İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

ANKARA İLİ DOĞAL GAZ TÜKETİMİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE ÖNGÖRÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Burak TAŞKINER

Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı
Enerji Bilim ve Teknoloji Programı

HAZİRAN 2018

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

ANKARA İLİ DOĞAL GAZ TÜKETİMİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE ÖNGÖRÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Burak TAŞKINER
301071008

Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı
Enerji Bilimi ve Teknoloji Programı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Burak BARUTÇU

HAZİRAN 2018

İTÜ, Enerji Enstitüsü'nün 301071008 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Burak TAŞKINER, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "ANKARA İLİ DOĞAL GAZ TÜKETİMİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE ÖNGÖRÜSÜ" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı :	**Dr. Öğr. Üyesi Burak BARUTÇU** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
Jüri Üyeleri :	**Doç. Dr. Ömer İnanç TÜREYEN** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
	Doç. Dr. Burcu ERKMEN Yıldız Teknik Üniversitesi	.....

Teslim Tarihi : 04 Mayıs 2018
Savunma Tarihi : 05 Haziran 2018

ÖNSÖZ

Tez çalışmam süresince göstermiş olduğu desteği, önerileri ve rehberliği için ve tez danışmanın Dr. Öğr. Üyesi Burak BARUTÇU'ya teşekkürlerimi sunarım.

Tüm tez çalışmam boyunca göstermiş olduğu sabır ve destek için eşim Ayşe Gökçen Kavaz'a ve tüm hayatım boyunca her zaman yanımda olan ve desteklerini her zaman hissettiren anneme, babama ve kardeşime teşekkür ederim.

Tez çalışmam da her türlü desteği bilgi ve birikimini paylaşan değerli Başkent Doğal Gaz Dağıtım GYO A.Ş. deki mesai arkadaşlarıma, ayrıca yüksek lisans eğitim süresince desteklerini esirgemeyen Aksa Doğal Gaz Dağıtım A.Ş. yöneticilerine teşekkür ederim.

Mayıs 2018

Burak TAŞKINER
Makina Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **V**
İÇİNDEKİLER ..... **Vİİ**
KISALTMALAR ..... **İX**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **Xİİİ**
ÖZET ..... **XV**
SUMMARY ..... **XVİİ**
1. GİRİŞ **1**
2. DOĞAL GAZ **5**
2.1 Doğal Gaz Piyasası 7
2.1.1Dünyada doğal gaz piyasası 7
2.1.2Dünyada doğal gaz kullanımı 10
2.1.3Türkiye'de doğal gaz piyasası 11
2.1.4Ankara'da doğal gaz kullanımı 20
3. TALEP TAHMİNİ **21**
3.1 Talep Tahmini Prensipleri 22
3.2 Talep Tahmini Yöntemleri 23
3.2.1Regresyon analizi 23
3.2.2Zaman serileri analizi 25
3.2.2.1 Basit ortalamalar yöntemi 26
3.2.2.2 Hareketli ortalamalar yöntemi 26
3.2.2.3 Son dönem talebi yöntemi 27
3.2.2.4 Üstel düzeltme yöntemi 27
3.2.2.5 Box-Jerkins yöntemi 27
3.2.2.6 Otoregresif hareketli ortalamalar (AR-MA) yöntemi 27
3.2.2.7 Otoregresif entegre hareketli ortalamalar (ARIMA) yöntemi 29
4. YAPAY SİNİR AĞLARI **31**
4.1 Yapay Sinir Ağlarının Tarihçesi 31
4.2 Yapay Sinir Ağlarının Genel Özellikleri 33
4.3 Yapay Sinir Ağlarının Kullanım Alanları 34
4.4 Yapay Sinir Ağlarının Mimarileri 34
4.5 Yapay Sinir Hücresinin Matematiksel Modeli 39
4.6 Yapay Sinir Ağları Öğrenme Stratejisi 41
5. YAPAY SİNİR AĞLARI İLE TÜKETİM TAHMİNİ **43**
5.1 Ankara Bölgesi İçin Doğal Gaz Öngörüsü 43
5.2 Doğal Gaz Tüketimine Etki Eden Parametreler 44
5.2.1Abone sayısı 44
5.2.2Meteorolojik parametreler 44
5.2.2.1 Sıcaklık 45
5.2.2.2 Nem 47
5.2.2.3 Hissedilen sıcaklık 48
5.2.3Isıl değer 49
5.3 Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi 49

5.4 Çalışmada Kullanılan Yapay Sinir Ağı Yapısı Ve Mimarisi 50
5.4.1Yapay sinir ağlarının eğitilmesi ve test edilmesi 51
5.4.2Levenberg-Marquardt metodu ile ileri beslemeli YSA eğitimi 51
5.4.3Yapay sinir ağlarının test edilmesi ve performans kriteri 52
5.5 Yapay Sinir Ağı Uygulaması 53
6. SONUÇ 59
ÖZGEÇMİŞ 67

KISALTMALAR

ADALINE : Adaptif Lineer Nöron
AIC : Akaike Enformasyon Kriteri
AR : Otoregressive
ARIMA : Otoregresif Entegre Hareketli Ortalamalar
ARMA : Otoregresif Hareketli Ortalamalar
ART : Adaptif Resonans Teorisi
BBS : Bağımsız Birim Sayısı
BOTAŞ **:** Boru Hatları ile Petrol Taşıma Anonim Şirketi
CNG : Sıkıştırılmış Doğal Gaz
ÇKA : Çok Katmanlı Algılayıcılar
DPK : Doğal Gaz Piyasası Kanunu
EİE **:** Elektrik İşleri Etüt İdaresi
EKK : En Küçük Kareler
EPDK **:** Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
EPİAŞ **:** Enerji Piyasası İşletme A.Ş.
ETKB **:** Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
GKT : Genel Kareler Toplamı
HKT : Hata Kareler Toplamı
LM : Levenberg-Marquardt
LNG **:** Sıvılaştırılmış Doğal Gazı
LPG **:** Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
MA : Hareketli Ortalama
MADALINE : Çok Katmanlı Adaptif Lineer Nöron
MGM : Meteoroloji Genel Müdürlüğü
NS : Nöron Sayısı
OECD : Ekonomik Kalkınma ve İş Birliği Örgütü
PİGM : Petrol İşleri Genel Müdürlüğü
S.S.C.B. : Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği
ŞİD : İletim Şebekesi İşleyiş Düzenlemelerine İlişkin Esaslar
TKA : Tek Katmanlı Algılayıcılar
TP : Türkiye Petrolleri
TÜMAS : Türkiye Meteorolojik Veri Arşiv Sistemi
RKT : Regresyon Kareler Toplamı
YSA : Yapay Sinir Ağı

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1: Yakıtların ısıl değerleri. 6
Çizelge 2.2: Isıtmada kullanılan yakıtların karşılaştırılması. 6
Çizelge 2.3: Dünya Kaya Gazı Rezervleri (WER,2016). 9
Çizelge 2.4: 2016 yılında Türkiye'de çıkarılan doğal gaz miktarı. 11
Çizelge 2.5: 2013-2016 Yılları Arasında, Doğal Gaz İthalatı Gerçekleştiren Şirketlerin Payları (EPDK,2016). 12
Çizelge 2.6: 2006-2016 Yılları Doğal Gaz Toplam İthalat Miktarları. 13
Çizelge 2.7: Sektörel Bazda Doğal Gaz Tüketim Miktarları. 19
Çizelge 5.1 :Yapay sinir ağında kullanılan parametreler. 54
Çizelge 5.2:Tanjant Sigmoid ve Logaritmik Sigmoid karşılaştırması. 57

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1:Dünya doğal gaz rezervleri. 7
Şekil 2.2: Doğal gaz rezervleri. 8
Şekil 2.3: Dünya doğal gaz tüketimi. 10
Şekil 2.4.:Yıllara göre Türkiye'de üretilen doğal gaz miktarı. 12
Şekil 2.5: İthal edilen doğal gazın ülkelere göre dağılımı. 13
Şekil 2.6: İthal edilen doğal gazın şirketlere göre dağılımı. 14
Şekil 2.7: Türkiye'de elektrik üretiminde doğal gazın payı. 14
Şekil 2.8: Botaş doğal gaz iletim hatları. 17
Şekil 2.9: Mevcut ve yapılması planlanan doğal gaz iletim hatları. 18
Şekil 2.10: 2016 itibariyle abone serbest tüketici oranları (EPDK,2016). 19
Şekil 4.1: Tek katmanlı ileri beslemeli yapay sinir ağı (Haykin,1999). 36
Şekil.4.2: Çok katmanlı ileri beslemeli yapay sinir ağı (Haykin,1999). 36
Şekil 4.3: Yinelenen yapay sinir ağları (Haykin,1999). 37
Şekil 4.4: Yinelenen gizli katmanlı yapay sinir ağları (Haykin,1999). 38
Şekil 4.5: Öz ilişkili yapay sinir ağı. 38
Şekil 4.6: Çok giriş tek çıkışlı yapay sinir ağı. 39
Şekil 4.7: Yapay sinir hücresi mimarisi. 40
Şekil 4.8: Aktivasyon fonksiyonları. 41
Şekil 5.1: Ankara ili yıllara göre tüketim değişimi. 44
Şekil 5.2: Ölçülen ve tahmin edilen minumum sıcaklık değerleri. 45
Şekil 5.3: Ölçülen ve tahmin edilen maksimum sıcaklık değerleri. 45
Şekil 5.4: Ölçülen ve tahmin edilen ortalama sıcaklık değerleri. 46
Şekil 5.5: Ölçülen ve tahmin edilen sıcaklıkların hata grafiği. 46
Şekil 5.6: Nem oranı ile doğal gaz tüketimi arasındaki ilişki. 47
Şekil 5.7: Hissedilen Sıcaklık ile tüketim arasındaki ilişki. 48
Şekil 5.8: Tahmin edilen ile gerçekleşen tüketim değerlerinin karşılaştırılması (Çoklu doğsusal regresyon). 49
Şekil 5.9: Tahmin edilen ile gerçekleşen tüketim değerlerinin karşılaştırılması (Çoklu doğsusal regresyon). 50
Şekil 5.10: Yapay sinir ağlarının yapısı. 50
Şekil 5.11: Log-sigmoid fonksiyonu nöron saysı hata ilişkisi. 54
Şekil 5.12: Tahmin edilen ile gerçekleşen tüketim değerlerinin karşılaştırılması (log-sig). 55
Şekil 5.13: Tahmin edilen ve geçrçekleşen tüketim değerlerinin karşılaştırılması (log-sig). 55
Şekil 5.14: Tan-sigmoid fonksiyonu nöron saysı hata ilişkisi. 56
Şekil 5.15: Tahmin edilen ile gerçekleşen tüketim değerlerinin karşılaştırılması (tan-sig). 56
Şekil 5.16: Tahmin edilen ve geçrçekleşen tüketim değerlerinin karşılaştırılması (tan-sig). 56

ANKARA İLİ DOĞAL GAZ TÜKETİMİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE ÖNGÖRÜSÜ

ÖZET

Enerji insanlık tarihinden günümüze kadar toplumların gelişmesinde ve sosyal yaşamlarında etkili olan en önemli etkenlerden biridir. Günümüz dünyasında enerji ihtiyacı petrol, doğal gaz, kömür gibi fosil yakıtların haricinde rüzgar, güneş, biyokütle, jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından da karşılanmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili yatırımlar son yıllarda hızlanmış dahi olsa da hala dünyada kullanılan enerjinin %86'sı fosil yakıtlardan sağlanmaktadır. Dünyada enerji kaynaklarının kullanımında 1. sırada petrol gelmektedir. Petrolü kömür ve doğal gaz izlemektedir.

Petrol, doğal gaz, kömür gibi kaynaklar, dünyaya eşit olarak dağılmamış olması ve sürekli olarak artan bir talebe sahip olmaları sebebiyle çok yüksek ekonomik ve stratejik değere sahiptirler. Bu sebeplede üretim ve satış süreçlerinde gerek devletler gerekse şirketler düzeyinde bir çok oyuncu bulunmaktadır.

Türkiye, artan nüfusu ve gelişen ekonomisi ile sürekli olarak büyüyen bir enerji talebine sahiptir. Bulunduğu coğrafi konum gereği bir çok enerji tedarikçesine yakın olmasına karşın kendi sınırları içerisinde yeterli kaynağa sahip değildir. Bu sebeple enerji kaynakları bakımından dışa bağımlı bir ülkedir. Son yıllarda yapımı kısmi olarak gerçekleşen depolama tesisleri ile doğal gaz arz güvenliği bir nebze olsa da sağlanmaya çalışılmaktadır Türkiye'de enerji kaynakları kullanımında birinci sırada doğal gaz bulunmaktadır. Büyük çoğunluğu yurt dışından tedarik edilen doğal gazın talep tahmini ekonomik ve stratejik gerekçelerle büyük önem taşımaktadır. Tedarik edilen gazın hatalı tahmini durumunda, tahmin edilen gaz miktarından daha fazla gaza ihtiyaç duyulması halinde uluslar arası sözleşmeler kapsamında cezalı fiyatlar üzerinden ilave olarak ihtiyaç duyulan gaz tedariği gerçekleşebilir. Bu yaptırımlar uluslar arası tedarikçiler üzerinden diğer toptan doğal gaz şirketlerine de yansımaktadır. Eğer ihtiyaçtan fazla gaz talebi yapılırsa da kullanılmayan gazın bedeli ödenmek zorunda kalınabilir. Bu durumda oluşabilecek fark bedel yine uluslar arası tedarikçiler tarafından toptan doğal gaz ticareti yapan şirketlere veya dağıtım şirketlerine yansıtılabilir. Bu sebeple doğal gaz ticaretinin her aşamasında tüketim tahmini oldukça önem arz etmektedir.

Bu çalışma kapsamında Ankara iline doğal gaz tüketiminin yapay sinir ağları ile ön görüsü yapılmıştır. Doğal gaz tüketim talebi bölgesel gaz dağıtımı yapan dağıtım şirketleri içinde yatırım planlama, işletmesel öngörüler gibi sebeplerle oldukça önemlidir.

Doğal gaz dağıtımı, EPDK tarafından dağıtım lisansı verilmiş şirketler tarafından yürütülmektedir. Dağıtım lisansı verilirken aynı zaman ilgili şirkete dağıtım sınırları da EPDK tarafından bildirilmektedir. Bu sebeple bu çalışmada Başkent Doğal Gaz Dağıtım GYO A.Ş. lisans sınırları içerisinde bulunup 2014-2017 yılları arasındaki tüketim değerleri kullanılmıştır. Türkiye doğal gaz piyasında iki farklı doğal gaz tüketicisinden bahsedilebilir. Bunlar serbest ve serbest olmayan tüketicilerdir. Serbest olmayan tüketiciler genel olarak belirli tüketimin altındaki konut tüketicileridir. Bu çalışmada, büyük tüketimler gerçekleştiren mal ve hizmet üreten tesisler yani serbest tüketiciler dışında kalan tüketci türünün verilerinden faydalanılmıştır.

Yapay sinir ağları öğrenme yetenekleri, yüksek hata toleransları, eksik veriyle işlem yapabilme özellikleri, doğrusal olmayan problemleri kolayca çözebilme becerileri sebebiyle talep tahmini süreçlerinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Yapay sinir ağlarının öğrenme süreçleri örneklerin ağa tanıtılması üzerinden yapılır. Ağa girdi olarak verilen örnek dataların çıktı ile karşılaştırılması yöntemi ile öğrenme süreci gerçekleşir. Örnekler sayesinde öğrenme işleminin tamamlanmasının test dataları ile ağı test edebiliriz. Test sonuçlarının başarılı olması sonrasında yapay sinir ağı tahmin gerçekleştirmek için hazır hale gelmektedir.

Yapılan çalışma kapsamında yapay sinir ağına girdi olarak nem, ortalama sıcaklık tahmini, minumum sıcaklık tahmini, maksimum sıcaklık tahmini, hissedilen minumum sıcaklık tahmini, hissedilen maksimum sıcaklık tahmini, BBS (Bağımsız Birim Sayısı) ve ısıl değer verilmektedir. Çıktı kısmında ise tüketim bulunmaktadır. Girdi verilerinden hissedilen sıcaklık datası, matematiksel formuller yardımıyla sıcaklık tahmini verilerinden türetilmiştir. Tahmin yaparken ileriki bir tarihte gerçekleşmesi beklenen tüketim değeri için çalşma yapılıyor olması sebebiyle meteoroloji verilerinde ölçülen değil tahmin edilen sıcaklık değerleri kullanılmıştır.

Yapay sinir ağlarında kullanılan veriler 2014-2017 yıllarını kapsamaktadır. Sıcaklık ve nem verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğünden tedarik edilmiş olup, Bağımsız Birim Sayısı (BBS), ısıl değer ve tüketim değerleri ise Başkent Doğal Gaz Dağitım GYO A.Ş. ‘den tedarik edilmişir. Bu verilerin 2014-2016 yılları arasındaki datalarını yapay sinir ağını eğitmek için kullanılmıştır. 2017 yılı verisi ise ağın testi için kullanılmıştır.

Oluşturulan yapay sinir ağında öncelikli olarak sıcaklık tahmin verilerinin doğal gaz tüketim tahmini üzerindeki etkisi incelenmiştir. Ayrıca iki farklı aktivasyon fonksiyonunu deneyerek en iyi sonucu verecek olan yapay sinir ağının tespiti yapılmıştır.

PREDICTION OF NATURAL GAS CONSUMPTION IN ANKARA REGION USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

SUMMARY

Energy has been an important factor in terms of development and social structure of societies throughout history. Today, energy demand is met by a variety of resources namely, petroleum, natural gas, coal, wind, solar and geothermal energy sources. As a result of the technological developments in renewable energy field, the share of renewable energy supply in overall sum has increased in the previous years. In spite of this fact, today approximately 86% of energy demand of the world is still met by fossil energy resources. Although the use of renewable energy sources have advantages especially in sustainability and environmental aspects, with today's technology they are not enough to met the whole demand of the world. The majority of the energy demand is met by fossil fuels all around the world. Petroleum is the most widespread energy resource in the world and coal and natural gas come after it.

As the distribution of energy resources of petroleum, natural gas and coal cannot be found in the world in a balanced amount and the demand for them countinuously increases, they have a substantial amount of economical and strategical value. Therefore, conversion and sales operation of them attracts many countries as well as companies.

Turkey has an increasing energy demand due to its increasing population and developing industral activities. Although geographical location of Turkey makes it closer to many energy suppliers, it does not have a notable amount of fossil energy resources. Therefore, it is foreign-dependant in terms of energy supplies. The energy storage efforts in the last years resulted in a partially secure supply of natural gas. Natural gas is the leading energy supply in Turkey. Most of it is imported from neighboring countries. The demand estimation of natural gas is crucial for economical and strategical reasons.

Prediction of natural gas consumption in advance is required for various reasons. First of them is that storage of natural gas is possible only for limited amounts. Therefore, to prevent any problems that can be caused by deficiency of natural gas, the amount required must be known. Secondly, if the purchased amount of it is more than necessary, it would be a disadvantage for financial aspects. In case of a faulty demand prediction where more than the amount specified in the commercial agreement is required additional natural gas can be reached. According to the international contracts, supply of the additional natural gas can be purchased by penalized natural gas fees. These penalized costs are also applied to the natural gas wholesale trade companies.

On the other hand, if the predicted demand is more than the actual required amounts, the companies are charged with redundant costs. Due to these reasons, successful demand prediction of natural gas is an important factor from all aspects of natural gas management processes.

The distribution of natural gas is realized by the companies which are licensed by EMRA. During the licensing process, distribution regions for each company is also described by EMRA. In Turkish natural gas sector, two main natural gas consumer types exist. One of them is domestic customers and the other one is business organizations. In this work the data belong to the domestic customers were used.

In this thesis study, natural gas demand of Ankara was estimated using Artificial Neural Networks. Natural gas demand estimation is also a required process for regional natural gas distribution companies for investment planning and prediction of operational processes.

Artificial Neural Networks are widely used in estimation studies due to their learning capabilities, high performance in non-linear systems, and tolerance to missing and noisy data. Learning process of Artificial Neural Networks is realized by supplying former input and output data related to the target system. By deciding the inputs of the system and forming a suitable network structure, they become capable of forming a relation between inputs and outputs of the system. The trained network then is fed by test data which have not been used in the training process, and performance of network is evaluated. If the perfomance of the system meets the requred criteria, the network can be used in the future prediction processes.

Amongst the types of Artificial Neural Neworks, Back Propagation Neural Networks with multilayer architectures were used in this reseach. In Back Propagatiion Neural Networks, the information flows from inputs to outputs whereas error propagates from outputs to inputs. One input, one hidden and one output layers were used to generate the Artificial Neural Network structures.

To determine the parameters that have affect on output of the system is an important part of these kind of studies. In this study, the inputs of the system were determined as minimum temperature prediction, average temperature prediction, maximum temperature prediction, humidity, sensed minimum temperature prediciton, sensed maximum temperature prediciton, number of users and calorific values. The output of the system is natural gas consumption. Sensed temperature data in the input set was calculated from predicted temperatture data.

Data used in the networks formed belong to the years between 2014-2017. Temperature and humidity values were taken from Turkish State Meteorological Service, number of users, calorific values and consumption data were taken from Baskent Natural Gas Distribution A.S. Data between 2014-2016 were used for training of the networks and data of 2017 were used for testing the network performances.To obtain a network model with high performance, various Artificial Neural Networks were generated. Different neuron numbers were tried in the hidden layer and the type of activation functions were also changed. Multiple trials with random initial weights were made to ensure that models do not stuck in local minimum values. The differences between the actual demands and the outputs of Neural Networks were calculated and based on the evaluation of these values, networks with the highest performances were detected.

The performances of the networks were compared and the best network was selected based on evaluating the performances of all of the networks produced. Moreover, to compare the performance of Artificial Neural Networks with linear modeling approach, multilinear regression analysis was also realized in the scope of this research. The results show that, successful outputs for the prediction of natural gas demand were obtained using Artificial Neural Networks.

.

1. GİRİŞ

Enerji arz ve talep durumu, yaşam konforundan, sanayi ve üretim gelişmesine kadar bir çok sosyo ekonomik etmen üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir. Bu güçlü etki enerji kaynaklarını stratejik bir unsur haline getirmekte ve ülkelerin politikalarında belirleyici bir parametre olmaktadır. Dünya da nüfus ve gelir artışına bağlı olarak enerji tüketimi de hızla artmaktadır ve bu enerji ihtiyacını karşılamak için kullanılan birçok enerji kaynağı bulunmaktadır. Petrol, doğalgaz, kömür gibi fosil kaynakların yanı sıra rüzgar, güneş, jeotermal, biyokütle gibi yenilenebilir enerji kaynakları da kullanılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarına yoğun bir ilgi olmasına karşın dünyada ki enerji ihtiyacının %86'sı fosil yakıtlardan karşılanmaktadır (WEC, 2016).

Dünya da birincil enerji tüketiminde ilk sırayı %33 ile Petrol alırken, ikinci sırada kömür ve üçüncü sırada %23,85 ile doğal gaz yer almaktadır (WEC, 2016). Ülkemizde ise birincil enerji tüketiminde doğal gaz ilk sırada yer almaktadır ve ağırlıklı olarak elektrik üretiminde kullanılmaktadır. 2016 yılında ülkemizde üretilen elektriğin %32,1'i doğal gaz/LNG santrallerinden sağlanmıştır. Doğalgaz tüketiminin sektörlere göre dağılımı incelendiğinde ise birinci sırada enerji dönüşüm ve çevrim santralleri, ikinci sırada sanayi sektörü, üçüncü sırada ise konutlar yer almaktadır (ETKB, 2017).

Türkiye ilk kez 1970 yıllında Kırklareli'nde bulunan doğalgaz rezerviyle birlikte doğalgaz ile tanışmış, sonrasında BOTAŞ tarafından 1983 senesinde doğal gaz talebi ve tahmini hakkında çalışma yapılmıştır. Eylül 1984 yılında ise SSCB ile doğal gaz alımını ön gören çerçeve anlaşma imzalanmıştır. 1986 yılında ise BOTAŞ ile SSCB, Soyuz Eksport Kuruluşu arasında 25 yıllık süreli ve 1990'lı yıllar içinde yılda 5-6 milyar m^3 'e ulaşması öngörülen doğal gaz alımını konu alan anlaşma imzalanmıştır. Bu anlaşmalar sonrasında 1988 yılında Bulgaristan sınırından Ankara'ya kadar 842

km boru hattı inşası gerçekleşmiştir (TMMOB, 1996). Sonrasında ilk olarak Ankara'da şehir içi doğalgaz dağıtımı yapılmış olup, burayı İstanbul, Bursa ve Eskişehir izlemiştir.

Doğal gazın temiz bir yakıt olması, is, kül gibi insan sağlığını tehdit eden zararlıların oranlarının ihmal edilebilir düzeyde olması, son kullanıcı için depolama ve nakliye gibi problemlerinin olmaması, kullanımının kolay olması gibi avantajları sebebiyle doğal gaz kullanımı ülke genelinde hızla yaygınlaşmıştır. Ancak ülkemizin kısıtlı olan doğalgaz rezervleri mevcut doğalgaz talebini karşılamaya yetmemekte ve ithalat yoluna gidilmektedir. 2016 yılı itibarıyla 367,28 milyon m^3 doğal gaz ülkemizde üretilmiş olup, 446.532 milyon m^3 doğal gaz ise ithal edilmiştir. İthal edilen gazın %53'ü Rusya'dan sağlanmıştır. Rusya'yı İran ve Azerbaycan izlemektedir (EPDK, 2016).

Türkiye'nin doğal gaz arzını karşılamaya yönelik Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu (EPDK) toptan satış lisansı almış tüzel kişiler bulunmaktadır. 2016 yılında Türkiye'nin doğal gaz ihtiyacının %80'i BOTAŞ, %19'u diğer ithalat lisansı sahibi şirketler, %1' ini ise üretim gerçekleştirilen toptan satış şirketlerince karşılanmıştır. (EPDK, 2016) Türkiye'nin doğal gaz arzı ağırlıklı olarak ithalata bağlı olması sebebiyle lisans sahibi şirketler, tedarikçi olan başka ülke şirketleriyle anlaşmalar imzalamaktadır ve bu anlaşmaların süreleri oldukça uzundur. Ayrıca bu anlaşmalar kapsamında alım yapacakları gaz miktarını da tedarikçi şirketlere bildirerek, taahhüt vermeleri gerekmektedir. Taahüt edilen gazın alınamamsı durumunda ciddi cezayi yükümlülükler doğmakta olup, lisans sahibi firmalar bu cezai hükümleri de kendi müşterileri olan üçüncü şahıslara sözleşmelerinde yansıtmaktadırlar. Bu sebeple doğru yapılamayan tahminler ve bu tahminlere bağlı taahütler tüm doğalgaz piyasasını etkileyerek ciddi ticari kayıplara sebep olacaktır.

Büyük ölçüde dışa bağlı olan ve son yıllarda ilave yatırımlarla artırılmaya çalışılsa da halen kısıtlı seviyelerde olan depolama kapasitemiz sebebiyle verimli bir doğalgaz piysası için doğru talep tahmininin yapılması önem arz etmektedir. Doğru yapılacak talep tahminleri sayesinde ön görülebilir bir piyasa oluşarak yatırım ve fiyatlama süreçleri doğru ve güçlü şekilde gelişebilecektir.

Doğalgaz talep tahmini için literatürde çeşitli yöntemlerle yapılmış çalışmalar bulunmaktadır. Çalışmalarda dünya, ülke, bölge, doğalgaz dağıtım şirketlerinin

dağıtım alanları ve bireysel kullanıcılar seviyesinde farklı hedef bölgesi seçimleri yapılmıştır. Tahmin aralığı olaraksa saatlik, günlük, aylık ve yıllık gibi çeşitli zamanlar kullanılmıştır (Faramawy ve diğ., 2016), (Soldo,2012). Tüketim değerleri tahmini hesaplamalarında kullanılan başlıca yöntemler; yapay sinir ağları, genetik algoritmalar, sinirsel-bulanık tahmin sistemleri ve destek vektör makinaları olarak sıralanabilir (Szoplik, 2015), (Zhu ve diğ., 2015), (Panapakidis ve Dagoumas, 2017).

Bu çalışmada yapay sinir ağları kullanılarak Ankara ilinin günlük doğal gaz tüketim tahminin yapılması hedeflenmiştir. Yapay sinir ağları (YSA) örnekler yardımıyla olaylar arasındaki ilişkileri öğrenerek daha sonrasında hiç görmediği örnekler hakkında öğrendikleri bilgileri kullanarak karar verip sonuç elde eden sistemlerdir. YSA'lar bilinen ve yaygın kullanılan hesaplama yöntemlerinden farklı bir hesaplama yöntemi kullanmaktadır. Eksik bilgi ile işlem yapabilen, belirsizlikler altında karar verebilen, hata toleransı yüksek olan YSA'ların hayatın birçok alanında başarılı uygulamaları bulunmaktadır (Öztemel,2012).

Çalışmada oluşturulan yapay sinir ağlarının eğitimi ve test edilmesi amacıyla Ankara ili 2014-2017 yılları arasında ki girdi çıktı verileri kullanılmıştır. 4 yıllık verinin 3 yıllık kısmı ağları eğitmek için kullanılacak olup 1 senelik kısmı ise test amaçlı kullanılacaktır. Test sonuçları farklı performans kriterleriyle ölçülerek Ankara ili için en uygun yapay sinir ağının tespiti hedeflenmiştir.

2. DOĞAL GAZ

Doğal gaz ilk olarak M.Ö 500 yılında Çin'de kullanılmaya başlanmıştır. Yer altından çıkan gazın yanabilir olduğunun tespitinin ardından bambu kamışları yardımıyla bu gazı başka yerlere taşıyarak yerleşim yerlerinde de kullanmaya başlamışlardır. İlk dönemlerde deniz suyunu ısıtarak içme suyu elde ettikleri bilinmektedir.Doğal gaz ilk olarak şehir aydınlatmalarında kullanılmış olup 1785 senesinde İngiltere'de ve 1816 senesinde Amerika'da kömür madenlerinden elde edilen doğal gaz ile bu kullanım karşılanmıştır. Ancak kömür yataklarından elde edilen doğal gaz, günümüzde yaygın kullanılan doğal gaz kadar verimli, temiz ve çevre dostu değildir. 1859 senesinde ilk yer altı doğal gaz kuyusu sondaji başarılı bir şekilde Amerika'da yapılmıştır. 1891 yılında ise doğal gazın boru hatları ile taşınması gerçekleşmiş olup, sonrasında ise doğalgazın hızla yaygınlaşması, konut ve sanayi de kullanımı başlamıştır (Beşergil,2009).

Doğal gazın rezervuardan ilk çıktığı haline ham doğal gaz denir. İçerisinde ağır hidrokarbonlar, su buharı, hidrokarbon olmayan gazlar ve bazen sülfür içerir, ham doğal gaz bu haliyle kullanıma uygun değildir, kullanılabilir hale gelmesi için bir çok işlemden geçer. Kulanılabilir hale gelen doğal gaz, metan, etan, propan, bütan, pentanve heksan karışımıdır. İlave olarak az miktarda CO_2 , helyum, hidrojen sülfür ve nitrojen içerir(Beşergil,2009).

Doğal gaz temiz, çevreci bir yakıt olması ve işletmesel kolaylıklar sağlaması sebebiyle tüm dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır.ayrıca doğal gaza rakip veya alternatif yakıtlarda bulunmaktadır. Bu yakıtların doğal gaz ile karşılaştırılması da çizelge 2.1'de verilmiştir (Url-1).

Kömür, fuel oil gibi diğer fosil yakıtlar yanma sonrasında, sera gazları olarak da bilinen karbonmonooksit (CO), metan (CH_4), azotoksit (NO_x), kükürtdioksit (SO_2),

partikül maddeler oluşmaktadır. Doğal gazın, diğer fosil yakıtlara göre bu tür zararlı madde sallınımı çok daha düşüktür. İlgili karşılaştırma çizelge 2.2 de gösterilmektedir.

Çizelge 2.1: Yakıtların ısıl değerleri.

Yakıt Tipi		Birim	Isıl Değerler	
			Üst Isıl Değer	Alt Isıl Değer
Gaz Yakıtlar	Kömür Gazı	Kcal/m^3	4300	3900
	LPG	Kcal/kg	11800	10600
	LPG	Kcal/litre	6000	5400
	Doğal Gaz	Kcal/m^3	9155	8200
Sıvı Yakıtlar	Benzin	Kcal/kg	11200	10500
		Kcal/litre	8400	7900
	Mazot	Kcal/kg	10900	10100
		Kcal/litre	9200	8500
	Hafif Fuel-Oil	Kcal/kg	10400	9800
		Kcal/litre	9700	9100
	Ağır Fuel-Oil	Kcal/kg	10100	9400
		Kcal/litre	9900	9200
Katı Yakıtlar	Taş Kömürü (maks)	Kcal/kg	7300	7100
	Taş Kömürü (ort)	Kcal/kg	6400	6100
	Linyit Yüksek Kalite	Kcal/kg	5100	4800
	Düşük Kalite	Kcal/kg	3200	2500
	Petrol Koku	Kcal/kg	8000	7900
	Endüstriyel Kok	Kcal/kg	6700	6500
	Odun	Kcal/kg	3800	3400

Çizelge 2.2: Isıtmada kullanılan yakıtların karşılaştırılması.

	Kömür	Fuel-Oil	Doğal Gaz
Karbon Oranı (%)	77,40	84,58	73,98
Hidrojen Oranı (%)	1,40	10,90	24,57
Kükürt Oranı (%)	1,00	4,00	-
Kül Oranı (%)	8,00	-	-
Nem Oranı (%)	7,00	-	-
Isıl Değeri kJ/kg-kcal/kg	29.600-7.080	39.220-9.380	49.085-11.780
Baca Gazındaki SO_2 Oranı (ppm)	1,64	5,50	-
Hava fazlalığı	1,40-2,00	1,20-1,30	1,05-1,10

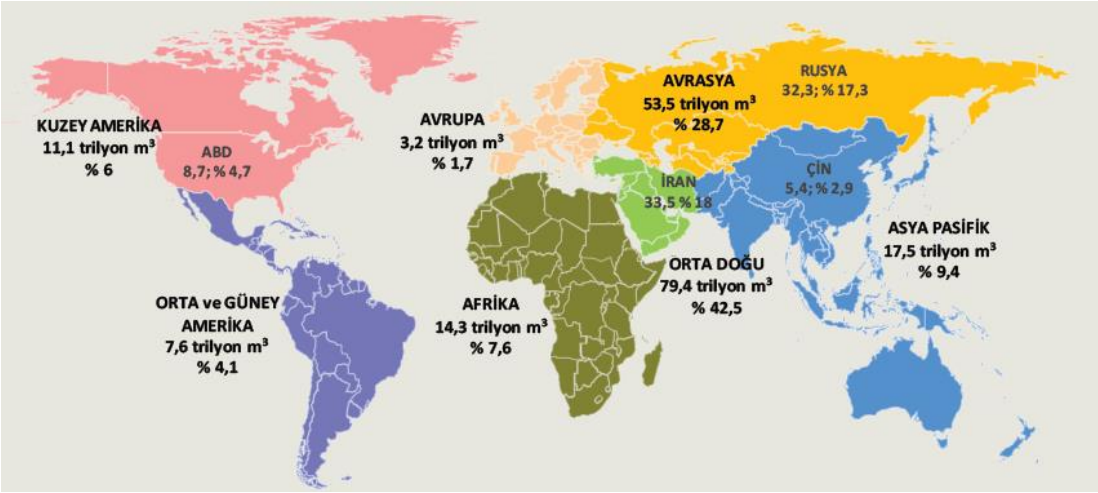
2.1 Doğal Gaz Piyasası

Doğal gaz günümüz dünyasında enerji kaynakları arasında stratejik ve ticari avantajları sebebiyle önemli bir yere sahiptir. Doğal gaz piyasası ülkeler bazında kaynak yönetim ve pazarlama yöntemlerini kapsayan uluslararası bir piyasadır. Ülkeler arasında doğal gaz arz ve talebi ile ilgili uluslararası sözleşmelerin yanı sıra, her ülkenin kendi içerisinde doğal gaz dağıtım ve ticaretini belirleyen düzenlemeleri bulunmaktadır.

2.1.1 Dünyada doğal gaz piyasası

Dünya genelinde yenilenebilir enerji kaynaklarına yoğun ilgi olmasına rağmen halen dünyada tüketilen enerjinin %87 si petrol, kömür ve doğalgazdan karşılanmaktadır. Petrol özellikle ulaştırma sektöründe en çok paya sahipken, kömür ve doğal gaz daha çok elektirik üretiminde kullanılmaktadır. 2016 yılı itibariyle doğal gaz, dünya enerji ihtiyacının %24 ünü karşılamaktadır (TPAO, 2016).

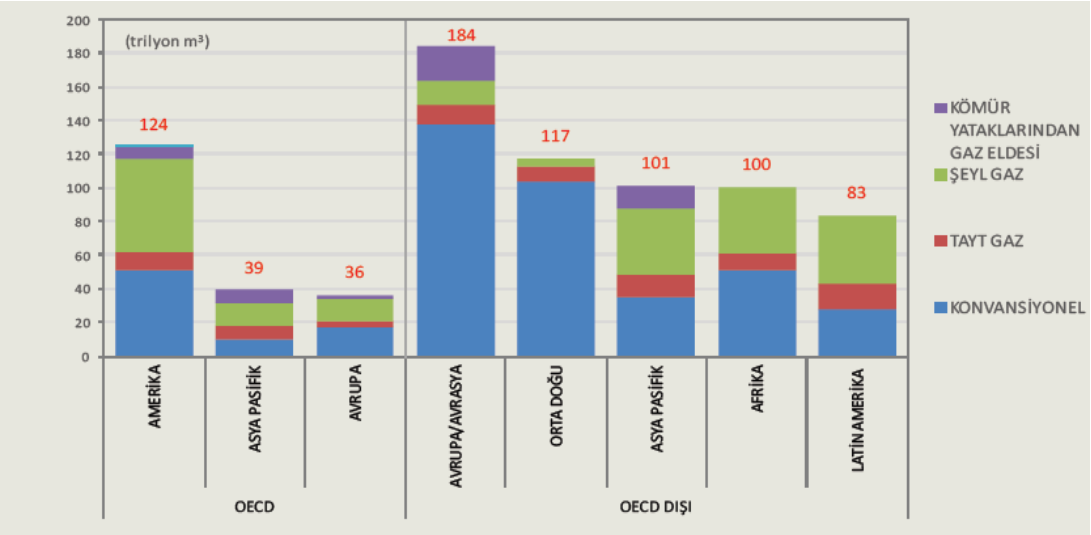
Dünyanın toplam doğalgaz tüketimi 2016 yılı itibariyle 186,6 Trilyon m^3 dür. Dünya doğal gaz rezervleri şekil 2.1 de belirtildiği gibidir (TPAO, 2016).



Şekil 2.1:Dünya doğal gaz rezervleri.

Kanıtlanmış doğalgaz rezervlerinin belirli bir ömrü olduğu bilinse dahi, her geçen gün yeni kaynaklar bulunmasının yanı sıra, rezerv geliştirme ve doğal gaz elde etme teknolojilerinde gelişmeler olması sebebiyle doğal gazın ömrü ile ilgili kesin bir bilgi bulunmamaktadır. Geleneksel yöntemlere ilave olarak son yıllarda doğal gaz piyasasında değişikliklere sebep olan geleneksel olmayan yöntemler de

bulunmaktadır. Geleneksel ve geleneksel olmayan yöntemlere göre doğal gaz rezerv miktarları şekil 2.2'de gösterilmiştir.



Şekil 2.2: Doğal gaz rezervleri.

Şekil 2.2 de görüldüğü üzere geleneksel gaz rezervlerinin haricinde, kömür yataklarından doğal gaz eldesi, şeyl gazı, tayt gazı gibi geleneksel olmayan gaz rezervleriyle de dünyanın belirli bölgelerinde doğal gaz elde edilmektedir.

Şeyl Gazı (Shale Gas): Kaya gazı olarak da bilinen bu gaz rezervi geleneksel olmayan kaynaklar arasında en hızlı gelişen kaynaktır. Kaya gazı genel olarak kayalar arasına sıkışmış ve geniş alanlara yayılmış küçük miktarda doğal gaz rezervleri şekilde bulunmaktadır. Kaya gazının ticari olarak üretimi 2000'li yıllar öncesinde elde edilme maliyetleri gibi sebeplerle yaygın değildi, ancak yatay sondaj ve hidrolik çatlatma teknolojilerinde yaşanan gelişmeler bu kaynakların çıkarılmasını kolaylaştırmıştır. Kaya gazı, şeyl adı verilen, kuvars,kil ve kalsit minerallerinden oluşan tortul kayacın gözeneklerinde oluşmuş olan gazdır. Üretim yöntemi olarak kullanılan yatay sondaj ve hidrolik çatlatma yönteminde ise, sondaj yapılacak bölgede 2,5-3 km derinliğinde yatay sondaj yapılmaktadır, sonrasında yatay yönde elmas uçlu özel sondaj ucuyla her iki yönde 1-1,5 km sondaj uygulaması yapılmaktadır. Sonrasında sondaj kuyularına enjekte edilen özel sondaj sıvısıyla çatlaklar yaratılmaktadır. Çatlakların genişlemesine bağlı olarak gaz yüzeye çıkmaktadır (Sevim, 2014).Bu kaynak yöntemine bağlı olarak dünyanın bir çok yerinde çalışmalar yapılmış ve yeni rezervler bulunmuştur. Çizelge2.3'de ülkeler bazında dünya kaya gazı rezervleri gösterilmiştir.

Çizelge 2.3: Dünya Kaya Gazı Rezervleri (WER,2016).

No.	Ülke	Trilyon m^3 (tcm)
1	Çin	31,6
2	Arjantin	22,7
3	Cezayir	20
4	ABD	17,6
5	Kanada	16,2
6	Meksika	15,4
7	Avustralya	12,2
8	Güney Africa	11
9	Rusya	8,1
10	Brezilya	6,9
11	Birleşik Arap Emirlikleri	5,8
12	Venezuella	4,7
	Dünya	214,5

Kömür yataklarından gaz eldesi: Kömür oluşumu esnasında bazı kimyasal ve fiziksel işlemler esnasında metan da oluşmaktadır. Kömür yataklarında oluşan bu metan kömür madenleri için tehdit oluşturmakta ve sahadan uzaklaştırılması işletmesel bir zorunluluk oluşturmaktadır. Kömürleşme süreci derinliğe bağlı olarak artmaktadır ve kömürleşmeye bağlı olarak metan oluşumuda artmaktadır.

Kömür içerisinde ki metan, çatlak veya gözeneklerde serbest gaz olarak tutunabilir veya kömür içerisinde çözünmüş olarak bulunur. Bu gazı kömür madenlerinden çıkarabilmek için yatay drenaj kuyuları açılması, çalışma yapılan yerden kanallar ile metanı uzaklaştırmak gibi yöntemler kullanılmaktadır.

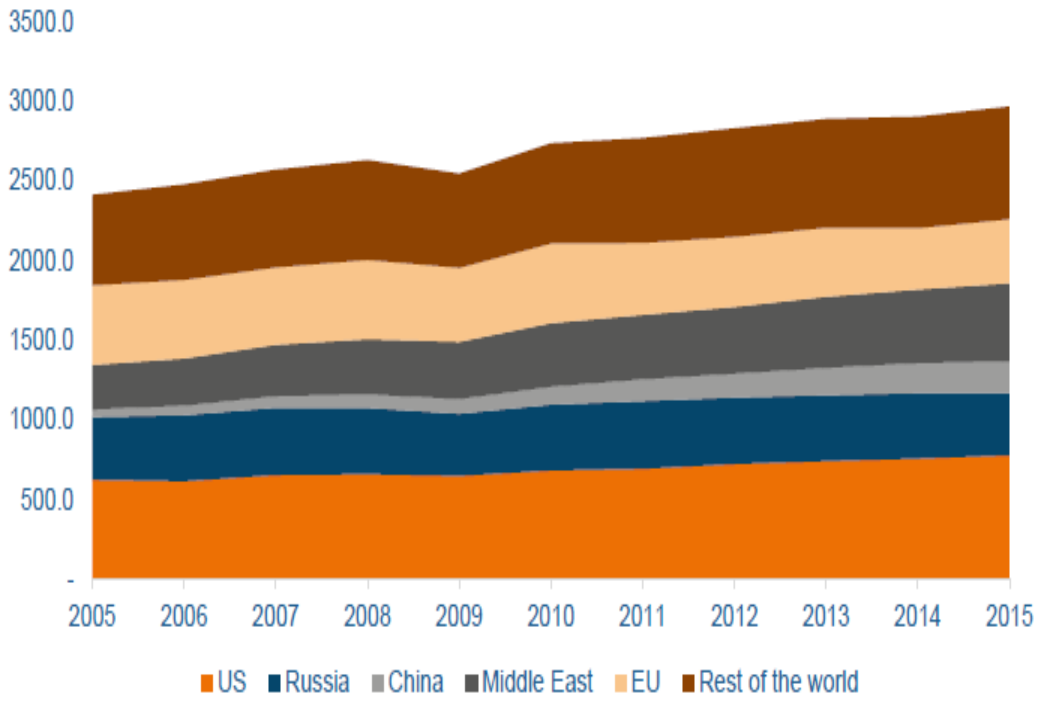
Kömür kökenli metanın doğal gaz olarak kullanılabilmesi için bazı iyileştirilmelerin yaplması gerekmektedir. Öncelikli olarak nitrojen, karbondioksit, su buharı ve oksijen gibi billeşenlerin uzaklaştırılması gerekmektedir. Doğal gazın ısıl değerlerinden daha düşük bir gaz eldesi durumunda propan ekleme işlemi de yapılabilir.

Avustralya ve Çin'de kömür yataklarından metan eldesi ile ilgili uygulamalar bulunmaktadır. Özellikle Avustralya kömür yataklarından metan eldesi ile ilgili projelerde dünya lideri konumundır. Her iki ülke de, elde edilen metandan iç doğalgaz tüketiminde ve LNG ye dönüştürüp ihraç ederek faydalanmaktadır (WER, 2016).

Tight Gazı: Sıkı rezervuar gazı olarak da bilinmektedir. Bulunduğu bölgede ki kayaların geçirmiş olduğu jeolojik hareketlerden dolayı geçirimsiz bir tabaka içerisine sıkışmış bir gaz türüdür. Üretiminde kaya gazında olduğu gibi hidrolik çatlatma ve yatay sondaj yöntemi kullanılmaktadır. Genel olarak bu tür rezervuarlar yüzeye daha yakın olarak bulunmaktadır.

2.1.2 Dünyada doğal gaz kullanımı

2016 yılı rakamlarına göre dünya da üretilen elektriğin %22 si doğal gaz kaynaklıdır. Taşımacılık sektörünün yakıt ihtiyacının %3,3 lük kısmı da doğalgazdan karşılanmaktadır. Ağır taşımacılık, gemi taşımacılığı gibi sektörlerde ağırlıklı olarak tercih edilmektedir, doğal gaz olarak direk içten yanmalı motorlarda kullanıla bildiği gibi, CNG (sıkıştırılmış doğal gaz) ve LNG (sıvılaştırılmış doğal gaz) olarak da taşımacılık sektöründe kullanılmaktadır. Kuzey Amerika ve Orta Doğu da düşük doğal gaz maliyetleri sebebiyle, doğal gazdan kimyasal madde üretimleri de yapılmaktadır, özellikle amonyak, metanol ve ethanol tesisleri hızla gelişmekte ve büyümektedir. Şekil 2.3'de dünya doğal gaz tüketimi gösterilmektedir. (WEC, 2016).



Şekil 2.3: Dünya doğal gaz tüketimi.

Dünyada üretilen doğal gazın %21,6 sı binalarda kullanılmaktadır. Evler ve hizmet binalarında doğal gaz genel olarak ısınma amaçlı olarak kullanılmaktadır (WER,2016).

2.1.3 Türkiye'de doğal gaz piyasası

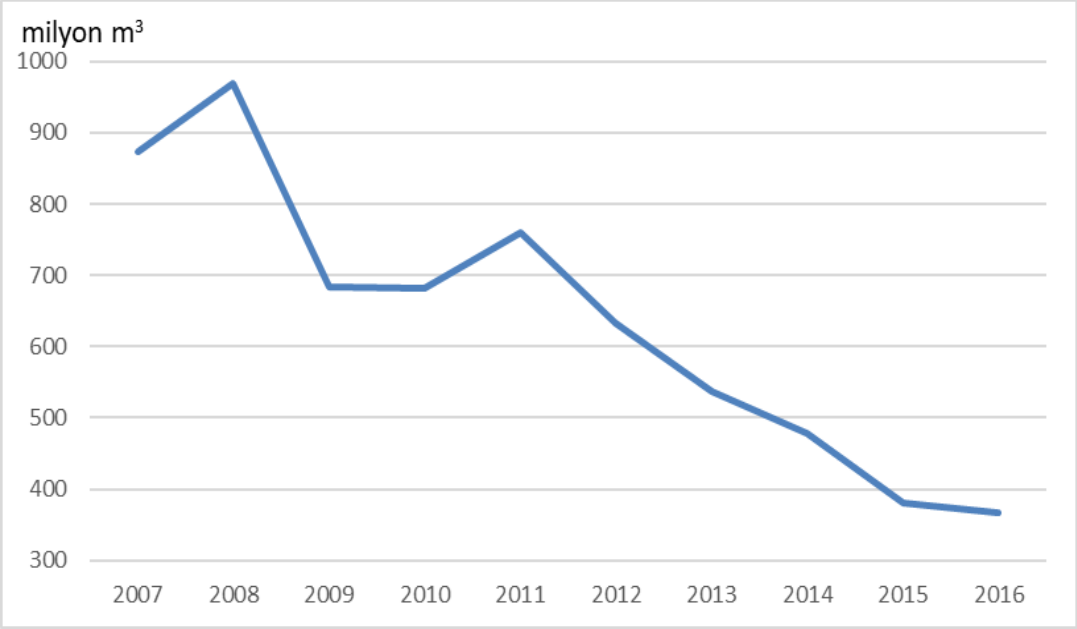
Türkiye ilk kez doğal gaz ile 1970 yılında Kırklareli'nde bulunan doğal gaz rezervi ile tanışmış, sonrasında 1988 yılında yapılan doğal gaz iletim hattı ile kullanımını yaygınlaştırmaya başlamıştır. Doğal gazın şehir içi kullanımı Ankara ile başlammış olup, burayı İstanbul, Bursa, Eskişehir izlemiştir. Doğal gazın ilk kullanıma başladığı bu dönemlerde doğal gaz faaliyetleri belediyeler ve BOTAŞ tarafından yapılmaktaydı. 2001 yılında 4628 sayılı Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunun Teşkilat ve Görevlerini düzenleyen Kanunu'nun resmi gazetede yayınlanmasının ardından, Enerji Piyasasası Düzenleme Kurumu (EPDK) kurulmuş oldu. 2001 yılında da 4646 sayılı Doğal Gaz Piyasası Kanunu resmi gazetede yayınlanmıştır. Yayınlanan bu kanunlar sonrasında EPDK tarafından ilgili doğal gaz piyasası mevzuatı yayınlanarak Türkiye doğal gaz piyasası ile ilgili düzenlemeler yapılmış olup, denetleme ve düzenleme yetkisi bağımsız bir kurum olan EPDK tarafından günümüze kadar devam ettirilmektedir.

Türkiye'de 2016 yılı itibariyle 46.395,06 milyon m^3 doğal gaz tüketimi gerçekleşmiştir. Bu tüketimin 367,28 milyon m^3'lük kısmı Türkiye'de bulunan rezervlerden karşılanmıştır. Türkiye'de çıkarılan doğal gazın bölgelere göre dağılımı Çizelge 2.4 de gösterilmiştir.

Çizelge 2.4: 2016 yılında Türkiye'de çıkarılan doğal gaz miktarı.

İller	Miktar (milyon m^3)
TEKİRDAĞ	202,5
KIRKLARELİ	62,27
İSTANBUL	56,40
DÜZCE	44,18
EDİRNE	1,24
MARDİN	0,35
ADIYAMAN	0,34
Genel Toplam	367,28

Türkiye doğal gaz üretimi ise 2016 yılında, 2015 yılına göre %3,69 oranında düşüş gösterimiş olup doğal gaz üretiminin yıllara göre değişimi şekil 2.4'de gösterilmiştir.



Şekil 2.4.:Yıllara göre Türkiye'de üretilen doğal gaz miktarı.

Türkiye'de üretilen doğal gaz, ülkenin toplam doğal gaz talebinin %1'ini karşılamaya yetmektedir, geriye kalan %99 lık kısmı da yurt dışından ithalat lisansına sahip şirketler tarafından karşılanmaktadır. Doğal gaz ithalatı boru gazı ve LNG olarak yapılmaktadır. 2016 yılı sonu itibariyle 42 adet ithalat lisansına sahip şirket bulunmaktadır. 2016 yılı itibariyle bunlardan sadece iki tanesi ithalat gerçekleştirmiştir. Çizelge 2.5'te yıllara göre doğal gaz ithalat miktarları bulunmaktadır. Çizelge 2.6'te ise itahalat yapılan ülkeler ithal edilen doğal gaz miktarları gösterilmektedir (EPDK,2016).

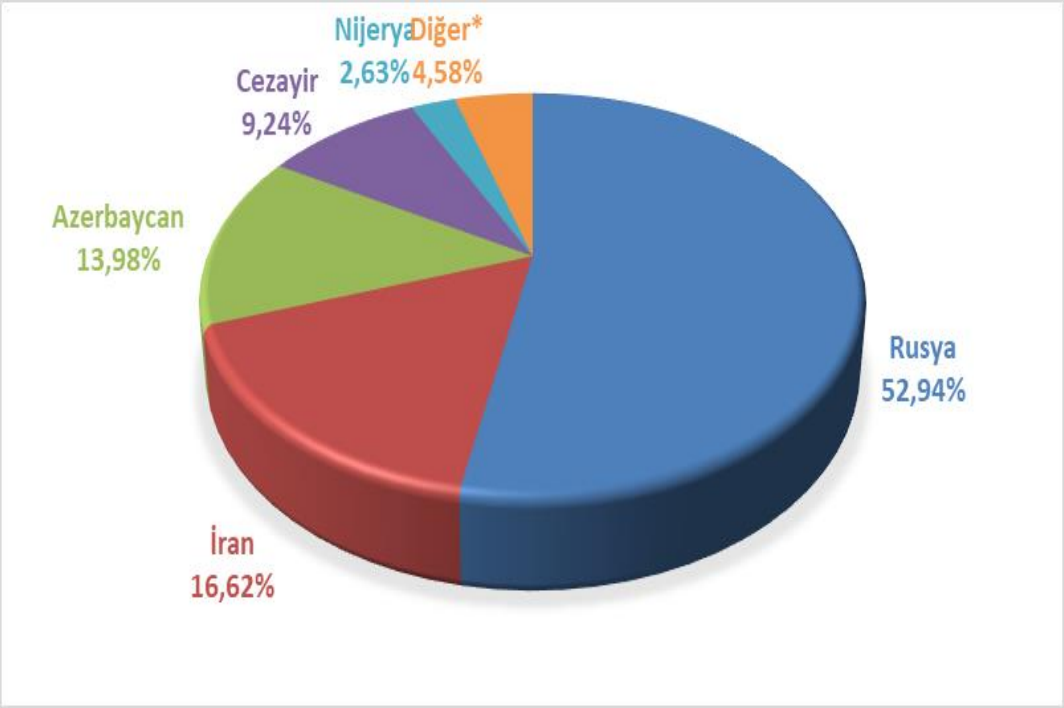
Çizelge 2.5: 2013-2016 Yılları Arasında, Doğal Gaz İthalatı Gerçekleştiren Şirketlerin Payları (EPDK,2016).

Gazın Türü	BORU GAZI		LNG		TOPLAM
Yıllar	Miktar (Milyon m^3)	Pay(%)	Miktar (Milyon m^3)	Pay(%)	Miktar (Milyon m^3)
2013	39.419	87	5.849	12	45.268
2014	41.981	85	7.280	14	49.262
2015	40.778	84	7.648	15	48.427
2016	38.724	8	7.627	16	46.352

Çizelge 2.6: 2006-2016 Yılları Doğal Gaz Toplam İthalat Miktarları.

Ülke	Rusya		İran		Azerbaycan		Cezayir		Nijerya		Diğer*		Toplam
Yıllar	Milyon m^3	Pay (%)	Milyon m^3	Pay (%)	Milyon m^3	Pay (%)	Milyon $m^{3)}$	Pay (%)	Milyon m^3	Pay (%)	Milyon m^3	Pay (%)	Milyon m^3
2006	19.316	63,92	5.594	18,51	0	0	4.132	13,67	1.100	3,64	79	0,26	30.221
2007	22.762	63,51	6.054	16,89	1.258	3,51	4.205	11,73	1.396	3,89	167	0,47	35.842
2008	23.159	62,01	4.113	11,01	4.580	12,26	4.148	11,11	1.017	2,72	333	0,89	37.350
2009	19.473	54,31	5.252	14,65	4.960	13,83	4.487	12,51	903	2,52	781	2,18	35.856
2010	17.576	46,21	7.765	20,41	4.521	11,89	3.906	10,27	1.189	3,13	3.079	8,09	38.036
2011	25.406	57,91	8.190	18,67	3.806	8,67	4.156	9,47	1.248	2,84	1.069	2,44	43.874
2012	26.491	57,69	8.215	17,89	3.354	7,3	4.076	8,88	1.322	2,88	2.464	5,37	45.922
2013	26.212	57,9	8.730	19,28	4.245	9,38	3.917	8,65	1.274	2,81	892	1,97	45.269
2014	26.975	54,76	8.932	18,13	6.074	12,33	4.179	8,48	1.414	2,87	1.689	3,43	49.262
2015	26.783	55,31	7.826	16,16	6.169	12,74	3.916	8,09	1.240	2,56	2.493	5,15	48.427
2016	24.540	52,94	7.705	16,62	6.480	13,98	4.284	9,24	1.220	2,63	2.124	4,58	46.352

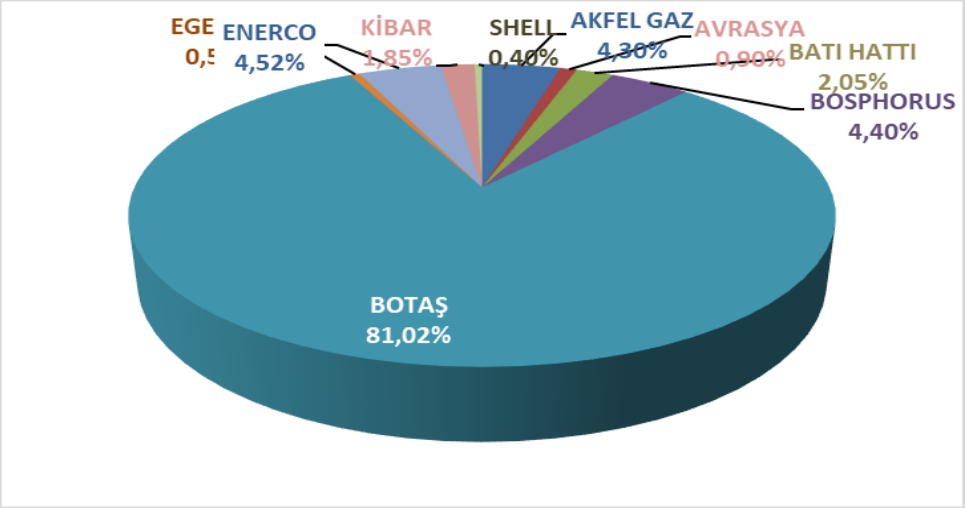
* Spot LNG ithalatının yapıldığı ülkeler



Şekil 2.5: İthal edilen doğal gazın ülkelere göre dağılımı.

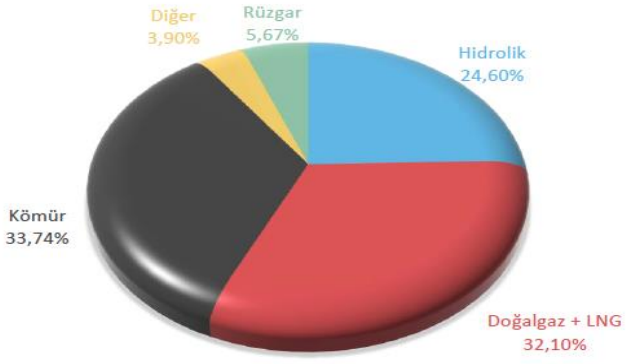
Şekil 2.5'de ithal edilen doğal gazın ülkelere göre dağılımı gösterilmiştir. Türkiye de doğal gaz ithalatı ağırlıklı olarak BOTAŞ tarafından yapılmaktadır. Ancak EPDK lisans sahibi firmalar tarafından da doğal gaz ithalatı yapılmaktadır.

Buna göre şirket bazlı olarak doğal gaz ithalat oranları şekil 2.6'da gösterilmiştir.



Şekil 2.6: İthal edilen doğal gazın şirketlere göre dağılımı.

Türkiye artan enerji talebini karşılamak ve enerji arz güvenliğini sağlamak adına farklı enerji kaynakları kullanmaktadır. 2015 yılı verilerine göre Türkiye 129,2 milyon ton eş değer petrol birincil enerji talebinde bulunmuş ve bunun %31'ini doğal gaz oluşturmaktadır. Türkiye birincil enerji tüketimini sektörel bazda incelediğimizde de birinci sırada elektrik çevrim santrallerini görebiliriz. Türkiye'de elektirik üretiminde %32,1 oranla doğal gaz kaynaklı çevrim santralleri ikinci sırada yer almaktadır. Şekil 2.7'de Türkiye'de elektrik üretimi için kullanılan kaynakların dağılımı gösterilmiştir (ETKB,2017).



Şekil 2.7: Türkiye'de elektrik üretiminde doğal gazın payı.

Türkiye'nin doğal gaz arzını sağlayan uluslararası 4 adet hat bulunmaktadır;

- Batı Hattı (Rusya Türkiye Doğal Gaz Hattı): 18 Eylül 1984 tarihinde SSBC ile Türkiye Cumhuriyeti arasında imzalanmıştır. Bulgaristan sınırından Türkiye'ye giriş yapılmış olup, Haimtabat, Ambarlı, İstanbul, İzmit, Bursa, Eskişehir ve Ankara güzergahını takip eden 845 km uzunluğundaki hattır. Bu hat üzerinden 4 milyar m^3 BOTAŞ , 10 milyar m^3 ise özel şirketler üzerinden olmak üzere toplam 14 milyar m^3 gaz arzı sağlanmaktadır.

- İran Türkiye Doğal Gaz Boru Hattı: İran Ulusal Gaz Şirketi (NIGC) ile BOTAŞ arasında 8 Ağustos 1996 tarihinde 9,6 milyar m^3 gaz alımı ile ilgili anlaşma imzalnmıştır. Doğu Beyazıt'tan başlayan hat, Kars, Erzurum, Sivas güzergahını izleyerek Ankara'ya ulaşmaktadır. Bir branşmanla Kayseri, Konya üzerinden Seydişehir'e de doğal gaz bu hat üzerinden sağlanmaktadır.

- Mavi Akım (Rusya Türkiye Doğal Gaz Hattı): BOTAŞ ile Gazexport arasında 15 Aralık 1997 tarihinde imzalanan anlaşma kapsamında yılda 16 milyar m^3 doğal gaz ithal edilmektedir. Karadeniz geçişi de dahil olmak üzere toplam hat uzunluğu 871 km dir. Samsun'dan girişi yapılarak Ankara'ya kadar uzanmaktadır.

- Bakü Tiflis Erzurum Doğal Gaz Boru Hattı (BTE): BOTAŞ ile SOCAR arasında 6,6 milyar m^3 doğal gaz alımına yönelik 12 Mart 2001 tarihinde anlaşma imzalanmmıştır. Azerbaycan'ın Şah Deniz sahasında üretilen gazın Türkiye'ye transferini sağlamak amacıyla 690 km ve 20 milyar m^3 kapasitesinde hattır(ETKB,2017).

Türkiye'nin doğal gaz arzı sadece boru gazı taşımacılığı ile değil, aynı zamanda LNG ile de karşılanmaktadır. LNG, doğal gazın boru hatları ile gaz tedariğinin imkan dahilinde olmadığı durumlarda tercih edilen bir yöntemdir.

Doğal gazın sıvılaşabilmesi için gerekli olan -162 ^{0}C ye kadar soğutulması durumuna, bağlı olarakda hacmi 600 kata kadar küçülür ve özel imal edilmiş LNG tankerleri vasıtasıyla taşınır. 1988 yılında Cezayir ile Türkiye arasında LNG alım anlaşması imzalanmış ve 1994 yılından itibaren alım yapılmaktadır. 1995 yılında Nijerya ile anlaşma imzalanmış olup 1995 yılından itibaren LNG alımına başlanmıştır. Cezayir ve Nijerya'dan ve spot piyasadan alınan LNG'nin depolanması, gazlaştırılması ve iletim hatlarına gönderilmesi amacıyla faaliyette olan üç adet LNG terminali bulunmaktadır. Bunlar BOTAŞ mülkiyetinde olan Marmara Ereğlisi LNG Terminali, diğer iki terminal özel şirketlere ait olup biri İzmir Aliağa'dadır, diğeri ise Türkiye'nin ilk yüzen LNG terminali (FRSU)dur. Şekil 2.8'de Türkiye doğal gaz iletim hatları gösterilmiştir. Şekil 2.9'da Türkiye'ye doğal gaz arzını sağlayan mevcut ve yapılması planlanan hatlar gösterilmiştir (EPDK,2016).

Depolama: Doğal gaz tüketiminde dönemsel, günlük ve ani talepleri karşılamak ve kesintilerde doğal gaz arzını sağlamak amacıyla depolama tesisleri bulunmaktadır. Yer altı depolama tesisleri ve LNG depolama tesisleri olmak üzere iki farklı tip tesis bulunmaktadır. BOTAŞ'ın Silivri de yer altı depolama tesisi bulunmaktadır. Bunun haricinde Tuz Gölü'nde bulunan depolama tesisi 2017 yılında faaliyete geçmiş olup 40 milyon m^3/gün lük doğalgazı şebekeye gönderebilecek kapasitedir.

Türkiye'nin 2016 yılı depoların stok miktarı 1.700,25 milyon m^3 dür. 2016 yılında devreye alınan yüzen LNG santrali (FRSU) ile depolama kapasitesinde artış gözlenmiştir.

Türkiye'de 2016 yılı itibariyle 76 ile doğal gaz dağıtımı yapılmaktadır. Bu dağıtımı 68 dağıtım şirketi gerçekleştirmektedir. Doğal gaz dağıtımı ile piyasa düzenlemeleri EPDK tarafından yayınlanan mevzuat ile yapılmaktadır. 2016 yılı sonu itibariyle Türkiye'de 12.495.511 adet abone bulunmaktadır. Ayrca konut dışı abone olup serbest tüketici statüsünde bulunan yaklaşık 504.300 abone bulunmaktadır. Sektörlere göre doğal gaz tüketim miktarları çizelge 2.7'de gösterilmektedir.



Şekil 2.8: Botaş doğal gaz iletim hatları.



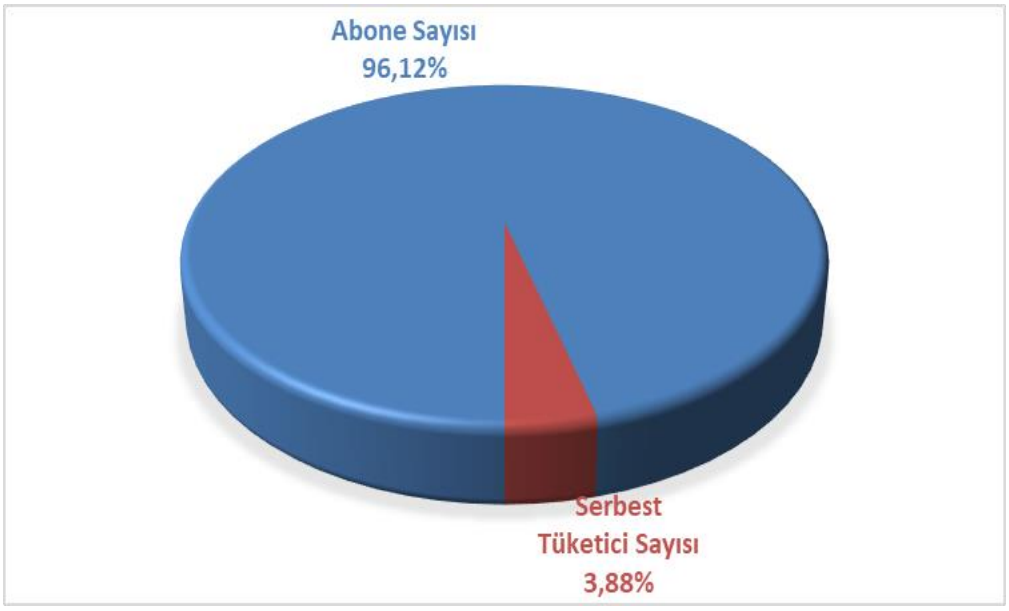
Şekil 2.9: Mevcut ve yapılması planlanan doğal gaz iletim hatları.

Çizelge 2.7: Sektörel Bazda Doğal Gaz Tüketim Miktarları.

Sektör	2015 (milyon m^3)	2016 (milyon m^3)
Dönüşüm/Çevrim Sektörü	19.010	16.730
Sanayi Sektörü	13.966	14.094
Konut	11.000	11.620
Hizmet Sektörü	3.161	3.099
Ulaşım Sektörü	423	397
Enerji Sektörü	302	346
Diğer	137	107
Genel Toplam	47.999	46.395

Türkiye'de düzenleyici kuruluş olan EPDK'nın yayınlamış olduğu Dağıtım ve müşteri hizmetleri yönetmeliği doğal gaz piyasasında müşteri serbest ve serbest olmayan tüketici olarak ikiye ayrılmıştır. Serbest tüketici ise "Yurt içinde herhangi bir üretim şirketi, ithalat şirketi, dağıtım şirketi veya toptan satış şirketi ile doğal gaz alım-satım sözleşmesi yapma serbestisine sahip gerçek veya tüzel kişiyi,"

şeklinde tanımlanmaktadır ve serbest tüketici olmak için gerekli olarak belirlenen sınırda yine EPDK tarafından belirlenmektedir. 18/12/2014 tarih 5362 sayılı kurul kararınca konut tüketicileri haricinde, tüm tüketicilerin serbest tüketici statüsünde olduğu, konut tüketicileri için ise serbest tüketici olma hakkını elde edilmek için sınırının 75.000 m^3 olduğu kararı alınmıştır. Buna göre 2016 yılı abone ile serbest tüketicinin toplam kullanıcı üzerinde ki dağılımı şekil 2.10'da gösterilmiştir.



Şekil 2.10: 2016 itibariyle abone serbest tüketici oranları (EPDK,2016).

2.1.4 Ankara'da doğal gaz kullanımı

1929 yılından 1988 yılına kadar Ankara'da hava gazı kullanımı gerçekleşmiştir. Hava gazı Güvercinlik ve Maltepe'de bulunan hava gazı fabrikaları yardımıyla EGO Genel Müdürlüğü tarafından yapılmaktaydı. Ankara'da artan hava kirliliği önlemek amacıyla daha temiz, ucuz ve güvenli bir yakıt olan doğal gaza geçiş ile ilgili çalışmalara 1985 yılında başlanmıştır.

1988 yılında Ankara Büyükşehir Belediyesi encümen kararı ve BOTAŞ ile yapılan anlaşma sayesinde Ankara Büyükşehir Belediye mücavir alanı içerisinde Türkiye'nin ilk doğal gaz dağıtımına başlanmıştır. Doğal gazın yaygın olarak kullanılmaya başlamasının ardından 1990 yılında Güvercinlik ve Maltepe hava gazı fabirkaları kapatılmıştır. EGO tarafından doğal gaz dağıtım yetkisi, 2007 yılında Ankara doğal gaz dağıtım faaliyetlerini yürütmek üzere Başkent Doğal Gaz Dağıtım A.Ş. ye devredilmiştir, sonrasında özelleştirilme amacıyla 2009 yılında Özelleştirme İdaresi'ne devredilmiştir. Özelleştirme kapsamında 2013 yılında özelleştirilmesi tamamlanmıştır.

Türkiye'nin ilk doğal gaz dağıtımının gerçekleştiği il olan Ankara aynı zamanda Türkiye'nin ikinci en büyük dağıtım şirketidir. 2017 yılı itibarıyle Bağımsız Birim Sayısı (BBS) bazlı abone sayısı 1.953.958 adettir.

3. TALEP TAHMİNİ

Talep, tüketicelerin, bir hizmeti veya ürünü belirli bedel karşılığında almaya hazır oldukları miktar olarak tanımlanabilir (Tekin,1996). Talep tahmini ise şirketin ürün veya ürünleri için gelecekte ki bir zaman yada zaman dilimi için gerçekleşecek olan talebin belirlenmesidir (Adıyaman,2007). Doğal gaz dağıtım sektöründe tüketiciler için hem dağıtım hizmeti sağlanırken, hem de doğal gaz satışı da gerşekleşmektedir.

Doğal gaz sektörünün geneli için talep tahmini, hem ekonomik hemde yatırım planlaması gibi stratejik konular için oldukça önemlidir. Türkiye'nin doğal gaz arzında büyük oranda dışa bağlı olması ve gaz ithalatında tüketilecek miktarın tahmin edilmesinin alım fiyatlarını belirleyeceği gibi uluslararası anlaşmalarda sözleşmeye esas olan tüketimin aşılması yada az olması durumunda cezai yaptırımların olması sebebiyle, ülkenin genel enerji politikaları açısından da doğal gaz talebinin tahmini oldukça önemlidir. Doğal gaz dağıtım ve toptan satış şirketlerinin de benzer şekilde tüketimlerini tahmin etmesi gerekmektedir. Ayrıca dağıtım şirketleri yapılacak yeni yatrımlar ve şebeke yapılarının genel durumu ve kullanım oranlarının analizinde de talep tahmini sonuçlarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Talep tahminleri çok farklı şekillerde sınıflandırılabilir. Başlıcaları zaman aralığı, kullanma amacı, mamul cinsi, hesaplama tekniğidir. Ancak en çok zaman aralığı kriteri kullanılmaktadır.

Zaman aralığı kriterine göre sınıflandırma tipleri;

Çok Kısa Vadeli Tahminler: İşletme içi veriler ile haftalık veya günlük olarak yapılan tahminlerdir.

Kısa Vadeli Tahminler: Çoğunlukla 3-6 ay gibi kısa süreleri kapsayan bu tahmin yönteminde daha çok tedarik zamanlarının ve sipariş büyüklüğünün belirlenmesi hedeflenmektedir.

Orta Vadeli Tahminler: Uzun termin süreleri veya karışık imalat prosesleri olan ve dönemsel hareketlerden etkilenen süreçleri kapsayan tahmin süreleridir. 6 aydan 5 yıla kadar olan süreçleri kapsamaktadır.

Uzun Vadeli Tahminler: İşletme kapasitesinin artırılması tesis genişletilmesi gibi yatırım planlarını kapsayan tahminlerdir. Beş yıl ve daha uzun süreleri kapsayan çalışmalardır.

Talep tahminleri zaman aralıklarında büyük ölçüde etkilenirler zaman aralığı genişledikçe sonuca etkiyen faktörlerin sayısı artar ve bunlar arasındaki ilişkiler de karmaşıklaşır. Ancak zaman aralığı azaldıkça tahminlerin başarıları artar ve oluşabilecek küçük sapmaların olumsuz sonuçları daha hızlı bir şekilde ortaya çıkar.

Talep tahmini çalışması öncesinde yapılacak çalışmalar ile ilgili dört aşama bulunmaktadır.

- Bilgilerin Toplanması
- Talep Tahmin Aralığının Belirlenmesi
- Tahmin yöntemine karar verilmesi ve hata hesabının belirlenmesi
- Tahmin sonuçlarının geçerliliğinin incelenmesi

3.1 Talep Tahmini Prensipleri

Talep tahminlerinde dikkate alınacak hususların başlıcaları aşağıda belirtilmiştir.

- Miktar ve çeşitliliği fazla olan gruplar için yapılan tahminler çok daha hassas olur.
- Tahminlerin yapıldığı zaman aralığı daraldıkça duyarlılık artar.
- Tüm talep tahmini çalışmalarında sapmaları belirleyecek hata hesaplamaları bulunmalıdır.
- Talep tahmini çalışmasının sonuçlarının güvenilirliği uygulamaya başlamadan önce test edilmelidir.

3.2 Talep Tahmini Yöntemleri

Bir talep araştırmasının geçerliliğinde bilgilerin doğruluğu ve doğru hesaplama yönteminin kullanılması önemlidir. Talep araştırmasında uygulanan yöntemler üç grupta toplanabilir.

- Kalitatif Modeller: Bu modellerde kullanılan bilgiler tecrübe, kişisel kanaat ve öngörüye dayanır. Tahmin yapılacak sektörde, kurum ve kuruluşlarda çalışan uzman kişilerin görüşleri belirli kurallar dahilinde toplanarak analiz
- edilir. Bu yöntem oldukça basit ve ekonomik olmasına karşın yanılma payı yüksek ve subjektifdir.
- Nedensel Modeller: Tahmini yapılmak istenen durumu etkileyen tüm parametreler belirlendikten sonra bu parametreler arasındaki ilişki bir matematiksel denklem ile ifade edilir. Talep tahminin gelecekteki durumun ön görüsünü matematiksel modelin istatistiksel yöntemler yardımıyla analizi sonucu değerlendirilir.
- Zaman Serileri: Geçmişe ait verilerin geleceğin tahmininde kullanılması yöntemine dayalı bir modeldir. Zaman serilerinde bağımlı değişkenlerin zamana göre değişimi analiz edilir. Zaman serileri kullanılarak yapılan tahminde, geçmişte olan değişme biçiminin gelecekte de benzer şekilde devam edeceği yönündedir (Kobu,2017).

3.2.1 Regresyon analizi

İki veya daha fazla değişkenin kendi aralarında oluşan sebep sonuç ilişkisini inceleyerek bu ilişki üzerinden modelleme çalışması yapan istatistiksel bir modelleme yöntemidir. Hayatın ve bilimin bir çok alanında olduğu gibi biyoloji, tıp, ekonomi,fizik, kimya, sosyal bilimler gibi alanlarda da etkin bir şekilde kullanılmaktadır (Arı, Önder,2012).

Regresyon modeli;

a: Sabit Değer

b: Regresyon Katsayısı

X: Bağımsız Değişken

Y: Bağımlı Değişken

e: Hata katsayısı

Buna göre basit regresyon modeli

$$Y = a + bX + e \tag{3.1}$$

ile ifade edilebilir.

Çoklu regresyon modeli de yukarıda belirtilen basit regresyon modeline benzer olarak

$$Y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + \cdots + e \tag{3.2}$$

Şeklinde belirtilebilir (Adıyaman,2007).

İki değişken arasındaki ilişkinin en iyi şekilde analiz edilebilmesi için en uygun doğrunun çizilmesi ve bu doğruya ait a ve b değerlerinin bulunmasıdır. Doğru belirlemede en küçük kareler yönteminde belirtilen iki yöntemden faydalanılabilir. Birinci kriter sapmaların toplamının sıfır, ikinci kriter ise sapmaların karelerinin toplamının minumum olmasıdır.

$$\sum_{i=1}^{n}[Yi - (a + bXi)] = 0 \tag{3.3}$$

$$\sum_{i=1}^{n}[Yi - (a + bXi)]^2 \rightarrow min \tag{3.4}$$

Hesaplanan a ve b değerleri ile oluşturulacak olan doğruya (Xi,Yi) kümesinin regresyon doğrusu denir (Kobu, 2017).

Regresyon doğrusuna dayanılarak yapılan tahminlerin duyarlılığını belirlemek ve ik değişken arasındaki ilişkiyi belirlemek için Y=a+bX denklemindeki her her gerçek Xi değeri için bir Yt tahmin değeri hesaplanaibilir. Xi ile birlikte bilinen gerçek Yi değeri ile tahmin verisi olan Yt arasındaki fark tahminlerin hata derecesini diğer bir deyimle duyarlılıklarını belirler.

Regresyon doğrusunun standart sapması;

$$S_{y,x}= \sqrt{(S(Yi - Yt)^2)/(n-2)} \quad (3.5)$$

formulü ile belirlenebilir (Kobu,2017.)

Regresyon modellerine çoklu regresyon ,bir bağımlı değişken ve birden fazla bağımsız değişken var ise değerlendirilir. Bu durumda bağımsız değşikenler, bağımlı değişkendeki değişimi açıklamaya çalışmaktadır. r, çoklu regresyon katsayısını ifadeetmektedir. Bir bağımlı değişkenin değişimi ile eş zamanlı olarak ele alınan, birden fazla bağımsız değişkenin arasındaki değişimin derecesi r katsayısı olarak ifade edilir (Şentuna,2013).

$$r = \frac{n\sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[n\sum X^2 - (\sum X)^2][n\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} \quad (3.4)$$

Regresyon katsayısı -1 ile +1 arasında değişen bir katsayıdır. Eğer r sıfır civarında ise zayıf, +1 civarında ise güçlü pozitif, -1 e yakın ise güçlü negatif ilişki var demektir. (Kobu,2017)

Korelasyon katsayısının pozitif çıkması durumu Y ve X değerlerinin beraber arttığını gösterir, negatif çıkması durumunda ise X değerinin artması durumunda Y değerinin azaldığını gösterir.

3.2.2 Zaman serileri analizi

Bir zaman serisi ardışık ve eşit aralıklı zamanlarda bir bağımsız değişkenin aldığı değerleri gösteren bir küme şeklinde tanımlanabilir. Zaman serilerinde tanımlanan bağımsız değişken mutlaka gün, ay, yıl saat gibi bir zaman dilimidir ve bu değişkenler arasında eşit aralıklar bulunmaktadır. Zaman serisi analizlerinde geleceğin tahmini geçmişe ait bilgilere bakılarak yapılır. Bu sebeple geçmişte yaşanan olayın gelecekte de devam edeceği kabul edilir. İstikrarsızlıklar veya ani beklenmedik değişimlerin olduğu ortamlarda bu yöntemin kullanılması doğru sonuç vermeyecektir.

Zaman serisi analizinde kullanılan dört faktör bulunmaktadır.

- Trend: Zaman serisinin uzun vadede değişim yönünü gösterir.
- Mevsimsel Değişimler: Doğal koşulların veya geleneklerden ve toplum davranışlarından kaynaklanan değişmelerdir.
- Uzun Vadeli Dalgalanmalar: 3 yıldan az olmayan uzun vadeli trend doğrusu çevresinde oluşan değişmelerdir. Bu değişimleri önceden öngörmek veya meydana geliş sebeplerini açıklamak zordur.
- Tesadüfi Değişimler: Meydana geliş nedenleri belli kurallar dahilinde olmayan ve sistematik bir değişim şekli göstermeyen olaylardır. Önceden tahmin edilmeleri oldukça zor olması sebebiyle önlem anlınabilmesi için herhangi bir tedbirde bulunulamaz (Meredith, 1992).

Zaman serisi analizine dayalı yöntemler arasında en çok, basit ortalamalar yöntemi, hareketli ortalamalar yöntemi, son dönem talebi yöntemi, üstel düzeltme yöntemi ve Box-Jenkins yöntemi kullanılmaktadır.

3.2.2.1 Basit ortalamalar yöntemi

Geçmişe bağlı verilerin genel olarak bir artış veya azalış eğilimi yoksa ve uzun vadede büyük oranda ciddi bir değişiklik beklenmiyorsa bu yöntemin kullanımından söz edilebilir. Basit ortalama, bir serideki verilerin toplam yapılan gözlem sayısına bölünmesi yöntemiyle bulunmaktadır (Ballı,2014).

3.2.2.2 Hareketli ortalamalar yöntemi

Mevsimlik dalgalanmaların talep üzerindeki etkisini incelemek için hareketli ortalamalar yöntemi kullanılabilir (Tekin,1996). Hareketli ortalamalar yöntemi ile tesadüfi etkenlerin neden olduğu değişimleri bir ölçüde etkisiz kılmaya yardımcı olabilir. Böylece talep tahminindeki kaynak ve dikkat bilinen değişimler üzerinde yoğunlaştırılarak daha doğru tahminlerin yapılması sağlanabilir.

Hareketli ortalamalar yöntemi ile yapılan tahminler, aylık tüketim yada satışlar önceki ayların tüketim yada satışlarından etkileniyor ise daha iyi sonuç verir. (Kobu,2017)

Hareketli ortalamalar yönteminde uzak geçmişten, çok yakın geçmişe kadar elde bulunan değerlere ağırlık verilir ve bu ağırlıklara göre tahmin yapılır. Böylece

hareketli ortalamaya alınan ağırlık sayısı ve her döneme alınan ağırlığa göre tahmin kontrol edilebilir (Üreten,2005).

3.2.2.3 Son dönem talebi yöntemi

Uzun hesaplamalar yapmaya gerek olmaksızın, geçmişe ait veriler bir ortalama değer etrafında sürekli veya az değişim gösteriyorsa bu yöntem tercih edilebilir. Bu yöntem son dönemde gerçekleşen talep, gelecek dönemde gerçekleşecek talebin tahmini olarak kullanılan yöntem olarak tanımlanabilir (Tanyas,Baskak ,2008).

3.2.2.4 Üstel düzeltme yöntemi

Ağırlıklı ortalama yöntemini kullanan bir tahmin yöntemidir. Ayrıca bu yöntemde geçmiş dönem verilerine eşit olmayan farklı ağırlıklar verilir. Verilen ağırlıklar geçmiş tarihten, yakın tarihe doğru üstel şekilde azalmaktadır. Başka bir değişte yakın tarihte gerçekleşen değerlere yüksek ağırlıklı üssel değerler verilirken daha geçmiş tarihte gerçekleşen değerlere düşük üssel değerler verilir. (Çağlar ,2007)

Üssel düzeltme yönteminde düzeltme katsayısı sıfır ile bir arasında sınır değerlerde dahil olmak üzere değişebilir. Bu katsayı sayesinde gerekli veri miktarı önemli ölçüde azalmaktadır. Böylece sadece bir önceki dönemin gerçekleşen ve tahmini talep değerleri ile içinde bulunan dönemin tahminini yapmak mümkün olabilmektedir (Üreten, 2005).

3.2.2.5 Box-Jerkins yöntemi

Box-Jerkins yöntemi kısa dönem tahminlerinde oldukça başarılıdır. Box-Jerkins metodunun uygulandığı seriler, eşit zaman aralıklarında elde edilen gözlem verilerinden oluşan, kesikli ve durağan bir seri olduğu kabul edilir.

Box Jerkins yöntemi de incelenen serilerin durağanlık durumu ve dönemsel etki içermemesi gibi durumlara göre farklı ön görü yöntemlerini içermektedir (Çağlar ,2007).

Box Jerkins model kurma aşamaları, model belirleme, modelin tahmini, modelin uygunluk testi ve geleceğe yönelik tahmin şeklindedir (Akgül,2013).

3.2.2.6 Otoregresif hareketli ortalamalar (AR-MA) yöntemi

Bir zaman serisinin herhangi bir dönemdeki gözlem değerlerinin,hata terimlerine bağlı olarak açıklamasını yapan modellerine otogresif (AR) modelleri denilmektedir. Otoregresif modellerin kullanımı oldukça yaygındır. (Barutçu,2013) Bu modellerin

isimlendirilmesinde geçmiş dönem gözlem sayıları dikkate alınmaktadır. Eğer 1 adet gözlem değeri içeriyorsa birinci dereceden, iki adet gözlem değeri içeriyorsa ikinci dereceden, p adet gözlem içeriyorsa p'inci dereceden olarak isimlendirilir (Naylor ve diğerleri, 1972). AR modeli aşağıdaki gibi ifade edilir (Barutçu,2013).

$$y(t) = \sum_{i=1}^{n} a_i y(t - i\Delta t) + x(t) \tag{3.5}$$

n modelin mertebesini

y(t) rastgele bir işareti

x(t) işaretin t anından önce almış olduğu değerleri ve işaretle alakalı olmayan gürültünün kombinasyonu olarak tanımlanabilir.

Serinin gecikmeli hata teriminin, şimdiki hata terimini etkileme durumu ise hareketli ortalamalar modeli (MA) olarak tanımlanmaktadır.(Adıyaman ,2007)

Başka bir deyişle zaman ilerledikçe sadece değişkenin kendisi değil aynı zamanda hatalarında zamana bağlı olarak değiştiği belirtilmektedir. Geçmiş dönem hata terimi sayılarına göre birinci, ikinci ve hatta q'inci dereceden MA modeli olarak adlandırılabilir.

$$y(t) = \sum_{i=1}^{n} b_i x(t - i\Delta t) + x(t) \tag{3.6}$$

Şeklinde ifade edilebilir.

AR-MA modeli bir diğer adıyla otoregresif hareketli ortalamalar modelinde ise geçmiş değerlerinin ve hata değerlerinin ortak bir fonksiyonu şeklinde oluşturulan bir modeldir. (Akgül, 2013) Başka bir değişle AR-MA modelleri herhangi bir zaman serisinin, herhangi bir döneme ait geçmiş gözlem değerleri ve geçmiş hata terimlerinin doğrusal bir fonksiyonudur (Box-ve diğerleri,2008).

ARMA modeli ifade edilebilir. Denklemden de anlaşılacağı üzere ARMA modeli AR ve MA modelinin birleşiminden oluşmaktadır.

$$y(t) = \sum_{i=1}^{n} a_i y(t - i\Delta t) + \sum_{i=1}^{n} b_i x(t - i\Delta t) + x(t) \quad (3.7)$$

3.2.2.7 Otoregresif entegre hareketli ortalamalar (ARIMA) yöntemi

ARIMA yaklaşımı zaman serilerinin durağan olduğunu varsayarak hareket eder. Zaman serilerinin durağan olmaması belirli bir trend içerisinde olması anlamı taşımaktadır. Zaman serilerinin durağan olmaması durumunda birden fazla kez farkının alınması ile durağan hale getirilerek ARIMA modeli oluşturulur (Zou,2006).

4. YAPAY SİNİR AĞLARI

Yapay sinir ağları öğrenme yeteneğine sahip olan modellerdir. Yapay sinir ağları genelde bu öğrenme işlemini örnekler yardımıyla gerçekleştirir. Yapay sinir ağları, biyolojik sinir ağlarından esinlenerek oluşturulmuş, bir sistemin giriş ve çıkışları arasında kompleks ilişkiyi tanımlamada kullanılabilen matematiksel modellerdir. Bilgisayarların daha verimli ve hızlı çalışmaya başlamasıyla yapay sinir ağlarınının kullanım alanları ve geliştirilmesi için yapılan çalışmalarda önemli artış gözlenmiştir.

Yapay sinir ağları yaygın kullanılan hesaplama yöntemlerinden farklı bir yöntem kullanmaktadır. Bulunduğu ortama uyum sağlayıp buna göre karar verebilen, eksik bilgi ile çalışabilen, belirsizliklerin olduğu durumlarda karar verebilen, hata toleransı yüksek olan bir hesaplama yöntemidir. Bu özellikleri ile bir çok alanda başarılı bir şekilde kullanılabilmektedir.

Kullanım alanlarına örnekler arasında sınıflandırma, sinyal filtreleme, veri sıkıştırma ve optimizasyon çalışmaları gösterilebilir (Öztemel, 2012).

4.1 Yapay Sinir Ağlarının Tarihçesi

1980 yılında bilgisayar biliminde çok önemli gelişmeler olmuştur. Bu sebeple yapay sinir ağlarını dikkate alırken 1980 öncesi ve sonrası olacak şekilde ikiye ayırmakta fayda vardır.

1940 yılının öncesinde yapay sinir ağlarına yönelik mühendislik değeri olmayan bazı çalışmalar yapılmıştır. İlk sinir ağı ise 1943 yılında Warnen McCulloch ve Walter Pitts tarafından geliştirilmiştir. McCulloch ve Pitts elektrik devrelerini kullanarak, insan beyninin hesaplama ve analiz yeteneğinden esinlenerek ilk yapay sinir hücrelerini geliştirmişlerdir. Bu çalışmayla her türlü mantıksal ifadenin formule edilebileceğini de göstermiş oldular.

1949 yılında Donald Hebb " Organization of Behavior" adlı kitabında "Hebbian öğrenme" adlı teoriyi ele almıştır. Bu teori sayesinde sinir ağının bağlantı sayısı ile öğrenebilme ve uyum sağlamanın ilişkili olduğu öğrenildi. 1951 yılında ilk nuro-bilgisayar üretilmiştir. 1954 yılında Farley ve Clark rassal ağlar ile adaptif tepki üretme terimini ortaya atmıştır.

1957 yılında Frank Rosentblatt tarafından tek katmanlı eğitilebilen ve tek bir çıkışa sahip olan "perception" ismi verilen yapay sinir ağının keşfinin ardından çalışmalar hız kazanmıştır.

1959 yılında Stanford Üniversitesinden Bernard Widrow ve Marcian Hoff, ADALINE ve MADALINE diye isimlendirdikleri yapay sinir ağı modellerini geliştirdiler. Bu modeller yapay sinir ağlarının mühendislikte kullanıldıkları ilk modellerdir. ADALINE modeli kendinden sonraki yapay sinir ağları çalışmalarının temelini oluşturmuştur. MADALINE modeli ise telefon hatlarında meydana gelen ses yankılarını yok eden filtre olarak kullanılmış olup bu yönüyle gerçek bir probleme uygulanan ilk yapay sinir ağıdır. 1956 yılında yapay zeka görüşü ortaya atılmış ancak yapay zeka ile yapay sinir ağları bir arada düşünülmemiştir.

1960'lı yıllarda yapay sinir ağları ile ilgili çalışmalar duraklama devrine girmiştir. Yapay zeka biliminin yükselişi ve yapay sinir ağları ile rekabete girmesi bu duraklama devrine girilmesindeki en büyük etkendir. Ayrıca yapay sinir ağlarının lineer olmayan problemlere çözüm üretemiyor olması iddia ediliyordu. Bu iddiayı desteklemek için XOR probleminin çözümü gösteliriyordu. Daha sonra XOR probleminin çözümüne kadar bu sıkıntılar devam etti. Bu süeçte yapay sinir ağları üzerine çalışan çok az bilim adamı kaldı onlar da 1980 yılının sonunda çalışmalarının karşılığını almaya başladı.

1982 yılında Hopfield tarafından ağların önemli sınıflarının matematiksel modelleri oluşuturulmuştur. Böylece yapay sinir ağlarının genelleştirilebileceğini ve yaygın olan bilgisayar yazılımları ile çözülmesi zor olan problemlere çözüm üretilebileceği gösterilmiştir.

Yapay sinir ağlarındaki en önemli gelişmelerden biri çok katmanlı algılayıcıların bulunmuş olmasıdır. Rummelhart tarafından yapılan bu buluş yapay sinir ağlarının popülaritesini tekrar yükseltmiştir.

1984 yılında Kohonen tarafından danışmansız öğrenme ağları geliştirilerek sinirlerin düzenli sıralanışına eşleme özelliği eklenmiştir. 1986 yılına geldiğimizde ise yapay sinir ağları için büyük öneme sahip olan ve günümüzde de yaygın olarak kullanılan geriye yayılmalı öğrenme modeli Rummelhart ve McCleland tarafından ortaya konmuştur.

1988 yılında çok katmanlı algılayıcılara aleternatif olarak radyal tabanlı fonksiyonlar modeli gerçekleştirilmiştir. Ayrıca bu model filtreleme işleminde çok daha yüksek başarılar elde edilmesine sebep olmuştur (Keskenler M.F., Keskenler E.F, 2017).

4.2 Yapay Sinir Ağlarının Genel Özellikleri

Yapay sinir ağlarının özellikleri uygulanan ağ modeline göre değişiklik göstermektedir. Ancak yapay sinir ağlarının bütün modelleri için ortak olan genel özellikleri aşağıdaki gibi sıralaya biliriz.

- Yapay sinir ağları makine öğrenmesi gerçekleştirir.
- Programları çalışma şekli yaygın kullanılan programlama yöntemleri ile benzerlik göstermektedir.
- Yapay sinir ağlarında bilgi ağın bağlantılarının değerleri ile ölçülerek ağırlıklandırılmakta ve bağlatılarda saklanmaktadır.
- Yapay sinir ağları örnekler yardımıyla öğrenirler.
- Yapay sinir ağlarının güvenle çalıştırılması için öncelikli olarak geçmiş örnekler ile eğitilmeleri ve kullanıma başlanmadan önce performanslarının test edilmesi gerekmektedir.
- Daha önce karşılaşmamış olduğu durumlar hakkında bilgi üretebilmekteler.
- Algılamaya yönelik uygulamalarda kullanılabilirler.
- Şekil ilişkilendirme ve bunları sınıflandırma yetenekleri vardır.
- Şekil tamamlama yapabilirler.
- Kendi kendine organize etme, geliştirme ve öğrenme yetenekleri vardır.
- Eksik bilgi ile çalışabilmektedir.
- Hata toleransları vardır.

- Belirsiz, tanımsız ve eksik bilgileri işleyebilirler.Dereceli bozulma gösterirler.
- Dağıtık belleğe sahiptirler.
- Sadece sayısal bilgiler ile çalışabilmektedir. (Öztemel, 2006).

4.3 Yapay Sinir Ağlarının Kullanım Alanları

Yapay sinir ağları günümüzde oldukça popüler olan yapay zekanın çalışma alanlarından biridir. Yapay sinir ağlarını kabaca insan beyninin çalışma ve öğrenme yeteneklerinden yola çıkılarak oluşturulmuş bir bilgi işleme teknolojisi olarak tanımlanabilir. Yapay sinir ağları öğrenebilme yetenekleri sayesinde karmaşık problemleri çözebilmekte ve daha önce gördüğü örneklerden faydalanarak, hiç görmediği durumlar ile ilgili karar verebilmektedir. Buna benzer özellikllleri sayesinde günümüzde bir çok alanda kullanılmaktadır.

Yapay sinir nümerik değerler ile çalışıp onlarla işlem yapabilmektedir. Bu sebeple günlük hayatımızda finansal konular, mühendislik ve tıp biliminde, üretim uygulamalarında, arıza tespitinde ve bu arızaların analizinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Makro ekonomik tahminler, banka kredilerinin değerlendirilmesi, döviz kuru tahmini, risk analizi gibi konularda, tıbbı sinyallerin ve kanserli hücrelerin analizinde, savunma sanayi teknolojilerinde, hedef izleme, nesneleri ve görüntüleri ayırma, üretim sistemlerinin optimizasyonu, ürün analizi ve tasarım ürünlerinin kalite analizi, planlama ve yönetim analizi, robot sistemlerinin kontrolü, doğrusal olmayan sistemleri modelleme, işaret işleme, imza tanıma veri madenciliği gibi bir çok alanda kullanılmaktadır.

Yapay sinir ağları genellikle tahmin, sınıflandırma, veri ilişkilendirme, veri yorumlama ve veri filtreleme işlemlerinde etkin bir şekilde kullanılmaktadır (Ağyar,2015).

4.4 Yapay Sinir Ağlarının Mimarileri

Yapay sinir ağları bağlantıların yönüne göre veya ağ içerisindeki işaretlerin yönüne göre sınıflandırılmaktadır.Buna göre ileri beslemeli ve geri beslemeli yapay sinir ağlarından bahsetmek mümkündür (Ataseven,2013).

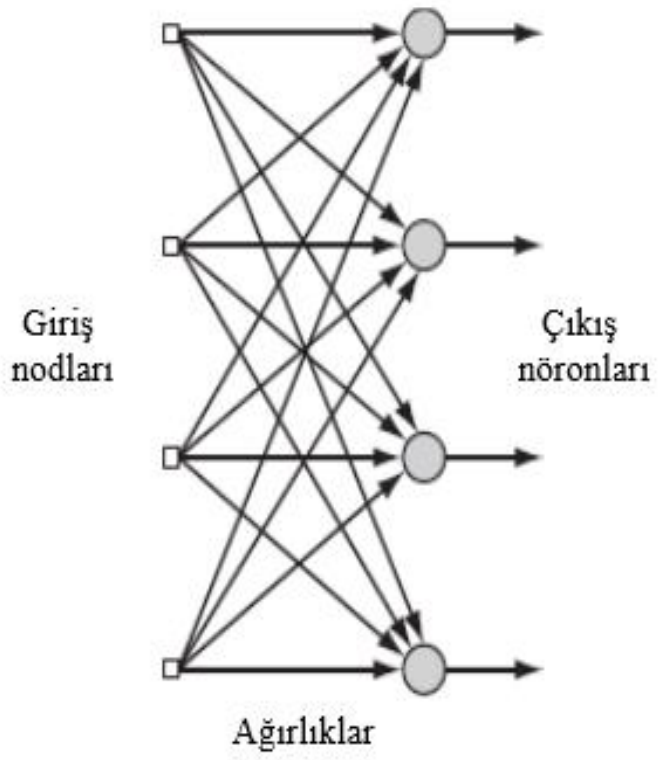
4.4.1 Bilginin akış yönü açısından yapay sinir ağı modelleri

Yapay sinir ağları, verinin akış yönü açısından genel olarak üç ana sınıfta incelenebilir. Bunlar, tek katmanlı ileri beslemeli yapay sinir ağları, çok katmanlı ileri beslemeli yapay sinir ağları ve yinelenen yapay sinir ağlarıdır. İleri beslemeli yapay sinir ağlarında, girişten alınan veri işlenerek çıkışa kadar iletilmekte, geri besleme gerçekleşmemektedir. Yinelenen yapay sinir ağlarında ise, elde edilen çıkış yeniden ağa beslenerek hesaplama yapılmaktadır.

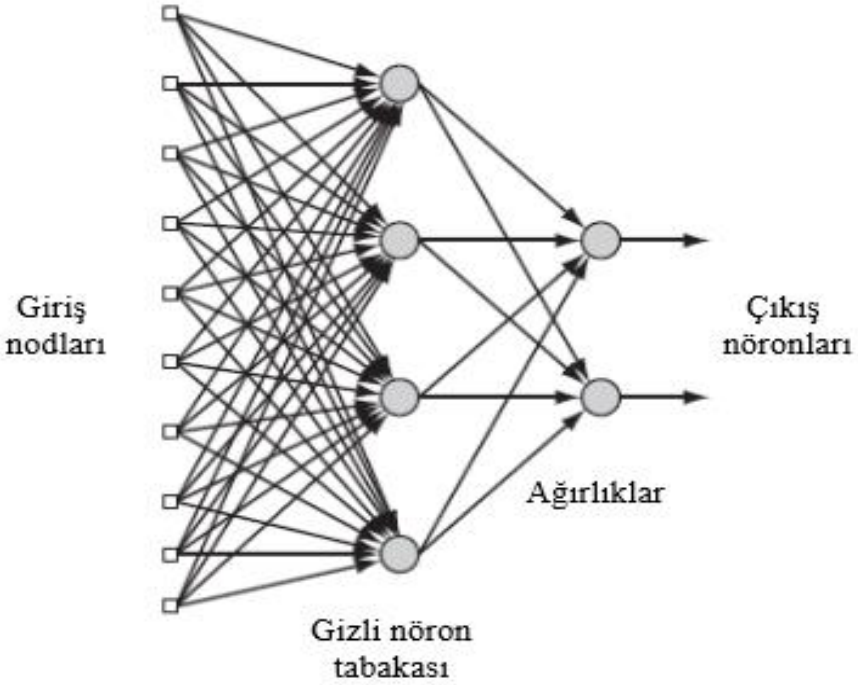
- Tek katmanlı ileri beslemeli yapay sinir ağları

Tek katmanlı yapay sinir ağları, giriş verisinin sisteme iletildiği giriş nodları ve çıkış nöronlarının bulunduğu çıkış katmanı bulunmaktadır. Yapay sinir ağı eğitildikten sonra elde edilen ağırlıklar ile girişin lineer kombinasyonu çıkış katmanına iletilmekte ve çıkış katmanındaki aktivasyon fonksiyonu sayesinde ağın çıkış değeri hesaplanmaktadır. Tek katmanlı ileri beslemeli yapay sinir ağları için örnek bir model Şekil 4.1 ile gösterilmektedir. Tek katmanlı yapay sinir ağlarında hesaplama fonksiyonları (aktivasyon fonksiyonu) sadece çıkış katmanında bulunmakta, giriş nodları, girdi değerlerinin gizli tabakaya iletilmesinde kullanılmaktadır. Şekil 4.1'de tek katmanlı ileri beslemeli yapay sinir ağı mimarisi gösterilmiştir.

Şekil 4.2'de, çok katmanlı ileri beslemeli yapay sinir ağı modelini göstermektedir. Giriş nodlarında hesaplama elemanı bulunmamakta, belirlenen giriş verilerini gizli tabakaya iletmek için kullanılmaktadırlar. Giriş tabaka ve gizli tabaka arasında ve gizli tabaka ve çıkış tabakası arasındaki ağırlıklar ağın eğitilmesi sırasında başarımı yükseltecek şekilde güncellenmektedirler. Eğitim sonucunda çıkışı yüksek oranda etkileyen girdilerin ağırlık katsayıları büyük, çıkışa etkisi düşük olan katsayıların ağırlıkları ise daha küçük olmaktadır. Gizli tabaka ve çıkış tabakası arasında bulunan ağırlıklar ve çıkış tabakası aktivasyon fonksiyonları sayesinde sistem daha karmaşık yapılarda da yüksek başarım gösterebilmektedir. Şekil 4.2'de çok katmanlı ileri beslemeli yapay sinir ağı mimarisi gösterilmiştir.



Şekil 4.1 Tek katmanlı ileri beslemeli yapay sinir ağı (Haykin,1999).

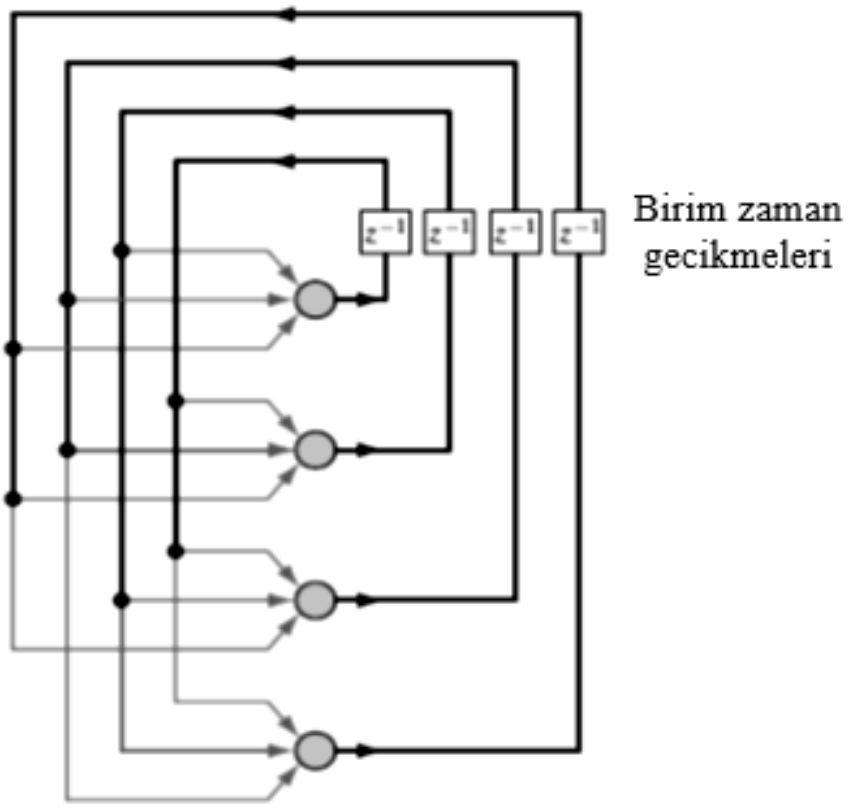


.

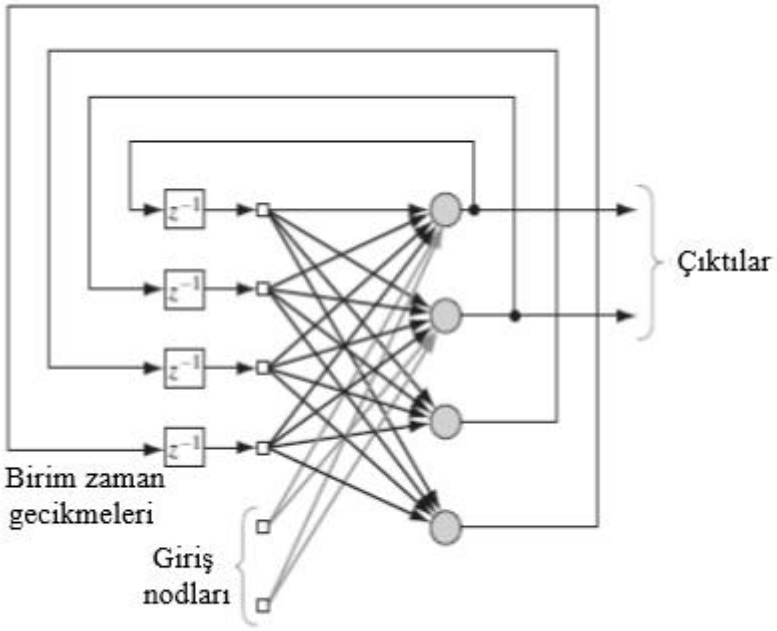
Şekil.4.2: Çok katmanlı ileri beslemeli yapay sinir ağı (Haykin,1999).

- Yinelenen yapay sinir ağları

Yinelenen yapay sinir ağlarının ileri beslemeli yapay sinir ağlarından farkı, en az 1 geri besleme döngüsünün bulunmasıdır. Yinelenen yapay sinir ağları Şekil 4.3 ve 4.4 (Haykin,2008) da görüldüğü gibi gizli katman kullanılarak ya da gizli katman kullanılmadan olarak oluşturulabilmektedir. Bu tür yapay sinir ağlarında kullanılan geri besleme döngüsü sayesinde, oluşturulan ağ dinamik davranış gösterebilmektedir. Yinelenen yapay sinir ağlarının ileri beslemeli yapay sinir ağlarına göre en önemli avantajı, anlık değerlerin yanı sıra geçmiş değerlere de bağlı olan sistemlerde giriş çıkış ilişkisini ileri beslemeli yapay sinir ağlarına göre daha kolay kurabilmesidir. Bu sayede yinelenen yapay sinir ağları, dinamik sistemlerde yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. Ayrıca bu tür geri besleme yapısına sahip olan ağların, gerçek zamanlı öğrenme gerektiren problemlerde de ileri beslemeli yapay sinir ağlarına göre avantajları bulunmaktadır. Şekil 4.3'de yinelenen yapay sinir ağları mimarisi gösterilmiştir. Şekil 4.4'de yinelenen gizli katmanlı yapay sinir ağları mimarisi gösterilmiştir.



Şekil 4.3: Yinelenen yapay sinir ağları (Haykin,1999).



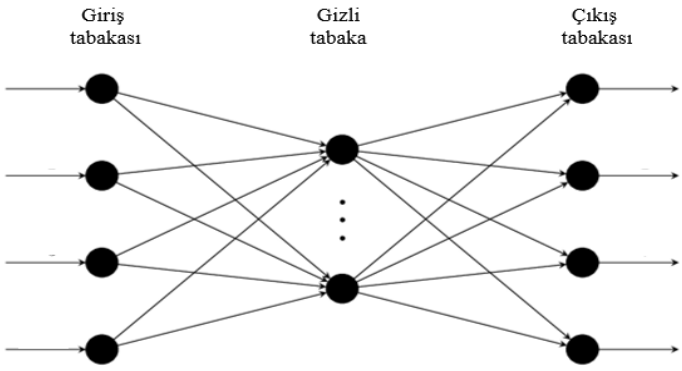
Şekil 4.4: Yinelenen gizli katmanlı yapay sinir ağları (Haykin,1999).

4.4.2 Giriş-çıkış ilişkisi açısından yapay sinir ağları

Giriş-çıkış ilişkisi açısından yapay sinir ağları temel olarak 2 sınıfta incelenebilir. Bunlar, öz-ilişkili yapay sinir ağları ve çok girişli çok çıkışlı yapay sinir ağlarıdır.

- Öz-ilişkili yapay sinir ağları

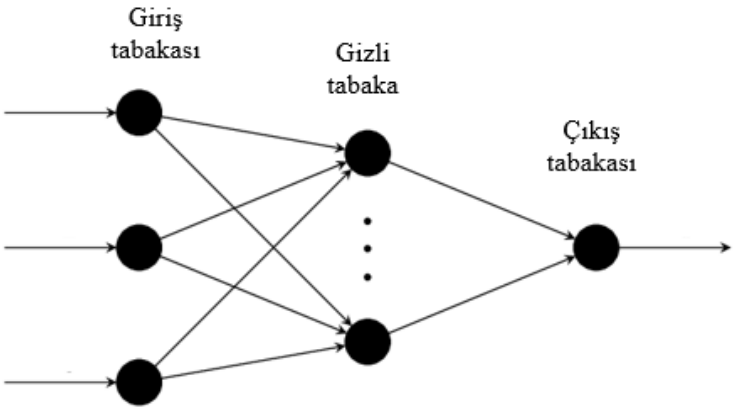
Öz-ilişkili yapay sinir ağlarında, giriş nodları ve çıkış nöronlarındaki değerler birbirine eşittir. Bu tür yapay sinir ağlarında, gizli tabakada giriş ve çıkış tabakalarından daha az sayıda nöron bulunmakta, böylece giriş çıkış arasında başarılı bir şekilde ilişki kurulması sağlanabilmektedir. Şekil 4.5'de öz ilişkili yapay sinir ağı mimarisi gösterilmiştir.



Şekil 4.5: Öz ilişkili yapay sinir ağı.

- Çok giriş tek çıkışlı yapay sinir ağları

Bu tür yapay ağlarında, giriş tabakasındaki 1'den çok girdi değeri ve ağın matematiksel mimarisi sayesinde hedeflenen çıkış değerine yaklaşmak amaçlanmaktadır. Bu tez çalışmasında kullanılan yapay sinir ağı modelleri, çok giriş tek çıkışlı yapay sinir ağı sınıfında bulunmaktadırlar. Şekil 4.6'da çok girişli tek çıkışlı yapay sinir ağı mimarisi gösterilmiştir.



Şekil 4.6: Çok giriş tek çıkışlı yapay sinir ağı.

- Çok giriş çok çıkışlı yapay sinir ağları

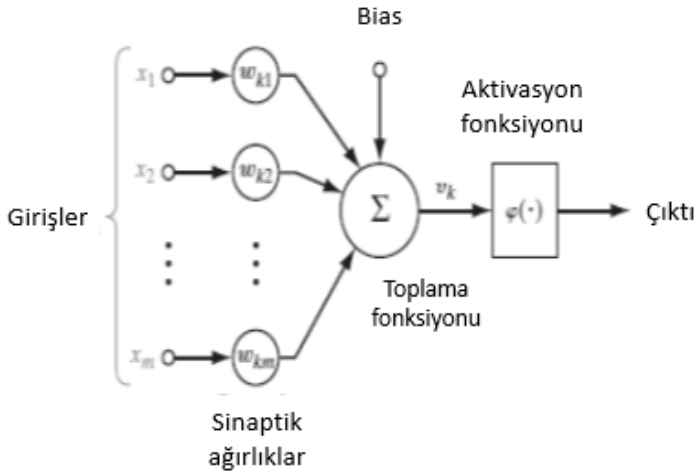
Çok giriş çok çıkışlı yapay sinir ağlarında, hem giriş hem de çıkışta 1'den çok değer bulunmaktadır. Bu tür sinir ağları gruplar arası ilişki kurulması açısından avantaja sahiptir.

4.5 Yapay Sinir Hücresinin Matematiksel Modeli

Bir yapay sinir ağının temel bilgi işleme elemanı yapay sinir hücresi (nöron) olarak adlandırılmaktadır. Yapay sinir ağının üç temel elemanı şu şekildedir.

1. Ağırlık Değerleri: Yapay sinir ağı modelinin katmanları arasındaki ++bağlantıların katsayısı ağırlık ile belirlenmektedir. Örneğin giriş katmanındaki x_j sinyali ile gizli tabadaki k arasındaki bağlantı ω_{kj} ile ifade edilmektedir.
2. Toplama Fonksiyonu: Ağırlıklandırılmış giriş sinyalinin sonraki katmana verilmeden önceki lineer toplamını gerçekleştiren birimdir.

3. Aktivasyon Fonksiyonu: Nöron çıkışının genliğini ayarlamak için kullanılan fonksiyondur. Yapay sinir ağına lineer olmama özelliğini aktivasyon fonksiyonu kazandırır. Ayrıca bazı yapay sinir ağlarında Bias değerleri de kullanılabilir. Bias değeri, aktivasyon fonksiyonu toplam girdisini artırmaya yada azaltmaya yarayan birimlerdir. Şekil 4.7'de yapay sinir hücresinin mimarisi gösterilmiştir.



Şekil 4.7: Yapay sinir hücresi mimarisi.

$$U_k = \sum_{j=1}^{m} \omega_{kj} x_j \tag{4.1}$$

$$v_k = u_k + b_k \tag{4.2}$$

$$y_k = \varphi(\mathrm{vk}) \tag{4.3}$$

Buna göre ;

$x_1, x_2 \ldots\ldots x_m$: Giriş Sinyali

$w_{k1}, w_{k2}, \ldots\ldots w_{km}$: Ağırlık değeri

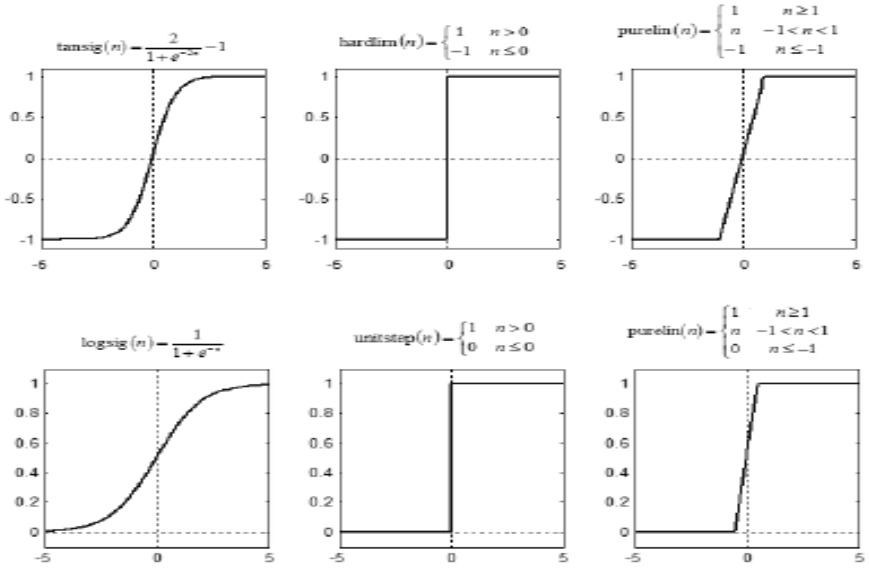
u_k : Girişlerin ağırlıklandırılmış lineer toplamı

b_k: Bias

v_k: Aktivasyon fonksiyonu girdisi

y_k: Yapay sinir ağının çıkışı olarak ifade edilebilir.

Şekil 4.8'de aktivasyon fonksiyonları gösterilmiştir.



Şekil 4.8: Aktivasyon fonksiyonları.

4.6 Yapay Sinir Ağları Öğrenme Stratejisi

Yapay sinir ağlarında öğrenme bilinen örneklere göre, yapının iyi bir davranış göstermesini sağlayabilecek bağlantı ağırlıklarının hesaplanması olarak tanımlanabilir.

Yapay sinir ağlarının öğrenme yöntemi örneklere bağlıdır. Başka bir değişle yapay sinir ağları öğrenme işlemini örneklere göre yapar.

Yapay sinir ağlarının öğrenmesinde iki temel yöntem ile yapılmaktadır. Bunlar danışmanlı ve danışmansız öğrenmelerdir. En yaygın kullanılan öğrenme yöntemi danışmanlı öğretim yöntemidir.

Danışmanlı öğrenme yönteminde, öğrenmeye dışarıdan bir müdahale vardır. Burda danışman eğitim verilerini ve hata değerlerini belirleyerek eğitimin süresine karar verir. Bu yöntemde eğitim esnasında gerçek giriş ve çıkış verileri kullanılır. Danışmanlı öğrenme kuralları ise dört ana başlık altında toplanır.

- Algılayıcı öğrenme kuralı
- Delta öğrenme kuralı
- Genişletilmiş Delta öğrenme kuralı

- Geri yayılımlı öğrenme kuralı

Geri yayılımlı öğrenme kuralı öğrenme kuralı arasında en yaygın olarak kullanılanıdır. Bu yöntemde yapay sinir ağırlıklarının en iyi şekilde tespiti için uygunluk fonksiyonları kullanılmakta olup, uygunluk fonksiyonlarını da minumum seviyede tutarak yapay sinir ağlarının en etkin şekilde öğrenmesi hedeflenmektedir.

Geri yayılım öğrenme kuralı basitçe, çıkışta oluşan hatadan yola çıkarak sinir ağındaki ağırlıkların yeniden düzenlenmesi yapılmasıdır (Ataseven,2013).

5. YAPAY SİNİR AĞLARI İLE TÜKETİM TAHMİNİ

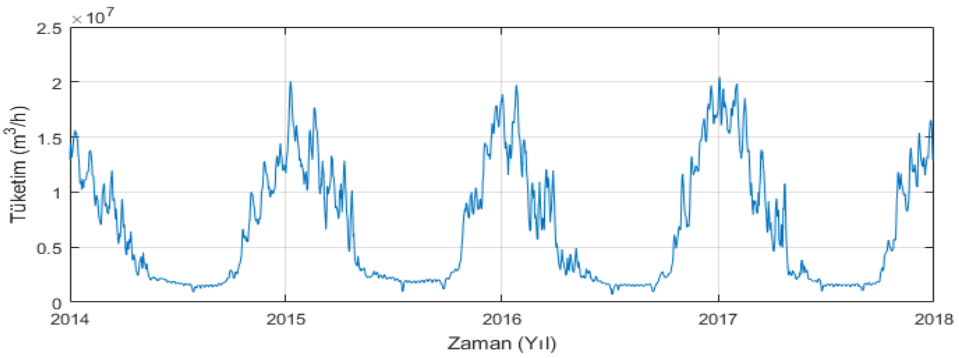
Bu çalışmada Ankara ilinin doğal gaz tüketim tahmini yapay sinir ağları yardımıyla yapılmıştır. Doğal gaz tüketimine etki edebilecek parametreler ve türetilmiş diğer parametreler yardımıyla tüketim tahmini yapılmaya çalışılmmıştır.

5.1 Ankara Bölgesi İçin Doğal Gaz Öngörüsü

Bu tahmin çalışmasında kullanılan veriler Başkent Doğal Gaz Dağıtım GYO A.Ş. ve Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilmiş olup 2014-2017 yılları arasındaki verilerden oluşmaktadır. Dağıtım şirketinden tüketim, kalorifik değer, bağımsız birim sayısı bazlı abone adedi verileri alınmıştır. Meteoroloji Genel Müdürlüğünden ise günlük maksimum sıcaklık farkı, günlük maksimum sıcaklık, günlük minumum sıcaklık, günlük ortalama nispi nem, günlük ortalama sıcaklık ve hadise bilgileri temin edilmiştir. İlave olarak sıcaklık verilerinin gerçekleşen ölçüm değerleri ile tahmin değerleri de alınmıştır.

Dağıtım şirketinden alınan tüketim verilerinde büyük sanayi müşterilerinin tüketimleri bulunmamakta olup tahmin çalışması içerisinde de bu müşterilerin bilgileri bulunmamaktadır. Tüketim verileri genel olarak evsel kullanımları kapsayacak şekilde olup, küçük ölçekli ticarethanelerin tüketim değerleri bu verinin içerisinde yer almaktadır. Genel olarak doğal gazı ısınma, mutfak ve sıcak su amaçlı kullanan müşterilerin tüketim bilgileri bu verinin içerisinde yer almaktadır. Şekil 5.1'de Ankara ilinin doğalgaz tüketiminin yıllara göre değişimi gösterilmiştir.

Ankara ilinin yıllara bağlı olarak tüketim miktarının artmasına sebep olan parametrelerden birisi abone sayısıdır. Abone sayısının artmasına bağlı olarak tüketim miktarının artması da beklenen bir durumdur. Ayrıca iklim şartları da doğal gaz tüketmi üzerinde etkilidir. Soğuk kış günlerinde doğal gaz tüketimi artarken, sıcak yaz günlerinde ise azalmaktadır.



Şekil 5.1: Ankara ili yıllara göre tüketim değişimi.

5.2 Doğal Gaz Tüketimine Etki Eden Parametreler

Doğal gaz tüketimi başlıca abone sayısı, meteorolojik faktörler olmak üzere, ısıl değer, hissedilen sıcaklık gibi parametrelere bağlıdır.

5.2.1 Abone sayısı

EPDK tarafından belirlenmiş olan Doğal Gaz Piyasası Dağıtım Müşteri Hizmetleri Yönetmeliğinde abonelik tespiti yapılırken, bina kullanım tipi mal ve hizmet üretimi yapan müşteriler dışında kalan abonelerin tespitinde bağımsız birim sayısı dikkate alınmaktadır. Bağımsız birim sayısı, inşaatı tamamlanmış, kullanılır durumda olan yapının ayrılmış bölümleridir. Bağımsız birim sayısı kısaca BBS olarak tanımlanmakta olup 200 m^2'ye kadar olan alanlar 1 BBS, 200 m^2'den sonra ilave her her 100 m^2 için 1 BBS eklenerek hesaplanır. Bu hesap yöntemi abone bağlantı bedeli hesabında da kullanılmaktadır. Bu çalışmada da abone sayısı ile kast edilen değer BBS değeridir.

Başkent Doğal Gaz'ın eski tarihli abone kayıtlarında günlük aktif BBS adetlerine net bir şekilde ulaşılamamış olması sebebiyle, elimizde bulunan aylık toplam BBS adetlerinden, günlük BBS adetlerine lineer bir geçiş sağlanmıştır.

BBS değerindeki artış ve azalış doğal gaz tüketimi üzerinde doğrusal bir etkiye sahiptir. Bu sebeple ileriye dönük yapılacak olan doğal gaz tahminlerinde BBS değeri oldukça önemli bir parametredir.

5.2.2 Meteorolojik parametreler

Doğal gaz tüketimi üzerinde en etkili parametrelerden biri de sıcaklıktır. Bunun yanı sıra nem, yağış miktarı, hava olayları gibi verilerde tüketim üzerinde etkili olmaktadır.

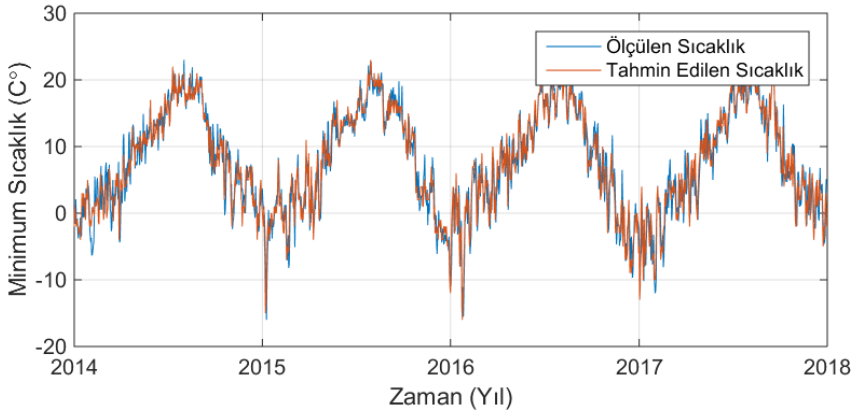
Bu çalışmada kullanılacak olan veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilmiş olup kayıtlarda oluşan eksiklikler interpolasyon yöntemi ile giderilmiştir.

Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan veriler Ankara iline ait olup, Günlük maksimum ve minumum sıcaklık farkı, günlük maksimum rüzgar hızı, günlük maksimum sıcaklık, günlük minumum sıcaklık, günlük ortalama nispi nem, günlük ortalama sıcaklık ve hadise bilgilerini içermektedir.

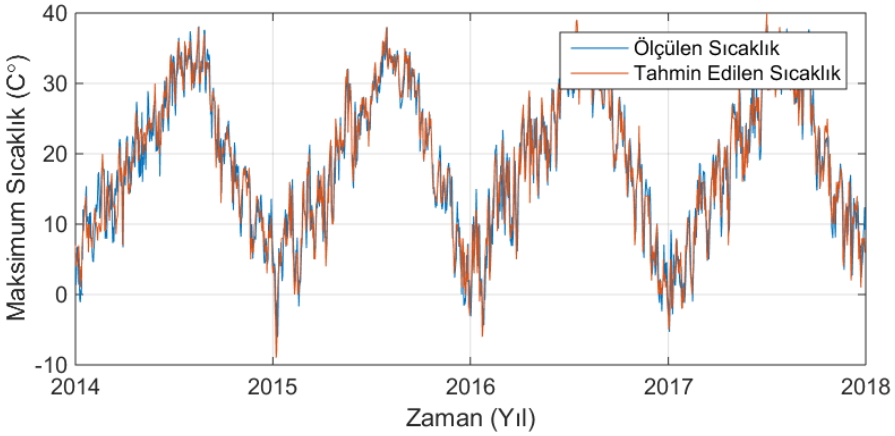
5.2.2.1 Sıcaklık

Doğal gaz ağırlıklı olarak ısınma amaçlı olarak kullanılmaktadır. Bu sebeple de sıcaklık değişimleri doğal gaz tüketimlerini etkilemektedir. Soğuk kış aylarında artan doğal gaz tüketimi, sıcak yaz aylarında ise düşmektedir.

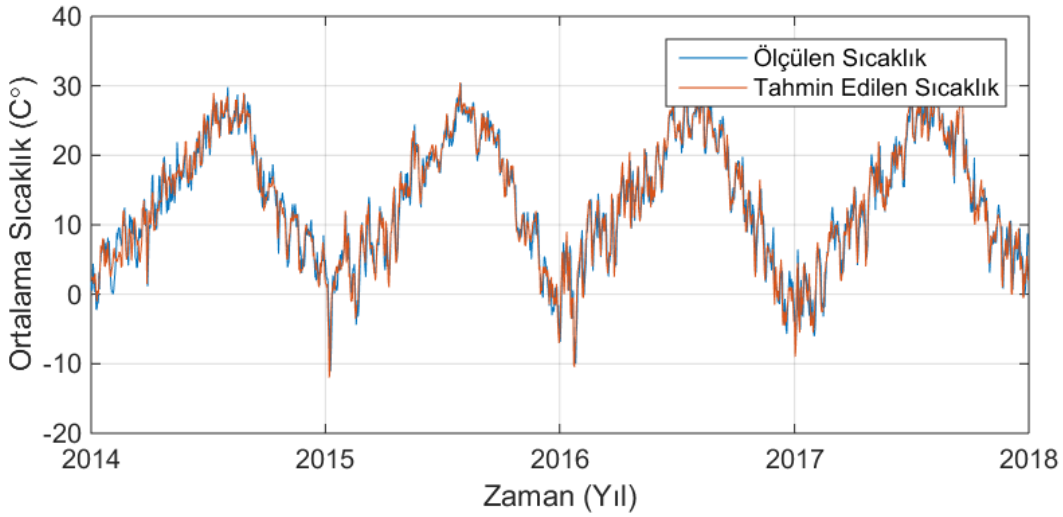
Ankara iline ait meteorolojik verilere göre minumum ve maksimum sıcaklıklar ile ortalama sıcaklıkların yıllara göre değişimi tahmin edilen ve ölçülen değerlere göre şekil 5.2-5.3-5.4'de gösterilmektedir.



Şekil 5.2: Ölçülen ve tahmin edilen minumum sıcaklık değerleri.

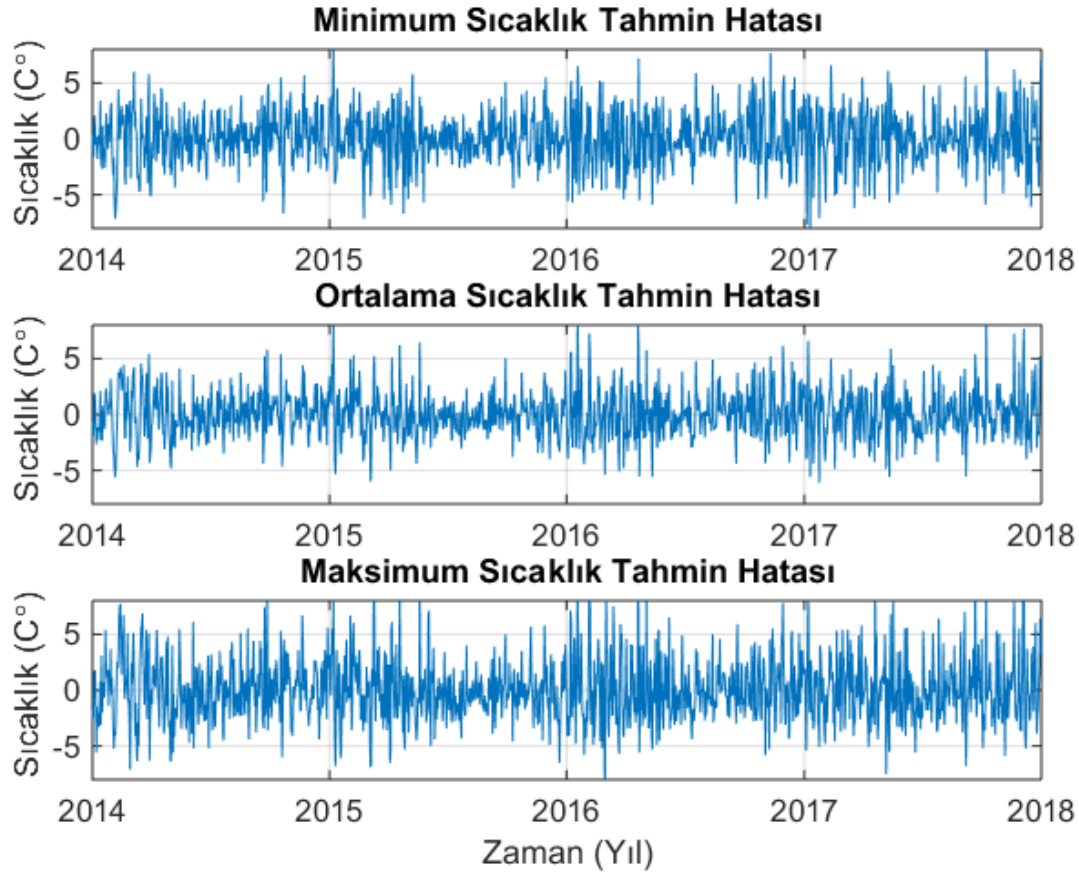


Şekil 5.3: Ölçülen ve tahmin edilen maksimum sıcaklık değerleri.



Şekil 5.4: Ölçülen ve tahmin edilen ortalama sıcaklık değerleri.

Bu tez çalışmasında sıcaklık değeri olarak tahmin edilen sıcaklık değerleri kullanılmıştır. Şekil 5.5'de minimum, ortalama ve maksimum sıcaklıklar için ölçülen ve tahmin edilen değerlerin farklarını göstermektedir.



Şekil 5.5: Ölçülen ve tahmin edilen sıcaklıkların hata grafiği.

Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan verilerde belirtilen;

Günlük ortalama sıcaklık (^{0}C) : Ölçüm değerinin belirleneceği günün öncesi saat 21:00 ile gün içi saat 07:00, 14:00 ve 21:00 saatlerinde kaydedilen dört farklı sıcaklık değerinin ortalaması olarak tanımlanabilir

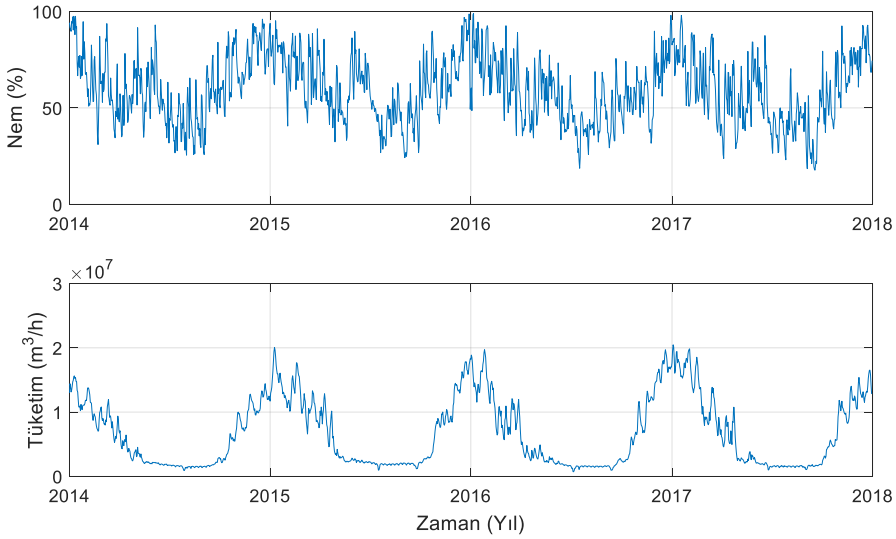
Günlük minumum sıcaklık (^{0}C): Ölçüm değerinin belirleneceği günün saat 21:00 ile gün içi saat 21:00 arasında ölçülen minumum sıcaklık değeri olarak tanımlanabilir.

Günlük maksimum sıcaklık (^{0}C) : Ölçüm değerinin belirleneceği günün saat 21:00 ile gün içi saat 21:00 arasında ölçülen maksimum sıcaklık değeri olarak tanımlanabilir.

Tahmin sürecinde kullanılmak üzere ölçülen sıcaklık değerlerinin yanı sıra, geçmiş yıllara ait tahmin edilen sıcaklık verileri de temin edilmiş olup çalışma içerisinde kullanılmıştır.

5.2.2.2 Nem

Hava sıcaklığının yüksek olduğu günlere göre, düşük olduğu günlerdeki nem oranı genel olarak daha yüksektir. Ayrıca nem oranı da bölgesel olarak farklılık göstermektedir. Havanın içerisinde taşıdığı su buharı miktarı nem olarak tanımlanabilr. Şekil 5.6'da nem oranı ile doğal gaz tüketimi arasındaki ilişki gösterilmiştir.



Şekil 5.6: Nem oranı ile doğal gaz tüketimi arasındaki ilişki.

5.2.2.3 Hissedilen sıcaklık

Hissedilen sıcaklık ölçülebilir sıcaklıktan farklı olarak bir formulle hesaplanan değerdir. Bu sıcaklık termometre tarafından ölçülen sıcaklık değerinden farklı olarak insan vücudunun algıladığı sıcaklıktır. Bu sıcaklık iklimsel şartlara, giyisilere kişinin ısı direnci gibi öznel parametrelere bağlı olduğu kadar, termometre sıcaklığı, radyasyon, nispi nem, rüzgar gibi meteorolijik etmenlerden de etkilendiği için ayrıca nesnel bir değerdir de Bu çalışmada dış ortam sıcaklığı ile nem arasındaki ilişkiyi gösteren ısı endeksi dikkate alınmıştır.

1979 yılında Applied Meteorology Journal da yayınlanan bir makalede sıcaklık ve nem dışındaki bir dizi faktör de göz önüne alınarak geliştirilmiş çalışmaya göre uygun sonuçlar veren uygun formul aşağıda gösterilmiştir.

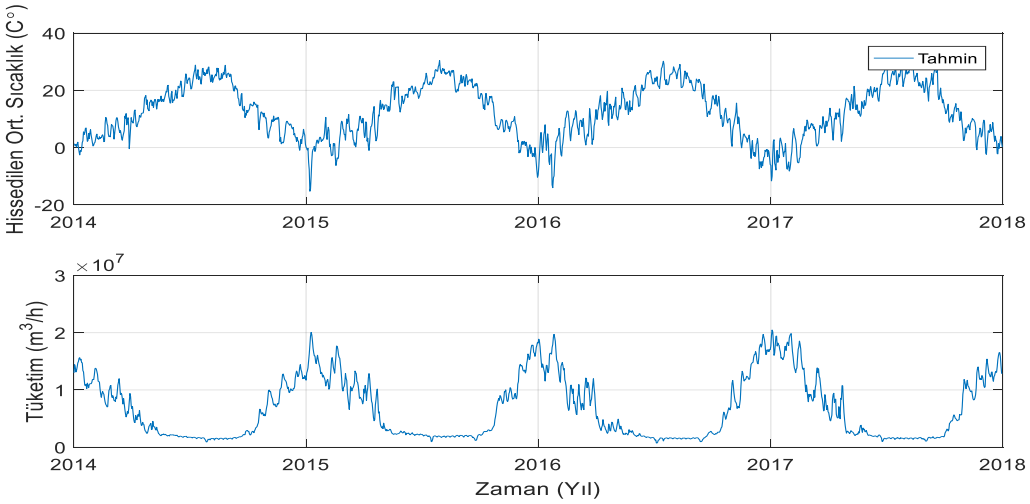
Isıl Endeksi

$$F^0 = 0{,}5 * \{T + 61 + [(T - 68) * 1{,}2] + (rH * 0{,}094) \quad (5.1)$$

T= Dış ortam sıcaklığı (^{0}F)

rH= Bağıl Nem (%)

Bu formul sonrasında bulunan değer ^{0}C'ye çevrilerek kullanılmıştır. Ölçülen sıcaklık değerlerinin yanı sıra, tahmin edilen sıcaklık değerleri içinde bu hesaplama yapılmıştır (Akın,2017). Şekil 5.7'de hissedilen sıcaklık ile doğal gaz tüketimi arasındaki ilişki gösterilmiştir.



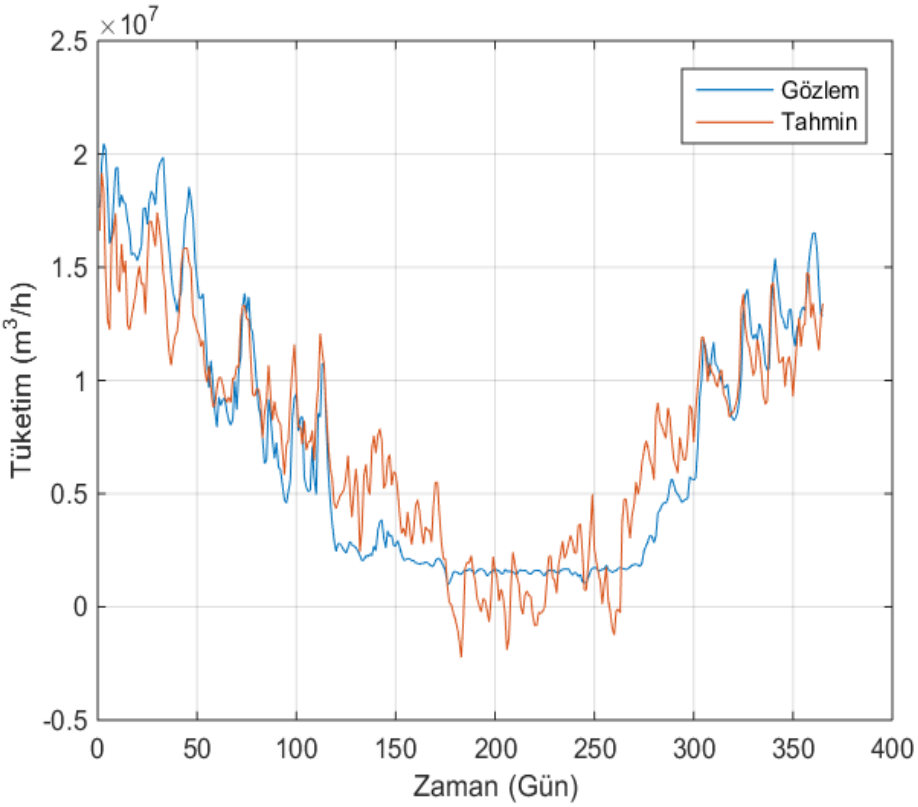
Şekil 5.7: Hissedilen Sıcaklık ile tüketim arasındaki ilişki.

5.2.3 Isıl değer

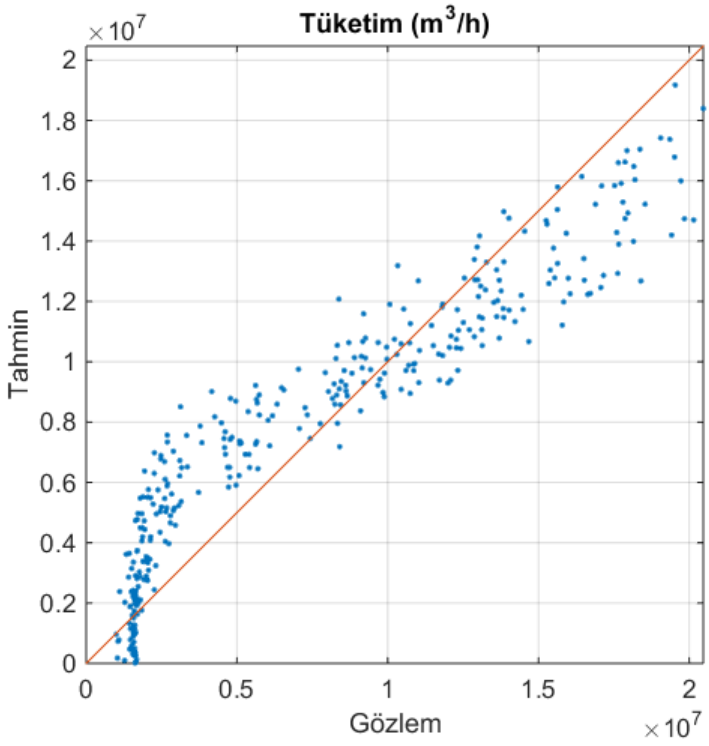
Türkiye'de kullanılan farklı bölgelerden tedarik edilmektedir. Bu sebeple de kaynak yerine göre doğal gazın ısıl değerlerinde değişiklikler olmaktadır. Doğal gaz fatrulandırılmalarında da bu değer dikkate alınmaktadır. Bu çalışmada Ankara iline ait doğal gaz ısıl değerleri de dikkate alınmaktadır.

5.3 Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi

Yapay sinir ağı modellerinin oluşturulmasından önce performans karşılaştırması için çoklu doğrusal regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. 2014-2016 yılları arasındaki değerler modelin katsayılarının belirlenmesi için kullanılmış. 2017 yılı tüketim tahimini doğrusal model ile elde edilmiştir. Elde edilen tahmin ile 2017 yılına ait gerçek tüketim değerleri karşılaştırıldığında, R^2 değeri 0.8531 olarak hesaplanmıştır. Şekil 5.8'de çoklu doğrusal regresyon analizi ile tahmin edilen tüketim değerleri ile gerçekleşen tüketim değerlerinin karşılaştırılması gösterilmiştir. Şekil 5.9'da ise çoklu doğrusal regresyon analizi ile tahmin edilen tüketim değerleri ile gerçekleşen tüketim değerlerinin karşılaştırılması dağılım grafiği üzerinde gösterilmiştir.



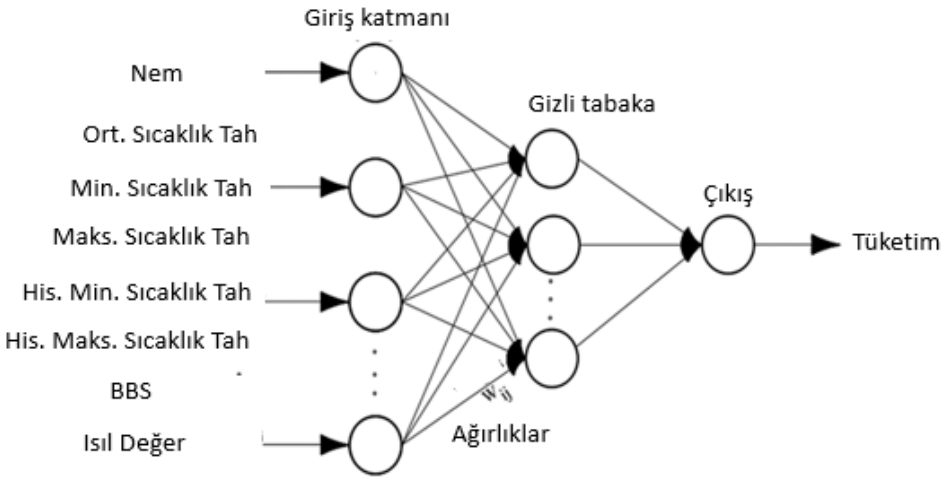
Şekil 5.8: Tahmin edilen ile gerçekleşen tüketim değerlerinin karşılaştırılması (Çoklu doğsusal regresyon).



Şekil 5.9: Tahmin edilen ile gerçekleşen tüketim değerlerinin karşılaştırılması (Çoklu doğsusal regresyon).

5.4 Çalışmada Kullanılan Yapay Sinir Ağı Yapısı Ve Mimarisi

Bu çalışmada logoritmik sigmoid, tanjant sigmoid ve lineer aktivasyon fonksiyonları kullanılmış olup, çıkış değeri ise aktivasyon fonksiyonu tarafından belirlenip çıktı olarak verilmektedir. Şekil 5.10'da bu çalışmada kullanılacak olan yapay sinir ağının mimarisi gösterilmiştir.



Şekil 5.10: Yapay sinir ağlarının yapısı.

Doğal gaz tüketim tahmini yapılırken, tüketimi etkileyen tüm parametreler, giriş tabakasına girdi elemanı olarak girilir, sonrasında bu veriler gizli tabakada işlenir. Bu çalışmada ise tek gizli tabakadan oluşan yapay sinir ağı kullanımı tercih edilmiştir. Ayrıca bu çalışmada kullanılan yapay sinir ağı ileri beslemeli yapay sinir ağıdır.

5.4.1 Yapay sinir ağlarının eğitilmesi ve test edilmesi

Yapay sinir ağlarındaki proses elemanlarının ağırlıklarının tespiti işlemi ağın eğitilmesi olarak tanımlanmaktadır. Bu ağırlıklar ise yapay sinir ağına gösterilen örneklere göre belirlenmektedir. Yapay sinir ağına örneklerin bir çok defa gösterilmesi doğru çıktı tespitinde faydalı olabilir.

Bu çalışmada 2014 ile 2016 yılları arasındaki veriler ağların eğitimi için kullanılacak olup, 1 yıllık yani 2017 yılına ait veri de test amaçlı kullanılacaktır.

Bu çalışmada yapay sinir ağlarının eğitimi amacıyla Levenberg-Marquardt (LM) algoritması kullanılmıştır.

5.4.2 Levenberg-Marquardt metodu ile ileri beslemeli YSA eğitimi

Levenberg-Marquardt algoritması lineer olmayan fonksiyonların minimize edilmesi problemlerinde numerik çözümler sağlar. Ayrıca bu metod hızlı ve stabil bir yakınsama sağlar ve yapay sinir ağları eğitiminde küçük ve orta ölçekli eğitimlerde kullanışlıdır.

Levenberg-Marquardt algoritmasında, Newton algoritmasından farklı olarak Hessian matrisinin yaklaşık değeri kullanılmaktadır. Hessian matrisi (H(w)) bir denklem sisteminin ikinci dereceden kısmi türevlerinden oluşan bir matristir.

$$H(w) = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 w}{\partial x_1^2} & \frac{\partial^2 w}{\partial x_1 x_2} & \cdots & \frac{\partial^2 w}{\partial x_1 x_n} \\ \frac{\partial^2 w}{\partial x_2 x_1} & \frac{\partial^2 w}{\partial x_2^2} & & \frac{\partial^2 w}{\partial x_2 x_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial^2 w}{\partial x_n x_1} & \frac{\partial^2 w}{\partial x_n x_2} & \cdots & \frac{\partial^2 w}{\partial x_n^2} \end{bmatrix} \quad (5.2)$$

$$H(w) = J^T(w)J(w) + \mu l \quad (5.3)$$

μ: Marquardt parametresi

I: Birim matrisi

J: Jakobien matrisi

J Jakobien matrisi ağ hatalarının ağırlıklarına göre birinci türevinden elde edilmektedir.

Ağ hatalarının geriye yayılmasında, Jakobien matrisinin transpozu ve ağ hataları kullanılarak ağın gradyeni hesaplanmaktadır.

$$\Delta \mathrm{E(w)} = J^T(\mathrm{w})\mathrm{e(w)} \tag{5.4}$$

Ağın gradyeni hesaplandıktan sonra, ağın ağırlıklarındaki vektörel değişim Hessian matrisinin tersi ile ağın gradyeninin çarpılmasıyla belirlenmektedir.

$$\Delta \mathrm{w} = -[H(w)^{-1}]\Delta \mathrm{E(w)} \tag{5.5}$$

$$\Delta w_{yeni} = w_{eski} + \Delta \mathrm{w} \tag{5.6}$$

denklemi ile ağın ağırlıkları güncellenmektedir.

μ parametresi Levenberg-Marquardt algoritmasında oldukça önemlidir. μ sıfıra yakınsarsa, yöntem Newton algoritması gibi işleyişini sürdürmekte, μ büyük bir sayıyı alırsa küçük adımlı gradyen azalması yöntemi haline gelmektedir. (Okkan ve Mollamahmutoğlu, 2010)

5.4.3 Yapay sinir ağlarının test edilmesi ve performans kriteri

Bu çalışmada yapay sinir ağlarının performansını test etmek için R^2 performans parametresinden yararlanılmıştır. Performans ölçütü olarak kullanılan ve elde edilen tahmin sonuçlarının gerçek sonuçlarla ilişkisini açıklayan testi R^2 testi olarak tanımlayabiliriz (Barutçu,2013).

$$R^2 = \frac{Regresyon\ Kareler\ Toplamı\ (RKT)}{Genel\ Kareler\ Toplamı\ (GKT)} \tag{5.7}$$

$$R^2 = 1 - \frac{Hata\ Kareleri\ Toplamı(HKT)}{Genel\ Kareler\ Toplamı(GKT)} \tag{5.8}$$

Şeklinde ifade edilebilir.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_e(i) - X_m(i))^2}{\sum_{i=1}^{n} x_m(i)^2} \quad (5.9)$$

n: veri çifti sayısı

$x_e(i)$: modellenen veri

$x_m(i)$: ölçülen veri

R^2 sonuçlarının 1'e yakınsaması, modellenen veri ile gerçekleşen verinin birbirine yaklaştığını gösterir.

5.5 Yapay Sinir Ağı Uygulaması

Doğal gaz tüketim tahmini ile ilgili yapılan bu çalışmada girdi parametresi olarak 9 adet parametre kullanılmıştır.Bu parametrelerin seçiminde Yapay Sinir Ağlarıyla Konya Bölgesinde Kullanıcı Doğal Gaz Tüketim Öngörüsü yüksek lisans tezinde belirtilen doğal gaz tüketimine etki eden parametreler dikkate alınmıştır. Buna gün öncesi maksimum sıcaklık, gün öncesi ortalama sıcaklık farkı, gün öncesi minumum sıcaklık, derece gün ve rüzgar etkisi parametrelerinin doğalgaz tüketimi üzerinde bir etkisi olmadığı gözlemlenmiştir (Akın,2017). Çizelge 5.1'de yapay sinir ağında kullanılan parametreler gösterilmiştir. Dört yıllık süreye ait 1491 günlük verinin, 1095'i eğitim setinde, 365'i ise test setinde kullanılmıştır.

Bu çalışmada girdi verisi olarak meteoroloji genel müdürlüğünden alınmış olan geçmiş tarihli tahmin verileri, gerçekleşen tüketim verileri kullanılarak oluşturulan yapay sinir ağının tahmin başarısı analiz edilmiştir.

İlk olarak en doğru tahmini yapabilmek için giriş parametrelerini kullanarak faklı aktivasyon fonksiyonları kullanılarak ve gizli tabakadaki nöron sayısını değiştirerek en iyi yapay sinir ağları modeli elde edilmeye çalışılmıştır.

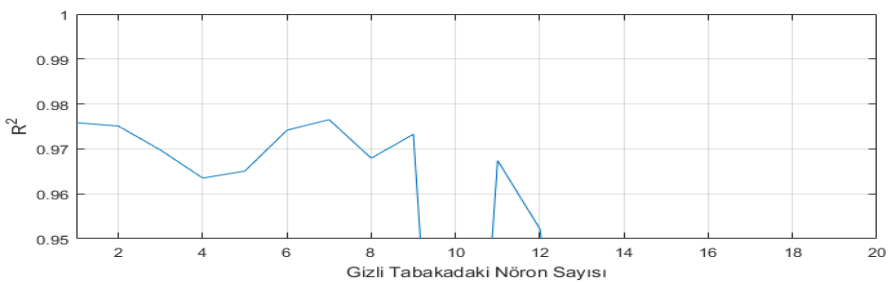
Ağın giriş-çıkış parametreleri değiştirilmeden, gizli tabakadaki aktivasyon fonksiyonu olarak logaritmik sigmoid ve tanjant-sigmoid, çıkış tabakasındaki aktivasyon fonsiyonu ise lineer olacak şekilde çeşitli yapay sinir ağı modelleri oluşturulmuştur.

Çizelge 5.1 : Yapay sinir ağında kullanılan parametreler.

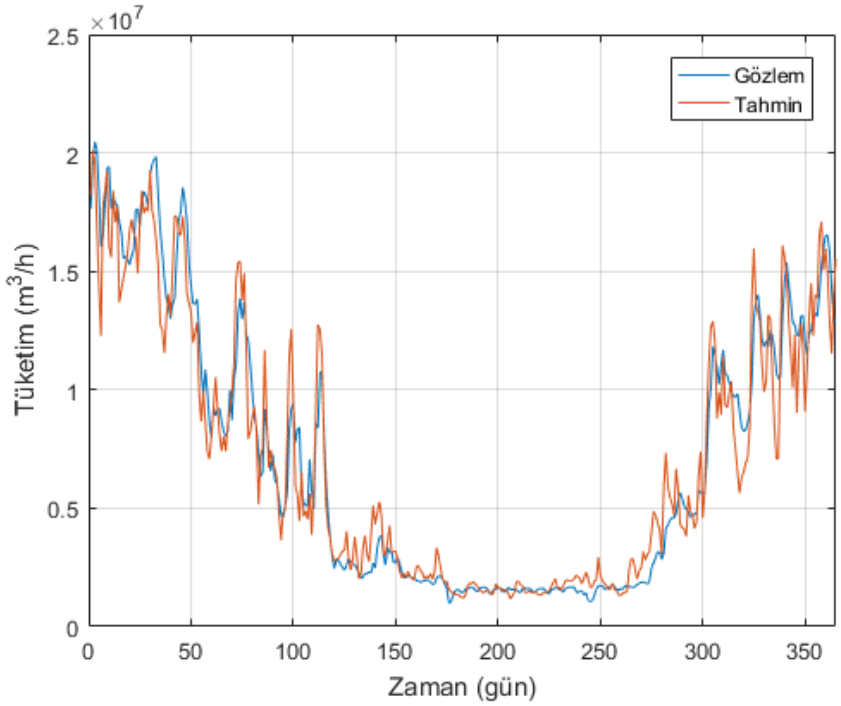
YAPAY SİNİR AĞINDA KULLANILAN PARAMETRELER	
NO	PARAMETRE ADI
1	NEM
2	ORTALAMA SICAKLIK TAHMİNİ
3	MİNUMUM SICAKLIK TAHMİNİ
4	MAKSİMUM SICAKLIK TAHMİNİ
5	HİSSEDİLEN MİNUMUM SICAKLIK TAHMİNİ
6	HİSSEDİLEN MAKSİMUM SICAKLIK TAHMİNİ
7	TÜKETİM
8	BAĞIMSIZ BİRİM SAYISI (BBS)
9	ISIL DEĞER

Gizli tabakadaki nöron sayısı ise 10'dan 40'a kadar artırılarak en yüksek R^2 performans değerli nöron sayısı tespit edilmiştir. Ayrıca her gizli tabaka nöron sayısı için 10'ar deneme yapılmış, başlangıç koşulları için her seferinde farklı değerler atanarak başarılı bir tahmin modeline ulaşılmaya çalışılmıştır.

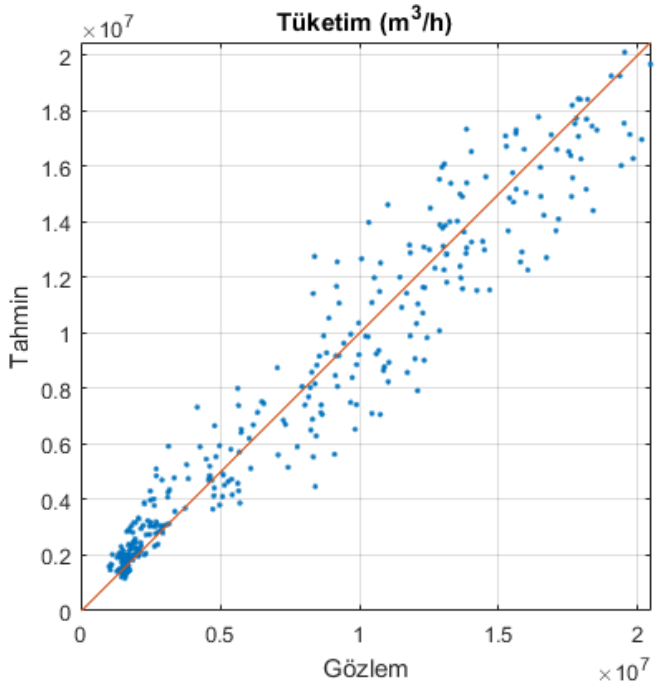
Gizli tabaka ve çıkış tabakasında sırasıyla logaritmik sigmoid-lineer aktivasyon fonksiyonları kullanılarak oluşturulan modellerin test setindeki simülasyon sonuçları Şekil 5.12-5.13'de gösterilmiştir. Şekil 5.11'de her gizli tabaka nöron sayısı için yapılan 10 denemeden en başarılı sonuç verenin R2 değeri gösterilmektedir. Görüldüğü üzere bu aktivasyon fonksiyonları için en iyi gizli tabaka nöron sayısı 2 olarak bulunmuştur. Şekil 5.12 ve Şekil 5.13 ile verilen gözlem-tahmin ilişkileri, 2 gizli tabaka nöron sayısının kullanıldığı modele aittir.



Şekil 5.11: Log-sigmoid fonksiyonu nöron saysı hata ilişkisi.



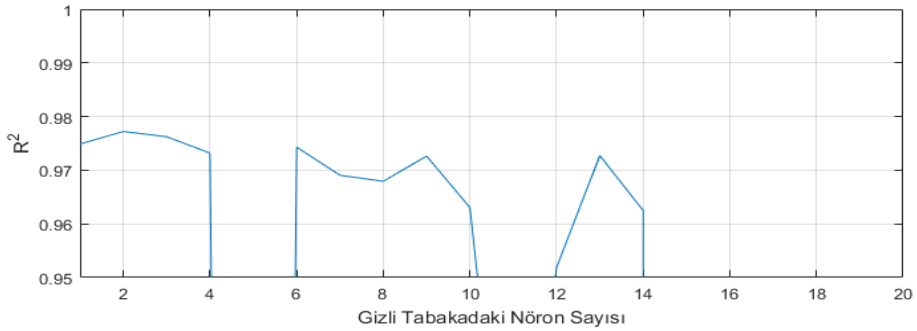
Şekil 5.12: Tahmin edilen ile gerçekleşen tüketim değerlerinin karşılaştırılması(log-sig).



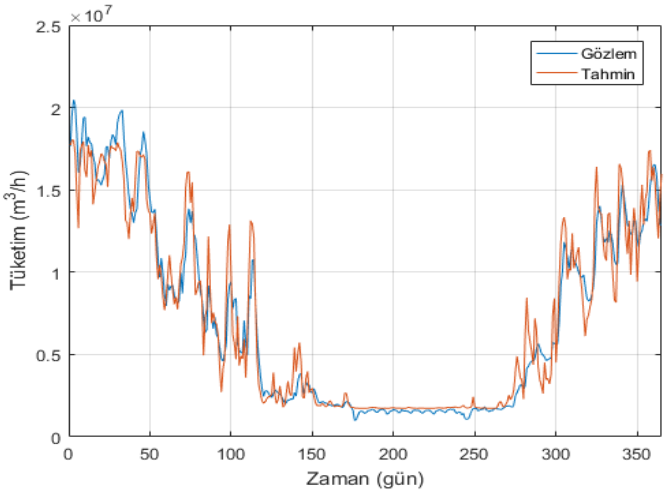
Şekil 5.13: Tahmin edilen ve geçrçekleşen tüketim değerlerinin karşılaştırılması (log-sig).

Şekil 5.14'de tanjant sigmoid-lineer aktivasyon fonksiyonları kullanılarak oluşturulan yapay sinir ağlarının farklı gizli tabaka nöron sayıları için R^2 değerlerini göstermektedir. En yüksek başarım değeri olan 0.9772, 2 gizli tabaka nöronu

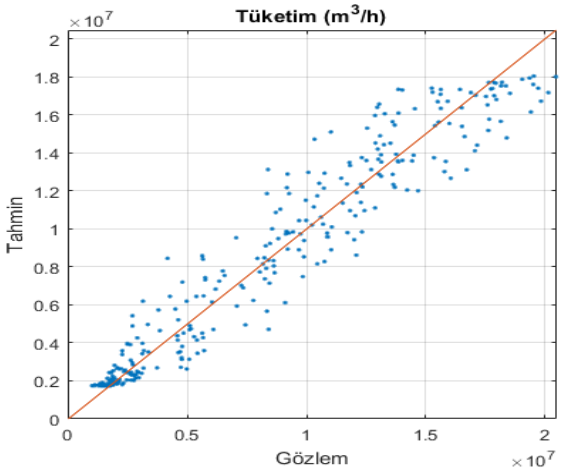
kullanılarak elde edilmiştir. Şekil 5.15 ve Şekil 5.16 en yüksek başarımlı model ile elde edilen gerçek ve tahmin tüketim değerleri ve bu değerlerin dağılım grafiklerini göstermektedir.



Şekil 5.14: Tan-sigmoid fonksiyonu nöron saysı hata ilişkisi.



Şekil 5.15: Tahmin edilen ile gerçekleşen tüketim değerlerinin karşılaştırılması(tan-sig).



Şekil 5.16: Tahmin edilen ve geçrçekleşen tüketim değerlerinin karşılaştırılması(tan-sig).

Çalışmada oluşturulan tüm yapay sinir ağlarının başarımları Çizelge 5.2'de gösterilmektedir.

Çizelge 5.2:Tanjant Sigmoid ve Logaritmik Sigmoid karşılaştırması.

Gizli tabaka nöron sayısı	Tanjant-sigmoid Lineer R^2	Logaritmik-sigmoid Lineer R^2
1	0.9749	0.9758
2	0.9772	0.9751
3	0.9762	0.9697
4	0.9732	0.9635
5	0.1950	0.9651
6	0.9743	0.9742
7	0.9691	0.9765
8	0.9679	0.9679
9	0.9726	0.9733
10	0.9630	0.8333
11	0.8892	0.9674
12	0.9518	0.9522
13	0.9727	0.8945
14	0.9625	0.4502
15	-8.4044	-4.8269
16	0.9502	-4.0209
17	0.8377	-3.2555
18	0.9500	-16.2240
19	-0.2275	0.9091
20	0.9473	-10.9634

Çizelge 5.2'de görüldüğü üzere, en iyi başarım gizli tabakada tanjant-sigmoid, çıkış tabakasında lineer aktivasyon fonksiyonun kullanıldığı, gizli tabaka nöron sayısının

ise 2 olarak seçildiği ağ ile elde edilmiştir. Kullanılan aktivasyon fonksiyonundan bağımsız olarak, gizli tabakadaki nöron sayısı artırıldıkça, başarımın azaldığı gözlenmiştir.

6. SONUÇ

Bu çalışma kapsamında Ankara ili doğal gaz tüketiminin yapay sinir ağları ile öngörüsü yapılmıştır. Doğal gazın dünyanın her yerinde eşit bir şekilde bulunmaması ve yoğun bir kulanımının olması sebebiyle tüketim tahminleri, hem üreticiler hemde doğal gaz dağıtımını yapan şirketler için oldukça önemlidir.

Talep tahminleri ile ilgili kullanılan bir çok yöntem bulunmaktadır. Ancak bu çalışmada tahmin yöntemi olarak yapay sinir ağları kullanılmıştır. Yapay sinir ağları girişlerindeki veri seti ile çıkışı arasındaki ilişkiyi doğrusal olmayan bir ağ yapısı içinde öğrenirler. Bu öğrenme özelliği sayesinde daha önce hiç görmediği durumlar ile ilgili tahminler oluşturulabilmektedir. Bu işlemleri yaparken doğrusal olmayan karmaşık problemleri çözümleyebilme, eksik veri ile çalışabilme ve yüksek hata toleransına sahip olma gibi özellikleri yapay sinir ağlarını diğer tahmin yöntemlerine göre avantajlı kılmaktadır.

Yapay sinir ağlarında eğitim ve tahmin sürecinde kullanılmak üzere tespit edilen verilerin sisteme girişi yapılır. Bu çalışmadaki veriler, tüketimde değişime sebep olan verilerden oluşmaktadır. Nem ortalama sıcaklık tahmini, minumum sıcaklık tahmini, maksimum sıcaklık tahmini, hissedilen minumum sıcaklık tahmini, hissedilen maksimum sıcaklık tahmini, BBS ve kalogrofik değer çalışmanın girdi datalarını oluşturmaktadır. Çalışma kapsamında kullanılan girdi ve çıktı dataları Ankara ili doğal gaz dağıtımını gerçekleştiren Başkent Doğal Gaz Dağıtım GYO A.Ş.'den ve MGM'den 2014-2017 yılları arasındaki değerleri kapsayacak şekilde temin edilmiştir. Dağıtım şirketinden temin edilen tüketim verileri konut ve küçük ölçekli ticari tesisleri kapsamaktadır. Bu kullanıcı profilleri genel olarak ısınma, mutfak ve sıcak su amaçlı doğal gaz kullanımı gerçekleştirmektedir.

Çalışmada girdi olarak kullanılan, ortalama sıcaklık, minumum sıcaklık, maksimum sıcaklık, hissedilen minumum sıcaklık, hissedilen maksimum sıcaklık dataları tahmin edilen değerlerden olup, ölçülen sıcaklık değerlerinden farklıdır. Nem, BBS, ısıl degerlerin ise herhangi bir tahmin datası olmaması sebebiyle 2014-2017 yıllarında tespit edilmiş olan gerçek değerler kullanılmıştır. Girdi verilerinin seçiminde Konya ili doğal gaz tüketim öngörüsü çalışmasında tüketime etkisi tespit edilmiş değerler kullanılmıştır (Akın, 2017). Bu değerlerden farklı olarak doğal gazın tedarik edildiği bölgeye göre farklılık gösterebilen ısıl değer kullanılmıştır. Tüketim değişimi ile karşılaştırıldığında sıcaklığa bağlı parametrelerin yanı sıra nem ve BBS nin de etkili olduğu görülmektedir. Çalışmada kullanılan ve ölçülen sıcaklıktan farklı olarak tahmin değerleri kullanılarak hesaplanan hissedilen sıcaklık verileri de oluşturulan ağların girdisi olarak belirlenmiştir.

Sinir ağlarının çıktı tarafında ise tahmini gerçekleştirilmesi istenen tüketim verisi bulunmaktadır. Yapay sinir ağlarının eğitimi sürecinde kullanılmak üzere 2014-2016 yılları arasındaki veriler kullanılarak ağ eğitilmiştir. Bu çalışmada eğitim sürecindeki avantajları sebebiyle Levenberg-Maquardt (LM) öğrenme algoritması tercih edilmiştir.

Bu çalışmada, tahmin çalışmaları amacıyla oluşturulan yapay sinir ağı mimarileri arasında yaygın olarak kullanılan çok katmanlı ileri beslemeli model yapısı kullanılmıştır. Bu model, 1 giriş tabakası, giriş ile çıkış tabakaları arasında gizli tabaka veya tabakalar ve son olarak da çıkış tabakasından oluşmaktadır. Oluşturulan tahmin modelinde ileri beslemeli ve tek gizli tabakalı yapay sinir ağı kullanılmıştır.

Çalışmada kulllanılacak giriş parametrelerinin tespitinden sonra, yapay sinir ağının kurulması süreci gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda MATLAB'ın yapay sinir ağları modülü kullanılmıştır. 2014-2017 yılları arasındaki verinin ilk 3 yılı ile ağların eğitimi gerçekleştirilmiş olup, 2017 yılına ait veri ile de test işlemi yapılmıştır. Ağa giren net girdinin tespiti sonrasında talep edilen çıktının elde edilmesini sağlayacak olan ise aktivasyon fonksiyonudur. Bu çalışmada gizli tabakada iki farklı aktivasyon fonksiyonu kullanılmış olup bunlar, logaritmik sigmoid ve tanjant sigmoid fonksiyonlardır. Çıkış tabakasında ise lineer aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. Ağın başarı performansını test etmek içinde her iki fonksiyonun R^2 performans kriteri incelenmiştir.

Ağın mimarisi kurulduktan sonra, bütün giriş parametreleri kullanılarak gizli tabakadaki nöron sayısı değiştirilmiştir. Bu sayede en iyi yapay sinir ağı modelinin elde edilmesine çalışılmıştır. Gizli tabakadaki nöron sayısının belirli bir seviyeden sonra artmasının bir faydasının olmadığı gibi bazı durumlarda başarı performansını düşürdüğü görülmüştür. Bu çalışma kapsamında gizli tabakadaki nöron sayısı 1'den 40'a kadar artırılarak performans kriterleri incelenmiştir. En başarılı sonuç gizli tabakada tanjant-sigmoid, çıkış tabakasında ise lineer aktivasyon fonksiyonunun kullanıldığı modelden elde edilmiştir. Bu fonksiyonlara göre en başarılı ağın gizli tabakada 2 nöron sayılı ağdan elde edildiği ve bu ağın R^2 sonucunun 0,9772 olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan çalışma kapsamında, tüketim üzerinde en büyük etkiye sahip olan sıcaklık parametreleri ve bu değerlere bağlı olarak türetilmiş hissedilen sıcaklık parametrelerinin tahmin verilerinden oluşması durumunda dahi R^2 sonucunun 0,9772 gibi başarılı bir sonuç elde edilmiştir. Tahmin çalışmaları genel olarak ileri zamanları kapsaması sebebiyle girdi değerlerinin ölçülen değerlerden ziyade tahmin edilen değerlerden oluşması gerekmektedir. Bu durumda yapay sinir ağının başarısında bir düşme gerçekleşmiş olsa dahi 0,9772 lik R^2 değeri ile gerçek çıktı değerine yakın değerler üretilebilmektedir.

KAYNAKLAR

Adıyaman, F. (2007). Talep Tahmininde Yapay Nöron Ağlarının Kullanılması. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2007.

Ağyar, Z. (2015). Yapay Sinir Ağların Kullanım Alanları ve Bir Uygulama Mühendis ve Makine Dergisi, 22-23, 2015.

Akgül, S. (2013). Yapay Sinir Ağları ile Türkiye Elektrik Enerjisi Talep Tahmini ve Diğer Yöntemlerle Karşılaştırmalı Analizi, Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitütüsü Doktora Tezi, 2013

Akın, B. (2017). Yapay Sinir Ağlarıyla Konya Bölgesinde Kullanıcı Doğal Gaz Tüketim Öngörüsü. İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2017

Arzu, A. & Önder, H. (2012). Farklı Veri Yapılarında Kullanılacak Regresyon Analizi, Anadolu Tarım Bilim Dergisi,168-174,2013

Ataseven, B. (2013). Yapay Sinir Ağların ile Öngörü Modellenmesi, Öneri Dergisi, C10, S.39, s,101-105,2013

Ballı, T.M. (2014). Yapay Sinir Ağlarıyla Talep Tahmini ve Gıda Sektörüne Uygulaması. Yıldız Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi, 2014

Barutçu, B. (2013). Signal Processing and Analysis in Renewable Energy Systems, Prediction Problem, Ders Notları, İTÜ Enerji Enstitüsü

Beşergil, B. (2009): Petrol, Petrol Kimyası, Ege Üniversitesi Yayını, İzmir.

BOTAŞ. (2016). 2016 Yılı Sektör Raporu, Boru Hatları ile Petrol Taşıma A.Ş.

Box, G.E., Jenkins, G.M. & Reinsel, G.C. (2008). Time Series Analysis, Forecasting and Control, Fourth Edition, John Wiley & Sons, Inc.

Çağlar, T. (2007). Talep Tahmininde Kullanılan Yöntemler ve Fens Teli Üretimi Yapan Bir İşletmede Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale

Demir, H. & Gümüşoğlu, Ş. (1994). Üretim / İşlemler Yönetimi, Beta Basım Yayın Dağıtım A.Ş., İstanbul.

EPDK. (2016). Doğal Gaz Piyasası 2016 Yılı Sektör Rapor, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı, Ankara 2017

ETKB. (2017). Dünya ve Ülkemiz Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü Raporu, Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı, Ankara 2017

Faramawy, S., Zaki, T. & Sakr A.A.E. (2016). Natural gas origin, composition, and processing: A review. Journal of Natural Gas Science and Engineering, 34, 34-54.

Hamzaçebi, C. (2011). Yapay Nöron Ağları, Tahmin amaçlı kullanımı Matlab ve Neurosolutions uygulamalı, Ekin Yayınevi, Bursa, 2011.

Haykin, S. (1999): Neural Networks a Comprehensive Foundation., Second Edition, Prentice Hall, 1999.

Keskenler, K.F. & Keskenler F.E. (2017). Geçmişten Günümüze Yapay Sinir Ağları ve Tarihçesi, Takvimi Vekayi, 8-18 2017

Kobu, B. (2017). Üretim Yönetimi (18.Baskı), Beta Yayıncılık, İstanbul

Levenberg, K. (1944). A Method for the Solution of Certain Problems in Least Squares, Quarterly Applied Math. 2, 164-168.

Marquardt, D. (1963) An Algorithm for Least Squares Estimation of Nonlinear Parameters, SIAM Journal Applied Math., 11, 431-441.

Naylor, T.H., Seaks, T.G. & Wichern, D.W. (1972). Box-Jenkins Methods: An Alternative to Econometric Models, International Statistical Review, Vol. 40, No. 2.

Okkan N. & Mahmutoğlu A. (2010). Yiğitler Çayı Günlük Akımlarının Yapay Sinir Ağları ve Regresyon Analizi ile Modellenmesi,33-48,2010

Öztemel, E., (2012). Yapay Nöron Ağları. Nisan 2012, (3.Basım) Papatya Yayıncılık İstanbul.

Panapakidis, I., Dagoumas A. (2017). Day-ahead natural gas demand forecasting based on the combination of wavelet transform and ANFIS/genetic algorithm/neural network model. Energy, 118, 231-245.

Sevim C. (2014). Kaya (Şeyl) Gazının Uluslararası Politikalara Etkisi, Ege Stratejik Araştırmalar Dergisi,49-64,2014

Simon, H. A. (1983). Machine Learning An Artificial Intelligience Approach, Chapter 2, Why Should Machines Learn? Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1983

Soldo, B. (2012). Forecasting of natural gas consumpiton. Applied Energy, 96, 26-37.

Steadman, R.G. (1979). The Assessment of Sultriness. Part I: A Temperature-Humidity İndex Based On Human Physiology And Clothing Science. J. Appl. Meteor., 18, 861-873.

Szoplik, I. (2015). Forecasting of natural gas consumption with artificial neural networks. Energy, 208-220.

Şentuna, B., (2013). Regresyon Analizi, Ders Notları, Balıkesir Üniversitesi

Şıklar, E., (2003). İstatistik, Bölüm 11, Basit Doğrusal Regresyon, Anadolu Üniversitesi Yayını No: 1448

Tanyas M. & Baskak M. (2008). Üretim Planlama ve Kontrol, İstanbul İrfan Yayıncılık

Tekin, M. (1996). Üretim Yönetimi Cilt 1 (6. Baskı). Konya: Günay Ofset.

Toktaş, İ. & Aktürk, N. (2004). Makine Tasarım İşleminde Kullanılan Yapay Zeka Teknikleri ve Uygulama Alanları, Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 2004

Tolon, M. & Tosunoğlu N. (2008). Tüketici Tahmini Verilerinin Analizi: Yapay Nöron Ağları ve Regresyon Karşılaştırması, Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi 10 / 2 (2008). s. 247-259

Topçu, G.Y. (2013). Türkiye Doğal Gaz Tüketim Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, 2013

TPAO. (2016). Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı 2016 Yılı Ham Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu.

TMMOB. (1996). TMMOB 1.Enerji Sempozyumu 12-14 Kasım 1996 Ankara Türkiye'de Doğal Gaz Uygulamalarının Gelişimi Ve Kurumlaşma s. 39-48, 1996

Ünal, H.H. (2014). Türkiye doğal gaz iletim sistemine üçüncü taraf erişimi 2007-2013, Enerji Hukuku araştırma enstitüsü, Ankara, Mayıs 2014, s.11-13.

Üreten, S. (2005). Üretim/İşlemler Yönetimi, Stratejik Kararlar ve Karar Modelleri (5. Baskı). Ankara: Gazi Kitabevi.

Yüksek, A.G. (2007). Hava Kirliliği Tahmini YSA Çoklu Regresyon, Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sivas.

Zhu, L, Li, M.S., Wu, Q.H. & Jiang, L., (2015). Short-term natural gas demand prediction based on support vector regression with false neighbours filtered. Energy, 80, 428-436.

WEC. (2016). Natural Gas Resources Report, World Energy Council,2016

WER. (2016). Unconventional Gas a Global Phonemen Report, World Energy Council,2016

Url-1. <www.eie.gov.tr/verimlilik/document/tek_seri_13.doc> Erişim tarihi:18.03.2018

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Burak TAŞKINER
Doğum Tarihi ve Yeri : 22.12.1982 / Ankara
E-posta : btaskiner@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans :** Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği, 2006
- **Yüksek Lisans :** İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, Enerji Bilim ve Teknoloji Programı, 2007

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- Başkent Doğal Gaz Dağıtım GYO A.Ş. : İç Tesisat Müdürü (Eylül 2013-Devam Ediyor)
- Aksa Doğal Gaz Dağıtım A.Ş. : Endüstriyel Tesisler Şefi (2006-2013)