,23
OSMANGAZİ	792.481,18	4,42
TRAKYA	788.694,88	4,4
ADM	728.797,17	4,06
MERAM	650.188,06	3,63
DİCLE	529.814,04	2,95
YEŞİLIRMAK	468.222,69	2,61
AKEDAŞ	408.223,29	2,28
ÇAMLIBEL	336.149,72	1,87
ÇORUH	275.478,80	1,54
FIRAT	250.387,71	1,4
KAYSERİ ve Civarı	249.396,71	1,39
ARAS	213.818,91	1,19
VANGÖLÜ	148.941,88	0,83

Şekil 4.3'te tüketici türü bazında elektrik tüketiminin toplam tüketime oranları gösterilmektedir. 2015 yılı verileri ile hazırlanan grafiğe göre Türkiye toplam elektrik tüketiminde en büyük pay %37,46 ile sanayi grubuna aittir. Ardından %29,69 ve %29,46'lık oranları ile sırayla Mesken ve Ticarethane grupları gelmektedir. Mesken ve ticarethane grupları tüketim oranları birbirine yakındır. %2.55 oranı ile aydınlatma grubu tüketimde dördüncü sırada yer almaktadır. En küçük tüketim payına sahip grup ise %0.84 oranı ile tarımsal sulamadır.



Şekil 4:3: Tüketici türü bazında elektrik tüketim oranları-2015 [44].

4.2 Türkiye Elektrik Tüketim Tahmini Uygulaması

Elektrik tüketimine uzun vadede ve kısa vadede etki eden değişkenler birbirinden farklıdır. Uzun döneme bakıldığında ülkenin toplam elektrik tüketimi ekonomik büyüme, nüfus (göç, etkin çalışan nüfus, vb.), enerji fiyatları, ekonomik gelişmeler (İthalat, İhracat) ve enerji politikalarından etkilenmektedir. Kısa döneme bakıldığında ise elektrik tüketimini etkileyen değişenler daha çok tüketici davranışlarıdır. Haftanın gün tipi (hafta içi yada hafta sonu olması), tatil günleri ve hava sıcaklığı kısa dönem elektrik tüketimde en büyük rolü oynayan değişkenlerdir.

Çalışmanın başındaki literatür araştırmasında da görüldüğü gibi kısa dönemli elektrik tüketiminin iklim koşulları ve hava şartları ile ilişkisi yüksektir. Tez çalışması kapsamında veri ulaşılabilirliği ve veri kalitesi de göz önünde bulundurulduğunda illere ait sıcaklık verileri ve geçmiş talep verileri kullanılarak, kısa dönemli Türkiye elektrik tüketim tahmini gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın amacı, sıcaklık ortalamasının en yüksek ve en düşük olduğu dönemlerdeki elektrik tüketimini gerçekleşmiş değerlerine olabildiğince yakın şekilde tahmin edilebilmesini sağlayan YSA matematik modellerin kurgulanabilmesi olarak belirlenmiştir.

4.2.1 Elektrik tüketim tahmini veri grupları

Türkiye tüketim tahmini çalışmasında, TEİAŞ tarafından resmi olarak açıklanmış, Ocak 2012 ve Kasım 2016 tarihleri arasındaki saatlik elektrik tüketim değerleri ve MGM' den alınan aynı döneme ait il bazında saatlik sıcaklık verileri kullanılmıştır. Veriler göz önünde bulundurularak iki farklı dönem seçimi yapılmış ve bu dönemler için talep tahminin gerçekleştirilmiştir.

- Kış Dönemi:
    - ✓ Tahmin eğitim veri seti: 01.01.2012- 31.12.2015
    - ✓ Tahmin test veri seti: 01.01.2016-31.01.2016
- Yaz Dönemi:
    - ✓ Tahmin eğitim veri seti: 01.01.2012- 31.07.2016
    - ✓ Tahmin test veri seti: 01.08.2016- 31.08.2016

Bu dönemlere ait saatlik tüketim verileri kullanılmıştır. Sıcaklık verisi için de "Türkiye elektrik tüketim profilleri" bölümde de belirtilen ve elektrik tüketiminde en çok paya sahip 12 ilin sıcaklık verilerinin ağırlıklandırılmış ortalaması kullanılmıştır. Sıcaklık verisi kullanılan iller Çizelge 4.2'deki ilk 12 ildir.

Tahmin yapılacak dönemler seçilirken aylık sıcaklık ortalamalarına göre maksimum ve minimum sıcaklık değerine sahip olan Ağustos ve Ocak ayları seçilmiştir. Bu dönemlerin seçilmesinin temel nedeni, geçiş aylarında sıcaklıkların konfor sıcaklığı aralığına yakın olmasıdır. Isınma ihtiyacının ya da soğuma ihtiyacının artması elektrikte tüketimi arttırmaktadır. Sıcaklığın etkisini daha belirgin görebilmek adına en sıcak ve en soğuk aylar örnek olarak seçilmiştir. Modelde kullanılan sıcaklık veri seti (Ocak 2012- Kasım 2016) temel alınarak oluşturulan aylık sıcaklık ortalamaları Çizelge 4.4 te gösterilmektedir. Ocak-Kasım ayları için 5 yıllık veri kullanılırken, Aralık ayı 4 yıllık verinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Ocak ayı 5.4°C ile en soğuk ay, Ağustos ayı 24.54°C ile en sıcak ay olmuştur.

Çizelge 4.4 : Ocak 2012- Kasım 2016 dönemi aylık Türkiye sıcaklık ortalamaları.

Ay	Ortalama Sıcaklık (°C)
OCAK	5,40
ŞUBAT	6,84
MART	9,07
NİSAN	13,17
MAYIS	17,28
HAZİRAN	21,49
TEMMUZ	24,32
AĞUSTOS	24,54
EYLÜL	20,81
EKİM	15,66
KASIM	11,76
ARALIK	6,82

Eğitim veri setindeki veriler YSA'nın öğrenme işlemi için kullandığı verilerdir. Test verileri de tahmin oluşturulan ve gerçek değerleri ile kıyaslanarak modelin performansının ölçüldüğü verilerdir. Model performansı günlük ve saatlik Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE) değerleri hesaplanarak incelenmiştir. Modelin eğitilme işlemi tamamlandıktan sonra alınan tahminler ve gerçek değerlerin MAPE değeri hesaplanarak performans kontrolü yapılmıştır.

Hazırlanan YSA modelinde farklı veri dönemleri içeren gruplar oluşturularak girdi seti hazırlanmıştır. Bu veriler:

- Y1: Bir yıl öncesinin aynı saat için tüketim değeri
- TY1: Bir yıl öncesinin aynı saat için sıcaklık değeri
- H1: Bir hafta öncesinin aynı saat için tüketim değeri
- TH1: Bir hafta öncesinin aynı saat için sıcaklık değeri
- G1: Bir gün öncesinin aynı saat için tüketim değeri
- TG1: Bir gün öncesinin aynı saat için sıcaklık değeri
- G2: İki gün öncesinin aynı saat için tüketim değeri
- TG2: İki gün öncesinin aynı saat için sıcaklık değeri
- 2012, 2013, 2014, 2015 ve 2016 yıllarına ait resmi tatil günleri (Tatil)
- Haftanın günleri (HG): Pazartesi, Salı, Çarşamba, Perşembe, Cuma, Cumartesi, Pazar
- Saat (Sa): [1:24] saat dilimi

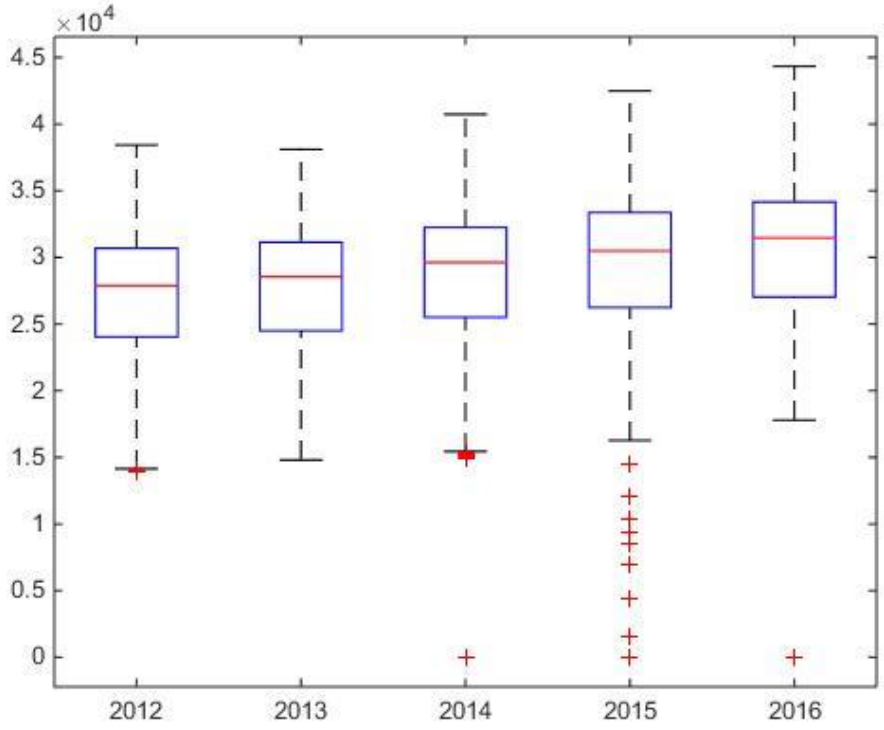
Yukarıdaki gruplamalara göre hazırlanan veri seti modelde girdi olarak kullanılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen tahminler (F tahmin) gerçekleşen (F tüketim) tüketim değerleri ile kıyaslanarak MAPE değerleri hesaplanmıştır.

4.3 Verilerin Çözümlenmesi

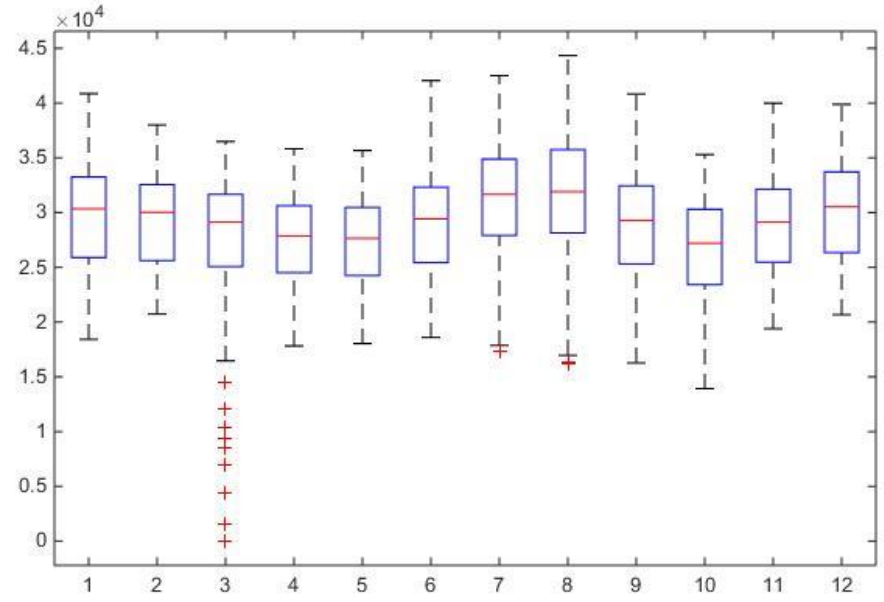
Verilerin çözümlenmesi; araştırmanın ve ilgili hipotezlerin amaçları doğrultusunda kullanılacak veri setlerinin temel özelliklerini belirleme ve ayırt etme işlemidir. Rakamların ifade ettiği olgular, grafikler, şekiller ile ifade edildiğinde daha kolay ve rahat anlaşılabilmektedir. Model çalışmasın kullanılacak tüketim ve sıcaklık verileri değerlendirmeden geçirilmiştir. Seriyi bozan aykırı değerler temizlenerek temel veri seti oluşturulmuştur.

4.3.1 Elektrik tüketim verisi

01.01.2012- 31.01.2016 tarihlerine ait Türkiye toplam tüketim verileri incelendiğinde aykırı değerlerin olduğu belirleniştir. Şekil 4,4'te saatlik tüketim verilerinin yıllık kutu grafiği(box plot) ve Şekil 4,5'te aylık kutu grafiği (box plot) gösterilmiştir.



Şekil 4.4: Tüketim verisi yıllık kutu grafiği.



Şekil 4.5:Tüketim verisi aylık kutu grafiği.

Şekil 4.4'teki yıllık kutu grafiğinde 2014, 2015 ve 2016 yıllarında aykırı değerlerin olduğu görünmektedir. 2016 ve 2016 yılında birer tane, 2015 yılında ise daha çok ayıda aykırı değer olduğu belirlenmiştir. Grafikten aynı zamanda yıllara göre tüketim verisindeki artışı görmek de mümkündür. Verinin maksimin ve minimum değerleri yıl

geçtikçe daha büyük değerler almıştır. Şekil 4.5'teki aylık kutu grafiklerine bakıldığında aykırı değerlerin büyük bölümünün Mart (3.ay) ayında oldu görülmektedir. Haziran ve Temmuz aylarında da aykırı değerler olduğu fark edilmiştir. Tüketim verisi incelendiğinde Haziran ve Temmuz (6. ve 7. Aylar) aylarındaki aykırı değerlerin bayram dönemlerindeki düşük elektrik tüketimi olduğu saptanmıştır. Minimum tüketim değerine çok yakın olduğu ve hatalı bir değer olmadığı için o verilerde düzeltme işlemi yapılmamıştır. Mart ayları incelendiğinde ise aykırı değerlerin saatlerin yaz saati uygulamasına geçişlerde olduğu belirlenmiştir. 31 Mart 2014, 29 Mart 2015, 27 Mart 2016 günleri saat 03.00'de yaz saatine geçiş nedeniyle o saatin tüketimi 0 olarak verilmiştir. Saatlik profili bozmaması için 3 yılda da o günler bir önceki 02.00 ve bir sonraki 04.00 saatlerinin değerlerinin ortalaması alınarak 03.00 saati doldurulmuştur. Böylece saatlik profilde herhangi bir kayma olmamıştır. Mart 2015'te görülen diğer aykırı değerlerin ise 31 Mart 2015 Salı günü tüm Türkiye'de yaşanan elektrik kesintisi nedeniyle olduğu belirlenmiştir. Bu verilerin temizlenmesi için 2015 yılı Mart ayının Salı günlerinin tüketim profilleri kullanılmıştır.

31 Mart 2015 Salı günü aykırı değerlerin düzeltilmesi için kullanılan işlem basamakları:

- 2015 yılı Mart ayındaki Salı günü saatlik verileri (31 Mart günü hariç) belirlenmiştir.
- Belirlenen verilerin her saat için (00.00'dan 23.00'a kadar) aritmetik ortalaması hesaplanmıştır (Denklem 4.1).

$$\bar{X} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} Xi \tag{4.1}$$

- Belirlenen verilerin her saat için (00.00'dan 23.00'a kadar) standart sapması hesaplanmıştır (Denklem 4.2).

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(X-\bar{X})^2}{N-1}} \tag{4.2}$$

- Denklem 4.3'e göre her saat için veri oluşturulmuştur.

$$Veri = \bar{X} + 2 * \sigma \tag{4.3}$$

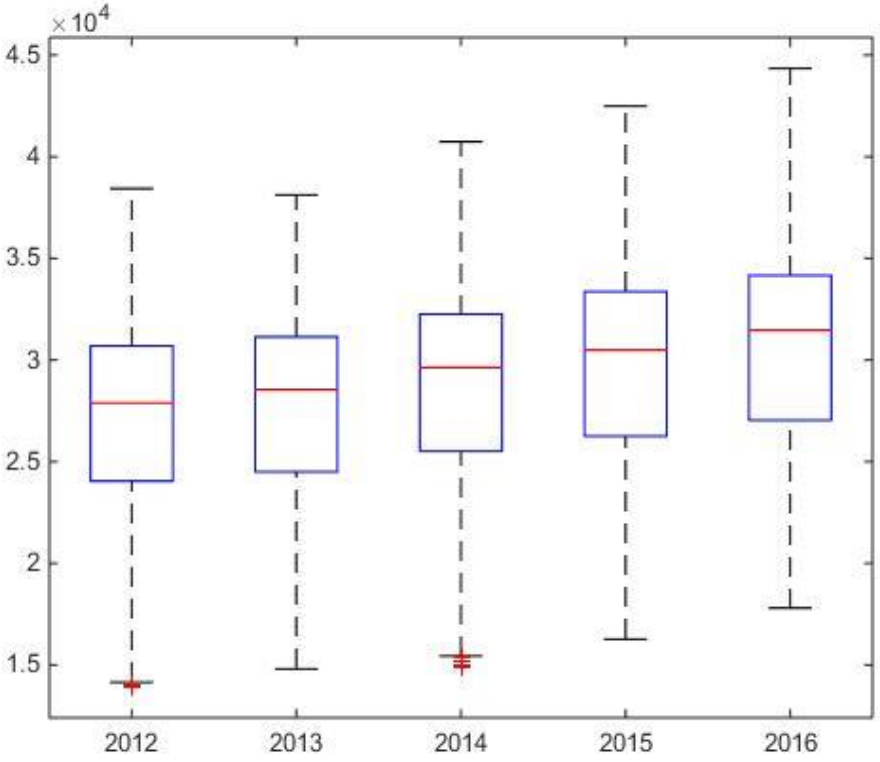
31 Mart 2015 tarihi her saat için yukarıdaki işlem adımları uygulanarak o günün aykırı değerleri düzeltilmiştir. Çizelge 4.5'te 31 Mart 2015 tarihine ait saatlik düzeltilmiş

elektrik tüketim verileri gösterilmektedir. Modelde girdi olarak bu değerler kullanılmıştır.

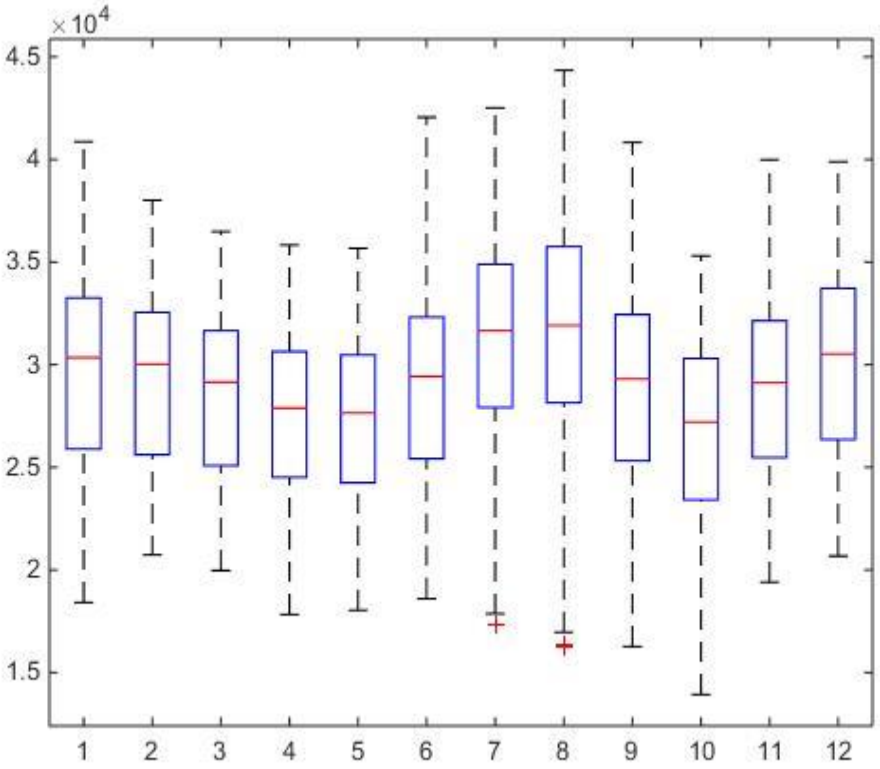
Çizelge 4.5: 31 Mart 2015 düzeltilmiş verileri.

Saat	Standart Sapma(σ)	Ortalama($\bar{X}$)	Veri
00.00	1010,02	27159,23	25139,19
01.00	1009,46	25397,39	23378,47
02.00	992,34	24374,63	22389,95
03.00	992,40	23971,82	21987,02
04.00	1059,82	23952,40	21832,76
05.00	1062,86	24269,54	22143,82
06.00	1271,38	24239,96	21697,20
07.00	1918,88	25756,41	21918,65
08.00	3098,61	29698,10	23500,88
09.00	3378,88	32024,48	25266,72
10.00	4542,63	32130,58	23045,32
11.00	6382,14	32055,88	19291,61
12.00	5421,89	30640,01	19796,23
13.00	5134,83	31082,52	20812,86
14.00	5016,82	31280,67	21247,03
15.00	4784,55	30856,67	21287,58
16.00	4639,27	30822,79	21544,25
17.00	4336,05	31047,41	22375,30
18.00	3595,41	31947,57	24756,76
19.00	2728,32	31659,18	26202,55
20.00	1992,25	31131,47	27146,97
21.00	1492,58	30443,75	27458,59
22.00	1339,57	30723,50	28044,37
23.00	1147,04	29255,26	26961,19

Değerlerin düzeltilmesinden sonra aynı yıllık ve aylık kutu grafikleri tekrar çizilmiştir. Aykırı değerlerin olmadığı Şekil 4.6 ve Şekil 4.7'deki grafiklerden görülebilmektedir.2012 ve 2014 yılındaki minimum değerlerin altında kalan veriler aylık grafikte de görüldüğü biri Temmuz ve Ağustos aylarına aittir. Bu veriler bayram dönemine denk gelen düşük tüketimleri göstermektedir. Model kurulumunda bayram günleri gün etkisi altında girdi olarak modele verilerek sonraki bayram dönemleri için eğitim verisi olmuştur. Bu nedenle düşük tüketimler aykırı değer olarak algılanmamıştır.



Şekil 4.6:Tüketim verisi yıllık kutu grafiği.



Şekil 4.7:Tüketim verisi aylık kutu grafiği.

4.3.2 Sıcaklık verisi

Saatlik sıcaklık verileri çizdirildiğinde gece-gündüz salınımının yanı sıra serinin mevsimsel değiştiği görülmektedir. Sıcaklık verileri il bazlı elektrik tüketim oranına göre ağırlıklı ortalama alınarak kullanılmıştır.

Çalışmanın "Tüketim Tahmini Veri Grupları" bölümünde gösterilen en yüksek tüketime sahip 12 ilin saatlik sıcaklık verisinin ağırlıklı ortalaması Türkiye sıcaklığı olarak kullanılmıştır. İstanbul, İzmir, Ankara, Bursa, Antalya, Kocaeli, Tekirdağ, Adana, Gaziantep, Mersin, Konya ve Çanakkale illerinin Ocak 2012- Kasım 2016 saatlik sıcaklık verilerinin Denklem 4.4'e göre ağırlıklı ortalaması alınarak çalışmada girdi olarak kullanılmıştır.

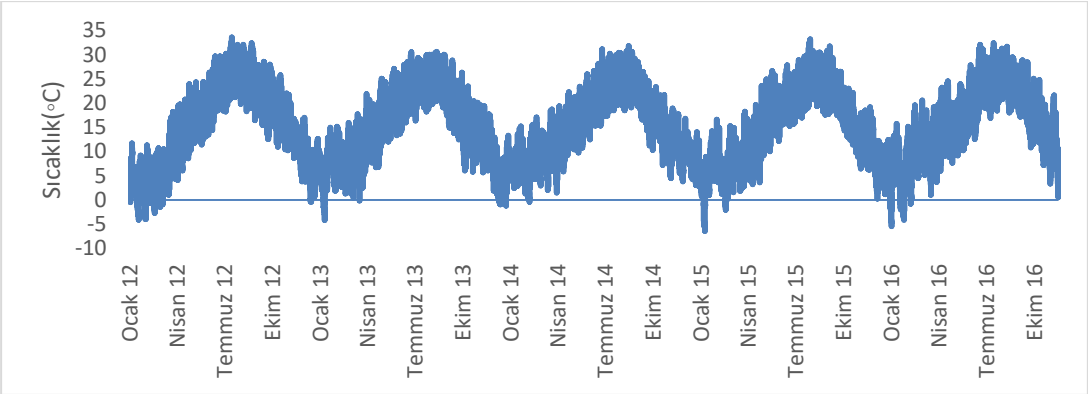
$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{12} \omega_i * X_i}{\sum_{i=1}^{n} \omega_i} \tag{4.4}$$

Ağırlıklar (ω) modelde sıcaklık verisi kullanılacak illerin tüketimlerinin ayrı ayrı 12 ilin toplam tüketimine bölünmesi ile elde edilmiştir. Çizelge 4.6'te illerin ağırlıklı ortalama hesabında kullanılan ağırlıkları verilmiştir. Bu değerler (ω) illerin saatlik sıcaklık verileri (X) ile Denklem 4.4'e göre işleme sokularak $\bar{X}$ değeri elde edilmiştir.

Çizelge 4.6 : Sıcaklık verisi kullanılan illerin ağırlık katsayıları.

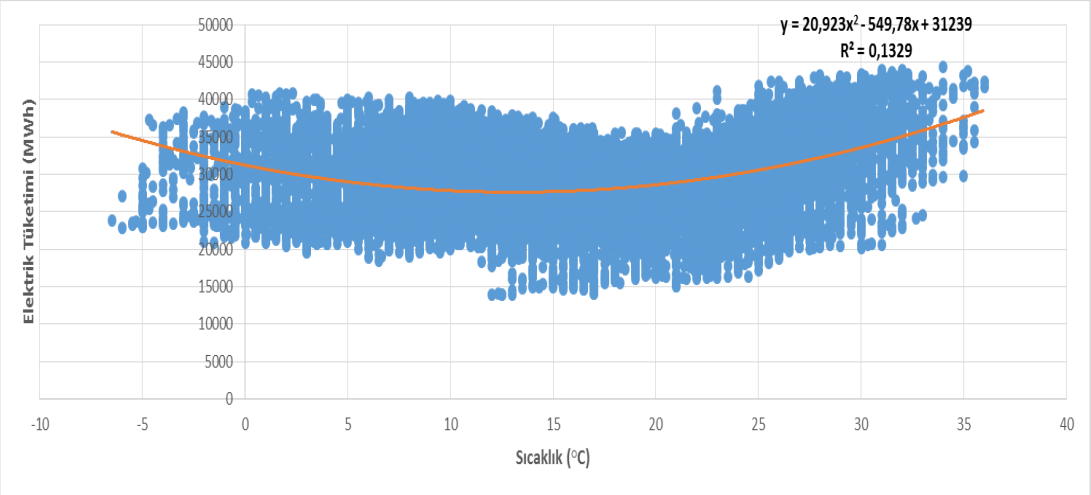
İl	Ağırlık Katsayıları (ω)
İSTANBUL	0,32
İZMİR	0,12
ANKARA	0,11
BURSA	0,08
ANTALYA	0,07
KOCAELİ	0,07
TEKİRDAĞ	0,05
ADANA	0,05
GAZİANTEP	0,04
MERSİN	0,04
KONYA	0,04
ÇANAKKALE	0,03

Oluşturulan $\bar{X}$ değerleri elektrik tüketimine göre oranlanlanarak oluşturulmuş temsili Türkiye sıcaklığıdır. Model eğitilirken hesaplanan bu sıcaklık verisi kullanılmıştır. Üretilen sıcaklık verisi Şekil 4.8'de gösterilmektedir.



Şekil 4.8:2012-2016 yılları 12 ilin ağırlıklı ortalaması ile üretilen Türkiye sıcaklığı veri seti.

Sıcaklık ve elektrik tüketiminin dağılım grafiği Şekil 4.9'da gösterilmiştir. Sıcaklık 20 derecenin üzerine çıktığında tüketimin arttığı grafikten görülebilmektedir. Fakat 5-20 derece arası klima ihtiyacı olmaması nedeniyle sıcaklık ve elektrik tüketimi ilişkisi zayıftır.



Şekil 4.9:2012-2016 yılları 12 ilin ağırlıklı ortalaması ile üretilen Türkiye sıcaklığı verisi ve tüketim verisi dağılım grafiği.

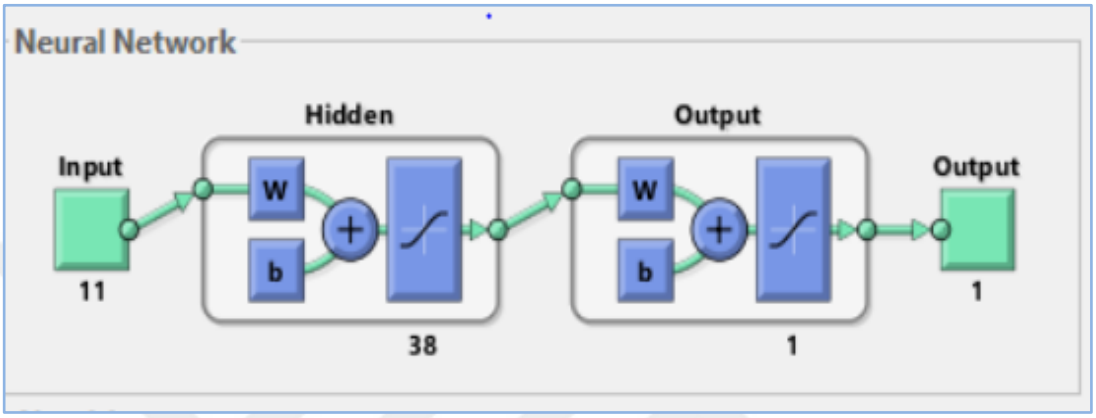
4.3.3 YSA tahmin modeli

Çalışma içerisinde, Levenberg-Marquardt geriye yayılma YSA algoritması ile Denklem 4.5 ve 4.6'da 8 ve 12 farklı veriyi barındıran *Xgirdi* girdi seti kullanılarak tek bir çıktı veri seti olan *Ftahmin* değerleri elde edilmiştir. YSA modelinin geliştirilmesi ve uygulamaya dökülerek sonuçların elde edilmesi ise MATLAB R2014b programı aracılığı ile; 8 GB RAM, Intel® Core™ i7-4700HQ CPU @ 2.40GHz işlemciye sahip Windows 10 Professional işletim sistemine sahip bilgisayar üzerinden gerçekleştirilmiştir.

$X1_{girdi}$ =[G1, TG1, G2, TG2, H1, TH1, Y1, TY1, Tatil, HG, Sa] (4.5)

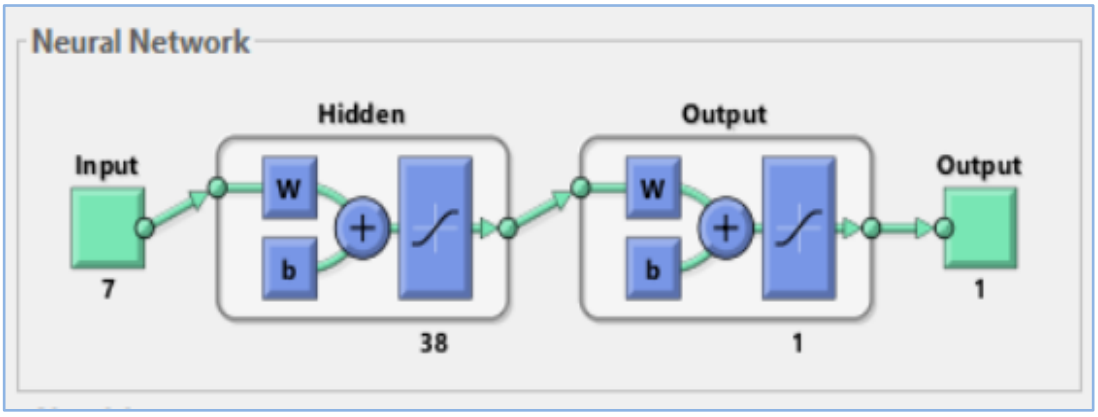
$X2_{girdi}$ =[G1, G2, H1, Y1, Tatil, HG, Sa] (4.6)

X1girdi'nin kullanıldığı modelde sıcaklık verisi, tüketim verisi ile aynı gruplarda modele girdi olarak koyulmuştur. Bu veri grubu ile oluşturulan YSA yapısında, girdi bölümüne 11 veri gurubu vardır. 38 gizli katman ve 1 çıktı katmanı olmak üzere 2 katmanlı bir model kurgulanmıştır (Şekil 4.10).



Şekil 4.10: Uygulanan YSA model yapısı.

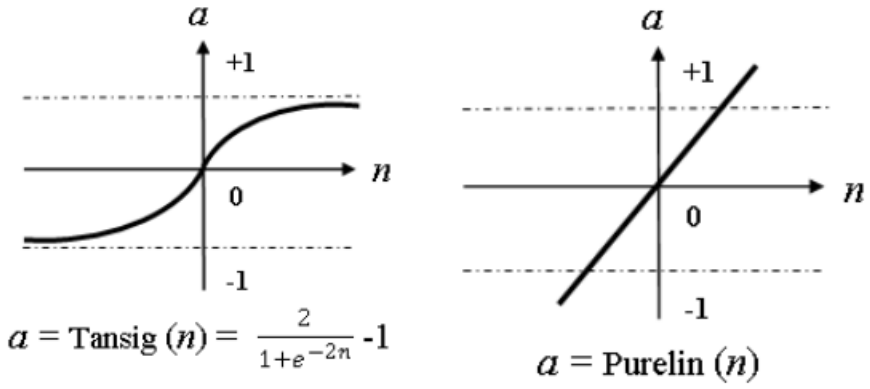
X2girdi'nin kullanıldığı modelde tüketim verisi modele girdi olarak koyulmuştur. Bu veri grubu ile oluşturulan YSA yapısında, girdi bölümüne 7 veri gurubu vardır. 38 gizli katman ve 1 çıktı katmanı olmak üzere 2 katmanlı bir model kurgulanmıştır (Şekil 4.11).



Şekil 4.11: Uygulanan YSA model yapısı.

YSA model yapısında girdi veri grubu olarak kullanılan Xgirdiler öncelikle girdi katmanı içerisinde ağırlıklandırıldıktan sonra girdi katmanı transfer fonksiyonu olan tanjant sigmoid fonksiyonu üzerinden geçirilerek çıktı katmanına giriş değeri olarak sokulmaktadır. Çıktı katmanı üzerinde tekrar ağırlıklandırılmalara tabi tutulan veri

seti, çıktı katmanı transfer fonksiyonu olan saf lineer (purelin) fonksiyonu (Şekil 4.12) üzerinden geçirilerek çıktı değerleri olan F_{tahmin} sonuçları elde edilmiştir.



Şekil 4.12: Tanjant sigmoid ve saf lineer transfer fonksiyonları [41].

Ocak ve Ağustos aylarını kapsayan iki farklı dönem için yapılan tahminlerde tüm ağ yapısı ve katman sayısı aynı olmak koşulu ile sadece girdi grupları değiştirilerek YSA modelinden çıktılar alınmıştır. Bu sonuçlar karşılaştırılarak girdi olarak sıcaklığı kullanmanın modelde ne kadar etkili olduğu incelenmiştir.

4.3.4 YSA tahmin performans faktörü

Çalışma içerisinde performans faktörü; F_{tahmin} verilerinin, F_{test} verilerine karşılık MAPE değerlerinin yorumlanması ile gerçekleştirilmiştir. Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE), gerçek veriye göre oluşan hata değişimini yüzde cinsinden ifade eder. Bu şekilde tahmin ve test edilen veri grubu arasında kolayca yorum yapabilmeye olanak tanır. Ayrıca MAPE'nin % değer olarak olabildiğince 0'a yakın olması istenir. Denklem 4.7'de Xt gerçek ve Ft tahmin edilen değerleri, m ise MAPE hesabına konu olan sayısal miktarı ifade etmektedir.

$$\text{MAPE}=\frac{\sum_{t=1}^{m}\left|\frac{Xt-Ft}{Xt}\right|}{m}(100)=\frac{\sum_{t=1}^{m}\left|\frac{et}{Xt}\right|}{m}(100) \qquad (4.7)$$

Tez çalışması içerisinde tahmin performansını belirlemek için kullanılan MAPE değerleri Denklem 4.8'e göre hesaplanmıştır.

$$\text{MAPE}=\frac{\sum_{t=1}^{m}\left|\frac{Ftest-Ftahmin}{Ftest}\right|}{m}(100)=\frac{\sum_{t=1}^{m}\left|\frac{et}{Ftest}\right|}{m}(100) \qquad (4.8)$$

Ocak 2016 ve Ağustos 2016 tarihleri için toplamda iki aylık elektrik tüketim tahmini iki farklı model ile yapılmıştır.

Modellerin tutarlılıklarının ölçülmesi için;

a) Günlük ortalama MAPE,

b) Saatlik ortalama MAPE değerleri ayrı ayrı hesaplanmıştır.

4.3.5 YSA tahmin sonuçları

Ocak 2016 ve Ağustos 2016 ayları için alınan tahmin değerleri gerçekleşen tüketim verileri ile kıyaslanarak MAPE sonuçları hesaplanmıştır. X1girdi ve X2 girdileri ile alınan tahminler iki zaman aralığı için de ayrı ayrı incelenmiştir.

4.3.5.1 Ocak ayı tahmin sonuçları

Ocak ayı MAPE değerlerine bakıldığında saatlik ortalamalar X_1 ve X_2 için sırasıyla %1.94 ve %2.20 olmuştur. Günlük ortalamalara bakıldığında aynı sıra ile %1.34 ve %1.81 çıkmıştır. Saatlik ve günlük ortalama da X_1 girdisi ile alınan tahminlerin hata oranları X_2 ye göre daha düşüktür (Çizelge 4.5).

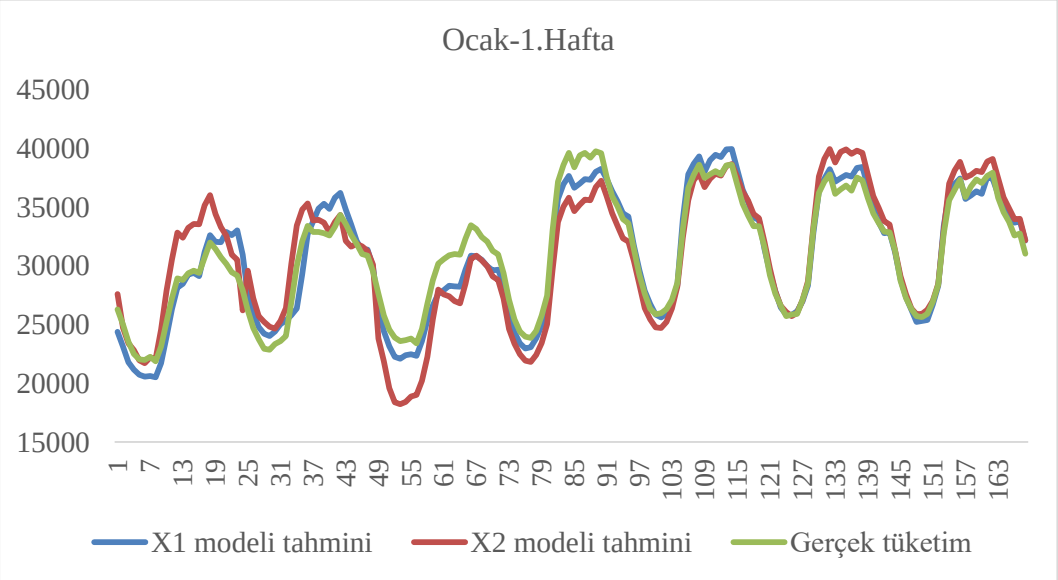
Çizelge 4.5 : Ocak ayı tahmini saatlik ve günlük MAPE değerleri.

Tarih	Gün	X_1 Girdi		X_2 Girdi	
		Saatlik	Günlük	Saatlik	Günlük
1.1.2016	Cuma	6,27%	1,68%	6,26%	6,08%
2.1.2016	Cumartesi	5,45%	5,11%	10,22%	8,54%
3.1.2016	Pazar	5,37%	4,36%	4,76%	4,52%
4.1.2016	Pazartesi	2,63%	1,04%	2,98%	1,60%
5.1.2016	Salı	1,76%	1,75%	2,64%	2,69%
6.1.2016	Çarşamba	2,02%	1,88%	1,80%	1,76%
7.1.2016	Perşembe	0,88%	0,64%	1,21%	1,17%
8.1.2016	Cuma	2,00%	0,18%	1,26%	0,51%
9.1.2016	Cumartesi	3,82%	3,79%	2,67%	1,49%
10.1.2016	Pazar	1,50%	0,01%	2,11%	1,35%
11.1.2016	Pazartesi	1,11%	0,70%	1,53%	0,89%
12.1.2016	Salı	0,93%	0,86%	1,84%	1,94%
13.1.2016	Çarşamba	0,77%	0,50%	1,12%	0,71%
14.1.2016	Perşembe	1,50%	1,40%	1,11%	0,96%
15.1.2016	Cuma	0,78%	0,26%	1,09%	0,37%
16.1.2016	Cumartesi	0,55%	0,12%	1,04%	0,86%
17.1.2016	Pazar	0,84%	0,61%	1,56%	0,19%
18.1.2016	Pazartesi	2,91%	3,07%	3,15%	3,06%

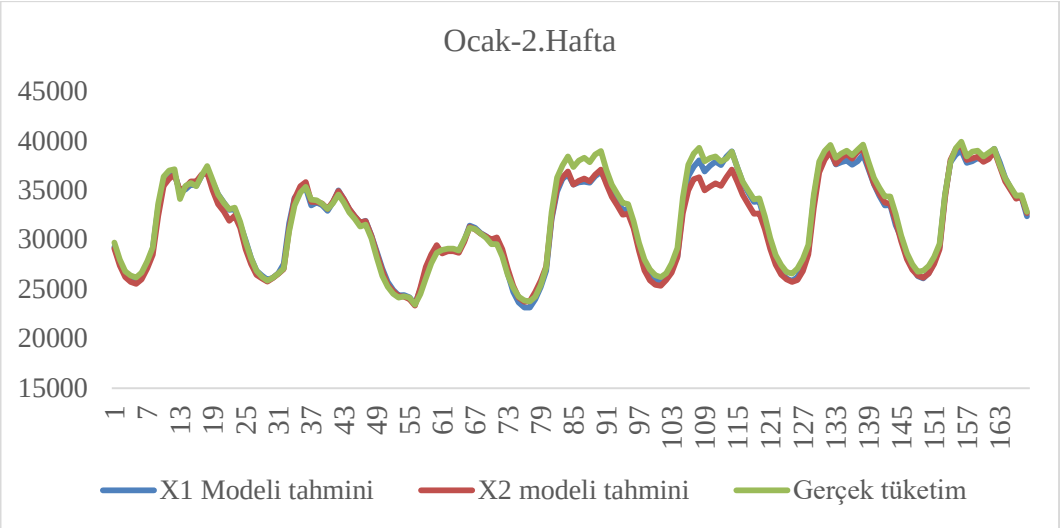
Çizelge 4.5 (devam): Ocak ayı tahmini saatlik ve günlük MAPE değerleri.

Tarih	Gün	X_1 Girdi		X_2 Girdi	
		Saatlik	Günlük	Saatlik	Günlük
19.1.2016	Salı	1,37%	0,81%	1,29%	1,21%
20.1.2016	Çarşamba	0,63%	0,62%	1,19%	1,06%
21.1.2016	Perşembe	0,88%	0,65%	0,54%	0,01%
22.1.2016	Cuma	0,81%	0,00%	0,66%	0,19%
23.1.2016	Cumartesi	1,45%	0,84%	2,22%	2,04%
24.1.2016	Pazar	1,71%	1,37%	1,05%	0,60%
25.1.2016	Pazartesi	2,20%	1,20%	1,91%	1,92%
26.1.2016	Salı	2,12%	2,04%	1,44%	1,31%
27.1.2016	Çarşamba	1,16%	0,01%	1,13%	0,87%
28.1.2016	Perşembe	1,31%	1,13%	0,65%	0,35%
29.1.2016	Cuma	1,84%	1,86%	2,18%	2,32%
30.1.2016	Cumartesi	0,64%	0,17%	1,74%	1,75%
31.1.2016	Pazar	2,83%	2,92%	3,85%	3,88%
Toplam		1,94%	1,34%	2,20%	1,81%

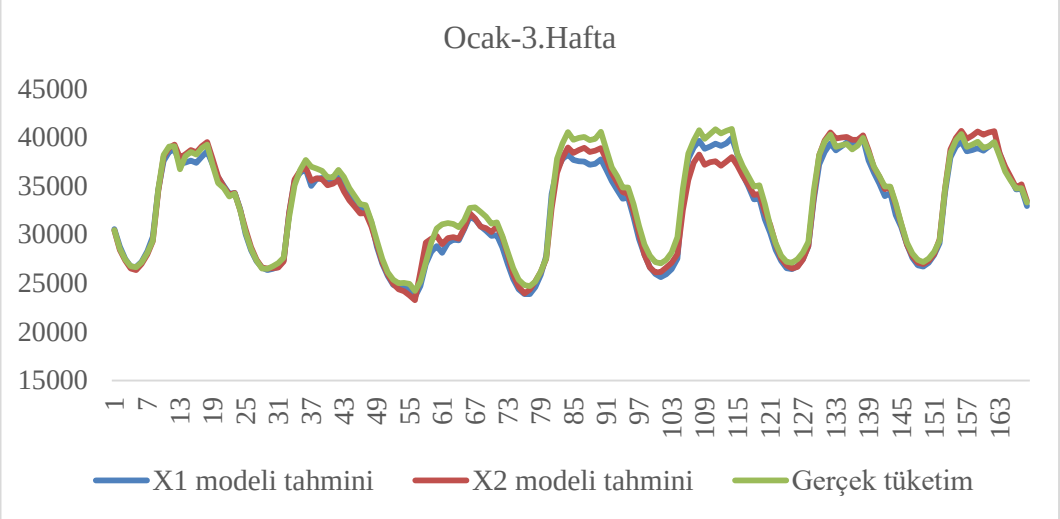
Ocak ayı X1 modeli tüketim tahmini, X2 modeli tüketim tahmini ve gerçekleşen tüketin değerleri haftalık olarak aynı grafik üzerinde gösterilmiştir. Şekil 4.13 Ocak ayı 1.hafta performansını, Şekil 4.14 Ocak ayı 2.hafta performansını, Şekil 4.15 Ocak ayı 3.hafta performansını, Şekil 4.16 Ocak ayı 4.hafta performansını göstermektedir. Grafiklerden de görüldüğü gibi Ocak ayı 1.haftası modeller daha yüksek hata oranına sahipken, diğer haftalarda tahminleri daha tutarlı olmuştur.



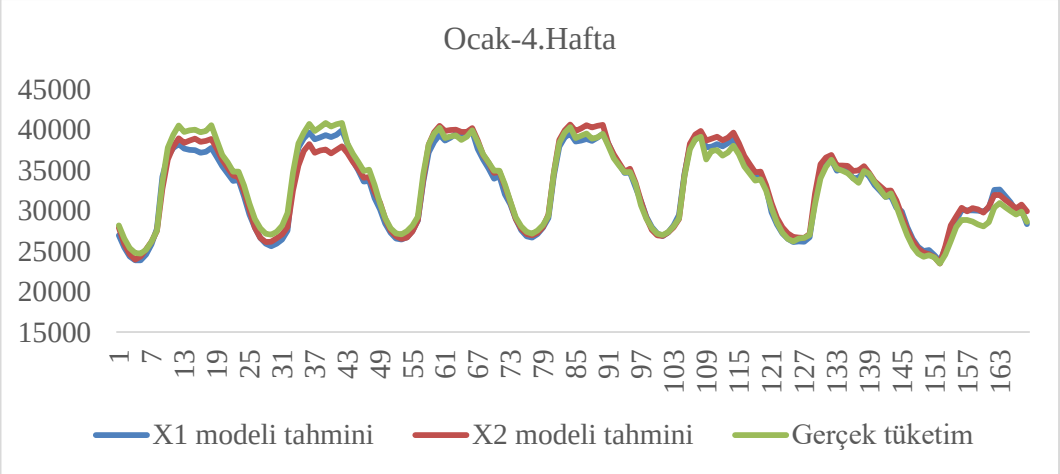
Şekil 4.13: Ocak ayı 1.hafta performansı.



Şekil 4.14: Ocak ayı 2.hafta performansı.



Şekil 4.15: Ocak ayı 3.hafta performansı.



Şekil 4.16: Ocak ayı 4.hafta performansı.

4.3.5.2 Ağustos ayı tahmin sonuçları

Ağustos ayı MAPE değerlerine bakıldığında saatlik ortalamalar X_1 ve X_2 için sırasıyla %1.62 ve %2.76, günlük ortalamalara ise %1.04 ve %2.08 hesaplanmıştır. Saatlik ve günlük ortalama da X_1 girdisi ile alınan tahminlerin hata oranları X_2 ye göre daha düşüktür. Ağustos ayında X_1 modelinin daha başarılı olduğu da görülmektedir. Bunun nedeni soğuma ihtiyacının elektrik tüketiminde daha etkili olduğu söylenebilir. Ağustos ayındaki soğuma ihtiyacı ile tüketilen elektrik, Ocak ayındaki ısınma ihtiyacı için tüketilenden daha yüksektir. Bu da tüketimde sıcaklığın daha büyük katkısı olduğunu ve sıcaklık kullanılan modelin daha başarılı tahmin yaptığını göstermektedir. Çizelge 4.6'da iki model için de Ağustos ayına ait saatlik ve günlük MAPE değerleri gösterilmiştir.

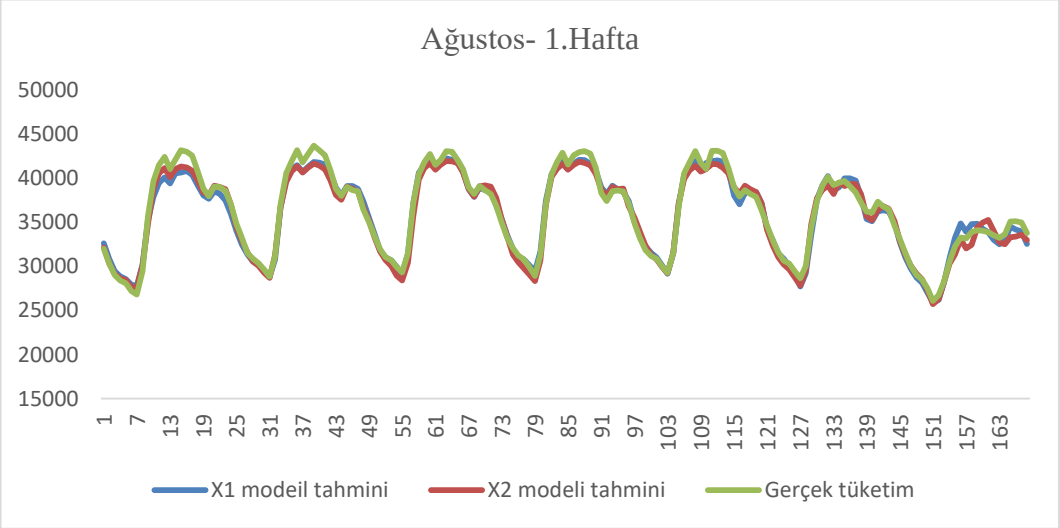
Çizelge 4.6 : Ağustos ayı tahmini saatlik ve günlük MAPE değerleri.

Tarih	Gün	X_1 Girdi		X_2 Girdi	
		Saatlik	Günlük	Saatlik	Günlük
1.8.2016	Cuma	2,73%	0,94%	1,99%	0,19%
2.8.2016	Cumartesi	1,46%	0,17%	2,55%	2,52%
3.8.2016	Pazar	0,78%	0,26%	2,37%	1,63%
4.8.2016	Pazartesi	1,14%	0,40%	1,14%	0,30%
5.8.2016	Salı	1,30%	0,62%	1,62%	0,08%
6.8.2016	Çarşamba	1,01%	0,02%	2,06%	1,38%
7.8.2016	Perşembe	1,59%	0,84%	2,74%	1,19%
8.8.2016	Cuma	1,53%	0,72%	1,98%	1,01%
9.8.2016	Cumartesi	0,69%	0,40%	2,53%	2,75%
10.8.2016	Pazar	0,98%	0,42%	2,86%	2,20%
11.8.2016	Pazartesi	1,65%	0,08%	1,64%	0,53%
12.8.2016	Salı	1,41%	0,29%	1,74%	0,57%
13.8.2016	Çarşamba	2,58%	2,66%	3,60%	2,23%
14.8.2016	Perşembe	2,21%	1,93%	3,64%	3,01%
15.8.2016	Cuma	2,55%	2,40%	3,37%	2,76%
16.8.2016	Cumartesi	1,56%	1,16%	3,02%	0,47%
17.8.2016	Pazar	0,78%	0,72%	0,95%	0,16%
18.8.2016	Pazartesi	0,81%	0,20%	1,92%	0,92%
19.8.2016	Salı	1,58%	1,46%	2,14%	1,98%
20.8.2016	Çarşamba	1,82%	1,75%	3,48%	3,35%
21.8.2016	Perşembe	1,21%	0,17%	2,63%	2,48%
22.8.2016	Cuma	2,66%	1,07%	1,83%	0,36%
23.8.2016	Cumartesi	0,96%	0,70%	2,20%	2,04%

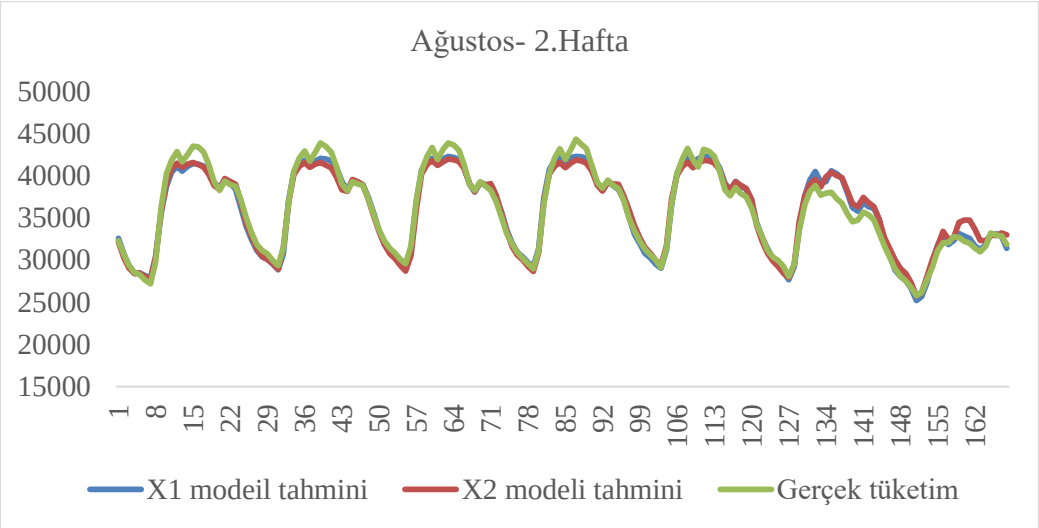
Çizelge 4.6 (devam): Ağustos ayı tahmini saatlik ve günlük MAPE değerleri.

Tarih	Gün	X_1 Girdi		X_2 Girdi	
		Saatlik	Günlük	Saatlik	Günlük
24.8.2016	Pazar	0,61%	0,25%	2,22%	1,68%
25.8.2016	Pazartesi	1,12%	1,02%	1,08%	0,80%
26.8.2016	Salı	2,74%	2,67%	3,87%	3,90%
27.8.2016	Çarşamba	2,21%	2,09%	2,34%	2,40%
28.8.2016	Perşembe	1,40%	1,39%	1,96%	1,25%
29.8.2016	Cuma	1,03%	0,18%	1,33%	0,81%
30.8.2016	Cumartesi	3,84%	2,73%	17,55%	18,59%
31.8.2016	Pazar	2,43%	2,39%	1,19%	0,84%
Toplam		1,62%	1,04%	2,76%	2,08%

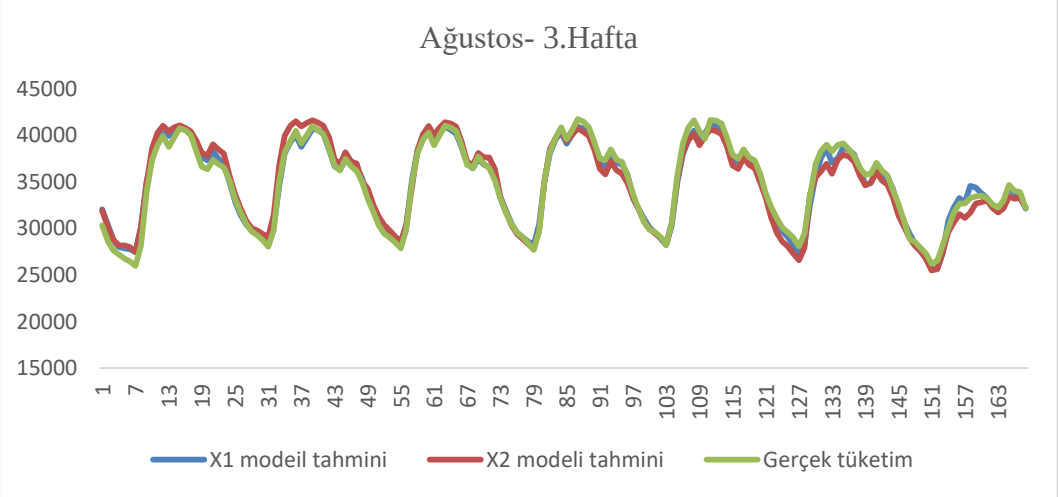
Ağustos ayı X1 modeli tüketim tahmini, X2 modeli tüketim tahmini ve gerçekleşen tüketim değerleri haftalık olarak aynı grafik üzerinde gösterilmiştir. Şekil 4.17 Ağustos ayı 1.hafta performansını, Şekil 4.18 Ağustos ayı 2.hafta performansını, Şekil 4.19 Ağustos ayı 3.hafta performansını, Şekil 4.20 Ağustos ayı 4.hafta performansını göstermektedir. Modellerin performansları birbirine yakın ve başarılı olduğu için grafiklerde görülebilmektedir. Fakat 4.hafta grafiğinde iki modelinde gerçekleşen tüketimi daha yüksek hata ile tahin ettiği görülebilmektedir. 30 Ağustos resmi tatilinde tüketim normal profiline göre daha düşük olurken X1 modeli tahmini yukarda kalmış, X2 tahmin modeli ise tahmini fazla düşürmüştür. Saatlik profile bakıldığında X1 modelinin daha başarılı olduğu görülmektedir.



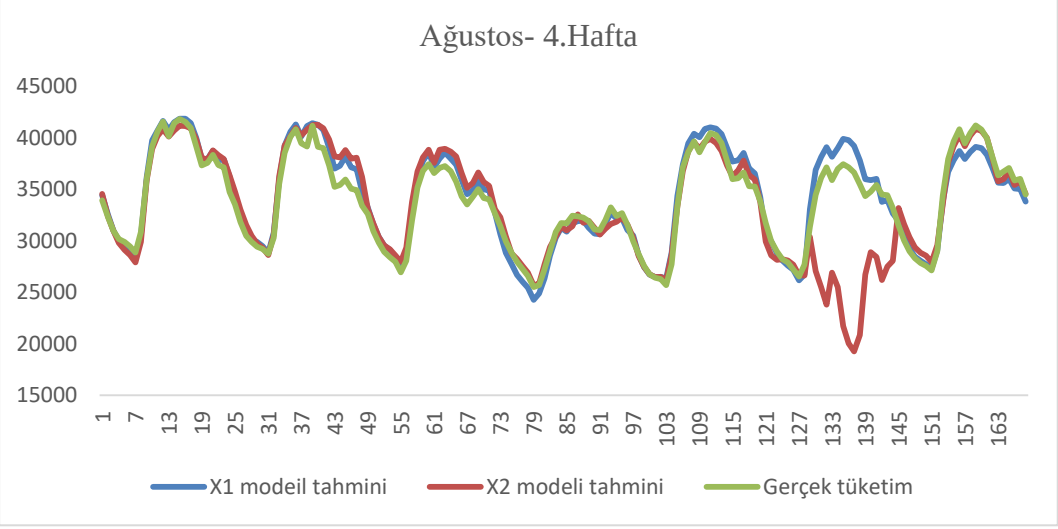
Şekil 4.17: Ağustos ayı 1.hafta performansı.



Şekil 4.18: Ağustos ayı 2.hafta performansı.



Şekil 4.19: Ağustos ayı 3.hafta performansı.



Şekil 4.20: Ağustos ayı 4.hafta performansı.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Elektrik piyasaları verimliliği arttırabilmek adına tekel yapıdan rekabetçi yapıya geçiş yapan piyasalardır. Yapılan düzenlemelerle elektrik piyasasında 1980'lerden sonraki dönemde özelleştirilme yoluna gidilmiştir. Rekabetçi yapının ekonomik ve finansal performansı arttırması nedeniyle elektrik piyasası bu yeniliklere ihtiyaç duymuştur. 2001 yılındaki 4628 sayılı Elektrik Piyasayı Kanunu'nun:

> Elektriğin yeterli, kaliteli, sürekli, düşük maliyetli ve çevreyle uyumlu bir şekilde tüketicilerin kullanımına sunulması için, rekabet ortamında özel hukuk hükümlerine göre faaliyet gösterebilecek, mali açıdan güçlü, istikrarlı ve şeffaf bir elektrik enerjisi piyasasının oluşturulması ve bu piyasada bağımsız bir düzenleme ve denetimin sağlanmasıdır. [41]

Yürürlüğe girmesi ile Türkiye'de elektrik piyasası üretim ve satış süreçleri açısından rekabete açıldı. Piyasa katılımcılarının finansal olarak zarar etmemesi ve elektrik üretim ve satışından daha kârlı çıkabilmeleri için arz ve talep tahminleri büyük önem kazandı. Bunun sonucunda piyasaya dâhil şirketler için yeterli miktarda elektriğin arzını sağlamak adına ertesi gün tüketilecek elektriğin tahminini en tutarlı şekilde yapmak büyük önem kazandı.

Tez çalışması kapsamında kısa dönemli elektrik talep tahminini doğruluk oranı daha yüksek yapabilmek adına sıcaklığın dâhil edildiği modeller kuruldu. Modellerin sıcaklık verisini girdi olarak alması ya da almaması durumundaki performansları kontrol edildi.

Tezin birinci bölümüne çalışmanın amacından ve yapılan literatür araştırmalarından bahsedildi. İkinci bölümde elektrik piyasalarının yapısı ve ülkemizdeki tarihi ilerleme süreci anlatıldı. Elektrik tüketiminin Türkiye elektrik piyasalarında hangi süreçlerde değerlendirildiği ve ticaretinin nasıl yapıldığı açıklandı. Elektrik tüketimine etki eden değişkenler araştırılarak, meteorolojik değişkenlerin tüketimin ne yönde etkilediği anlatıldı. Üçüncü bölümde çalışmada kullanılan model yapısı olan yapay sinir ağları anlatıldı. Kullanılan modelin ağ ve yapı detayları verildi. Dördüncü bölümde ise asıl çalışmanın anlatıldığı bölümdür. Türkiye'deki elektrik tüketim profilleri il ve bölge

bazında açıklandı. Seçilen veriler hakkında bilgi ve veri çözümleme süreci anlatıldı. Ardından kurulan modelin detayları ve çıkarılan sonuçlar bu bölümde sunuldu.

Elektrik talep tahmini için Kış ve Yaz dönemlerine ait yıl boyun en düşük ve en yüksek sıcaklıkların görüldüğü Ocak ve Ağustos ayları örnek seçilmiştir. Sıcaklığın elektrik tüketimine etkisi en çok insanların ısınma ve soğuma ihtiyacı sırasında görülmektedir. Bu nedenle yılın en sıcak ve en soğuk ayları örnek alınmıştır. Ocak 2012- Aralık 2015 tarihlerinin eğitim veri seti olarak kullanıldığı modelde Ocak 2016 test verisi olarak kullanılmıştır. Ocak 2012- Temmuz 2016 tarihlerinin eğitim veri seti olarak kullanıldığı modelde Ağustos 2016 test verisi olarak kullanılmıştır.

Performans ölçümü için de ortalama mutlak yüzde hata (MAPE) hesaplanmıştır. Sıcaklık verisinin kullanıldığı model X_1, kullanılmadığı model ise X_2'dir. Kış döneminde (Çizelge 5.1) X_1 modeli günlük ve saatlik ortalamada X_2 modelinden daha başarılı olmuştur. Yaz döneminde de (Çizelge 5.2) aynı şekilde X_1 modeli günlük ve saatlik ortalamada X_2 modelinden daha başarılı olmuştur.

İki dönem kıyaslandığında X_1 modeli yaz dönemi MAPE değeri kış dönemine göre daha düşüktür. Model Ağustos ayında daha tutarlı tahminleri üretmiştir. Fakat X_2 modeline baktığınızda ise modelin Ocak ayında daha başarılı olduğu, Ağustos ayında saatlik ve günlük hata oranının yükseldiği görülmektedir. Hem kış hem yaz döneminde X1 modeli saatlik ve günlük bazda X2 modelinden daha tutarlı tahminler üretmiştir.

Çizelge 5.1 : Kış Dönemi saatlik ve günlük ortalama tablosu.

X_1 Girdi		X_2 Girdi	
Saatlik	Günlük	Saatlik	Günlük
1,94%	1,34%	2,20%	1,81%

Çizelge 5.2 : Yaz Dönemi saatlik ve günlük ortalama tablosu.

X_1 Girdi		X_2 Girdi	
Saatlik	Günlük	Saatlik	Günlük
1,62%	1,04%	2,76%	2,08%

Bu sonuçlara dayanarak, sıcaklığın elektrik tüketimine etkisinin yaz aylarında daha yüksek olduğu öngörülmektedir. Yazın soğuma ihtiyacı için klima kullanılması direkt olarak elektrik tüketiminde artışa neden olmaktadır. Fakat kış aylarında ısınma ihtiyacı yüksek oranda doğal gaz ve kömürden karşılandığı için, elektrikli ısıtıcı ve klima kullanımı ısınma ihtiyacı için düşük bir oranı kapsamaktadır. Böylece sıcaklığın elektrik tüketimindeki direkt etkisi azalmaktadır. Geçiş mevsimlerinde ise sıcaklıklar konfor sıcaklığına yakın seyrettiği için modelin bu dönemlerde birbirine yakın performansta çalışacağı düşünülmektedir. X_1 modelinin tutarlılığı bahar aylarında X_2 modeli performansına yakın çıkmaktadır.

Sıcaklığa bağlı elektrik tüketimi ihtiyacı büyük oranda mesken grubunda gerçekleşir. Mesken elektrik tüketimi toplam Türkiye elektrik tüketiminin %29,7'sini oluşturmaktadır (Şekil 4.3). Bölgesel elektrik tüketimi bazında düşünüldüğünde, modelin özellikle mesken grubuna ait nüfus yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerde daha başarılı sonuç verebilecektir. Türkiye toplam elektrik tüketiminde sanayi grubu %37,5 ile en büyük paya sahiptir (Şekil 4.3). Sanayi grubuna ait çalışma profili göz önüne alındığında sıcaklığın düşük seviyede etki edeceği öngörülmüştür. Model daha küçük paya sahip olan mesken gurubu ile yüksek ilişkili olduğu ve Türkiye toplam elektrik tüketimini tahmin ettiği için X_1 ve X_2 modeli arasındaki performans farkı çok yüksek değildir. Geliştirme olarak, modeli sadece mesken elektrik tüketimin verileri ile kurarsak sıcaklığın direkt olarak etkisini ve iki model arasındaki farkı daha net görebiliriz.

Modelde gün tipi girdi olarak kullanılmıştır Sonuçlar haftanın günlerine göre analiz edilmiştir. Hafta içi ve hafta sonu model performansı da bu analizde görülebilmektedir. Çizelge 5.3 ve 5.4 sırası ile X_1 ve X_2 modeli için Ağustos ayı gün tipine göre ortalama günlük MAPE değerlerini göstermektedir.

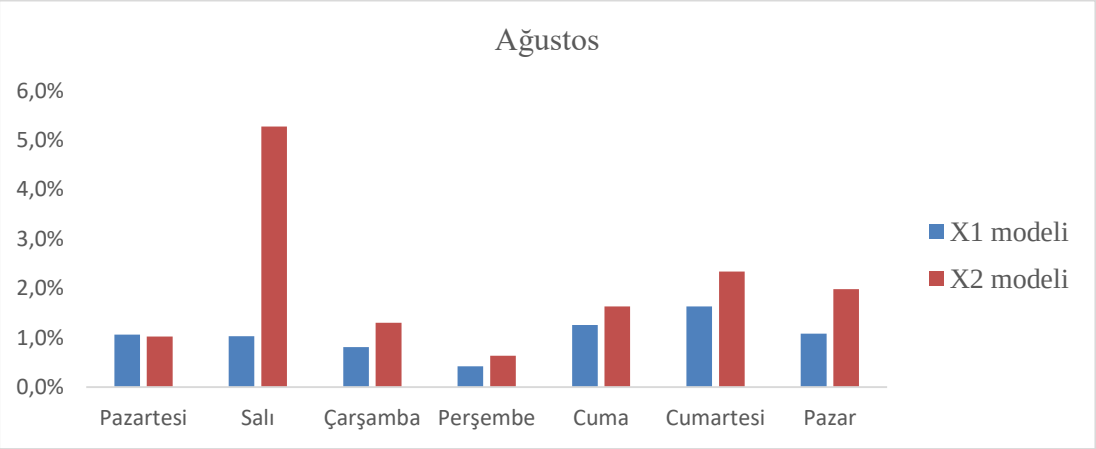
Çizelge 5.3 : Ağustos ayı X_1 modeli gün tipine göre ortalama günlük MAPE.

Gün	X1 MAPE
Pazartesi	1,062%
Salı	1,033%
Çarşamba	0,808%
Perşembe	0,424%
Cuma	1,260%
Cumartesi	1,630%
Pazar	1,081%

Çizelge 5.4 : Ağustos ayı X_2 modeli gün tipine göre ortalama günlük MAPE.

Gün	X2 MAPE
Pazartesi	1,027%
Salı	5,274%
Çarşamba	1,303%
Perşembe	0,637%
Cuma	1,631%
Cumartesi	2,339%
Pazar	1,980%

Şekil 5.1'de günler bazında X_1 ve X_2 modellerinin Ağustos ayı ortalama günlük MAPE değerleri karşılaştırılmıştır. Pazartesi günü için modeller birbirine çok yakın performans gösterirken X_2 % 0.04 oranla X_1'den daha iyi sonuç vermiştir. Diğer günlere bakıldığında X_1 'in her gün için MAPE değerinin daha düşük olduğu görülmektedir. Grafikte X_2 modelinin Salı günü tahminlerinde MAPE ortalamasının çok yüksek olduğu göze çarpmaktadır. Bunun nedeni 2016 yılında 30 Ağustos'un Salı gününe denk gelmesidir. Modelde 30 Ağustos resmi tatil olarak ayrı bir gün tipine sahiptir. Fakat yapay sinir ağı ağırlık ataması yaparken elinde az sayıda resmi tatil olduğu için öğrenmesi için veri sayısı kısıtlıdır. Bunu yanında yüzün üzerinde Salı günü verisi olduğu için bugüne doğru ağırlık ataması çok daha kolaydır. Bu sonuç bize modelin özel günlerde daha yüksek hata oranına sahip olduğunu göstermektedir. X_1 modeli 30 Ağustos için daha iyi performans gösterse de o gün ortalamanın üstünde hataya sahiptir. Grafiğin geneline bakıldığında hafta içi günler birbirine benzer profil gösterdiği için hata oranları düşük, fakat hafta sonları düşen tüketimin değişiklik göstermesi sebebiyle diğer günlerden daha yüksektir.



Şekil 5.1 : Ağustos ayı günler bazında X_1 ve X_2 modellerinin MAPE değerleri.

Çizelge 5.5 ve 5.6 sırası ile X1 ve X2 modeli için Ocak ayı gün tipine göre ortalama günlük MAPE değerlerini göstermektedir.

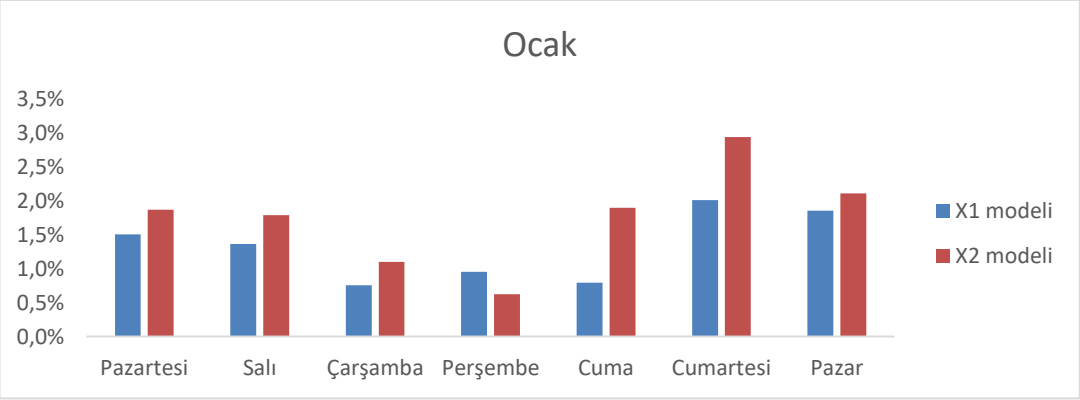
Çizelge 5.5 : Ocak ayı X_1 modeli gün tipine göre ortalama günlük MAPE.

Gün	X1 MAPE
Pazartesi	1,50%
Salı	1,36%
Çarşamba	0,75%
Perşembe	0,95%
Cuma	0,79%
Cumartesi	2,01%
Pazar	1,86%

Çizelge 5.6 : Ocak ayı X_2 modeli gün tipine göre ortalama günlük MAPE.

Gün	X2 MAPE
Pazartesi	1,87%
Salı	1,79%
Çarşamba	1,10%
Perşembe	0,62%
Cuma	1,89%
Cumartesi	2,94%
Pazar	2,11%

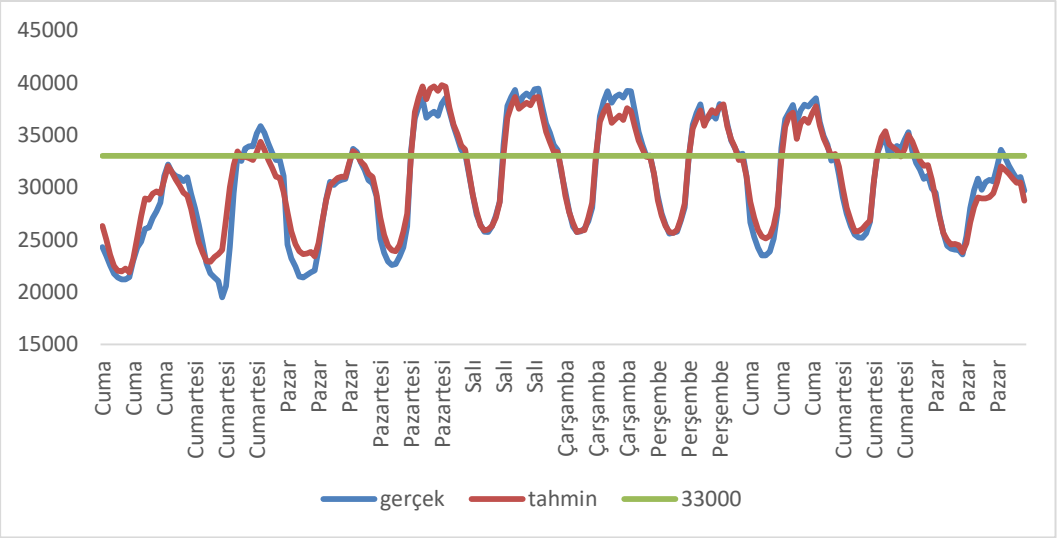
Şekil 5.2'de günler bazında X_1 ve X_2 modellerinin Ocak ayı ortalama günlük MAPE değerleri karşılaştırılmıştır. Perşembe günü ortalama MAPE değeri X2 modelinde X1 den daha azdır. Diğer günler için ise X1 modeli daha başarılı olmuştur. İki modelde de en yüksek hata oranına sahip gün cumartesi olmuştur. Günlük hatalara bakıldığında en yüksek hata oranları 1 Ocak Cuma ve 2 Ocak Cumartesi günlerinde gerçekleşmiştir. Ağustos ayı sonuçlarına paralel olarak hafta içi günlerde hata daha azken, hafta sonu modellerin hatası yükselmiştir.



Şekil 5.2 : Ocak ayı günler bazında X_1 ve X_2 modellerinin MAPE değerleri.

1 Ocak modelde resmi tatil olarak alınmıştır fakat tipik bir Cuma gününe göre tüketiminin daha düşük olması ve model eğitiminde sadece beş tane 1 Ocak verisinin olması yeterli olmamıştır. Özel gün elektrik tüketimin nedeniyle ay boyunca en yüksek hata oranı o gün gerçekleşmiştir(Şekil 5.3). 2 Ocak Cumartesi günü ise modelde bir gün öncesi verisini kullanması nedeniyle hata artmıştır. 1 Ocak günü tüketim normal Cuma günlerinden daha düşük gerçekleşmiştir. Cumartesi tahmin yapılırken 1 gün öncesi verisine baktığı için tahmini düşürmüştür. Bunun sonucunda normal cumartesi profilinde gerçekleşen günde model hata oranı yükselmiştir. Üstte ve altta kalan tüketimlerin daha kolay fark edilebilmesi için 33000 MWh sınırı kırmızı çizgi ile gösterilmiştir.

Model ağırlıklandırmasında 1 gün öncesinin etki yüzdesi 1 hafta öncesinden, 1 hafta öncesinin etkisi ise 1 yıl öncesinden daha yüksektir. Bu nedenle yakın tarihteki sapmalar modeli daha çok etkilemektedir.



Şekil 5.3 : 1-9 Ocak 2016 tarihleri saatlik elektrik tüketimi.

Çizelge 5.7'de 1-9 Ocak tarihleri günlük ortalama sıcaklıkları gösterilmektedir. Şekil 5.3'teki grafikte 3 Ocak Pazar 33000 MWH sınırına çıkarken, 9 Ocak Pazar günü sınırın altında kalmaktadır. Günlük sıcaklıklara bakıldığında 3 Ocak 0,97 °C, 9 Ocak 6,28 °C'dir. 3 Ocak'ta havanın yaklaşık 5 °C daha soğuk olması tüketiminde belirli oranda artışa sebep olmuştur. Sıcaklık etkisine ek olarak 1 Ocak (yeni yıl) özel günüden sonraki günlerin (ilk Cumartesi ve Pazar) saatlik profillerinin ay içindeki diğer saatlik profillerden farklı olduğu da grafikten görülebilmektedir. Birleşen tatil günlerindeki elektrik tüketimi sıradan hafta sonu tüketiminden farklı olmaktadır.

Çizelge 5.7 : 1-9 Ocak 2016 tarihleri ortalama sıcaklık.

Tarih	Günlük ortalama sıcaklık
1.1.2016	-1,87
2.1.2016	-1,80
3.1.2016	0,97
4.1.2016	4,43
5.1.2016	7,30
6.1.2016	10,05
7.1.2016	10,90
8.1.2016	6,58
9.1.2016	6,28
10.1.2016	7,89

Çalışma, günümüz elektrik piyasaları için oldukça büyük önem taşıyan, piyasa katılımcılarının ekonomik ve finansal performansı açısından çok etkili olan elektrik talep tahmini için bir model ortaya koymaktadır. Model sonuçları değerlendirildiğinde hata oranlarının makul seviyelerde olduğu düşünülmektedir. İleride yapılacak çalışmalar için modelin bölgesel bazda kurulması planlanmaktadır. Bölgesel elektrik talep tahmini yaparken farklı meteorolojik değişkenlerden yararlanılarak model geliştirilebilir. Tarım sulamanın önemli oluğu Meram bölgesindeki tahmin modeline yağış verisinin, nüfus yoğunluğu ve mesken tüketimi çok olan Boğaziçi bölgesinde hissedilen sıcaklık verisinin katılmasının tahminlerin performansını arttıracağı öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

[1] **Moral-Carcedo, J., PerezüGarcia, J.** (2015). Temperature effects on firms' electricity demand: An analysis of sectorial differences in Spain, Applied Energy 142 (2015) 407–425.

[2] **Almeshaiei, E. ve Soltan, H.** (2011).Alexandria Engineering Journal, A methodology for Electric Power Load Forecasting, 50, 137–144.

[3] **D.J. Pedregal, J.R. Trapero.** (2010). Mid-term hourly electricity forecasting based on a multi-rate approach, Energy Conversion and Management 51, 105–111.

[4] **Lam, J. C.** (1996). Climatic and Economic Influences on Residential Electricity Consumption.

[5] **Anerios G. , Vilar, J. ve Rana, P.** (2015). Electrical poer System, Short-term forecast of daily curves of electricity demand and price, 96–108.

[6] **Friedrich, L. ve Afshari, A.** (2015). Short-term forecasting of the Abu Dhabi electricity load using multiple weather variables, Energy Procedia 75, 3014 – 3026.

[7] **Khwaja, A.S, Zhang, X., Anpalagan A. and Venkatesh B.** (2016). Boosted neural networks for improved short-term electric load forecasting, Electric Power Systems Research, Toronto, Canada.

[8] **Yalçınöz, T., Herdem, S., Eminoğlu U**. (t.y.). Yapay Sinir Ağları İle Niğde Bölgesinin Elektrik Yük Tahmini, Niğde Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Niğde, Türkiye

[9] **Azadeh, A., Ghaderi S. F., Sohrabkhani S.** (2008). Annual Electricity Consumption Forecasting By Neural Network İn High Energy Consuming İndustrial Sectors, Energy Conversion and Management, İran 49 (2008) 2272–2278

[10] **Kılıç, A.** (2005).Türkiye Elektrik Piyasası ve Elektronik Ticaret. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Elektrik Mühendisliği, İstanbul, Türkiye.

[11] **Çetintaş, H., Bicil, İ. M.** (2015). Elektrik Piyasalarında Yeniden Yapılanma ve Türkiye Elektrik Piyasasında Yapısal Dönüşüm, Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi, 2(2),1-15

[12] **Yıldız, S.** (2015).Türkiye Elektrik Piyasası Kısa Dönemli Referans Fiyat Tahmini, İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü, İstanbul, Türkiye

[14] **Sarhan, Ö.** (2015). Enerji İşleri Genel Müdürlüğü Bülteni, Sayı:7, Sayfa:79

[13] **TEİAŞ**, Türkiye Elektrik Enerjisi Gelişiminin Kısa Tarihi. Alındığı tarih: 12.11.2016, adres: <http://goo.gl/qwBg84>

[15] **TEDAŞ**, Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi hakkında. Alındığı tarih: 12.11.2016, adres: <http://goo.gl/7uJAaU>

[16] **URL- 1** <*http://www.emo.org.tr/ekler/0082ac261d74f5a_ek.pdf*>,Alındığı tarih: 12.11.2016

[17] **EPDK**, EPDK'nın Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun. (2001). T.C. Resmi Gazete, No: 24335 Mük., tarih: 20 Şubat 2001.

[18] **Toros, H., Ayaz, R., Ajder, A.,Durusu, A., ve Yıldırım, H.** (2013). Online Load Shifting Of Electricity Production-Consumption For Reducing Environmental Hazard, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, EJOSAT, Vol. 1, No. 2, 39-42

[19] **Hayta, A. B.** (2009).Sürdürülebilir Tüketim Davranışının Kazanılmasında Tüketici Eğitiminin Rolü, Ahi Evran Üniversitesi, Eğitim Fakültesi Dergisi, Cilt 10, Sayı 3, Aralık 2009, Sayfa 143-151

[21] **Polat, Ö. ve diğerleri.** (2011).Türkiye'de Elektrik Tüketimi, İstihdam Ve Ekonomik Büyüme İlişkisi, Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, C.16, S.1 s.349-362.

[22] **Karaca, C., Karacan, H.** (2016). Çoklu Regresyon Metoduyla Elektrik Tüketim Talebini Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi, SUJEST, v.4, n.3, 2016, ISSN: 2147-9364 (Elektronik)

[23]**TÜİK**, Net Elektrik Tüketiminin Sektöre Göre Dağılımı http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1029

[24]**URL-2:** <*https://www.epias.com.tr/gun-oncesi-piyasasi/eslestirme*>,Alındığı tarih: 12.11.2016

[25]**EPİAŞ** (2016).Gün içi Piyasası Kullanıcı Kılavuzu, https://www.epias.com.tr/wp-content/uploads/2016/10/G%C4%B0P-KULLANICI-KILAVUZU_12.10.16.pdf

[26] **Bilmez, A.** (2015).Enerji İşleri Genel Müdürlüğü Bülteni, Sayı:7, Sayfa:72

[27] **Damm, A., Köberl, J., Prettenthaler, F., Rogler, N. And Töglhofer, C.** (2016).Impacts Of +2 C Global Warming On Electricity Demand İn Europe, Energy And Society, Leonhardstrasse 59, 8010 Graz, Austria

[28] **Pilli-Sihvola, K., Aatola, P., Ollikainen, M., Tuomenvirta, H.,** (2010).Climate Change And Electricity Consumption—Witnessing İncreasing Or Decreasing Use And Costs? Energy Policy 38, 2409–2419. http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2009.12.033. Greater China Energy: Special Section with regular papers.

[29] **Eskeland, G.S., Mideksa, T.K.** (2010). Electricity Demand İn A Changing Climate. Mitigation Adaptation Strategies Global Change 15, 877–897. http://dx.doi.org/10.1007/s11027-010-9246-x.Eurostat, 2014. NUTS-3 population

[30] **Mirasgedis, S., Sarafidis Y.** (2007). Modeling framework for estimating impacts of climate change on electricity demand at regional level: Case of Greece, Energy Conversion and Manangment 48, 1737-1750

[31] **Öztemel, E.** (2012)..Yapay Sinir Ağları (3. Bs.). İstanbul:Papatya Yayıncılık.

[32] **URL-3** <*http://bm.bilecik.edu.tr/Dosya/Icerik/* >, Alındığı tarih: 12.11.2016

[33] **Krenker, A., Bester, J., Kos, A.** (2002).Artificial Neural Networks - Methodological Advances and Biomedical Applications: Introduction to the Artificial Neural Networks, Alındığı tarih: 22.10.2016, adres: http://goo.gl/JtrS9M

[34] **Arslan, A., ve İnce, R.** (1996).The Neural Network Approximation to The Size Effect in Fracture of Cemetitious Materials, Engineering Fracture Mechanics, Vol 54, No 2, 249-261

[35]**Gör, İ** (t.y.). Çok Katmanlı Algılayıcı Yapay Sinir Ağı ile Lineer Diferansiyel Denklem Sisteminin Çözümü, Adnan Menderes Üniversitesi, Matematik Bölümü, Aydın

[36] **Peak, J.E.** (1991). Neural Network Methologies and their Potential Application to Cloud Pattern Recognition. Alındığı tarih: 23.02.2015, adres: <http://goo.gl/5SJmNf>

[37] **URL-4** <*http://ilhanumut.trakya.edu.tr/mlp.pdf*>, alındığı tarih 20.11.2016

[38]**Kakıcı, A.**(2009).Yapay Sinir Ağların sınıflandırılması, http://ahmetkakici.github.io/yapay-sinir-aglari/yapay-sinir-aglarinin-siniflandirilmasi//

[39] **Yavuzdemir, M.**(2014).Türkiye'nin Kısa Dönem Yıllık Brüt Elektrik Enerjisi Talep Tahmini, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, Ankara

[40] **Akın, E.**(2010).Hane Halkları Elektrik Talebi, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Denizli

[41]**URL-5**< *http://terrasus.com/detail.jsp?articleID=401*>,Alındığı tarih: 12.11.2016

[42]**URL-6** <*http://www.mfa.gov.tr/turkiye_nin-enerji-stratejisi.tr.mfa*>, Alındığı tarih: 12.11.2016

[43]**URL7**<*http://www.epdk.org.tr/TR/Dokumanlar/Petrol/YayinlarRaporlar/Aylik*>, Alındığı tarih: 12.11.2016

[44] **T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu.** (2016). Elektrik Piyasası 2015 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, Ankara

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad **:**Beytiye Derya AYDIN

Doğum Tarihi ve Yeri **:** 16.04.1990, Erdek/BALIKESİR

E-posta **:** aydiinderya@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** **:** 2013, İstanbul Teknik Üniversitesi, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2014- (devam) APlus Enerji Danışmanlık Yatırım Danışmanlık Teknoloji'de sayısal analist olarak çalışmaya devam etmekte.
- 2013-2014 yılları arasında 'Hava Kirliliği ve Meteorolojik Modellerin Online Entegrasyonu' projesinde görev aldı.
- 2013 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi'nde lisans eğitimini tamamladı.

DİĞER YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- 16th European Meteorological Society, Trieste – September 2016 Sıcaklık İndeksi Kullanarak Ulusal Yük Tahmini Doğruluğunu Arttırma
- VII. Atmospheric Science Symposium, Istanbul – April 2015 Isınma ve Soğuma Derece Günlerin Elektrik Tüketimine Etkisi
- 14th European Meteorological Society, Prague - October 2014 Meteorolojik Değişkenlerin İstanbul Hava Kirliğine Etkisi