

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ELEKTRİK TALEBİ TAHMİNİNDE KULLANILAN YÖNTEMLERİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Eda BOLTÜRK

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Endüstri Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Öğr. Gör. Dr. Başar Öztayşi

HAZİRAN 2013

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ELEKTRİK TALEBİ TAHMİNİNDE KULLANILAN YÖNTEMLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Eda Boltürk
(507111106)**

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Endüstri Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Öğr. Gör. Dr. Başar Öztayşi

HAZİRAN 2013

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 507111106 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Eda BOLTÜRK**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**ELEKTRİK TALEBİ TAHMİNİNDE KULLANILAN YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Öğr. Gör.Dr. Başar Öztayşi**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Cengiz KAHRAMAN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Tolga KAYA
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **03 Mayıs 2013**
Savunma Tarihi : **05 Haziran 2013**

Aileme,

ÖNSÖZ

2001 yılında enerji sektörü Türkiye’de yeniden bir yapılanma sürecine girmiştir. Böylelikle şeffaf ve rekabetçi bir enerji piyasası için önemli bir adım atılmış olundu. Eskiden elektriğin devlet elinden yürütüldüğü elektrik piyasası artık özel sektörün hakim olduğu bir sürece girmeye başlamıştır.

Bu süreçte üreticilerin ve tüketicilerin arz ve talep ettikleri miktarlar önemli bir hale gelmiştir. Bu miktarlar fiyatların belirlenmesini sağlamaktadır. Genellikle üretici az miktarda elektrik sağlıyorsa bu fiyatların yükselmesini sağlar. Öte yandan tüketicilerin az miktarda elektrik talep etmesi de fiyatların düşmesine sebep olmaktadır. Ama bu durumlar başka etkenlerin girmesiyle ya da başka kriz durumlarında değişik tepkiler oluşturmaktadır.

Elektrik dağıtım şirketlerinin temel işlevlerinden biri satacakları elektrik miktarını önceden tahmin etmeleridir. Bunlar için farklı dağıtım şirketlerinin kullandıkları farklı yöntemler vardır. Kendilerinden elektrik talep eden firmaların ileride ne kadar elektrik talep edeceğini öngörmek önemli bir durumdur.

Öncelikle danışmanlığımı üstlenme nezaketi gösteren ve salt bir tez danışmanlığının ötesinde rehberliği ile bana yeni ufuklar açan Sn. Öğr. Gör. Dr. Başar Öztayşi’ye şükranlarımı sunarım. Yüksek Lisans Eğitimim boyunca bana maddi destek sağlayan TÜBİTAK’ a, tezin hazırlanması sürecinde verdikleri destek için Sn. Prof. Dr. Cengiz Kahraman’a ve Prof. Dr. Osman Yazıcıoğlu’na teşekkür ederim.

Son olarak hayatımın her döneminde her zaman desteklerini hissettiğim aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs 2013

Eda Boltürk
(Endüstri Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
KISALTMALAR.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY.....	xix
1.GİRİŞ	1
1.1Dünya’da Enerjinin ve Elektriğin Durumu.....	2
2.TÜRKİYE’DE ENERJİ VE ELEKTRİĞİN DURUMU	5
3.ELEKTRİK TALEP TAHMİNİ	15
3.1Talep Tahmini	16
3.1.1Talep tahmininin önemi.....	16
3.1.2Talep tahmininin sınıflandırılması	16
3.1.3Elektrik talebini etkileyen faktörler.....	19
3.2Elektrik Tahmininde Kullanılan Yöntemler	21
3.3Literatürde Elektrik Tahmini İle İlgili Çalışmalar	23
4.TAHMİN YÖNTEMLERİ	27
4.1Statik Yöntemler	27
4.1.1Seviye ve eğilim tahmini	27
4.2Uyarlamalı Yöntemler	28
4.2.1Hareketli ortalama	29
4.2.2Üstel düzeltme.....	29
4.2.3Eğilim düzeltilmiş üstel düzeltme (Holt Modeli).....	30
4.2.4Eğilim ve mevsimsellik doğrulanmış üsteldüzeltilme (Winter Modeli).....	30
4.3Basit ve Çoklu Regresyon.....	31
4.4Bulanık Mantık.....	32
4.4.1Hwang, Chen, Lee’nin bulanık mantık yaklaşımı.....	33
4.4.2Singh’in bulanık mantık yaklaşımı.....	34
4.5Yapay Sinir Ağları.....	37
4.5.1Biyolojik sinir ağları ve yapay sinir ağı.....	38
4.5.2Yapay sinir ağları bileşenleri	40
4.5.3YSA bağlantıları.....	41
4.5.4YSA metodolojisi	42
4.6ARIMA	43
4.7Gri Sistem ve Gri Tahmin Yöntemi	45
4.7.1Belirsiz sistemlerin çeşitli çalışmalarla karşılaştırılması.....	45
4.7.2Kesinleşmemiş sistemlerin özellikleri.....	46
4.7.3GM (1,1) modeli.....	48
4.7.4Yuvarlama mekanizmalı gri sistem yaklaşımı	50
4.7.5Uyarlamalı gri sistem yaklaşımı.....	50
4.8Tahmin Hata Ölçümü	52

5.UYGULAMA.....	55
5.1Analizde Kullanılan Veri Kümesi.....	55
5.2Senaryolar ve Yöntemler.....	56
5.2.1Senaryo 1 için analizler	58
5.2.2Senaryo 2 için analizler	63
5.2.3Senaryo 3 için analizler	67
5.3.Analiz Sonuçları.....	70
KAYNAKLAR.....	75
ÖZGEÇMİŞ.....	79

KISALTMALAR

AR	: Auto Regressive
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
ARIMA	:Autoregressive Integrated Moving Average
ARMA	: Autoregressive Moving Average
BÜİ	: Birikim Üretme İşlevi
DVR	: Destek Vektör Regresyonu
Eİ	: Eğilim ve İlke
EEİM	:Eğilim ve Etki İzleme Modeli
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu
EÜAŞ	: Elektrik Üretim A.Ş.
GM (n,m)	: Gri Model (n,m)
GM(1,1)	: Gri Model (1,1)
GSYİH	: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
GWh	: Gigawatt Hour
GYA	: Geriye Yayılma Ağı
HO	: Hareketli Ortalama
İS	:İzleme Sinyali
KOF	: Kısmi Otokorelasyon Fonksiyonu
MARKAL	: MARKet ALlocation
ML	:Merkez Lokasyon
MW	:Megawatt
OF	: Otokorelasyon Fonksiyonu
OKH	: Ortalama Kare Hatası
OMS	: Ortalama Mutlak Sapma
OR	: Oto-Regresif
OMYH	: Ortalama Mutlak Yüzdelik Hata
TBÜİ	:Ters Birikim Üretme İşlevi
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
UGTY	: Uyarlamalı Gri Tahmin Yöntemi
UVEAPS	:Uzun Vadeli Enerji Alternatif Planlama Sistemi
YMGSY	: Yuvarlama Mekanizmalı Gri Sistem Yaklaşımı
YSA	: Yapay Sinir Ağları
YZ	: Yapay Zeka

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : Dünya'daki elektrik tüketiminin yıllara göre dağılımı.....	3
Çizelge 2.1 : Türkiye'de enerjinin toplam ithalattaki payı.	7
Çizelge 2.2 : Türkiye'de elektrik enerjisinin yıllara göre dağılımı	8
Çizelge 2.3 : Türkiye'de kurulu elektrik gücünün yıllara göre dağılımı	10
Çizelge 2.4: Türkiye'de kurulu elektrik gücünün yıllara göre dağılımı	12
Çizelge 2.5 : Türkiye'de elektrik iletim hattı uzunlukları.....	13
Çizelge 3.1 : İçerdikleri veri miktarlarına dayanarak tahmin çeşidi.....	17
Çizelge 3.2: Üstel düzeltme yöntemi ile elektrik talep tahmini.	23
Çizelge 3.3 : Bulanık mantık yöntemi ile elektrik talep tahmini.....	24
Çizelge 3.4 : Destek vektör modelleri yöntemi ile elektrik talep tahmini.	24
Çizelge 3.5 : Zaman serileri yöntemi ile elektrik talep tahmini.	24
Çizelge 3.6 : ARIMA yöntemi ile elektrik talep tahmini.....	24
Çizelge 3.7 : Regresyon yöntemi ile elektrik talep tahmini.	25
Çizelge 3.8 : Yapay sinir ağları yöntemi ile elektrik talep tahmini.	25
Çizelge 3.9 : Gri sistem yöntemi ile elektrik talep tahmini.....	25
Çizelge 4.1 : Durağan yöntemlerin kullanılma durumları	31
Çizelge 4.2 : Biyolojik ve yapay sinir ağları arası benzetim.....	39
Çizelge 4.3 : Durağan yöntemlerin kullanılma durumları	46
Çizelge 5.1 : Sistem öğrenme davranışı.....	58
Çizelge 5.2 : Tahmin sonuçları.....	62
Çizelge 5.3 : Sistemin öğrenme davranışı.....	64
Çizelge 5.4 : Tahmin sonuçları.....	66
Çizelge 5.5 : Sistemin öğrenme davranışı.....	67
Çizelge 5.6 : Sistem tahmin değerlendirmesi.....	69
Çizelge 5.7 : Kısa dönemli tahmin için yöntem uygunlukları.....	71
Çizelge 5.8 : Orta dönemli tahmin için yöntem uygunlukları.....	71
Çizelge 5.9 : Uzun dönemli tahmin için yöntem uygunlukları.....	72

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Enerjinin toplam ithalattaki payının yıllara göre dağılımı.	7
Şekil 2.2 : Türkiye’de elektrik üretimi.....	8
Şekil 2.3 : Türkiye’de elektrik ithalatı.	8
Şekil 2.4 : Türkiye’de elektrik ihracatı.	9
Şekil 2.5 : Türkiye’de elektrik tüketimi 9	9
Şekil 2.6 : Türkiye’de elektrik üretiminin özelve kamusektördeki durumu 11	11
Şekil 2.7 : Türkiye’de elektrik yer altı kablosu uzunluğu. 13	13
Şekil 3.1 : Tahminin yapı akışı..... 19	19
Şekil 3.2 : Elektrik enerjisi talep tahmini model gösterimi. 21	21
Şekil 4.1 : Bir sinir hücresinin temel fiziksel yapısı. 39	39
Şekil 4.2 : Yapay sinir hücresi örneği. 40	40
Şekil 4.3: Yapay sinir hücresi katmanları. 42	42
Şekil 4.5 : Değerler arasındaki ilişki gösterimi. 51	51
Şekil 5.1 : 2000-2012 arasındaki ham elektrik tüketim verisi..... 55	55
Şekil 5.2 : 2011-2012 yılları arasındaki elektrik tüketimi 58	58
Şekil 5.3 : 2012 Hareketli ortalama veHolt modeli. 59	59
Şekil 5.4 : Üstel düzeltme ve basit regresyon. 59	59
Şekil 5.5 : Çoklu regresyon modeli. 60	60
Şekil 5.6 : Bulanık mantık_ Hwang yöntemi. 60	60
Şekil 5.7 : Bulanık mantık_Singh modeli 60	60
Şekil 5.8 : YSA modeli. 61	61
Şekil 5.9 : GM (1,1) tahmini 61	61
Şekil 5.10 : Yuvarlama mekanizmalı. 61	61
Şekil 5.11 : 2009-2011 yılları arasındaki elektrik tüketimi..... 63	63
Şekil 5.12 : Hareketli ortalama ve Holt modeli..... 64	64
Şekil 5.13 : Üstel düzeltme modeli ve basit regresyon..... 64	64
Şekil 5.14 : Çoklu regresyon ve Hwang modeli..... 65	65
Şekil 5.15 : Singh yöntemi veYSA modeli 65	65
Şekil 5.16 : GM(1,1) modeli ve yuvarlama modeli. 65	65
Şekil 5.17 : 2000-2012 arası elektrik tüketim verileri. 67	67
Şekil 5.18 : Hareketli ortalama ve Holt model tahmini 68	68
Şekil 5.19 : Üstel düzeltme ve basit regresyon tahmini..... 68	68
Şekil 5.20 : Çoklu regresyon ve Hwang model tahmini 68	68
Şekil 5.21 : Singh modeli ve YSA modeli 69	69
Şekil 5.22 : GM(1,1) ve yuvarlama model tahmini 69	69

ELEKTRİK TALEBİ TAHMİNİNDE KULLANILAN YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

ÖZET

Dünya’da hemen hemen her ülkede elektrik tüketimi enerji sektöründe önemli bir yer kaplamaktadır. Herkesin tüketmiş olduğu elektrik fiyatları birçok faktörden etkilenmektedir. Her şirket bütçeleme yapacağı zaman ileriye görmek ve buna göre değişik yöntemler izlemektedir. Kimi şirket yalnızca düz varsayımlar yaparak bir ileriye görmeye çalışır. Kimi şirket sektör uzmanları ile görüşür ve kendi şirketlerindeki gidişat ile sektör gidişatları arasında bir ilişki kurmaya çalışır. Kimi zaman ise ya akademisyenler tarafından ya da danışman şirketleri tarafından matematiksel yöntemler ile model oluşturulup firmanın geçmiş verilerini bu modellere koyup böyle bir tahmin mekanizması ile gelecek tahmin edilmeye çalışılır.

Literatüre bakıldığında uzun yıllar boyunca elektrik tüketimine akademisyenler dünya çapında geniş bir yer vermişlerdir. Genellikle yapılan çalışmalar öncelikle bazı varsayımlar altında yürütülmüştür. Elektrik tüketim verilerini tahmin etmek için kullanılan yöntemler Zaman Serileri, Regresyon Modelleri, ARIMA Modelleri Bulanık Mantık, Yapay Sinir Ağları, Gri Sistemler, Destek Vektör Mekanizmaları, Genetik Algoritmaları ve Optimizasyon gibi modeller olarak gözlemlenmektedir. Bu modeller de kendi içlerinde değişik kısımlara ayrılmakta ve bu kısımlar da kendi içlerinde karşılaştırmalara tabi olmaktadır.

Biz de çalışmamızda elektrik talep tahminini ele aldık. Bir şirketin 12 yıllık elektrik tüketim verisini ele aldık. Elektrik tüketimleri aylık olarak 156 periyottan oluşmaktaydı. Bu tüketimlerde sezonsallık yer almamaktadır. Böylece uygulanan modellerde matematiksel olarak sezonsallık faktörü göz önüne alınmamıştır. Ayrıca bu zaman serisini kendi içerisinde üç kısma ayırmış bulunmaktayız. Bunlar; Kısa Dönem (2011 senesi), Orta Dönem (2009-2011 arası) ve Uzun Dönem (2000-2011 arası) şeklindedir.

Yapılan çalışmada kullanılan yöntemler, Hareketli Ortalama, Üstel Düzeltme, Holt Modeli, Regresyon, ARIMA, Bulanık Mantık, Yapay Sinir Ağları, Gri Sistem ve bunların bazı türevlerini ele aldık. Öncelikle 2000-2011 elektrik tüketimlerinden bir zaman serisi oluşturduk. Bu zaman serisinden 2012 yılı elektrik tahmini gerçekleştirildi. Bu tahmin değerleri ile gerçek 2012 elektrik tüketim verisi karşılaştırıldı. Tahmin sonuçları ve modellerin etkinlikleri Tahmin Performans Ölçülerine göre bakıldı. Bunlar Ortalama Kare Hatası, Ortalama Mutlak Hata, Ortalama Mutlak Yüzdelik Hata ve İzleme Sinyalidir. İzleme Sinyali haricinde diğer değerlerin modeller içinde küçük çıkması o modelin diğerine göre daha iyi sonuç verdiği anlamına gelmektedir.

Sonuçta her bir dönem için bazı modeller önerilmiştir. Ayrıca şirketlerin her zaman bir sektör uzmanına danışmalarında fayda görüleceği belirtilmiştir.

COMPARISON OF METHODS USED IN ELECTRICITY DEMAND FORECASTING

SUMMARY

Electricity Consumption is a very significant issue in the world. Because a lot of things work with electricity. As a result of that everybody needs to budget some money from their salaries.

Electricity prices are affected by some factors. They can be human psychology, petroleum prices, GDP, natural resources, plant features... etc. The factors change the electricity prices with different rates. Lots of companies want to understand that how the factors prepossess the consumption. Because There are three ways to understand the consumption. One of the ways is that the company only assumes that the future is apparent and the consumption will be express. This way is not proved by anything.

The other way is working with an industry expert. The person is very important because s/he knows when the market is in danger or in a big conflict.

The final way is creating mathematical models by academicians or consultant companies. The companies or the academicians try to model the data and want to reveal the relationships between the factors.

There are three solutions in order to forecast the electricity consumption data. When you want to find the real forecast, the election is your option.

When we look to the literature, a lot of papers and works have been done on electricity consumption by academicians and experts in the world. There are also big awards on electricity consumption forecasting modeling. But some of them are carried out assumptions. Because there are a lot of factors that affect the electricity consumption.

There are also some methods on forecasting. Generally, the electricity consumption is forecasted by Time Series Models, Regression Models (Multi Regression, Linear Regression, etc...), Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) Models, Fuzzy Logic, Artificial Neural Networks, Back Propagation Network (BPNs), Grey Models, Support Vector Mechanisms, Genetic Algorithms and Mathematical Optimizations. The models are very effective on forecasting the consumption.

The other way is working with an industry expert. The person is very important because s/he knows when the market is in danger or in a big conflict.

The final way is creating mathematical models by academicians or consultant companies. The companies or the academicians try to model the data and want to reveal the relationships between the factors.

There are three solutions in order to forecast the electricity consumption data. When you want to find the real forecast, the election is your option.

When we look to the literature, a lot of papers and works have been done on electricity consumption by academicians and experts in the world. There are also big awards on electricity consumption forecasting modeling. But some of them are carried out assumptions. Because there are a lot of factors that affect the electricity consumption.

There are also some methods on forecasting. Generally, the electricity consumption is forecasted by Time Series Models, Regression Models (Multi Regression, Linear Regression, etc...), Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) Models, Fuzzy Logic, Artificial Neural Networks, Back Propagation Network (BPNs), Grey Models, Support Vector Mechanisms, Genetic Algorithms and Mathematical Optimizations. The models are very effective on forecasting the consumption.

The other way is working with an industry expert. The person is very important because s/he knows when the market is in danger or in a big conflict.

The final way is creating mathematical models by academicians or consultant companies. The companies or the academicians try to model the data and want to reveal the relationships between the factors.

There are three solutions in order to forecast the electricity consumption data. When you want to find the real forecast, the election is your option.

When we look to the literature, a lot of papers and works have been done on electricity consumption by academicians and experts in the world. There are also big awards on electricity consumption forecasting modeling. But some of them are carried out assumptions. Because there are a lot of factors that affect the electricity consumption.

There are also some methods on forecasting. Generally, the electricity consumption is forecasted by Time Series Models, Regression Models (Multi Regression, Linear Regression, etc...), Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) Models, Fuzzy Logic, Artificial Neural Networks, Back Propagation Network (BPNs), Grey Models, Support Vector Mechanisms, Genetic Algorithms and Mathematical Optimizations. The models are very effective on forecasting the consumption.

The other way is working with an industry expert. The person is very important because s/he knows when the market is in danger or in a big conflict.

The final way is creating mathematical models by academicians or consultant companies. The companies or the academicians try to model the data and want to reveal the relationships between the factors.

There are three solutions in order to forecast the electricity consumption data. When you want to find the real forecast, the election is your option.

When we look to the literature, a lot of papers and works have been done on electricity consumption by academicians and experts in the world. There are also big awards on electricity consumption forecasting modeling. But some of them are carried out assumptions. Because there are a lot of factors that affect the electricity consumption.

There are also some methods on forecasting. Generally, the electricity consumption is forecasted by Time Series Models, Regression Models (Multi Regression, Linear Regression, etc...), Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) Models,

Fuzzy Logic, Artificial Neural Networks, Back Propagation Network (BPNs), Grey Models, Support Vector Mechanisms, Genetic Algorithms and Mathematical Optimizations. The models are very effective on forecasting the consumption.

The other way is working with an industry expert. The person is very important because s/he knows when the market is in danger or in a big conflict.

The final way is creating mathematical models by academicians or consultant companies. The companies or the academicians try to model the data and want to reveal the relationships between the factors.

There are three solutions in order to forecast the electricity consumption data. When you want to find the real forecast, the election is your option.

When we look to the literature, a lot of papers and works have been done on electricity consumption by academicians and experts in the world. There are also big awards on electricity consumption forecasting modeling. But some of them are carried out assumptions. Because there are a lot of factors that affect the electricity consumption.

There are also some methods on forecasting. Generally, the electricity consumption is forecasted by Time Series Models, Regression Models (Multi Regression, Linear Regression, etc...), Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) Models, Fuzzy Logic, Artificial Neural Networks, Back Propagation Network (BPNs), Grey Models, Support Vector Mechanisms, Genetic Algorithms and Mathematical Optimizations. The models are very effective on forecasting the consumption.

The other way is working with an industry expert. The person is very important because s/he knows when the market is in danger or in a big conflict.

The final way is creating mathematical models by academicians or consultant companies. The companies or the academicians try to model the data and want to reveal the relationships between the factors.

There are three solutions in order to forecast the electricity consumption data. When you want to find the real forecast, the election is your option.

When we look to the literature, a lot of papers and works have been done on electricity consumption by academicians and experts in the world. There are also big awards on electricity consumption forecasting modeling. But some of them are carried out assumptions. Because there are a lot of factors that affect the electricity consumption.

There are also some methods on forecasting. Generally, the electricity consumption is forecasted by Time Series Models, Regression Models (Multi Regression, Linear Regression, etc...), Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) Models, Fuzzy Logic, Artificial Neural Networks, Back Propagation Network (BPNs), Grey Models, Support Vector Mechanisms, Genetic Algorithms and Mathematical Optimizations. The models are very effective on forecasting the consumption.

1. GİRİŞ

Enerji; genel anlam itibariyle iş yapabilme yeteneği demektir. Dünya’da enerji küreselleşme ile beraber önemli bir hale gelmiştir. Teknolojideki gelişmeler ve küreselleşme ile beraber Dünya’da enerji kaynakları gün geçtikçe azalmaktadır. Bu nedenle yeni ve alternatif enerji kaynakları aranmaya başlanmıştır. Ayrıca, enerji kaynaklarının azalması insanları enerjiyi boştan yere sarfetmemeye yönlendirmektedir.

Enerji ve enerji kaynakları günümüzde vazgeçilmez bir hal almıştır. Bu nedenle, enerjinin kaliteli ve kesintisiz olması önemli bir hale gelmiştir. Enerji kaynakları genel itibari ile ikiye ayrılır. Bunlar;

1.Yenilenemeyen Enerji Kaynakları: Doğada enerji kaynaklarının meydana gelişleri sebebiyle yenilenmeleri mümkün olmayan veya çok uzun zaman alan enerji kaynaklarına denir. Örneğin; kömür, petrol, doğalgaz.

2.Yenilenen Enerji Kaynakları: Doğada sürekli var olan ve kendilerini yenileyen enerji kaynaklarıdır. Bu kaynaklar, güneş, rüzgar enerjisi, jeotermal enerji, hidroelektrik enerjisi gibi kaynaklardır. Bu kaynaklar çevre dostu kaynaklardır. Günümüzde popüler olan yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik çalışmalar gittikçe artmaktadır. Son yıllarda rüzgar ve jeotermal şeklinde alternatif kaynaklara önem verilmektedir. Bazı kaynaklarda temiz enerji olarak da nitelendirilebilmektedir. Örneğin güneş enerjisi, dünyada bitmeyen ve ekonomik sıkıntıdan etkilenmeyen bir enerji türüdür. Güneş enerjisi bitmeyen ayrıca zararlı atıkları olmayan bir enerji sistemidir. Ayrıca yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması yenilemeyen enerji kaynaklarının kullanımını azaltacaktır.

Enerji konusunda yeni alternatifler kullanılmaya başlanması ile beraber, enerjide tasarruf da önemli ihtiyaçtır. Enerji kaynağının, enerjinin üretildiği ve tüketildiği yerin birbirlerine yakın olması ekonomik açıdan uygun olması tasarrufu beraberinde getirir.

Enerji denilince aklımıza ilk elektrik gelmektedir. Günümüzde hemen hemen her alanla elektriği kullanmaktayız. Evlerde, telefonlarda, bilgisayarda, aydınlatmada ve bunlara benzer her yerde elektrik vazgeçilmez bir hal almıştır. Elektriğin kesilmesi durumunda hayatımızın akışında önemli bir değişiklik olmaktadır. Elektrik değişik kaynaklardan üretilmektedir. Bunlar, doğalgaz, kömür, hidrolik, sıvı yakıtlar ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Elektrik enerjisini doğru tahmin etmek birçok firma için önemli bir konudur. Bunun birçok nedeni bulunmaktadır. Bunlardan bir tanesi hiç şüphesiz ki planlamadır. Şirketler talep miktarını fazla buldukları zaman elektrik tüketimine fazla ücret ödenecektir ve bu maddi yönden zarara uğrayacaktır. Öte yandan talep edilen tüketim miktarı gerçekleşecek olan tüketimden az olması durumunda ise şirkette elektrik kesintileri oluşacaktır. Bu gibi nedenlerden dolayı elektrik tüketimini tahmin etmek bir şirket için çok önemli bir hal almaktadır.

1.1 Dünya’da Enerjinin ve Elektriğin Durumu

Uluslararası Enerji Ajansı (2009)’ na göre 2035 yılında Dünya enerji talebi, bugüne kıyasla % 40 artacaktır. Bununla beraber Uluslararası Enerji Ajansı’nın 2020 yılı için oluşturduğu senaryoda enerji kaynaklı CO₂emisyon değerlerinin % 6 oranında artacağı öngörülmektedir (UEA, 2009).

Dünya’ daki elektrik tüketimi miktarları Çizelge 1.1’ de gösterilmiştir.

Çizelge 1.1 : Dünya'daki elektrik tüketiminin yıllara göre dağılımı (www.enerji.gov.tr).

Sıra	Yıl	1990	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Dünya Payları
	Dünya	11860,6	15394,2	15639,7	16191,7	16802,3	17582,2	18338,8	19056	19943,2	20342	20135,5	21325,1	1
1	ABD	3185,43	3990,5	3924,08	4050,3	4075,8	4168,12	4257,4	4266,33	4364,9	4325,4	4146,6	4325,9	0,202
2	Çin	621,2	1355,6	1480,8	1654	1910,58	2203,31	2500,3	2865,73	3281,56	3466,9	3714,6	4206,5	0,197
3	Japonya	841,05	1057,94	1039,72	1058,3	1082,61	1107,9	1153,1	1164,35	1180,1	1183,7	1114	1145,2	0,053
4	Rusya	1082,2	877,8	891,3	891,3	912,08	931,9	954,1	992,1	1018,7	1040	993,1	1036,8	0,048
5	Hindistan	284,25	554,75	574,55	592,19	624,1	657,7	689,6	738,705	797,9	824,5	869,8	922,25	0,043
6	Kanada	478,18	599,2	581,8	594,8	580,24	587,82	614,94	602,531	621,68	664,9	634,12	629,9	0,03
7	Almanya	549,88	564,45	586,1	586,7	607,5	616	620,3	636,8	637,6	637,3	593,2	621	0,03
8	Fransa	420,16	540,8	549,8	559,2	566,9	574,3	576,2	574,6	570	574,6	542,4	573,2	0,03
9	Güney Kore	118,46	290,4	309,89	332,02	347,76	368,03	389,5	402,989	425,5	442,6	454,32	497,2	0,023
10	Brezilya	222,8	348,91	328,51	345,7	364,34	387,5	402,94	419,337	444,58	463,1	456,57	484,8	0,023
11	Büyük Britanya	319,74	377,1	384,79	387,25	398,21	393,93	398,3	397,292	396,8	388,7	375,66	381,25	0,018
12	İspanya	164,6	232,03	242,37	246,62	264,52	281,0	294,2	302,867	312,2	317,86	296,3	300,4	0,014
13	İtalya	216,9	276,63	279	284,4	293,87	303,3	303,7	314,09	313,9	319	292,6	298,3	0,014
14	Meksika	122,45	204,37	209,6	214,1	216,98	231,18	241,9	249,624	257,3	261,8	261,1	269,97	0,013
15	Güney Afrika	165,39	210,7	210,1	217,7	234,23	244,61	244,9	253,798	263,48	258,29	247,4	268,1	0,013
16	Tayvan	90,2	184,86	188,52	198,8	209,1	218,37	227,36	235,186	242,7	237,72	229,7	247,1	0,012
17	Avustralya	155,96	212,3	221,6	227,24	228,26	237,4	248,97	249,054	250,8	257,71	246,84	245,3	0,012
18	İran	57,65	119,35	128,17	138,2	145,66	156,4	169,67	184,279	196	206,3	215,1	226,1	0,011
19	Suudi Arabistan	70,12	126,2	133,67	141,74	153	159,4	175	179,782	189,1	204,2	206,2	213,9	0,01
20	Türkiye	57,54	124,9	122,73	129,4	140,58	150,7	161,96	176,3	191,6	198,4	194,8	210,2	0,01

BP Statistical Review of World Energy'nin Haziran 2011 raporuna göre, Türkiye elektrik üretiminde Dünya'da 20. Sırada yer almaktadır. Dünya'da elektrik üretiminde ilk üç sırayı sıralamayla ABD, Çin ve Japonya oluşturmaktadır. ABD ve Çin Dünya'daki elektrik üretimleri bakımından %20'şer paya sahip olmakla beraber Japonya %5 ile bu ülkeleri 3. sırada takip etmektedir. Türkiye ise Dünya'daki elektrik üretiminin sadece %1'ini karşılayabilmektedir (www.bp.com).

2. TÜRKİYE’DE ENERJİ VE ELEKTRİĞİN DURUMU

Türkiye’de Enerji çalışmaları ve yürütme görevini ”T.C. Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı” üstlenmiştir. İnternet sitelerinde ” Enerji ve maden kaynaklarını verimli, etkin, güvenli, zamanında ve çevreye duyarlı şekilde değerlendirerek dışa bağımlılığı azaltmayı ve ülke refahına en yüksek katkıyı sağlamayı görev edindik.” (www.enerji.gov.tr)demeçleriyle enerji ile ilgili amaçlarını ifade etmiştir.

Türkiye’de enerji sektörü 2001 yılında yeniden bir yapılanma sürecine girmiştir. Enerji piyasalara ilişkin yasalar çıkartılmış, ilgili ikincil mevzuat düzenlemeleri büyük ölçüde tamamlanmıştır. Bu mevzuatlar sayesinde şeffaf ve rekabetçi bir enerji piyasası için adım atılmış olunmuştur.

Türk enerji politikası bugün yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi ve enerjinin üretimden tüketime kadar her safhasında verimliliğin artırılmasına önem ve öncelik veren, enerji kaynağı ve ithalatta kaynak ülke çeşitlemesini ön plana çıkartan, ‘Enerji Koridoru’ rolüne özel bir vurgu yapan ve olmazsa olmaz olarak piyasa liberalizasyonunun altını çizen bir tutumu yansıtmaktadır. Bu yapılanmalar ile beraber elektrik üretimi artık yavaş yavaş özel şirketlerin de dâhil olduğu bir sürece girmiştir.

Türkiye ‘de özellikle 2001 yılı ile birlikte Elektrik Piyasaları’nda kamunun ağırlıklı olduğu dikey-bütünleşik bir yapıdan rekabetçi bir piyasa yapısına geçilmesi hedeflenmiştir. Bu doğrultuda 2001 yılında yürürlüğe konan 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu ile Elektrik Piyasası aşamalı olarak rekabete açılmıştır. Tek alıcılı bir modelden nihai olarak perakende alıcıları da kapsayacak şekilde dengeleme mekanizması ile desteklenen bir ikili anlaşmalar modeline geçmeyi öngören yeni hukuki yapı, EPDK'nın yürürlüğe koymuş olduğu ikincil mevzuat ve diğer düzenlemelerin de katkısıyla büyük ölçüde hayata geçirilmiştir. Yeni düzenlemeler, elektrik piyasasında iletim faaliyeti dışında diğer bütün faaliyetlerin özel sektör eliyle yürütülmesini öngörmekte ve rekabete dayalı, istikrarlı ve şeffaf bir elektrik piyasasının oluşturulması hedeflenmektedir. Bu çerçevede, gerek mevcut varlıkların

özelleştirme süreci gerekse de yeni yatırımlara özel sektörün yoğun ilgisi elektrik piyasasında özel sektör payının giderek artmasını sağlamıştır. Özelleştirme ihalesi yapılmış olan 18 dağıtım bölgesi için özel sektör tarafından ortaya konulan sermaye tutarı 16 milyar dolar seviyelerine ulaşmıştır (EPDK, 2011).

2002-2009 döneminde ülkemizin elektrik üretimi kurulu güç kapasitesi 31.750 MW'den 44.600 MW düzeyine ulaşmıştır. Bu dönemde devreye giren 12.850 MW ilave kapasitenin yaklaşık 7000 MW'lık bölümü özel sektör tarafından yapılan santrallardan oluşmaktadır. 2009 yılında sisteme toplam 3.022 MW'lık yeni santral eklenmiş olup, devreye giren ilave kapasitenin 2.810 MW'lık kısmı özel sektör tarafından yapılan santrallardan oluşmaktadır. Elektrik sektöründe rekabeti esas alan şeffaf bir piyasanın oluşturulması ve bu suretle yatırım ortamının geliştirilmesi amaçlanmaktadır (www.enerji.gov.tr).

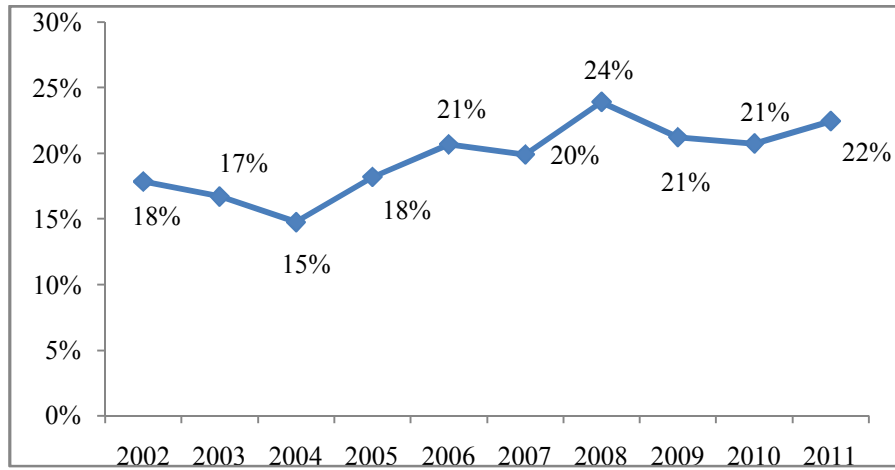
Türkiye'de 2009 yılında elektrik üretiminin kullanılan kaynaklardan bakımından bakıldığında, %48,6'sı doğal gazdan, %28,3'ü kömürden, %18,5'i hidrolikten, %3,4'ü sıvı yakıtlardan ve %1,1'i yenilenebilir kaynaklardan elde edilmiştir (www.enerji.gov.tr).

Enerji kaynakları açık bir biçimde yetersizdir. Türkiye, bir taraftan yerli kaynakların aranma faaliyetlerini yoğunlaştırırken, bir taraftan da yenilenebilir enerji kaynaklarının devreye alınması, enerji verimliliğinin artırılması, ülkenin coğrafi konumundan yararlanılması gibi diğer mümkün potansiyellerini harekete geçirmenin çabası içinde bulunmaktadır.

Çizelge 2.1'de Türkiye'de Enerjinin Toplam İthalattaki Payı Gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 : Türkiye’de enerjinin toplam ithalattaki payı (www.enerji.gov.tr).

YILLAR	Enerjinin Toplam İthalattaki Payı	Toplam İthalatı (Milyar \$)	Enerji İthalatı (Milyar \$)
2002	0,18	51,5	9,2
2003	0,17	69,3	11,58
2004	0,15	97,5	14,41
2005	0,18	116,7	21,26
2006	0,21	139,5	28,86
2007	0,2	170,1	33,88
2008	0,24	201,9	48,28
2009	0,21	140,9	29,91
2010	0,21	185,5	38,49
2011	0,22	240,8	54,1



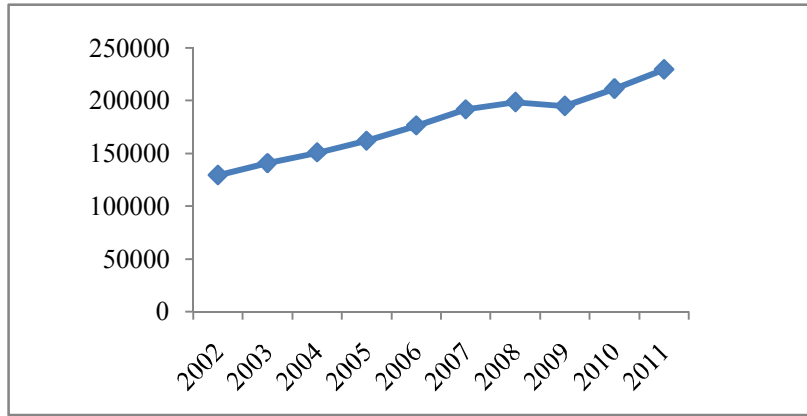
Şekil 2.1 : Enerjinin toplam ithalattaki payının yıllara göre dağılımı.

2011 yılında Tüik verilerine göre ülkemizin toplam ithalatı 240 milyar dolardır. Toplam ithalatın %22’si enerji ithalatına aittir ve bu da 54 milyar dolara karşılık gelmektedir.

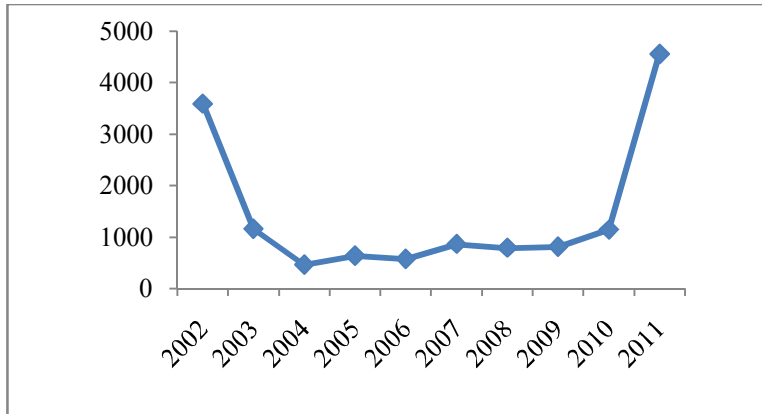
Çizelge 2.2 : Türkiye’de elektrik enerjisinin yıllara göre dağılımı(GWh)

(www.enerji.gov.tr).

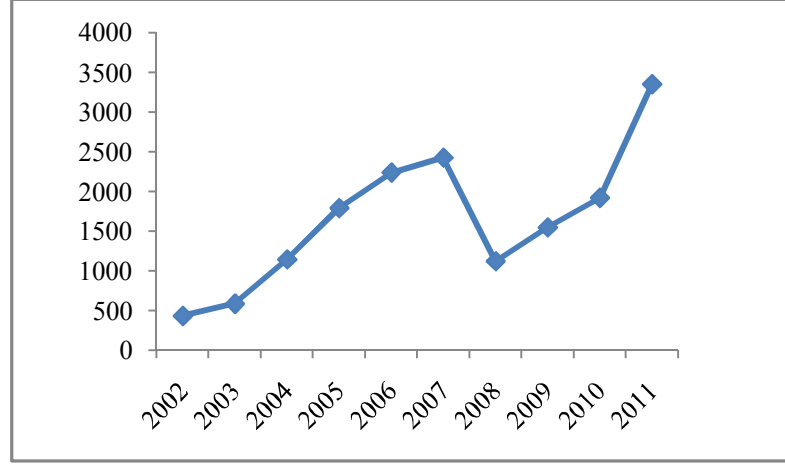
Yıllar	Üretim	İthalat	İhracat	Tüketim
2002	129339,5	3588,2	435,1	132553
2003	140580,5	1158	587,6	141151
2004	150698,3	463,5	1144,3	150018
2005	161956,2	635,9	1789,1	160749
2006	176299,8	573,2	2235,7	174637
2007	191558,1	864,3	2422,2	190000
2008	198418	789,4	1122,2	198085
2009	194812,9	812	1545,8	194079
2010	211207,7	1143,8	1917,6	210434
2011	229395,1	4555,8	3344,6	230306



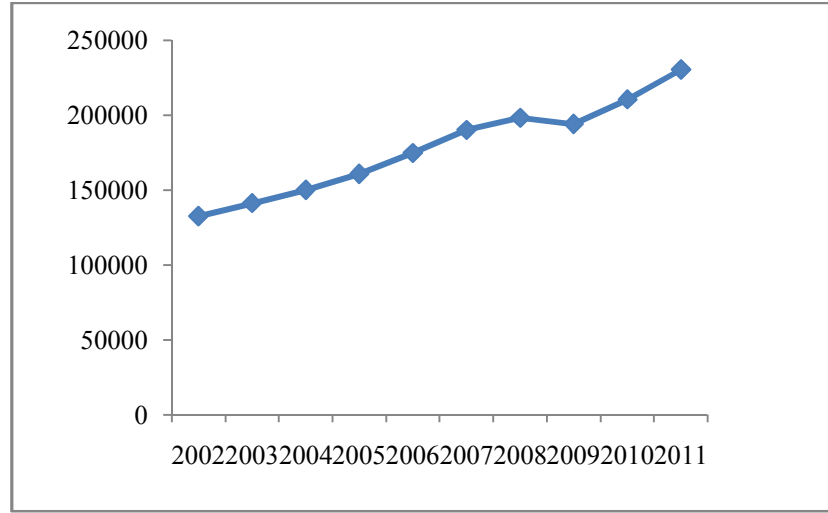
Şekil 2.2 : Türkiye’de elektrik üretimi (GWh).



Şekil 2.3 : Türkiye’de elektrik ithalatı (GWh).



Şekil 2.4 : Türkiye’de elektrik ihracatı (GWh).



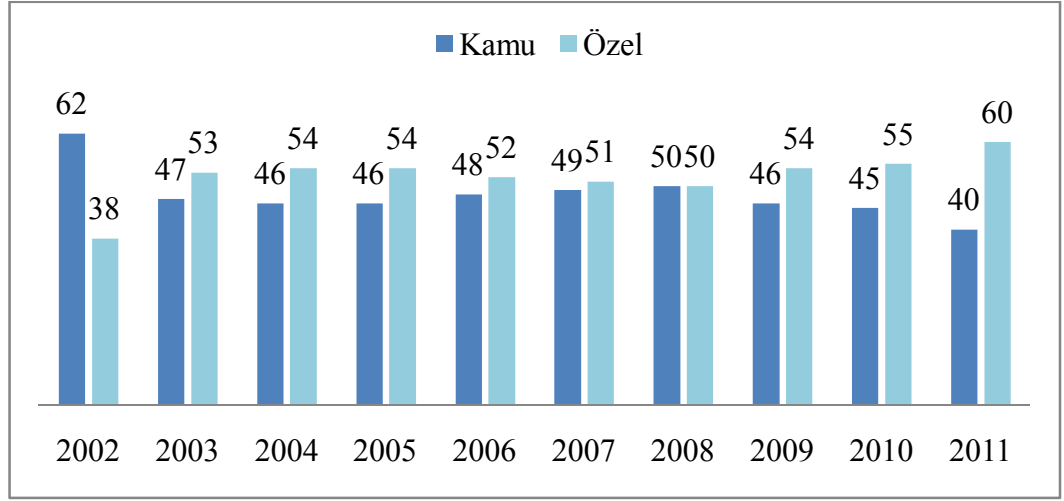
Şekil 2.5 :Türkiye’de elektrik tüketimi (GWh).

Türkiye’de kurulu elektrik gücünün üretici kuruluşlara göre dağılımı Çizelge2.3’teki gibidir.

Çizelge 2.3 :Türkiye’de kurulu elektrik gücünün yıllara göre dağılımı (MW) (www.enerji.gov.tr).

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012 Nisan Sonu
EÜAŞ	17774,3	17959,3	17955,6	18750,6	19881,9	20041,2	20146,8	20368,8	20368,8	20280,4	20337,9
EÜAŞ’nin Bağlı Ortaklıkları	3284	2154	2154	2154	3834	3834	3834	3834	3834	3870	3870
Mobil Santraller	622,5	795,5	780,2	749,7	724,9	262,7	262,7	262,7	262,7	-	-
Yap-İşlet	2310	5303,8	6101,8	6101,8	6101,8	6101,8	6101,8	6101,8	6101,8	6101,8	6101,8
Yap-İşlet-.Devret	2349	2349	2349	2449	2449	2449	2449	2439,4	2439,4	2419,8	2419,8
Otoproduktörler	3735,6	4541,8	4418,3	4038,6	3716,9	3734,6	3533,2	3055,9	3143,1	3018,7	3128,8
Serbest Üretim Şirketi	-	153,6	734,9	2246,1	3143,2	3621	4839,6	8048,5	12724,2	16472,7	17336,7
İşletme Hakkı Devir	650,1	650,1	650,1	650,1	650,1	650,1	650,1	650,1	650,1	747,7	747,7
Özell. Kapsamına Alınan Sant.	-	1680	1680	1680	-	-	-	-	-	-	-
Ankara Doğal Elektrik ADÜAŞ)	-	-	-	-	-	141,3	-	-	-	-	-
Ayrıcalıklı Şirketler	1120,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOPLAM	31845,8	35587	36824	38819,9	40501,8	40835,7	41817,2	44761,2	49524,1	52911,1	53942,6

Türkiye’de Elektrik Üretimi’nin özel ve kamudaki yeri aşağıdaki şekilde verilmiştir.



Şekil 2.6 :Türkiye’de elektrik üretiminin özelve kamusektördeki durumu
(www.enerji.gov.tr).

Yukarıda görüldüğü gibi 2002’den 2011’e giderken özel sektördeki pay gitgide artmaktadır.

Türkiye kaynak çeşitliliği bakımından zengin bir ülkedir. Enerji üretimi yapılırken de çeşitli kaynaklardan çeşitli şekillerde elektrik üretimi yapılmaktadır.

Çizelge 2.4: Türkiye’de kurulu elektrik gücünün yıllara göre dağılımı (www.enerji.gov.tr).

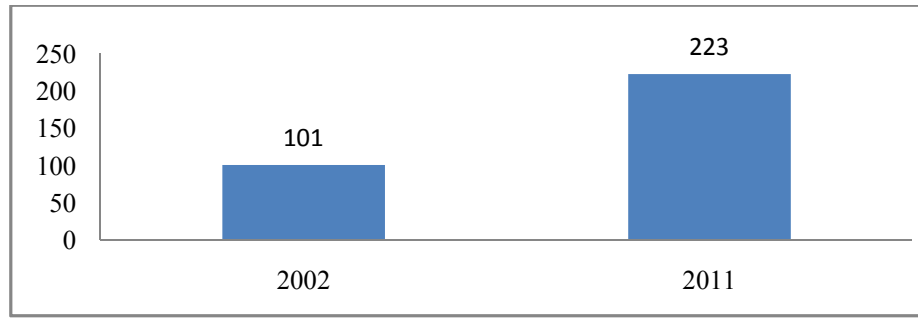
Kurulu Güç (MW)						Üretim (GWh)				
Yıllar	Termik	Hidrolik	Jeotermal + Rüzgar	Toplam	Artış (%)	Termik	Hidrolik	Jeotermal + Rüzgar	Toplam	Artış (%)
2002	19569	12.241	36,4	31845,8	12,4	95563,1	33683,8	152,6	129400	5
2003	22974,4	12578,7	33,9	35587	11,7	105101	35329,5	150	140581	8,6
2004	24144,7	12645,4	33,9	36824	3,5	104464	46083,7	150,9	150698	7,2
2005	25902,3	12906,1	35,1	38843,5	5,5	122242	39560,5	153,4	161956	7,5
2006	27420,2	13062,7	81,9	40564,8	4,4	131835	44244,2	220,5	176300	8,9
2007	27271,6	13394,9	169,2	40835,7	0,7	155196	35850,8	511,1	191558	8,7
2008	27595	13828,7	393,5	41817,2	2,4	164139	33269,8	1008,9	198418	3,6
2009	29339,1	14553,3	868,8	44761,2	7	156923	35958,4	1931,1	194822	-1,8
2010	32278,5	15831,2	1414,4	49524,1	10,6	155838	51795,5	3584,6	211208	8,4
2011	33931,1	17137,1	1842,9	52911,1	6,8	171638	52338,6	5418,2	229395	8,6
2012										
Nisan Sonu	34223	17700	2019,9	53942,6	-	54528,6	23664,3	1993	80186	-

Türkiye’de elektrik tüketiminin artmasıyla beraber elektrik iletim uzunluğu da 2011 yılında 2002 yılına göre %15,52 oranında artmıştır.

Çizelge 2.5 : Türkiye’de elektrik iletim hattı uzunlukları (www.enerji.gov.tr).

Elektrik İletim Hattı Uzunlukları (km)	
2002	42765
2011	49450,7

Bunun yanında 2011 yılında 2002 yılına göre elektrik iletim yer altı kablo uzunlukları da 2.2 katına çıkmıştır.



Şekil 2.7 : Türkiye’de elektrik yer altı kablosu uzunluğu (km) (www.enerji.gov.tr).

3. ELEKTRİK TALEP TAHMİNİ

Elektrik talep tahmininde bilgisayarın gelişmesi ile beraber değişik yöntemler uygulanmaya başlanmıştır. Bilgisayar sayesinde daha çok veri ile daha kısa sürede etkin bir sonuç alınabilmektedir. Bunun yanı sıra tahmin yöntemleri aşağıdaki dört çeşide göre aşağıdaki sınıflandırılabilir (Chopra ve Meindi, 2012).

- Nitel: Nitel tahmin yöntemleri subjektif olup insan yargılarına dayanmaktadır. Verinin az olduğu durumlarda ya da uzmanların pazar zekalarına sahip olabildiklerinde uygun olur. Bu tahmin yöntemi gelecekte açılacak yeni endüstrideki talebi tahmin etmede gerekli olabilir.
- Zaman Serileri: Zaman verileri tahmin yöntemleri tahmin yapmak için geçmiş taleplerden yararlanır. Bu yöntemler temel talep örneklerinin çok önemli derecede değişmediği durumlarda uygundur. Bu yöntemlerin kullanımı basittir ve talep tahmini için iyi bir başlangıç noktasıdır.
- Nedensel: Bu tahmin yöntemleri talebin çevredeki faktörlerden etkilendiklerini varsayar (ekonomi durumu, faiz oranları gibi..). Nedensel tahmin yöntemleri talep ve çevresel faktörler arasındaki korelasyonu bulur. Bu yöntemler hangi çevresel faktörlerin gelecekteki talepleri etkilediğini bulur. Mesela petrol fiyatlarının değişmesi elektrik tüketimini nasıl etkilemektedir gibi.
- Simülasyon: Simülasyon tahmin yöntemleri, talebi artıran tüketici seçimlerini tahmine ulaştırmasını benzetir. Simülasyonu kullanarak, bir firma zaman serisi ve nedensel yöntemleri birleştirip bazı sorulara cevap verebilirler.

Başka bir deyişle enerji modelleri şu şekilde sınıflandırılabilir;

- Tek değişkenli ve çok değişkenli
- Statik ve dinamik
- Zaman serilerinden karma modellere gibi.

3.1 Talep Tahmini

3.1.1 Talep tahmininin önemi

Tahmin çoğu operasyonel aktiviteleri için gerekli bir ön ihtiyaçtır. Geleceği tahmin etmeden beklenen aktivitelerin miktarını planlamak; tasarımı yapılacak, planlanacak ve kontrol edilecek kaynakları tahmin etmek olası değildir (Lewis, 2012).

Talep tahmini sadece enerjide olmayıp başka alanlarda da önemlidir. Yapılacak olan planlamalarda, maliyet analizlerinde, ithalat-ihracat durumlarında ve satış gibi çalışmalarda insanlar önünü görmek isteyeceklerdir. Talep tahmini bu noktada öne çıkmaktadır.

Talep tahmini öncelikle planlama için önemlidir. Birçok sektörde ve konuda önemli olmasına rağmen elektrik için ayrı bir önemlidir. Çünkü elektrik depo edilemeyen bir enerjidir.

Elektrik tahminini gerçek tüketimden az tahmin edildiği zaman elektrik kesintilerine gidilmektedir. Ayrıca o şirkette elektrik tasarrufları zorunlu bir hal alacaktır. Ülke bazında bakıldığında zaman ise kişilerin ferah düzeylerinde ve ekonomi büyümede önemli bir değişim meydana gelecektir.

Elektrik tahmini gerçekleşen tüketimden fazla olması durumunda ise fazladan elektrik ücreti ödenmiş olur. Böylece boştan yere ödenen elektrik tüketimleri ücretlerinin başka yerlerde kullanılabilmesinin önü kesilecektir.

Yani tahmin edilecek tüketim miktarı ne kadar gerçekçi olursa o kadar iyi bütçeleme planı yapılabilir. Bu konuda şirketler kendi tüketim miktarlarını ve elektrik tüketimlerini etkileyen değişkenleri içeren doğru modeller bulmaya çalışmaktadır. Bunları gerçekleştirmek için zaman serisinde yer alan verilerin sayısı önemli olmaktadır.

3.1.2 Talep tahmininin sınıflandırılması

Talep formları günlük, haftalık ve yıllık olarak gösterilebilir. Zaman aralıkları bakımından elektrik tahmini genelde kısa, orta ve uzun vadeli olarak üç şekilde sınıflandırılabilir. Bunlar için değişik zaman aralıkları verilebilir.

Gelişen ülke ekonomileri ile kısa dönemli tahmin yapmak önemli bir hale gelmiştir. Özellikle elektrik yük tahmini yapılırken, elektriğin meteorolojik durumlardan, mevsimsel durumlardan ve özel olaylardan etkilenmesi kısa dönemli tahmin yapmayı

gerektirmektedir. Kısa dönemli tahmin yapmanın yanı sıra tek değişkenli analiz yapmak da tahmin doğruluğunu ve verimliliğini artırmaktadır. Aynı zamanda kısa dönem yük tahminleri güç sistemlerinin kontrol ve planlamasında gerekmektedir.

Çizelge 3.1’de Colin D. Lewis’in yapmış olduğu bir sınıflandırma gösterilmektedir.

Çizelge 3.1 : İçerdikleri veri miktarlarına dayanarak tahmin çeşidi sınıflandırması (Lewis, 2012).

Tahmin Sınıfı	Zaman Aralığı	Örnek Uygulama	Kullanılan Tahmin Çeşitleri
Acil Dönem	1:4 saat-1 gün	Elektrik Talep Tahmini	Çeşitli
Kısa Dönem	1 hafta-1 ay	Ticarette Ve Endüstride Talep Tahmini	Üstel Ağırlıklı Ortalama ve Türevleri
Orta Dönem	1 ay- 1 yıl	Satış Ve Finans Tahmini	Regresyon, Eğri Uydurma, Zaman Serisi Analizi
Uzun Dönem	1 yıl- 10 yıl	Teknolojik Tahmin	DELPHİ, Think Tanks ve Benzeri

Bir başka kaynakta ise, zaman dönemleri; acil dönem 6 saat- 24 saat, kısa dönem tahmin 3 ay ile 1 yıl, orta dönem tahmin ise 1 ile 10 yıl, uzun dönem ise 10 ile 25 yıl şeklinde ele alınmıştır (Ziebig ve Hoinka, 2013).

Başka bir kaynakta da kısa dönemli tahminler birkaç saatten birkaç haftaya kadar zaman dilimini içine alan tahminler olmaktadır. Bu tahminler işletmenin yapacağı ekonomik yük paylaşımı, hidro-termal koordinasyonu ve yük idaresi gibi günlük operasyonlarını belirlemede önemli rol oynamaktadır. Orta dönem tahminler birkaç haftadan birkaç aya, hatta birkaç yıla kadar yapılan çalışmaları içine alır. Yakıt temini planlaması, ünitelerin bakım zamanlarının belirlenmesi gibi konularda etkilidir. Genellikle aylık yük ve enerji talebi tahminlerini içerir. Uzun vadeli tahminlerin beş ile yirmi beş yıl için geçerli ve sağlıklı öngörü sağlaması istenir. Dolayısı ile üretim ve iletim sistemlerinin genişletilmesine ait planlarda ihtiyaç duyulur (Gultekin, 2009).

Bildiğimiz gibi, her tahmin modeli sistem karakteristiğini elde etmeyi amaçlar. Sistem dinamikleri ile ilgili ne kadar çok bilgi olursa, tahmin o kadar iyi olur (Tsaur ve Kuo, 2011).

Elektrik enerjisi talebi tahmini ile ilgili olarak günümüzde mevcut pek çok çalışma bulunmaktadır.

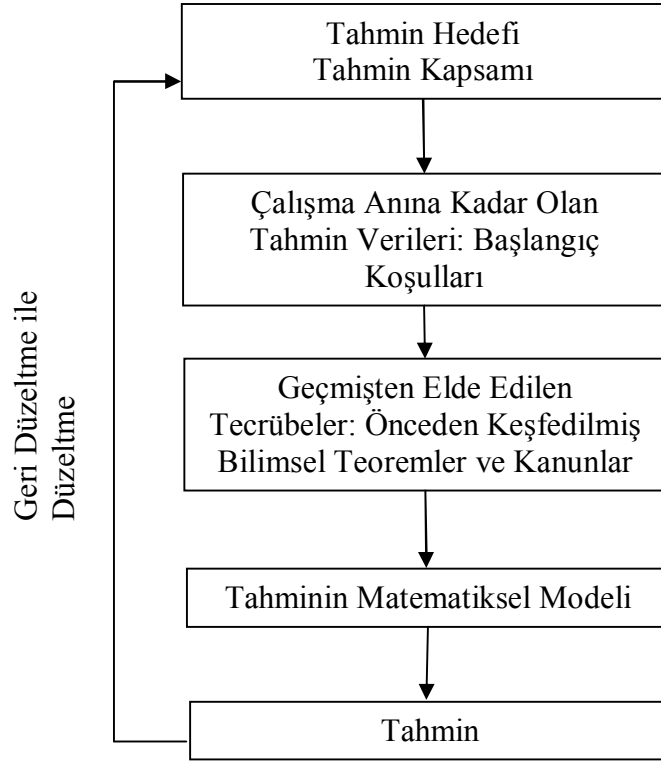
Enerji kullanım oranlarının sürekli bir yükseliş içinde olması; enerji kaynaklarının önemli bir bölümünün tükenme sürecine girmesi, enerji fiyatları konjonktürel gelişmelere bağlı olarak büyük dalgalanmalar göstermektedir. Özellikle de, 1973-74 yıllarında petrol fiyatlarının 5 katına çıkmasıyla başlayan ve 1978-79 yıllarında tekrarlanan petrol krizlerinin ve fosil yakıtların yakın bir gelecekte tükeneceği beklentisinin yaygınlaşmasının etkisiyle, tüm dünyada enerji kaynaklarının ucuz ve sınırsız olduğu varsayımına dayanan politikalar terk edilmeye ve enerji planlamasına verilen önem artmaya başlamıştır.

Bu kapsamda, yeni rezervlerin araştırılması, dışa bağımlılığın azaltılması, kaynak çeşitliliğinin artırılması, en ekonomik seçeneklerin ortaya konulması, enerjinin verimli kullanılması, enerji verimliliğini artırıcı yeni teknolojilerin geliştirilmesi ve arz-talep dengelerinin en optimum bir biçimde kısa, orta ve uzun vadeli olarak kurulmasına yönelik çalışmalar hız kazanmıştır (Gultekin, 2009).

Talep tahmininin etkili yapılabilmesi de önemli bir konudur. Bunun için Chopra ve Meindi (2012) altı adımlı bir yaklaşım önermişlerdir.

1. Tahminin amacını anlamak.
2. Tedarik zincirine talep planlamasını ve tahmini entegre etmek.
3. Müşteri segmentlerini anlamak ve tanımlamak.
4. Talep tahminlerini etkileyen majör faktörleri tanımlamak.
5. Uygun tahmin tekniğine karar vermek.
6. Tahmin için performans ve hata ölçütlerini kurmak.

Talep tahmininde önemli bir konu da tahmin algoritmasını iyi anlamaktır. Tahmin yapılırken tahminin hedefi, kapsamı, uygun koşulların var olup olmaması gibi gerekli adımlar yer almaktadır. Şekil 3.1’de tahminin akış algoritması verilmiştir.



Şekil 3.1 : Tahminin yapı akışı (Ziebig ve Hoinka, 2013).

3.1.3 Elektrik talebini etkileyen faktörler

Elektrik tüketimi, bölgesel, mevsimsel ve anlık dalgalanmalar göstermektedir. Yıl içinde, en düşük tüketimle en yüksek tüketim miktarları arasında veya aynı gün içinde en düşük yükle en yüksek yük arasında %200'e varan farklar oluşabilmektedir (Gultekin, 2009).

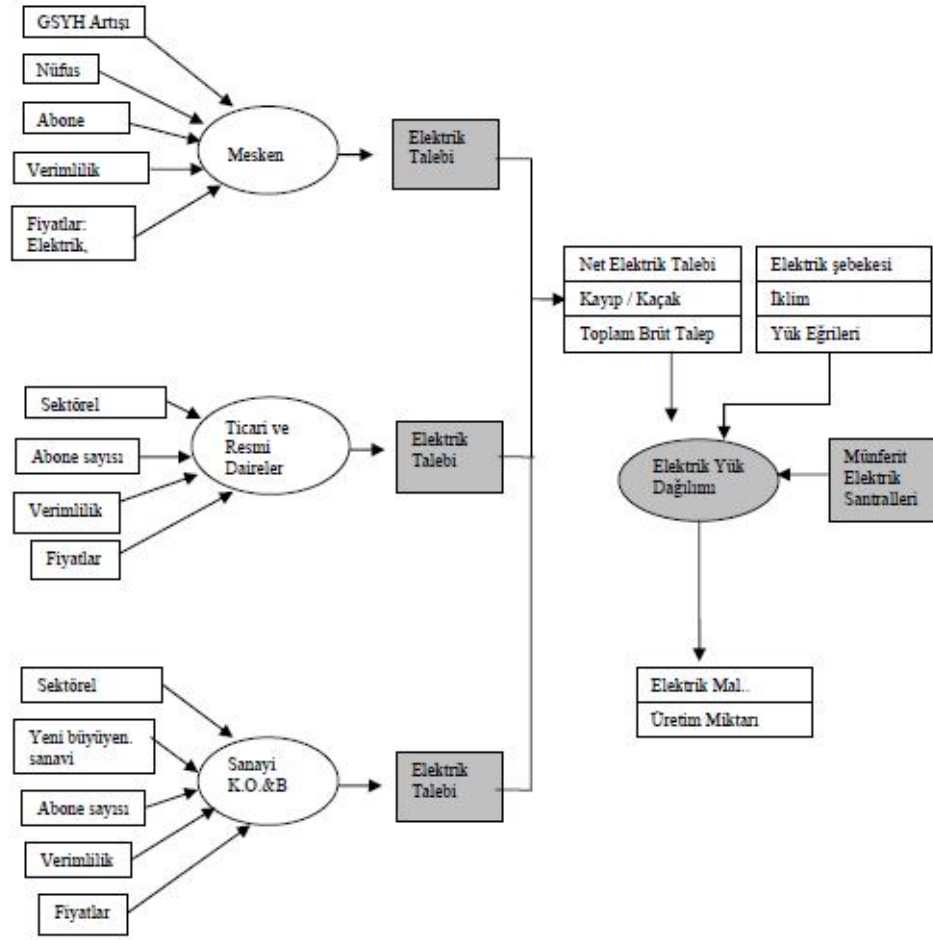
Elektrik talebinin aşırı değişkenliği ve elektriğin depolanamayan bir enerji kaynağı olması nedeniyle, elektrik arzının sürekli ve kesintisiz bir şekilde yapılması ve talebin anlık olarak karşılanabilmesi gerekmektedir. Bunun gerçekleştirilememesi halinde ise, Türkiye'de 1971–1983 yıllarında görüldüğü gibi, zorunlu tasarruf ve kesinti uygulamalarına gidilmesi gündeme gelecektir. Elektrik talebine etki eden faktörler ekonomik büyüme hızı ile sınırlı bulunmamaktadır. Talebi etkilediği saptanan faktörler, etki derecelerine bağlı olarak elektrik talep tahmin modellerinde 'girdi' olarak kullanılmaktadır (Gultekin, 2009).

- GSYİH,
- Sektörel katma değerler,
- Kişi başına düşen milli gelir,

- Nüfus ve demografik değişiklikler,
- Hane halkı sayısı ve ortalama hane halkı büyüklüğü,
- Çok odalı konut yüzdesi ve konut sahipliği artış oranı,
- Şehirleşme oranı,
- Şehir ve köy gelirleri,
- Elektrikli hane ve köy oranı,
- Elektrikten yararlanan nüfus oranı,
- İstihdam verileri,
- Teknolojik gelişmeler ve elektrikli iş aletleri kullanımının yaygınlaşma oranları,
- Kişi başına düşen elektrikli alet sayısındaki değişimler,
- Elektrikli aletler ve ilgili ikamelerinin fiyatları,
- Elektrik fiyatı,
- Alternatif enerji kaynaklarının fiyatları,
- Mevsimsel değişiklikler ve iklim koşulları,
- Ülkelerin coğrafi özellikleri,
- Zaman.

Bunların haricinde ülkelere göre değişen ve elektrik talebini etkileyen değişkenler olabilmektedir.

Gelişmiş elektrik talep tahmin modellerinde, yukarıda belirtilen faktörler dikkate alınarak, sektörel bazda net elektrik talepleri tahmin edilerek, bunların toplamına kayıp ve kaçak öngörülürü eklenmek suretiyle brüt talep hesaplanmaktadır. Sektörel elektrik talep tahmin modeline ilişkin prosedür, aşağıdaki Şekil 3.2' de yer alan şemada gösterilmektedir (Gultekin, 2009).



Şekil 3.2 : Elektrik enerjisi talep tahmini model gösterimi.

3.2 Elektrik Tahmininde Kullanılan Yöntemler

Elektrik tüketimi tahmininde kullanılan yöntemlerin açıklamaları aşağıda verilmiştir.

Zaman Serisi Modelleri: Modellerin en basit olanıdır. Eğilim analizi yöntemi kullanılır. Elde bulunan verilerin gerçeği temsil edeceği varsayılır.

Regresyon Modelleri: Regresyon modellerinde bağımlı değişkenin bağımsız değişkenler tarafından etkilendiği ve bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenleri ne kadar ve ne yönde etkilediği bulunur. Regresyon modeli elektrik ihtiyacını tahmin etmek için kullanılır. Ayrıca bu model elektrik yük tahmininde de kullanılmıştır. Az sayıda parametre gerektirmektedir.

Hareketli Ortalama: Zaman serisindeki uygun bir periyod seçilerek geleceği ortalama olarak tahmin etme yöntemidir.

Üstel Düzeltme: Burada sürecin sabit olduğu varsayılır. Verilere ağırlıklar verilir. Daha gerçekçi bir sonuç elde etmek için veri setinde yer alan son verinin ağırlığı daha fazla olacak şekilde ağırlıklar atanır.

ARIMA Modelleri (Auto Regressive Integrated Moving Agerage): Yapay sinir ağları ve diğer hesaplama teknikleriyle beraber enerji talep tahmininin doğruluğunu geliştirmek için kullanılırlar. İstatistiksel bir yöntem olup OR (Oto Regresif) ve HO (Hareketli Ortalama)'nın birleşiminden meydana gelmektedir. ARIMA (p,d,q) şeklinde gösterilir. Zaman serisinin özelliklerine göre p,d,q değerleri değişmektedir.

Box-Jenkins Modelleri: Kısa dönemli tahminlerde başarılıdır. Eşit zaman aralıklarında oluşan verinin kesikli ve durağan olması modelin bir özelliğidir. Amaç zaman serisine en iyi uyan modeli oluşturmaktır. ARIMA yöntemi olarak da geçmektedir.

Yapay Sistemler - Uzman sistemler ve Yapay Sinir Ağları Modelleri: Sinir ağlarından oluşturulan sistemlerdir. İnsanların nörolojik yapısı göz önüne alınmaktadır. Sisteme girdi ve çıktılar önceden verilir, böylece sistemin öğrenmesi sağlanır. Yani sistem veriye göre kendine şekil verir. Sisteme en uygun nöron sayısı bulunur ve sistem eğitilir. Eğitilen sistem tahmin yapabilmektedir.

GYA (Geriye Yayılma Ağı): Yapay sinir ağlarından türemiş bir yöntemdir. Burada verilerdeki varyasyonlar gözönüne alınmaktadır. Bu varyasyonların minimize edilmesi amaçlanmaktadır.

Bulanık Mantık: Sistemlerin belirsiz olduğundan yola çıkarak bir tahmin yapılmaktadır. Bu yöntemde grafik ya da aralıklar oluşturulur. Verilerden oluşturulan bir üyelik fonksiyonu yer almaktadır. Üyelik fonksiyonlarına veriler yerleştirilir ve tahmin sisteme göre gerçekleştirilir.

Gri Tahmin Modelleri: Girdilerin kesin olmadığı belirsiz durumlarda ve bilginin eksik olmasından kaynaklanan durumlarda kullanılan modeldir. Az sayıda parametre gerektirmektedir. Model en az 4 girdinin olduğu durumda geleceği tahmin etmektedir.

Destek Vektör Regresyonu: Sınırlı olan veri ile istatistiksel olarak çözüme ulaşan bir tahmin yöntemidir.

Ekonometrik Modeller: Bu modellerde girdi olarak nüfus, gelir, fiyat değişimleri yer almaktadır. Bu değişkenlerden yararlanarak istatistiksel yöntemler ile çözüme ulaşılmaktadır.

Baş Aşağı Modeller-MARKAL/TIMES/ UVEAPS: MARKAL bir çeşit lineer programlama modelidir. UEA tarafından geliştirilmiştir (Suganthia ve Anand, 2012).

Karınca Kolonisi Optimizasyon Modelleri: Karıncaların yuvaları ile yiyecek noktaları arasındaki en kısa yolu bulma üzerine geliştirilmiştir. Optimizasyon odaklı modellerdir.

Genetik Algoritma: Doğadan elde edilen bilgilere göre oluşturulan bir modeldir. Evrim ile ilgili süreç bilgisayara aktarılmaya çalışılır.

Bunların haricinde Hibrit Modeller, UVEAPS (Uzun Vadeli Enerji Alternatif Planlama Sistemi), Girdi-Çıktı Modelleri, Birleşik Modeller-Bayesian Vektör Otoregresyonu, Bayesian Vektör Otoregresyonu, eş-bütünleşim modelleri gibi modellerde tahmin modellerinde uygulanmıştır (Suganthia ve Anand, 2012).

Herhangi bir veri setinde tahmin yaparken tahmin doğruluğunu artırmak isteyen araştırmacılar birkaç model karması olan hibrit modelleri kullanmışlardır ve sonuçları hata oranlarına göre kıyaslamışlardır. Hibrit modeller tek yöntemli modellere göre daha iyi sonuç verdiği genel bir gözlemdir.

3.3 Literatürde Elektrik Tahmini İle İlgili Çalışmalar

Elektrik tahmini ile ilgili çalışmalar özel sektörün yanında akademik anlamda da geniş yer tutmaktadır. Elektrik tahmininin gerçeğe yakın çıkabilmesi için yöntemler kullanılıp karşılaştırılmış ve hibrit modeller geliştirilmiştir.

Çizelge 3.2: Üstel düzeltme yöntemi ile elektrik talep tahmini.

Üstel Düzeltme	
1971	W. Christiaan
1997	R. Ramanathan ve diğerleri
2003	J. W. Taylor

Çizelge 3.3 : Bulanık mantık yöntemi ile elektrik talep tahmini.

Bulanık Mantık	
2007	Hamzacebi, C.,
2010	Kucukali, S.,Baris,K

Çizelge 3.4 : Destek vektör modelleri yöntemi ile elektrik talep tahmini.

Destek Vektör Modelleri	
2009	Hong WC.
2009	Wang JZ ve Diğerleri
2011	Kavaklioglu K.

Çizelge 3.5 :Zaman serileri yöntemi ile elektrik talep tahmini.

Zaman Serileri	
1995	L.D. Paarmann, M.D. Najar
1997	R. E. Abdel-Aal and A. Z. Al-Garni,
2002	Nogales, F. Ve diğerleri
2008	Amarawickrama, H.A., Hunt, L.C.,
2008	Weron R, Misiorek A.

Çizelge 3.6 :ARIMA yöntemi ile elektrik talep tahmini.

ARIMA	
2003	J. Contreras ve diğerleri
2007	Erdogdu, E.,

Çizelge 3.7 : Regresyon yöntemi ile elektrik talep tahmini.

Regresyon	
1999	J. Nazarko & W. Zalewski
2005	K.-B. Song ve diğerleri
2005	Wang pengfei
2009	Bianco, V
2010	Bianco V,

Çizelge 3.8 : Yapay sinir ağları yöntemi ile elektrik talep tahmini.

Yapay Sinir Ağları	
1991	D.C. Park ve diğerleri
1999	Szkuta, B.R. ve diğerleri
2000	W. Charytoniuk, M.S. Chen,
2001	S. Barghinia
2007	Pao HT
2007	Azadeh A. ve diğerleri
2008	Azadeh A ve diğerleri
2008	Pino R ve diğerleri
2008	Lauret P. Ve diğerleri
2011	Singhal D, Swarup KS

Çizelge 3.9 : Gri sistem yöntemi ile elektrik talep tahmini.

Gri Sistem	
1993	Y.-T. Lee ve diğerleri
1999	C.-C. Hsu & C.-Y. Chen.
1999	C.T. Lin,
2000	C.-C. Hsu & C.-Y. Chen
2006	P. Zhou ve diğerleri
2007	D. Akay, M. Atak
2010	Li yongkai
2010	Zhang ve diğerleri
2012	Der-Chiang ve diğerleri

Her tahmin modeli sistem karakteristiklerini elde etme umuduyla tasarlanmıştır. Sistem dinamikleri ile ilgili daha çok bilgi, daha iyi bir tahmin için dikkate alınmaktadır (Tsaur ve Kuo, 2011).

Tahmin yöntemlerinin amacı talebin sistematik ve rastgele bileşenini bulmaktır. Genel halde talebin sistematik bileşeni seviye, eğilim ve mevsimsel faktör içerir. Sistematik bileşen çeşitli şekillerle gösterilebilir (Chopra ve Meindi, 2012).

$$\text{Çarpımsal: Sistematik Bileşen} = \text{Seviye} \times \text{Eğilim} \times \text{Mevsimsel Faktör} \quad (3.1)$$

$$\text{Toplamsal: Sistematik Bileşen} = \text{Seviye} + \text{Eğilim} + \text{Mevsimsel Faktör} \quad (3.2)$$

$$\text{Karışık: Sistematik Bileşen} = (\text{Seviye} + \text{Eğilim}) \times \text{Mevsimsel Faktör} \quad (3.3)$$

4. TAHMİN YÖNTEMLERİ

4.1 Statik Yöntemler

Bu yöntemler, yeni bir talep ortaya çıktığında sistematik bileşende var olan seviye, eğilim ve mevsimsellik faktörünün değişmediğini varsayar (Chopra ve Meindi, 2012). Bu durumda sistemde yer alan verilerden bu parametreler elde edilir ve gelecekte oluşacak veriler için de bu parametreler kullanılır. Bazı terimler aşağıdaki gibi verilmiştir.

L: t=0 anındaki seviye tahmini

T: Eğilim tahmini (Talepteki her bir zaman aralığındaki artış ya da azalış)

St: t periyodundaki mevsimlik faktör tahmini

D_t: t periyodundaki gözlemlenen gerçek talep

F_t: t periyodundaki talep tahmini

Durağan yöntemde t+1 periyodu için t zamanındaki tahmin aşağıdaki gibidir.

$$F_{t+1}=[L + (t+L)T]S_{t+1} \quad (4.1)$$

Bu denklemdeki seviye, eğilim ve mevsimsel faktörün nasıl bulunduğu aşağıdaki gibi açıklanmıştır.

- a. Talebi mevsimsellikten çıkar ve seviye ve eğilimi tahmin etmek için lineer regresyonu uygula.
- b. Mevsimsel faktörleri tahmin et.

4.1.1 Seviye ve eğilim tahmini

Bu adımın amacı 0. zamandaki seviye ve eğilimi tahmin etmektir. Talep verisi mevsimsellikten kurtarılarak bu adıma başlanır. Mevsimsellikten kurtarılmış veri mevsimsellikten oluşan dalgalanmalardan etkilenmeyen verilerdir. T periyodu için Mevsimsellikten kurtarılmış veri ($\overline{D}_t$) aşağıdaki formülden bulunabilir (Chopra ve Meindi, 2012).

$$\overline{D}_t = \begin{cases} \frac{\left[D_{t-(\frac{p}{2})} + D_{t+(\frac{p}{2})} + \sum_{i=t+1-(\frac{p}{2})}^{t-1+(\frac{p}{2})} 2D_i \right]}{2p} & p \text{ çift sayı ise} \\ \sum_{i=t-[\frac{p-1}{2}]}^{t+[\frac{p-1}{2}]} \frac{D_i}{p} & p \text{ tek sayı ise} \end{cases} \quad (4.2)$$

Mevsimsellikten kurtarılmış veri ile zaman arasında aşağıdaki lineer ilişki söz konusudur (Chopra ve Meindi, 2012).

$$\overline{D}_t = L + Tt \quad (4.3)$$

4.2 Uyarlamalı Yöntemler

Bu yöntemde seviye, eğilim ve mevsimsellik faktör parametreleri yeni bir gözlem değeri geldiği zaman değişmektedir (Chopra ve Meindi, 2012). Burada şimdiki verilecek örnekler karışık formdadırlar. Yani seviye ve eğilimin toplamı alınıp, mevsimsellik faktörü ile çarpılmasıyla sistematik bileşenin elde edildiği durum göz önüne alınacaktır.

n periyottan oluşan ve talebin mevsimsellik gösterdiği durum ele alınsın. Dönemsellik p ile gösterilmektedir (Chopra ve Meindi, 2012).

Aşağıda bazı terimler gösterilmiştir.

L_t : t periyodunun sonundaki seviye tahmini

T_t : t periyodunun sonundaki eğilim tahmini

S_t : t periyodunun sonundaki mevsimsel faktör tahmini

F_t : t periyodu için talep tahmini

D_t : t periyodu için gerçek talep

$E_t = F_t - D_t$: t periyodundaki tahmin hatası

Bu uyarlamalı yöntemlerde t+1 periyodu tahmini için t periyodundaki seviye ve eğilim aşağıdaki gibidir.

$$F_{t+1} = (L_t + IT_t)S_{t+1} \quad (4.4)$$

Uyarlamalı tahmin etme aşağıdaki dört adımda açıklanmıştır (Chopra ve Meindi, 2012).

1. Başlangıç: Elde bulunan verilerden seviye (L_0), eğilim (T_0) ve mevsimsel faktörler($S_1, \dots, S_p$) hesaplanır. Bu aşama durağan tahmin yöntemlerindeki gibi yapılır. $L_0 = L$ ve $T_0 = T$
2. Tahmin: Yukarıdaki verilen formüle göre $t+1$ periyodu tahmin edilir. Periyod 1 için ilk tahmin periyod 0 daki seviye (L_0), eğilim (T_0) ve mevsimsel faktörlerden elde edilir.
3. Tahmin Hatası: Gerçek veri ile tahmin edilen veri arasındaki farktır. $t+1$ periyodundaki hata aşağıdaki gibi gösterilmektedir.

$$E_{t+1} = F_{t+1} - D_{t+1} \quad (4.5)$$

4. Tahminleri Değiştirmek: Tahmindeki E_{t+1} hatasına göre L_{t+1} , T_{t+1} ve S_{t+p+1} değerleri değiştirilir. Eğer tahminler talepten büyükse tahmin değerleri aşağı çekilir ya da tahminler talep değerlerinden küçükse tahminler yukarı çekilir ve bu şekilde değerler modifiye edilmiş olunur.

4.2.1 Hareketli ortalama

Talepte eğilim ya da mevsimsellik olmadığı durumlarda hareketli ortalama yöntemi uygulanır (Chopra ve Meindi, 2012). Bu durumda;

Talebin Sistemik Bileşeni= Seviye 'ye eşittir.

Bu yöntemde periyod t 'deki seviye son N dönemdeki ortalama taleptir.

$$L_t = (D_t + D_{t-1} + \dots + D_{t-N+1}) \quad (4.6)$$

4.2.2 Üstel düzeltme

Hareketli ortalama olduğu gibi talepte eğilim ya da mevsimsellik olmadığı durumlarda da üstel düzeltme uygulanır (Chopra ve Meindi, 2012).

Talebin Sistemik Bileşeni= Seviye

$$L_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i \quad (4.7)$$

İlerideki tahminler için seviye değeri hep aynıdır.

$$F_{t+1} = L_t \text{ ve } F_{t+1} = L_t \quad (4.8)$$

D_{t+1} 'deki talebi gözlemledikten sonra, periyod $t+1$ için tahmin revize edilir.

$$L_{t+1} = \alpha D_{t+1} + (1-\alpha) L_t \quad (4.9)$$

α = Düzeltme Katsayısı

$0 < \alpha < 1$

4.2.3 Eğilim düzeltilmiş üstel düzeltme (Holt Modeli)

Talebin sadece eğilim ve seviye gösterdiği durumlarda yani sadece mevsimsellik faktörünün olmadığı durumlarda kullanılan yöntemdir (Chopra ve Meindi, 2012).

Bu durumda, talebin sistematik bileşeni seviye ve eğilimin toplamından oluşmaktadır. Yani;

$$\text{Talebin sistematik bileşeni} = \text{seviye} + \text{eğilim} \quad (4.10)$$

D_t talebi ve periyod t arasında lineer regresyon uygulanarak seviye ve ilk tahmin elde edilir.

$$D_t = at + b \quad (4.11)$$

Zaman ve talep arasında mevsimsellik olmadığından dolayı lineer regresyon uygulamak uygundur. b katsayısı t=0 zamanındaki talebi ölçer ve ilk tahmin değeri olan L₀ değeridir. a eğimi ise her bir periyottaki değişimin oranını ölçer ve T₀'ın ilk tahminidir. L_t ve T_t verildiği zaman gelecekteki değerler aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$F_{t+1} = L_t + T_t \text{ ve } F_{t+n} = L_t + nT_t \quad (4.12)$$

t zamanı için talep gözlemlendiğinde seviye ve eğilim revize edilir.

$$L_{t+1} = \alpha D_{t+1} + (1-\alpha)(L_t + T_t) \quad (4.13)$$

$$T_{t+1} = \beta (L_{t+1} - L_t) + (1-\beta)T_t \quad (4.14)$$

α = Seviye için düzeltme katsayısı ve $0 < \alpha < 1$

β = Eğilim için düzeltme katsayısı ve $0 < \beta < 1$

4.2.4 Eğilim ve mevsimsellik doğrulanmış üstel düzeltme (Winter Modeli)

Bu yöntem talebin sistematik bileşeninin seviye, eğilim ve mevsimsel faktöründen oluştuğu durumlarda uygundur (Chopra ve Meindi, 2012). Bu durumda, sistematik bileşen seviye ve eğilimin toplam değeri ile mevsimsel faktörün çarpımından oluşur.

Talebin periyodu p olsun. Başlangıç için seviye (L₀), eğilim (T₀) ve mevsimsel faktör (S₁, ..., S_p) nin bulunması gerekmektedir.

t periyodunda seviye (L_t), eğilim (T_t) ve mevsimsel faktörler olduğu zaman gelecekteki periyod değerleri aşağıdaki gibi bulunur.

$$F_{t+1} = (L_t + T_t)S_{t+1} \text{ ve } F_{t+1} = (L_t + IT_t)S_{t+1} \quad (4.15)$$

t+1 deki talep gözlemlendikten sonra seviye, eğilim ve mevsimsel faktörler aşağıdaki gibi gösterilebilir.

$$L_{t+1} = \alpha (D_t + 1/S_{t+1}) + (1-\alpha) (L_t + T_t) \quad (4.16)$$

$$T_{t+1} = \beta (L_{t+1} - L_t) + (1-\beta)T_t \quad (4.17)$$

$$S_{t+p+1} = \gamma (D_{t+1}/L_{t+1}) + (1-\gamma) S_{t+1} \quad (4.18)$$

α = Seviye için düzeltme katsayısı ve $0 < \alpha < 1$

β = Eğilim için düzeltme katsayısı ve $0 < \beta < 1$

γ =Mevsimsel faktör için düzeltme katsayısı ve $0 < \gamma < 1$

Tahmin yöntemleri ve bu yöntemlerin kullanılabilecek durumları Çizelge 4.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 : Durağan yöntemlerin kullanılma durumları (Chopra ve Meindi, 2012).

Tahmin Yöntemi	Uygulanabilirlik
Hareketli Ortalama	Eğilim ve Mevsimsellik Yok
Üstel Düzeltme	Eğilim ve Mevsimsellik Yok
Holt Modeli	Eğilim var, Mevsimsellik yok
Winter Modeli	Eğilim ve Mevsimsellik Var

Verilerin yapısına bakılarak yukarıdaki yöntemler kullanılabilir.

4.3 Basit ve Çoklu Regresyon

Regresyon analizi değişkenler arasındaki ilişkileri araştırmak için bir istatistiksel bir araçtır (Sykes, 1992). Regresyon analzi ilk olarak Adrien Marie Legendr (1805) tarafından ortaya konulmuştur. Regresyon yönteminin birçok çeşidi bulunmakta ve uygulanmaktadır ama regresyon yöntemlerinin ilk şekli en küçük kareler yöntemidir.

Regresyon formülünde iki değişken bulunmaktadır. Bunlardan Y bağımlı değişkeni X ise bağımsız değişkeni temsil etmektedir.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_i + \mu_i \quad i=1, n \quad (4.19)$$

Burada μ_i hata terimidir. İndex olan i ise gözlem ya da elde bulunan veriyi ifade eder.

μ_i ait olduğu verinin regresyon doğrusuna uzaklığını ifade eder. Varyans değeri de normal bir dağılım göstermektedir.

Regresyonda R^2 ’ye belirleme katsayısı adı verilir ve aşağıdaki gibi bulunabilir.

$$R^2 \equiv 1 - \frac{SS_{hata}}{SS_{toplam}} \quad (4.20)$$

SS_{hata} hataların kare toplamını SS_{toplam} ise karelerin toplamını göstermektedir. Eğer R^2 değeri 0' a yakınsa uyum iyiliği olmadığı kabul edilir. Bu durumda modelin değiştirilmesi gerektiğine karar verilir. Eğer bu değer 1'e yakınsa uyum iyiliği olduğu sonucuna ulaşılır.

Bazı durumlarda bağımlı değişkeni ifade etmek zor bir hal almaktadır. Bu durumda Çoklu Regresyon Modeli uygulamak gerekmektedir.

$$Y = \beta_0 + \sum \beta_i X_i + \mu_i \quad i=1,n \quad (4.21)$$

Regresyon modelinde bulunan bağımsız değişkenlerin katsayısı modelin anlamlılığı, gücü ve durumu hakkında bilgi verir.

Yalnız bağımsız değişkenlerin katsayıları bize X ve Y arasındaki ilişkiyi vermez. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin yönünü ve kuvveti korelasyon analizi aracılığı ile bulunur.

4.4 Bulanık Mantık

Gerçek hayatta kullandığımız bazı kelimelerin kesin anlamları yoktur. Bunlardan bazıları “Uzun, yaşlı, eski, sıcak,...” gibidir. Bu kelimeler birer bulanıklıkgöstermektedir.

1965 yılında Zadeh belirsizlik içeren sistemleri kendi makalesinde ele almıştır.1970’li yıllardan itibaren Bulanık Mantık konusuna literatürde geniş bir yer vermeye başlanmıştır. Hemen hemen her alanda kullanılan ve uygulanan Bulanık Mantık konusunun temel elemanı bulanık kümedir. Bulanık kümeler, üyelik fonksiyonları ile karakterize edilirler. Aslında bu üyelik fonksiyonlar da birer bulanık sayıdan başka bir şey değildir. Bulanık mantık, üyelik fonksiyonu ve bulanık sayı gibi kavramların iyi anlaşılabilmesi için öncelikle bulanıklık kavramının anlaşılması gerekir (Altaş, 1999).

Bulanık bir küme, değişik üyelik yani ait olma derecelerine sahip elemanları olan bir küme türüdür. Böyle bir küme, elemanlarının her birine 0 ile 1 arasında üyelik değeri atayabilen bir üyelik fonksiyonu ile karakterize edilebilir. Bu çalışmada bulanık mantık ile tahmin yaparken literatürde yer alan iki yöntemle göre tahmin işlemi gerçekleştirilmiştir. Kümeye dâhil olmayan elemanların üyelik değerleri 0, kümeye tam dâhil olanların üyelik değerleri de 1 olarak atanmaktadır. Kümeye dâhil olup

olmadıkları belirsiz olan elemanlara ise belirsizlik durumuna göre 0 ile 1 arasında değerler atanır (Altaş, 1999).

Bulanık Mantık konusunun işlenmiş olduğu bazı zaman serisi çalışmaları bulunmaktadır. Bunlardan biri Hwang, Chen ve Lee'nin Bulanık Mantık Yaklaşımı; diğeri de Singh'in Bulanık Mantık Yaklaşımıdır. Bu çalışmalar aşağıda açıklanmıştır.

4.4.1 Hwang, Chen, Lee'nin bulanık mantık yaklaşımı

Geçmiş yıllara ait talebi biliyor olalım. U diye bir söylem evreni $U = \{U_1, U_2, \dots, U_n\}$ tanımlansın. Söylem evreninin bulanık bir kümesi aşağıdaki gibi tanımlanır (Zadeh, 1965).

$$A = \mu_a(u_1)/u_1 + \mu_a(u_2)/u_2 + \dots + \mu_a(u_n)/u_n \quad (4.22)$$

Öncelikle talep serisindeki varyasyonlar yani değişimler bulunur. İlk yıl t , ikinci yıl $t+1$ olsun. İlk varyasyon $t+1$ 'deki talepten t 'deki talebin çıkartılmasıyla bulunur. Örneğin ilk aya ait elektrik tüketim verisi 10.569.993 kWh ve ikinci aya ait elektrik tüketim verisi 17.837.337 kWh olsun. Buna göre ilk varyasyon $17.837.337 - 10.569.993 = 7.267.344$ kWh' tir. Yani ikinci ay elektrik tüketim verisinde bir artış olduğu gözlemlenmiştir. Seride bulunan verilerden bütün değişimler hesaplanır. Elde edilen değişim serisinin minimum artış ($D_{\min}$) ve maksimum artışı ($D_{\max}$) değerleri bulunur. Ardından the söylem evreni U , $U = [D_{\min} - D_1, D_{\max} + D_2]$ şeklinde tanımlanır. Burada D_1 ve D_2 uygun iki pozitif sayıdır. Bu sayılar $D_{\max}$ ve $D_{\min}$ değerlerine göre değişim göstermektedirler. Söylem evreni eşit aralıklı kümelerle bölünür ve bulanık kümeler oluşturulur. Bu kümelerle ait sözel değişkenler atanır. Bu değişkenler “azalış”, “artış”, “değişim yok”, “küçük artış”, “büyük azalış” gibi isimlerle tanımlanırlar.

$$A1 = 1/u_1 + 0.5/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + \dots 0/u_n \quad (4.23)$$

$$A2 = 0.5/u_1 + 1/u_2 + 0.5/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + \dots 0/u_n \quad (4.24)$$

$$A3 = 0/u_1 + 0.5/u_2 + 1/u_3 + 0.5/u_4 + 0/u_5 + \dots 0/u_n \quad (4.25)$$

$$A4 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0.5/u_3 + 1/u_4 + 0.5/u_5 + \dots 0/u_n \quad (4.26)$$

$$A5 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0.5/u_4 + 1/u_5 + \dots + 1/u_n \quad (4.27)$$

$$A_n = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + \dots + 0.5/u_{n-1} + 1/u_n \quad (4.28)$$

Bu adımdan sonra uygun bir pencere temeli seçilmektedir. Ardından operasyon matrisi $O^w(t)$ ve kriter matrisi hesaplanacaktır.

t ayını tahmin etmek istediğimizi varsayalım. $W=5$ seçilmiş olsun. 4×6 'lık operasyon matrisi $O^5(t)$ ve kriter matrisi $C(t)$ aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$O^5(t) = \begin{bmatrix} t-2. \text{ talebin bulanık varyasyonu} \\ t-3. \text{ talebin bulanık varyasyonu} \\ t-4. \text{ talebin bulanık varyasyonu} \\ t-5. \text{ talebin bulanık varyasyonu} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{t-2} \\ A_{t-3} \\ A_{t-4} \\ A_{t-5} \end{bmatrix} \quad (4.29)$$

$C(t)$ = t. yıla ait bulanık mantık varyasyon kümesi= $[A_t]$

İlişki matrisi $R(t)$; $R(t)[i,j]=O^w(t)[i,j]XC(t)[J]$ denkleminde hesaplanır. $1 \leq i \leq 4$, ve $1 \leq j \leq 6$. Bu matristeki sütunlardaki değerlerin maksimumları seçilir. Bu da ayrı bir matris ile ifade edilir. $F(t)=[\dots\dots\dots]$. Bu $F(t)$ matrisleri tahmin edilecek her bir ay için bulunur. Sıradaki adım durulaştırma sürecidir. Bu aşama aşağıdaki kurallara göre yapılır.

- Eğer üyelik fonksiyonundaki tüm değerler 0 ise tahmin varyasyonu 0'dır.
- Eğer üyelik fonksiyonundaki değerlerin sadece bir maksimum değeri varsa ve bu değer u_i 'ye aitse tahmin varyasyonu u_i 'in orta değeridir (m_i).
- Eğer birden fazla maksimum değer varsa, bu değerlerin ait oldukları kümelerdeki orta değerlerin ortalaması bulanık değişkeni verir $(m_1+m_2+m_3+\dots\dots m_k)/k$.

4.4.2 Singh'in bulanık mantık yaklaşımı

Singh (2008) yaptığı bir çalışmada Alabama Üniversitesi'nin kayıtlarını tahmin etmek için bir yöntem önermiştir. Önerdiği bu yöntemin adımları aşağıdaki gibi verilmiştir.

- Söylem Evreni (U)'ni tanımlamak. U aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$U = [D_{\min} - D_1, D_{\max} + D_2] \quad (4.30)$$

Burada D_1 ve D_2 uygun iki pozitif sayıdır.

- Bu Söylem Evreni (U) eşit uzunluğa sahip aralığa bölünür. Bunlar $u_1, u_2, \dots, u_m$ olarak ifade edilir. Bu aralıkların sayısı sözel değişkenlerin (Bulanık Kümeler) sayısı ile uyum içerisinde; $A_1, A_2, \dots, A_m$.
- Aralıklarla uyumlu A_i bulanık kümeleri oluşturulur ve üçgen üyelik kuralı her bir aralık için uygulanır.
- Geçmiş veriler bulanıklaştırılır ve bulanık mantık ilişkileri aşağıdaki kurala göre uygulanır.

Eğer A_i , n. yılın bulanık üretimi ise ve A_j , n+1. yılın bulanık üretimi ise, bulanık mantık ilişkisi $A_i \rightarrow A_j$ şeklinde ifade edilir. Burada A_i şimdiki durumu, A_j de gelecek yani sıradaki durumu ifade eder.

4.4 Tahminde kullanılan kurallar.

Algoritmada kullanılan gösterim şekilleri aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

$[*A_j]$: u_j aralığına denk gelen aralık.

$L[*A_j]$: u_j aralığının alt sınırı.

$U[*A_j]$: u_j aralığının üst sınırı.

$I[*A_j]$: A_j supremum üyeliğine sahip u_j aralığının uzunluğu.

$M[*A_j]$: A_j supremum değerine sahip u_j aralığının orta değeri.

$A_i \rightarrow A_j$ bulanık mantık ilişkisi için;

- A_i : n. yılın bulanıklaştırılmış kayıtları
- A_j : n+1. yılın bulanıklaştırılmış kayıtları
- E_i : n. yılın gerçek kayıtları
- E_{i-1} : n-1. yılın gerçek kayıtları
- E_{i-2} : n-2. yılın gerçek kayıtları
- F_j : n+1. yılın krisp tahmin değerleri

Bu model $A_i \rightarrow A_j$ bulanık mantık ilişkisini uygulamak için n-2, n-1 ve n. yılların geçmiş verilerinden yararlanır. Bu $A_i \rightarrow A_j$ ilişkisi n+1. yılın bulanık değeridir. Bu önerilen yöntem aşağıda adım adım açıklanmıştır.

Algoritma: n+1. yılın F_j değerini doğru tahmin etme

k'dan K ya;

k.yıldan k+1. yıla elde edilmiş bulanık mantık ilişkisi için,

$A_i \rightarrow A_j$

$R=0$ and $S=0$

(K zaman serisinin sonunu temsil etmektedir.)

Aşağıdaki değerler hesaplanır.

$$D_i = |(E_i - E_{i-1})| - |(E_{i-1} - E_{i-2})| \quad (4.31)$$

$$X_i = E_i + D_i / 2 \quad (4.32)$$

$$XX_i = E_i - D_i / 2 \quad (4.33)$$

$$Y_i = E_i + D_i \quad (4.34)$$

$$YY_i = E_i - D_i \quad (4.35)$$

$$P_i = E_i + D_i / 4 \quad (4.36)$$

$$PP_i = E_i - D_i / 4 \quad (4.37)$$

$$Q_i = E_i + 2 * D_i \quad (4.38)$$

$$QQ_i = E_i - 2 * D_i \quad (4.39)$$

$$G_i = E_i + D_i / 6 \quad (4.40)$$

$$GG_i = E_i - D_i / 6 \quad (4.41)$$

$$H_i = E_i + 3 * D_i \quad (4.42)$$

$$HH_i = E_i - 3 * D_i \quad (4.43)$$

Bu veriler bulunduktan sonra aşağıdaki değerler bulunur.

If $X_i \geq L[*A_j]$ and $X_i \leq U[*A_j]$

Then $R = R + X_i$ and $S = S + 1$ (4.44)

If $XX_i \geq L[*A_j]$ and $XX_i \leq U[*A_j]$

Then $R = R + XX_i$ and $S = S + 1$ (4.45)

If $Y_i \geq L[*A_j]$ and $Y_i \leq U[*A_j]$

Then $R = R + Y_i$ and $S = S + 1$ (4.46)

If $YY_i \geq L[*A_j]$ and $YY_i \leq U[*A_j]$

Then $R = R + YY_i$ and $S = S + 1$ (4.47)

If $P_i \geq L[*A_j]$ and $P_i \leq U[*A_j]$

Then $R = R + P_i$ and $S = S + 1$ (4.48)

If $PP_i \geq L[*A_j]$ and $PP_i \leq U[*A_j]$

Then $R = R + PP_i$ and $S = S + 1$ (4.49)

If $Q_i \geq L[*A_j]$ and $Q_i \leq U[*A_j]$

Then $R = R + Q_i$ and $S = S + 1$ (4.50)

If $QQ_i \geq L[*A_j]$ and $QQ_i \leq U[*A_j]$

Then $R = R + QQ_i$ and $S = S + 1$ (4.51)

If $G_i \geq L[*A_j]$ and $G_i \leq U[*A_j]$

Then $R = R + G_i$ and $S = S + 1$ (4.52)

If $GG_i \geq L[*A_j]$ and $GG_i \leq U[*A_j]$

$$\text{Then } R=R+GG_i \text{ and } S=S+1 \quad (4.53)$$

$$\text{If } H_i \geq L[*A_j] \text{ and } H_i \leq U[*A_j]$$

$$\text{Then } R=R+H_i \text{ and } S=S+1 \quad (4.54)$$

$$\text{If } HH_i \geq L[*A_j] \text{ and } HH_i \leq U[*A_j]$$

$$\text{Then } R=R+HH_i \text{ and } S=S+1 \quad (4.55)$$

$$F_j=(R+M(*A_j))/(S+1) \quad (4.56)$$

Next k

Bu değerler bulunduktan sonra tahminleme yapılabilir. Eşit aralıklara bölünmüş olan söylem evreni 'a $A_1, A_2, \dots, A_m$ bulanık kümeleri sözel değişkenler olarak atanır. Bu bulanık değişkenler; zayıf, az, orta, iyi, çok iyi gibi tarif edilebilir. Ayrıca bu sözel değerlerin bulanık kümelerine üyelik sınıfları aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$A_1 = 1/u_1 + 0.5/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 \quad (4.57)$$

$$A_2 = 0.5/u_1 + 1/u_2 + 0.5/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 \quad (4.58)$$

$$A_3 = 0/u_1 + 0.5/u_2 + 1/u_3 + 0.5/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 \quad (4.59)$$

$$A_4 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0.5/u_3 + 1/u_4 + 0.5/u_5 + 0/u_6 \quad (4.60)$$

$$A_5 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0.5/u_4 + 1/u_5 + 0.5/u_6 \quad (4.61)$$

$$A_6 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0.5/u_5 + 1/u_6 \quad (4.62)$$

Yukarıdaki algorithmadan değerler bulunduktan sonra tahmin işlemi gerçekleştirilirken elde edilecek tahmin için aralıklara düşün değerler göz önüne alınır.

4.5 Yapay Sinir Ağları

Zekâ sözlükte; bir problemi gözden geçirmek veya karar verebilmek üzere beyin tarafından yapılan bir aktivite olan düşünebilme ve öğrenebilme yeteneği olarak tanımlanmıştır. Yapay Zekâ (YZ) ise, insanlar tarafından beyin yardımıyla yapılan şeylerin bilgisayarların yapmasını sağlayan bilim olarak nitelendirilmiştir.

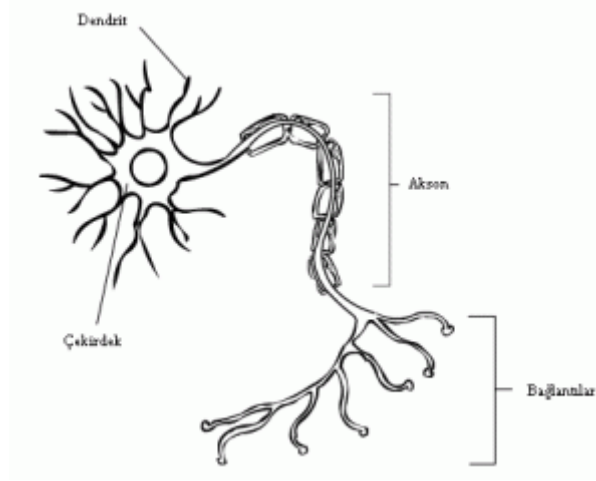
Bir yapay zeka uygulaması olan Yapay Sinir Ağları (YSA) ise öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacıyla geliştirilen bilgisayar sistemleridir (Öztemel, 2006).

Yapay Sinir Ağları, insan beyninin sinir ağı yapısının bilgisayar ortamında benzetimidir. İnsan beyninin düşünce sürecini taklit etmeye çalışan bir teknolojidir. Programlaması çok zor veya mümkün olmayan olaylar için geliştirilmiş adaptif (uyarlanabilir) bilgi işleme ile ilgilenen bir bilgisayar bilim dalıdır. Sinir ağları yapay zekâ tekniklerini kullanarak başka yöntemlerle çözülemeyen veya çok zor olan problemlerin çözümlenmesinde etkili olarak kullanılmaktadır.

Sinir Ağları, insan beyni temelli düşünme modeli olarak tanımlanır. Öğrenme, hatırlama, düşünme ve algılama gibi tüm bilişsel davranışları da içeren, her türlü insan davranışının temelinde sinir hücreleri bulunmaktadır. Tüm sinir hücrelerine doğuştan sahip olan bir insanın, sinir hücreleri yaşamı içerisinde yenilenmemektedir. Beynin gelişmesi ve ağırlık kazanması, sinir hücrelerinin büyümesi ve aralarında yeni bağlantıların kurulmasından kaynaklanmaktadır. İşte, yapay sinir ağları da insan beynindeki bu yapıdan ve biyolojik sinir hücresinin yapısından esinlenilerek geliştirilmiş bir yapıdır. Bu sebeple benzetimi yapılan biyolojik sinir hücresinin yapısının anlaşılması yapay sinir ağlarının yapısının anlaşılmasını kolaylaştıracaktır.

4.5.1 Biyolojik sinir ağları ve yapay sinir ağı

Sinirler, diğer sinirlerden gelen etkileşimleri alan “dendrit”lerle çevrelenmiştir. Sinirler, dendritlerden gelen etkileşimleri toplarlar ve her sinirin bir eşik değeri vardır. Eğer dendritlerden gelen akımların toplamı bu eşik değerinden yüksekse, sinir hücresi bu akımın diğer sinir hücrelerine akımını devam ettirir. Çıktı, bir sinir hücresinden dendritlerden daha kalın ve uzun olan aksonlar tarafından taşınır. Aksonların bağlantı uçlarından dendritlere akım iletilir. Bu şekilde bir sinirden diğerine 10000 sinir iletimi olur. Şekil 5.1’de bir sinir hücresinin fiziksel yapısı verilmiştir.



Şekil 4.1 : Bir sinir hücresinin temel fiziksel yapısı.

Çizelge 4.2 : Biyolojik ve yapay sinir ağları arası benzetim.

Biyolojik sinir ağları	Yapay sinir ağları
Soma	Nöron
Dendrit	Girdi
Axon	Çıktı
Synapse	Ağırlık

Eğer synapse uyarıcı ise gönderici sinir hücresinden gelen sinir akımı alıcı sinir hücresinin sinir akımını artırır. Eğer synapse engelleyici ise gönderici sinir hücresinden gelen sinir akımı alıcı sinir hücresinin sinir akımını azaltır. Synapsislerin özelliği sadece gönderici sinir hücresini uyarıcı veya engelleyici olmaları değildir. Bu etkinin miktarı da (synaptik güç) ayrı bir özellikleridir. Sinir sistemindeki sinir hücrelerinin her birisi, sadece yukarıda belirtilen şekilde bir tek sinir hücresi tarafından uyarılmamaktadır. Bir sinir hücresine, birden fazla sinir hücresi tarafından aynı anda yapılan etkiler, hem uyarıcı hem de engelleyici olabilir. Her nöron arasındaki bağlantı sayısal olarak bir ağırlığa sahiptir. Ağırlıklar uzun dönemli olarak yapay sinir ağlarının hafızasına anlamına gelmektedir. Alıcı sinir hücresi, uyarıcı ve engelleyici nitelikteki bu sayısal toplamaları akson tepeciğinde toplar. Elde edilen bu toplam belirli bir eşik değerinden büyükse sinirsel akımın bu sinir hücresinden devamı sağlanır. Sinir ağları bu düzenli ağırlıkları tekrar ederek öğrenir.

Yapay sinir ağı, çok karmaşık bir yapısı olan insan beyninin çok kaba bir taklididir. Bu basit sinir hücresi modeli insan beynini tamamen taklit etmekten uzaktır. Bu

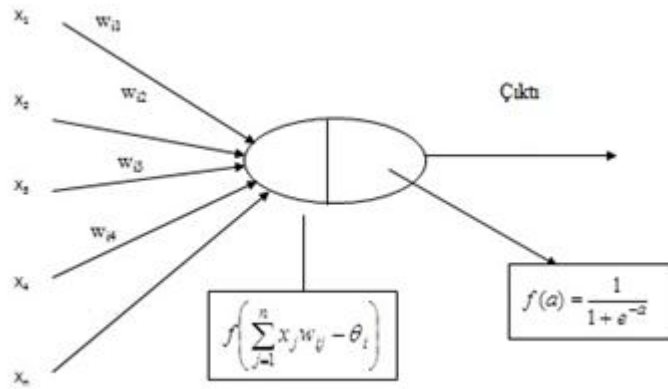
uygulama aslında bir kopyadan çok bir etkilenme, esinlenme olarak değerlendirilmelidir.

4.5.2 Yapay sinir ağları bileşenleri

Yapay sinir ağlarının; sinir hücreleri, bağlantılar ve öğrenme kuralları olmak üzere üç ana bileşeni vardır.

Sinir Hücresi: Yayma ve faaliyet fonksiyonunun olduğu sinir hücresine düğüm ve işleme birimi/hesaplama birimi adı da verilir.

Biyolojik sinir hücresine benzer şekilde faaliyet gösteren bir düğümün birden fazla girdisi, fakat ağda yer alan diğer düğümlere gönderebileceği tek bir çıktısı bulunmaktadır. Şekil 4.2’de bir yapay sinir hücresi gösterilmiştir.



Şekil 4.2 : Yapay sinir hücresi örneği.

Şekilde x’lerin toplandığı ilk fonksiyon yayma fonksiyonudur. Bu faaliyetten sonra gelen fonksiyon ise faaliyet fonksiyonudur.

Şekil 4.2’de yer alan x_i : i. sinir hücresinin girdi değerini, w_{ij} : j. sinir hücresinden i. sinir hücresine bağlantının ağırlık değerini ve θ_i : i. Sinir hücresinin eşik değerini göstermektedir.

Bir yapay sinir ağını oluşturan elemanlar;

1. Girdiler: Nöronlara gelen çeşitli girdilerdir.
2. Ağırlıklar: Nörona gelen bilginin önemini ve hücre üzerindeki etkisini gösterir.

3. Yayma (toplama) fonksiyonu: Hücreye gelen net girdiyi hesaplar. Çeşitli toplama fonksiyon tipleri mevcuttur. Toplama fonksiyonu deneme-yanıma yöntemi ile seçilir. Belirli bir seçim kuralı yoktur. Ayrıca her proses elemanı bağımsız olarak farklı toplama fonksiyonuna sahip olabilir.

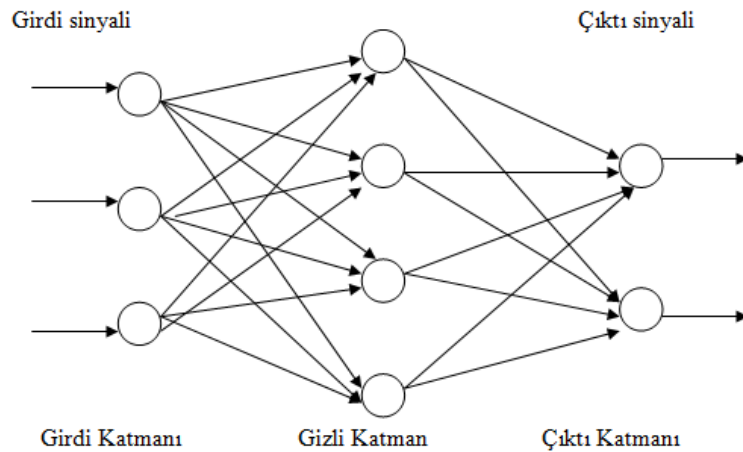
4. Aktivasyon (faaliyet) fonksiyonu: Hücreye gelen net girdiyi işleyerek hücrenin bu girdiye karşılık üreteceği çıktıyı belirler. Çeşitli aktivasyon fonksiyon tipleri mevcuttur. En çok kullanılan aktivasyon fonksiyonu sigmoid fonksiyonudur. Toplama fonksiyonuna benzer biçimde aktivasyon fonksiyonu da deneme-yanıma yöntemi ile seçilir. Dikkat edilmesi gereken; çok katmanlı algılayıcılarda aktivasyon fonksiyonunun türevlenebilir olmasıdır. Her süreç elemanı bağımsız olarak farklı aktivasyon fonksiyonuna sahip olabilmektedir.

5. Hücrenin çıkışı: Aktivasyon fonksiyonu tarafından belirlenen çıktı değeridir. Bir süreç elemanın sadece bir çıkışı olmaktadır.

Nörona gelen girdiler şu işlemlerden geçerek net çıktıya dönüştürülmekte ve diğer nöronlara iletilmektedir: Nörona gelen çeşitli girdiler, toplama fonksiyonu aracılığıyla toplanmakta ve net girdiye dönüştürülmektedir. Net girdi, aktivasyon fonksiyonu ile işlenerek net çıktıya dönüştürülmektedir.

4.5.3 YSA bağlantıları

YSA her katmanda yapay sinir hücrelerinin yoğun bağlantılarla birbirine ilişkilendirildiği katmanlardan oluşur. Bir YSA'nda üç katman bulunmaktadır. Birincisi girdi katmanı, ikincisi gizli katman ve üçüncüsü de çıktı katmanıdır. Şekil 4.3'de bir yapay sinir ağı örneğine yer verilmiştir.



Şekil 4.3: Yapay sinir hücresi katmanları.

YSA'da bir sinir hücresi gelen girdileri çıktıya dönüştürecek şekilde çalıştığı bir önceki bölümde ifade edilmişti. Bir nöronun çıktısı daha sonra diğer sinir hücrelerine bağlanmaktadır. Bazı sinir hücreleri YSA'nın ara yüzünü oluşturur. YSA'nın girdi katmanına gelen bilgiler Şekil 4.3'te görüldüğü gibi alınarak gizli katmana iletilir. Bilgi gizli katmanda işlenir ve çıktı katmanına çıktı sinyali/sinyalleri olarak ulaştırılır.

YSA'nın amacı bilgiyi önceki işlemde eğitildiği gibi işlemektir. Eğitim örnek bilgi (girdi+çıkıtı) setlerinin kullanılarak çıktı/çıktıların iteratif olarak ağa öğretilmesi işlemidir. İlk başta YSA sistemin davranışını yansıtmamaktadır. Örneklerin ağa sunulması ile birlikte iteratif işlemler sonucu ağın eğitilmesi gerçekleştirilmektedir. Ağa girdi olarak verilen bilgilerden yararlanılarak ağ çıktı değerleri üretmektedir. Bu çıktı değeri, ağa sunulan ilgili örneğin çıktı değeri ile karşılaştırılarak hata değeri hesaplanır. İlgili hata değeri kabul edilebilir değer de değilse, ağın üzerinde yer alan ağırlıklar öğrenme kurallarına göre tekrar güncellenmektedir. Bu iteratif işlemler ağın hata değeri kabul edilebilir değer altına düşünceye kadar veya belirlenen iterasyon sayısı kadar tekrarlanır ve bu eğitimin sonlandırılmasında kullanılan parametreye durdurma kriteri denmektedir.

İşte bu işlemler sonucu, kendisine gösterilen girdiler için doğru çıktılar üretebilir hale gelmesine veya proses elemanlarının ağırlık değerlerinin belirlenmesi işlemine ağın eğitilmesi denmektedir. Ağın doğru ağırlık değerlerine ulaşması ve örneklerin temsil ettiği olay hakkında genellemeler yapabilme yeteneğine kavuşmasına ağın öğrenmesi denmektedir. Eğitim tamamlandıktan sonra yeni bilgi setleri kullanılarak YSA'nın test performansı ölçülmektedir.

4.5.4 YSA metodolojisi

YSA Modeli kurulurken ilk önce girdi vektör ve buna karşılık gelen çıktı vektörünün oluşturulması gerekmektedir. Bazı YSA modellerinde (danışmansız öğrenen) çıktı vektörünün ağa sunulmasına gerek yoktur. Girdi vektörü ve çıktı vektörü belirlenmesinden sonra ağ mimarisinin (topolojisi) oluşturulması gerekmektedir. Ağ mimarisi oluşturma işlemi gizli katman sayısının ve gizli katmanlardaki nöron

sayısının saptanması, ağıın parametrelerin (toplama fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu, eşik değeri vb.) tayin edilmesini içermektedir. Gizli katman ve gizli katmandaki nöron sayısı sezgisel olarak, deneme yanılma yöntemi ile belirlenmektedir. Aynı şekilde toplama fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu seçimi, eşik değeri ve momentum değeri belirlenmesi de sezgisel olarak yapılmaktadır. Eğitime başlanmadan önce YSA üzerindeki ağıların ağırlıkları rassal olarak belirlenir.

Daha sonra eğitim için ayrılmış olan eğitim seti ağı öğretilir. Eğitim işlemi sırasında yapay sinir ağı bağlantılarındaki ağırlıklar öğrenme kuralına göre güncellenmektedir ve yeni ağırlıklara göre ağı tekrar çıktı üretmektedir. Bu iteratif işlemlerin sonlandırılması için iki yöntem mevcuttur. Ya belirli bir iterasyon sayısına ulaşıncaya da hata değeri (genellikle ortalama kareli hata) kabul edilebilir bir değerin altına inince eğitim sonlandırılır. Eğitim sonucunda istenilen hata değerine ulaşılamıyorsa ağı mimarisi tekrar oluşturulur.

Ağı eğitimi tamamlandıktan sonra test verilerinden yararlanılarak ağı tahmin performansı ölçülür. Eğer test sonucu kabul edilebilir bir düzeyde ise yeni girdi verileri için çıktı belirleme işlemi yapılabilir yani uygulamaya alınabilir. Eğer test sonucu kabul edilebilir düzeyde değil ise, yukarıdaki işlemler tekrarlanır.

4.6 ARIMA

Literatüre bakıldığı zaman, zaman serisi tahmini yapmak için bir çok yöntemin kullanıldığını görmekteyiz. ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average)’nın açılımı “Karma Otoregresif Hareketli Ortalama Süreci” şeklindedir. İstatistik ve ekonometride çok kullanılan bir yöntemdir.

Zaman serileri analizinde ARIMA modellemesi, zaman içerisinde rastgele gerçekleşen bir stokastik (olasılıksal) sürecin kendi gecikmeleri ile ve/veya kendi hatalarının gecikmeleriyle modellenmesi düşüncesine dayanan Box-Jenkins adıyla bütünleşmiş bir bilimdir (Erdoğan, 2006).

Zaman serilerinde ARIMA kullanılabilmesi için serinin durağan olması gerekmektedir. Durağanlık, zaman serilerinde geçmişteki, şimdiki ve gelecekteki verilerin benzer olduğu anlamına gelmektedir. Durağan olmayan serilerle yapılan analizler doğru sonuçlara götürmez. Seri durağan da olabilir, durağan olmayabilir de. Eğer seri durağan değilse tahmin işleminin yapılabilmesi için öncelikle serinin durağanlaştırılması gerekmektedir.

Box-Jenkins yaklaşımında otoregresif-hareketli ortalama ARMA (p,q) sürecine entegrasyon I(d) sürecinin eklenmesiyle otoregresif-entegre-hareketliortalama ARIMA (p,d,q) süreci geliştirilmiş ve kullanılmıştır. Duragan ARMA sürecinin korelogram davranışlarından farklı düzeylerde entegrasyona başvurarak durağan olmayan süreçlerin duragan hale getirilmesi önerilmiştir. Bir otoregresf entegre-hareketli ortalama ARIMA (p,d,q) sürecine ulaşmak için denklem 4.63'deki gibi yazılır (Erdoğan, 2006).

$$F(L)D Y_t = Q(L)e_t \quad (4.63)$$

ARIMA modeli kurulurken p, d ve q değerlerini bulmak önemlidir. Bu değerler bulunurken var olan zaman serisinde bazı analizler yapılır ve model oluşturulur. Modeli oluşturmak için izlenen adımlar şu şekildedir.

1. Örneklem verilerinin zaman yolu grafiği çizilir. Varsa olağan dışı gözlemler belirlenir. Eger varyansın sabitliği için herhangi bir dönüşüm gerekiyorsa buna karar verilir ve eğer gerekli ise varyansın sabitliği sağlanana kadar dönüştürme işlemine devam edilir.

2. OF'lar ve KOF'lar hesaplanır. Eger otokorelasyonlar hızlı bir biçimde düşmüyorsa veya ortadan kalkmıyorsa seri durağan dışıdır. Bu durumda durağanlık sağlanana kadar bir veya iki kere verilerin farkı alınır. Daha sonra farkı alınan seriler için bir ARMA modeli belirlenir.

3. Durağanlığa ulaşıldığında belirli bir kalıp görülüyorsa otokorelasyonlar incelenir. Bu durumda;

a) Bir MA (q) sürecine ilişkin otokorelasyonlar $k > q$ için $k=0$ 'dır veya gecikme q'dan sonra anlamlı otokorelasyonlar yoktur. Kısmi otokorelasyonlar bir süre daha anlamlı olmaya devam ederler.

Otokorelasyon fonksiyonunun kesilme noktasını belirlemek için örneklem otokorelasyonları $\pm 2 T$ ile karşılaştırılır.

b) Bir AR (p) sürecine ilişkin kısmi otokorelasyonlar $k > p$ için $\phi=0$ 'dır veya gecikme p'den sonra anlamlı kısmi otokorelasyon yoktur. Otokorelasyonlar bir süre daha anlamlı olmaya devam ederler. Kısmi otokorelasyon fonksiyonunun kesilme noktasını belirlemek için $\pm 2 T$ ile karşılaştırılır.

c) Otokorelasyonlar ve kısmi otokorelasyonlar belirli bir noktada kesilmiyorsa bu durumda ARMA modeli uygun olacaktır. AR ve MA bileşenlerinin derecesi otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon kalıplarından çıkarılabilir (Erdoğan, 2006).

4.7 Gri Sistem ve Gri Tahmin Yöntemi

1982 yılında Kuzey Hollanda' nın uluslararası dergisi "Systems & Control Letters " grey, sistem teorisi ile ilgili ilk makaleyi, "The Control Problems of Grey Systems," yayınlamıştır. Aynı yılda, Huazhong Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi Julong Deng Gri Sistem Teorisi, tarafından yazılan ile ilgili ilk makaleyi Çin dilinde yayınlamıştır. 1989 yılında ingiliz dergisi "The Journal of Grey System" kurulmuştur.1997 yılında ise Çin yayını "Journal of Grey System," Tayvan'da kurulmuştur. Bunlara ek olarak "Grey Systems: Theory and Application" dergisi, Gri Sistem Çalışmaları Enstitüsü Fakültesi tarafından düzenlenmiştir (Liu ve Lin, 2011).

4.7.1 Belirsiz sistemlerin çeşitli çalışmalarla karşılaştırılması

Olasılık ve istatistik, bulanık matematik ve gri sistemler belirsiz sistemlerin araştırılmasında en çok görülen araştırma yöntemleridir. Bulanık matematik bilişsel belirsizliğin olduğu problemlerin üzerinde durur. Yani araştırma objeleri açık bir yoğunluk ve açık olmayan bir kapsama sahiptir. Örneğin "Genç Adam " tabiri bulanık bir konsepttir. Çünkü genç tabirinin açık bir ifadesi yoktur ve genç tabiri kişiden kişiye değişen bir kavramdır. Bu tür bilişsel kesinliğin olmadığı problemlerde kişilerin tecrübesi ve üyelik fonksiyonları sayesinde problemler ele alınır.

Olasılık ve istatistik stokastik belirsizliğin olduğu fenomenlerin üzerinde çalışır. Çalışan kişiler gerçekleştirecek olayda stokastik belirsizlik olan her bir olası çıktının olasılığını araştırırlar. Başlama noktası geniş örneklerin olduğu ve bu örneklerin tipik bir dağılım gösterdiği hazır olduğu zamandır.

Bulanık matematiğin ve olasılığın çözüm yapmasının zor olduğu, küçük örneklerin ve bilginin az olduğu belirsizliklerin olduğu durumlarda Gri sistem devreye girer.

Çizelge 4.3:Durağan yöntemlerin kullanılma durumları (Liu ve Lin, 2011).

	Gri Sistemler	Olasılık ve İstatistik	Bulanık Matematik
Araştırma	Zayıf Bilgi	Stokastik	Bilişsel Belirsizlik
Temel Kümeler	Gri Puslu (Anlaşılmaz) Kümeler	Kantor Kümeler (Cantor)	Bulanık Kümeler
Yöntemler	Bilgi Kapsamı	Eşleştirme	Eşleştirme
Prosedürler	Sıralama Operatörü	Sıklık Dağılımı	Kesik küme
Veri İhtiyacı	Herhangi bir Dağılım Yoğunluğu	Tipik Dağılım Yoğunluğu	Bilinen Üyelik Genişletmesi
Vurgu Nesnesi	Gerçeklik Kuralları	Tarihi Kurallar	Bilişsel Anlatım
Karakteristikleri	Küçük Örnekler	Büyük Örnekler	Tecrübe

4.7.2 Kesinleşmemiş sistemlerin özellikleri

Belirsiz olan sistemlerin temel karakteristiği bilgilerinin tamam olmaması ve yetersiz olmasıdır. Sistem evrim dinamikleri, insan duyu organlarının biyolojik limitleri, ve buna bağlı olarak ekonomik durumlar ve teknolojinin mevcudiyetinden dolayı, genel olarak kesin olmayan sistemler mevcuttur (Liu ve Lin, 2011).

1. Bilginin Tam Olmaması

Belirsiz sistemlerin temel karakteristiklerinden biri de bilginin tam olmamasıdır. Bu durum aşağıdaki dört duruma da sahiptir.

- Parametreler ile ilgili bilginin tam olmaması
- Sistem yapısı ile ilgili bilginin tam olmaması
- Sistem sınırları ile ilgili bilginin tam olmaması
- Sistem davranışları ile ilgili bilginin tam olmaması

Bilginin tam olmaması sosyal, ekonomik ve bilimsel araştırma aktivitelerinde sıklıkla görülen bir durumdur. Mesela, tarım üretimlerinde, tarla alanı, tohumlar, gübreleme ve sulama ile ilgili bilgilerin tam bilinmesine rağmen, işçilik kalitesi, doğal çevre, hava koşulları ve mal piyasası ile ilgili alanlarda belirsizliklerin olması nedeniyle üretim çıktısını ve izleyen ekonomik durumu tahmin etmek hayli zordur. Hazır bilgide bilginin tam olmaması mutlaktır.

2. Verideki Hata

Belirsiz sistemlerin başka bir temel karakteristiği de hazır veride doğru olmama durumudur. Belirsizlik ve doğru olmamanın anlamları kabaca aynıdır. Bunlar gerçek veri değerlerinden sapmayı ya da hatayı temsil ederler. Belirsizliklerin oluşmasının hakikati üç grupta karakterize edilebilir.

Bunlar kavramsal, seviye ve tahmin tipleridir (Liu ve Lin, 2011).

a. Kavramsal Tip

Kesin olay, obje, konsept ya da istek ile ilgili kavramların belirsizliğidir. Mesela, “geniş”, “küçük”, “çok”, “az”, “yüksek”, “şişman”, “zayıf”, “kötü”, “genç”, “güzel,” gibi kavramlarda açık tanım eksikliği vardır. Bu konseptleri izah etmek için tam birmiktar kullanmak çok zordur.

b. Seviye Tipi

Verideki yetersizliğin bu tipi araştırma ya da gözlemin seviyesindeki değişimden kaynaklanıyordur.

c. Tahmin Tipi

Evrin kurallarını tam anlamanın zor olduğundan dolayı, geleceği tahmin etmek tam doğru olamamaktadır. İstatistikte örnek durumları tüm durumu tahmin etmek için toplanır. Bunun sonucunda doğal olarak hiçbir kimse için mutlak gerçek veriyi elde etmek zordur.

Küçük örneklem olduğu durumda gri tahmin yöntemi ön plana çıkmaktadır. Yöntem bilgilerde kesinlik olmadığında ve/ya eksik bilgi olduğunda kullanılmaktadır. Yöntemin popüler olmasının sebebi az bir veri setinden oluşan örneklemelerde bile diğer yöntemlerle daha iyi sonuç vermektedir. Bilgilerde kesinlik olmaması demek ile kastettiğimiz örneğin, elektrik enerjisi tüketimini gelir ve nüfusun etkilediği bilinmektedir fakat hangi değişkenin tam olarak nasıl etkilediği açık değildir. Yani

hangi değişkenin talebi hangi oranda etkilediği aşıkâr değildir. Aynı zamanda sistemleri az bir veri ile karakterize edebilmektedir. Kompleks verilerde de gri tahmin alternatif bir araç olarak görölmektedir.

Tahmin performansında önemli olan örnek büyüklüğü olduğu için Gri Yöntemi ön plana çıkmaktadır.

Literatüre bakıldığında gri tahmin yönteminin elektrik talebi haricinde meteorolojik, finansal, ekonomik, tarım ve ulaşım gibi farklı alanlarda da kullanıldığını görölmektedir.

Gri modelin kullanılmasının ana nedeninin bilgide kesinliğin olmadığı ve eksik var olduğu durumlar olduğunu belirtmiştik. Kesin olmayan durumlar için kullanılabilecek yöntemler olasılık, bulanık matematik ve gri sistem teorisidir. Bu yöntemler çeşitli özellikleri bakımından incelenmiştir. Gri yöntemler az bilginin olduğu durumda ve küçük örneklerde kullanılmıştır. Veri ihtiyacı herhangi bir dağılıma uyabilir. Olasılığa baktığımızda ise verilerin stokastik olduğu durumlarda, tipik bir dağılıma uyduğunda ve büyük örneklem hacimlerinde kullanıldığını görölmüştür. Bulanık matematikte de veriler arasındaki bir üyelik fonksiyonu yer almaktadır. Bu yöntem de büyük örneklem grubu için uygulanması gerekmektedir.

Gri yöntemde GM (n,m) gri modeli göstermektedir. Buradaki n fark denklem sırasını ve m değişken sayısıdır. Literatürde hesaplama verimliliğinin yüksek ve basit olması nedeniyle GM (1,1) metodu çokça kullanılmıştır. Yalnız tahminin doğası gereği %100 doğru veriye ulaşılmasının imkânsıza yakın olmasından dolayı bu yöntem de başka çalışmalarla iyileştirilmeye çalışılmıştır.

4.7.3 GM (1,1) modeli

Gri tahmin üç adımdan oluşmaktadır.

1. Birikim Üretme İşlevi (BÜİ)
2. Ters Birikim Üretme İşlevi (TBÜİ)
3. Gri Model (GM)

GM (1,1) modelinde 2 değişken kullanılmasından dolayı tahmin doğruluğu anlamında tatmin edici sonuçlarının olmasına rağmen daha da iyileştirilebileceği sonucuna varılmıştır. Geleneksel tahmin yöntemleri verileri direkt kullanırlar. Bununla beraber GM (1,1) modeli orijinal veriyi BÜİ ile monoton artan bir hale

getirir. BÜİ dönüşümü yöntemin başlangıç noktasıdır. BÜİ' yi uygulayarak orijinal verideki gidişatı bozucu etkiler azaltılır. Böylece veri azalan ya da artan üstsel bir hal alır. Aynı zamanda gri sistemde veriler içerdikleri gizli bilgileri de tanımlamak için BÜİ' ye ihtiyaç duyarlar.

$$X^{(0)} = \{ (X^{(0)}(1), X^{(0)}(2), \dots, X^{(0)}(n)) \mid n \geq 4 \} \quad \text{Orjinal veri setidir.}$$

Bu seri arka arkaya gelen, eşit aralıklardan alınan bir seridir. $X^{(0)}(n+k)$ yani gelecekteki verileri tahmin etmek için şu adımlar izlenmektedir.

1. BÜİ ile orijinal veri şekillendirilir.

$$X^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k X^{(0)}(i) \quad (4.64)$$

2. Gri diferansiyel denklemi kurulur.

$$X^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b \quad k=2,3,\dots,n \quad (4.65)$$

$$z^{(1)}(k) = 0.5x^{(1)}(k) + 0.5x^{(1)}(k-1) \quad (4.66)$$

3. a katsayısı ve b aşağıdaki gibi bulunur.

$$[\hat{a}, \hat{b}]^T = (B^T B)^{-1} B^T X_n \quad (4.67)$$

$$B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) \mathbf{1} \\ -z^{(1)}(3) \mathbf{1} \\ \dots \dots \mathbf{1} \\ -z^{(1)}(n) \mathbf{1} \end{bmatrix} \quad (4.68)$$

$$X_n = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \dots \dots \\ x^{(0)}(n) \end{bmatrix} \quad (4.69)$$

4. Birinci diferansiyel denklem ya da diğer adıyla gri yansıma denklemi gelecek tahminler için oluşturulur.

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} + \hat{a}x^{(1)} = \hat{b} \quad (4.70)$$

$$\hat{x}^{(1)}(1) = x^{(0)}(1) \quad (4.71)$$

5. Bir üstteki denklem çözülür ve tahmin edilen değerler aşağıdaki gibi bulunur.

$$\hat{x}^{(1)}(k) = \left[x^{(0)}(1) - \frac{\hat{b}}{\hat{a}} \right] e^{-\hat{a}(k-1)} + \frac{\hat{b}}{\hat{a}}, \quad k=0,1,2 \quad (4.72)$$

Yalnız bu tahmin değerleri orijinal veri setimize ait değildir. Bu değerler BÜİ ile modifikasyona uğramış verinin tahmin değerleridir. Bu değerlere TBÜİ uygulanmalıdır. Bu işlem için bulunan tahmin değerlerinin farkları alınır.

$$\mathbf{x}^{(0)}(\mathbf{k}) = \mathbf{x}^{(1)}(\mathbf{k}) - \mathbf{x}^{(1)}(\mathbf{k} - 1) \quad (4.73)$$

Yani TBÜİ yöntemi ile orjinal veri seti için tahminler bulunur.

Başlangıç adımı : $\hat{x}^{(0)}(1) = x^{(0)}(1)$

Asıl tahmin değeri:

$$\hat{x}^{(0)}(\mathbf{k}) = (1 - e^{\hat{a}}) \left[x^{(0)}(1) - \frac{b}{\hat{a}} \right] e^{-\hat{a}(\mathbf{k}-1)} \quad \mathbf{k}=2,3,\dots \quad (4.74)$$

Bu modele ek olarak tahmin yöntemini artırmak için yapılan çalışmalar aşağıda anlatılmıştır.

4.7.4 Yuvarlama mekanizmalı gri sistem yaklaşımı

Bu sistemde (Akay ve Atak, 2007), $X^{(0)}(\mathbf{k}+1)$ ’ i bulmak için $X^{(0)} = (X^{(0)}(1), X^{(0)}(2), \dots, X^{(0)}(\mathbf{k}))$ serisine sabit bir periyotta GM (1,1) yöntemi uygulanır ($\mathbf{k} < \mathbf{n}$). Sonuç bulunduktan sonra mekanizma tekrar edilir. Yalnız bu sefer ilk kullanılan veri dizi dışına alınır. Son veri olarak da bir önceki adımda elde edilen $X^{(0)}(\mathbf{k}+1)$ değeri eklenir. Yeni seri $X^{(0)} = (X^{(0)}(2), X^{(0)}(3), \dots, X^{(0)}(\mathbf{k}+1))$ olur ve bu seri $X^{(0)}(\mathbf{k}+2)$ ’ yi tahmin eder.

$\mathbf{k} = 4, 5, \dots, \mathbf{n}-1$ olduğu zaman GM (1,1) için $\mathbf{k}+1$ ‘in ortalama mutlak yüzdelik hatası şu şekilde tanımlanmıştır.

$$\mathbf{e}(\mathbf{k} + 1) = \text{abs} \left(\frac{x^{(0)}(\mathbf{k}+1) - \hat{x}(\mathbf{k}+1)}{x^{(0)}(\mathbf{k}+1)} \right) * 100\% \quad \mathbf{k}+1 \leq \mathbf{n} \quad (4.75)$$

GM (1,1) ‘in ortalama yuvarlama hatası da;

$$\mathbf{e} = \frac{1}{\mathbf{n}-4} \sum_{\mathbf{k}=4}^{\mathbf{n}-1} \mathbf{e}(\mathbf{k} + 1) * 100\% \quad (4.76)$$

şeklinde bulunur.

Gri sistemin değişik türleri literatürde mevcuttur. Bunlardan bir tanesi “Uyarlamalı Gri Sistem Yaklaşımı” ’dır.

4.7.5 Uyarlamalı gri sistem yaklaşımı

2012 yılında yayınlanan bir makalede gri tabanlı bir yaklaşımdan bahsedilmektedir. Bu çalışmada UGTY (1,1) yaklaşımı gösterilmiştir (Li ve diğerleri, 2012). Çalışmanın tahmin doğruluğunun nasıl olduğunu ispat etmek amacıyla aynı veriler başka tahmin yöntemleri olan Destek Vektör Regresyonu (DVR) ve GYA (Geriye Yayılma Ağı) modelleri uygulanması ile sonuçlar karşılaştırılmıştır.

UGTY’deki U uyarlanabilir anlamında kullanılmaktadır.

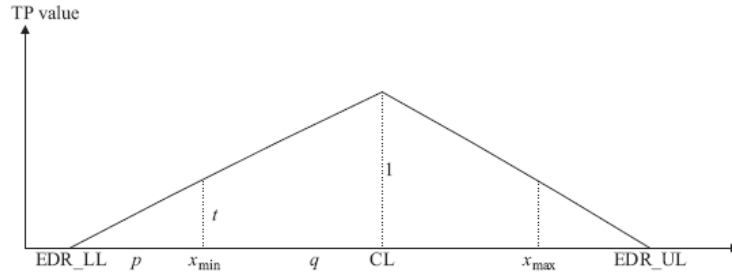
Bu çalışmada elde bulunan n tane verinin olduğu düşünülür. Aşağıda bahsedilecek olan EEİM (Eğilim ve Etki İzleme Modeli) metoduyla yeni veri seti elde edilir. Bu veriler elde edildikten sonra alfa katsayısı hesaplanır. Ağırlıklar zaman sıralaması için önemlidir. Alfa değeri önemlidir. Bu değer Eİ (Eğilim ve İlke) değerleri ile ilişkileri gösterir.

Bunlardan önce girdi verilerinden Eİ değerlerini elde etmek için bazı adımlar gerçekleştirilir. Bunlar eğilim ve güç değerinin hesaplanmasıdır. EEİM sistemli bir şekilde saklı bilgiyi elde etmek için sıralı verideki varyasyonu tahmin eder. EEİM veri karakteristiğini tahmin eder. EEİM kısaca şu şekildedir:

Veri setindeki minimum ve maksimum değerler bulunur. Verilerden ardışık çiftler oluşturulur. Bu çiftlerde artan ya da azalan bir trend yakalanır. Çiftlerdeki sıraları bulmak için ağırlıklar verilir. Ardından “A=Varyasyon X Ağırlık” değeri ile Merkez Lokasyon yani ML $(X_{min}+X_{max})/2$ ile bulunur. Grafikte de görüldüğü gibi Eİ değeri 0 ile 1 arasında değişmektedir. EDR_UL VE EDR_LL değerleri bulunur.

EDR_LL=Xmin+ Average of the decreasing potencies

EDT_UL=Xmax+AIP: Average of increasing potencies



Şekil 4.4 : Değerler arasındaki ilişki gösterimi.

Uyarlamalı Gri Tahmin Yöntemi modeli (UGTY(1,1)) gri modeline EEİM’ i eklemekle oluşmaktadır.

GM (1,1) modelinde kullanılan BÜİ yeni veri seti oluşturmak için kullanılır. UGTY (1,1) adımları aşağıdaki gibidir.

Bir veri kümesi $\{X^{(0)}(1), X^{(0)}(2), \dots, X^{(0)}(n)\}$ ele alınır.

TP değerleri $\{TP_i\}=\{TP_1, TP_2, \dots, TP_n\}$ ve alfa değeri:

$$\alpha_k = \frac{\sum_{i=1}^k 2^{i-1} TP_i}{\sum_{i=1}^k 2^{i-1}}, k \geq 2 \quad (4.77)$$

$$X^{(1)}(1) = \{X^{(1)}(1), X^{(1)}(2), \dots, X^{(1)}(n)\}$$

$$X^{(1)}(1) = X^{(1)}(1) \quad (4.78)$$

Veriler BÜİ operatörü ile üstel bir hal alır.

$$X(1)(k) = \sum_{i=1}^k X^{(0)}(i), k = 2, 3, \dots, n \quad (4.79)$$

Bu adımlardan sonra $Z^{(1)}(k)$ değeri hesaplanır.

$$Z^{(1)}(k) = X^{(1)}(k)X^{(1)}(k-1) + \alpha_k X^{(0)}(k) \quad \alpha \in (0,1), k=2,3,\dots,n \quad (4.80)$$

Ardından gri yöntemdeki formülde yerine konulur. Bu adımlardan sonra geriye kalan gri tahmin metodu aynı şekilde kullanılır. $X^{(0)}(1) = X^{(1)}(1)$ başlangıç adımıyla denklem çözülür.

$k+1$. adımda;

$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = \left[x^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right] e^{-\hat{a}(k)} + \frac{b}{a} \quad (4.81)$$

$$x^{(0)}(k+1) = x^{(1)}(k+1) - x^{(1)}(k) \quad (4.82)$$

Yukarıdaki denklemlerden tahmin değerleri elde edilir.

4.8 Tahmin Hata Ölçümü

Talep tahmini yapıldıktan sonraki aşama kullanılan tahmin yönteminin diğer yöntemlere kıyasla nasıl performans sergilediğini bulmaktır.

İyi bir tahmin yöntemi sistematik bileşeni yakalayabiliyor olmalıdır ama rastgele değişkeni değil. Rastgele değişken tahmin hatasını gösterir. Tahmin hatası değerli bilgi taşır ve aşağıdaki iki nedenden dolayı dikkatli bir şekilde analiz edilmelidir (Chopra ve Meindi, 2012)

1. Yöneticiler kullanılan tahmin yönteminin talebin sistematik bileşenini doğru bir şekilde tahmin edip etmediğinin kararını vermek için hata analizlerini kullanırlar.
2. Bütün beklenmedik arıza planları tahmin hatasını hesaba katmalıdırlar.

Eğer bir şirketin bütün tahminleri devamlı olarak ya aşırı ya da az derecede tahmin ediyorsa, bu firma kullandığı tahmin yöntemini değiştirmelidir.

T zamanındaki tahmin hatası, E_t , aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$E_t = F_t - D_t \quad (4.83)$$

Burada F_t tahmin yöntemi ile elde edilen talebi, D_t ise gerçek talep miktarını gösterir.

Tahmin hata ölçümlerinden bir tanesi Ortalama Kare Hatası'dır ve aşağıdaki gibi gösterilebilir.

$$OKH_n = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n E_t^2 \quad (4.84)$$

OKH değeri tahmin hata varyansı ile ilişkilidir. Aslında ortalaması 0 olan ve MSE varyansına sahip bir rastgele değişken tahmin edilmektedir.

t zamanındaki mutlak sapma A_t , aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

$$A_t = |eE_t| \quad (4.85)$$

Ortalama Mutlak Sapma mutlak sapmalarının ortalamasıdır.

$$OMS_n = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n A_t \quad (4.86)$$

Ortalama Mutlak Yüzdelik Hata aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$OMYH_n = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{E_t}{D_t} \right| 100}{n} \quad (4.87)$$

Bunların dışında tahmin yönteminin istikrarlı bir şekilde fazla tahmin edip etmediği ya da sürekli az tahmin edip etmediğine karar vermek için, tahmin hatalarının toplamını sapmaları kullanmak için oluşturulur.

$$Sapma_n = \sum_{t=1}^n E_t \quad (4.88)$$

Eğer hata doğru olarak rastgele ise ve bir tarafa doğru yönelmiyorsa, sapma 0'ın etrafında dalgalanacaktır. İdeal olarak, eğer bütün hatalar işaretlenecek olursa, bunlardan geçen doğrunun eğimi 0 olmalıdır.

Bu sapmanın OMS bölümü İzleme Sinyalini verir.

$$IS_t = \frac{Sapma_t}{OMS_t} \quad (4.89)$$

Eğer bu IS_t değeri -6 ile +6 arasında değilse u yapılan tahminin ya tutarlı bir şekilde az ya da tutarlı bir şekilde fazladan tahmin ettiğini göstermektedir. IS_t eğer 6'dan büyük olursa bu fazladan bir tahmin olduğunu, eğer IS_t değeri -6'dan küçük olursa bu ya yapılan tahminlerin hep daha az tahmin edildiğini göstermektedir. Böyle bir durumda tahmin yapan kişi kullandığı yöntemi değiştirmelidir (Chopra ve Meindi, 2012).

Yukarıda verilen tahmin hata yöntemleri ile elde edilen sonuçların 0'a yakın olması o yöntemin diğer yöntemlere kıyasla daha iyi olduğu anlamına gelmektedir. Ayrıca birden çok yöntemin karşılaştırıldığı durumlarda en iyi yöntemin diğerlerine göre daha düşük hata ölçüleri vermesi gerekmektedir.

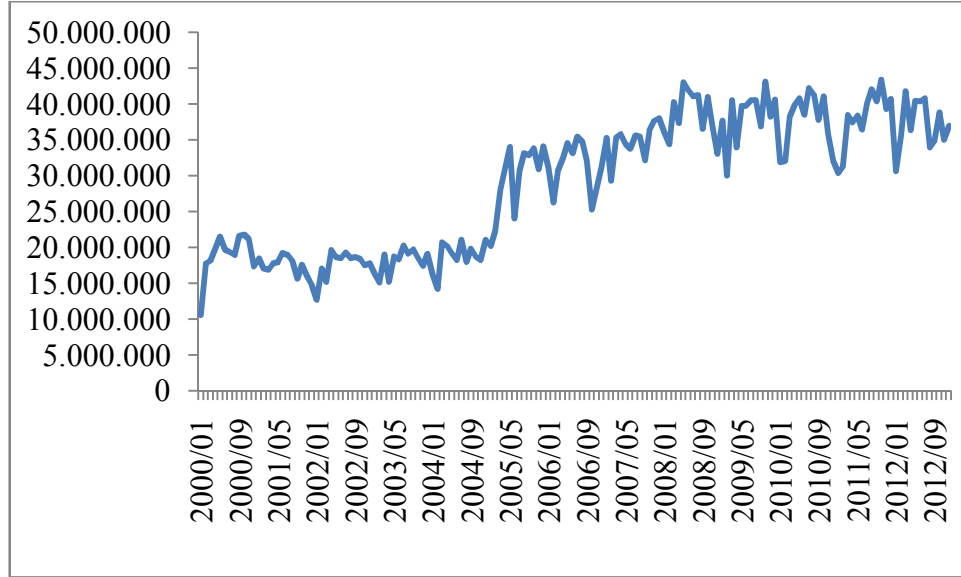
5. UYGULAMA

Çalışmanın amacı bir elektrik firmasının tahmin mekanizmasını geliştirmektir. Kendilerine gelen değişik seviyelerdeki zaman serilerine uygun olarak, hangi yöntemin hangi zamanda kullanılacağına karar vermeye yol göstermektir.

5.1. Analizde Kullanılan Veri Kümesi

Türkiye’de yer alan bir işletmenin 2000 ile 2012 yılları arasındaki elektrik tüketim verileri ele alınmıştır. Elektrik tüketimleri ölçülürken gün üç ayrı bölüme ayrılmıştır. Bu bölümlerin toplanmasıyla aylık toplam tahminler hesaplanmaktadır. Yapılan çalışmada bu tahminlerin toplam verileri üzerinden hesaplamalar yapılmıştır. Veriler kWh cinsinden ölçülmüştür.

Çalışmada kullanılan ham verinin zaman içerisindeki davranışı Şekil 5.1’de verilmiştir.



Şekil 5.1: 2000-2012 arasındaki ham elektrik tüketim verisi (kWh).

Çalışmada hangi yöntemlerin hangi durumlarda kullanılmasının uygun olduğunu görmek için yapılan çalışma aşağıda açıklanmıştır.

5.2. Senaryolar ve Yöntemler

Çalışmada 2000-2012 arasındaki veriler üç aşamada incelenmiştir. Bunlar aşağıdaki gibidir:

Senaryo 1: Öncelikle 2011 yılındaki veriden 2012 elektrik tüketim verileri hesaplanmaya çalışılmıştır.

Senaryo 2: 2009, 2010 ve 2011 yıllarındaki verilerden oluşan 3 senelik zaman serisinden 2012 elektrik tüketim verileri hesaplanmaya çalışılmıştır.

Senaryo 3: 2000-2011 arasındaki 12 senelik elektrik tüketim verisinden 2012 elektrik tüketim verileri tahmin edilmeye çalışılmıştır.

Bu senaryolar aşağıdaki yöntemler aracılığı ile incelenmiştir. Ayrıca bu çalışmalarda kullanılan yöntemler;

- Hareketli Ortalama
- Holt Modeli
- Üstel Düzeltme
- Regresyon
 - Basit Regresyon
 - Çoklu Regresyon
- Bulanık Mantık
 - Yöntem 1:Hwang ve diğerlerinin Bulanık Mantık Yaklaşımı
 - Yöntem 2:Singh'in Bulanık Mantık Yaklaşımı
- Yapay Sinir Ağları
- ARIMA
 - ARIMA (2,1,0)
 - ARIMA (1,1,0)
- Gri Teori
 - Gri Model (1,1)
 - Yuvarlama Mekanizmalı Gri Yöntem

şeklindedir.

Bu yöntemler uygulanırken bazı varsayımlar yapılmıştır. Bu varsayımlar her bir yöntem için ayrı ayrı maddeler halinde aşağıda verilmiştir.

- Hareketli yöntem uygulanırken periyod 4 olarak seçilmiştir.
- Holt modeli uygulanırken $\alpha=0.1$ ve $\beta=0.2$ olarak belirlenmiştir.
- Üstel düzeltme yönteminde katsayısı 0.1 olarak seçilmiştir.

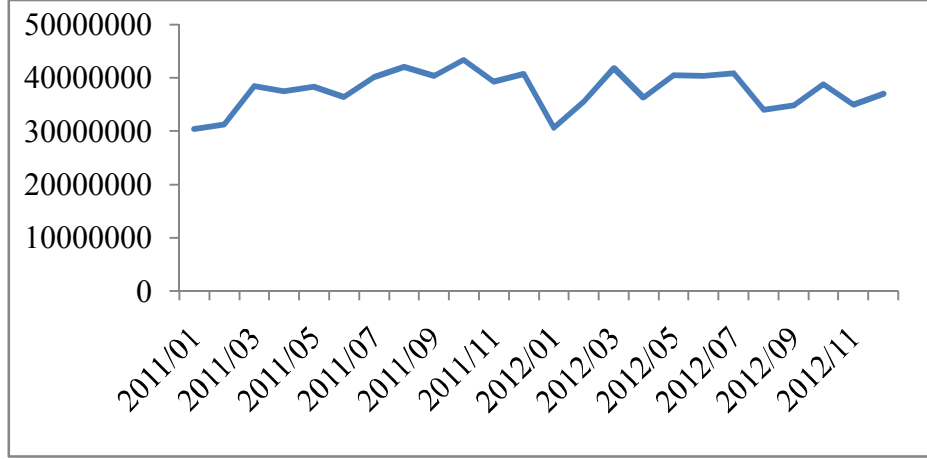
- Çoklu regresyon uygulanırken bağımlı değişkenin 3 bağımsız değişkenden etkilendiği varsayılmıştır.
- Bulanık mantık yöntemleri uygulanırken söylem evreni 6 eşit parçaya bölünmüştür.
- YSA ile sistem eğitilirken 1’den 7’ye kadar değişik seviyede nöron sayıları her üç senaryoda da denenmiştir. 1. senaryo için 3 nöronlu yapı, 2. senaryo için 4 nöronlu yapı ve 3. senaryo için ise 5 nöronlu yapı en iyi sonucu vermiştir. Bu nöronlara göre eğitilen sistemlerle tahmin çalışmaları yürütülmüştür.
- Modelin belirlenmesi aşamasında AR ve MA’nın derecesini belirlemek için logaritması alınmış OF ve KOF grafiklerine bakılır. Serinin OF grafiğine bakıldığında otokorelasyon değerlerinin giderek azalan bir yapıda olduğu görülmüştür. Bu bize modelde MA’nın derecesinin sıfır olduğunu göstermiştir yani serimizin hareketli ortalamaya sahip olmadığı anlaşılmıştır. Serinin KOF grafiğine bakıldığında ise ilk iki gecikme değerinin yüksek olduğu diğer gecikmelerde ise giderek azaldığı görülmüştür. Bu da bize AR’nın derecesinin 2 olduğu yani seride otoregresif etkinin olduğu sonucunu vermiştir. Logaritması alınmış ithalat serisinin durağanlaştırılması için bir defa farkı alındığından fark derecesinin bir olduğu anlaşılmıştır. Bütün bunlardan modelin ARIMA (2,1,0) olduğuna görülmüştür.
- ARIMA ile tahmin yapılırken sistemin (p,d,q) değerinin (2,1,0)’a uygun olduğu görülmüştür. Ancak literatürde şu ana kadar yapılan çalışmalarda kullanılan (1,1,0) modeli genel olarak iyi sonuç verdiği için bu çalışmada (2,1,0) a ek olarak (1,1,0) modeli kullanılmıştır.
- Çalışmada Yuvarlama Mekanizmalı Gri Yöntem uygulanırken kullanılacak periyod (k) 4 olarak seçilmiştir.

Yapılan çalışmada ele alınan zaman serileri kısa, orta ve uzun vadeli olarak sınıflandırılmıştır. 1. senaryoda verilen 1 senelik zaman serisi kısa dönem, 2. senaryoda verilen 3 senelik zaman serisi orta dönem ve 3. senaryoda verilen 12 senelik zaman serisi de uzun dönem olarak sınıflandırılmıştır.

Yapılan çalışmalarda yöntemler değerlendirilirken verilecek kararlarda OKH, OMS ve OMYH değerlerine bakılacaktır. Bu değerlerin küçük olması o yöntemin diğer

yöntemlere göre daha iyi sonuç verdiğini göstermektedir. Yöntemler değerlendirilirken ayrıca İSt değerlerine bakılır. Bu degerin -6 ile +6 aralığındışına çıkması durumunda o yöntemin tahmin için pek de uygun olmadığını göstermektedir.

5.2.1 Senaryo 1 için analizler



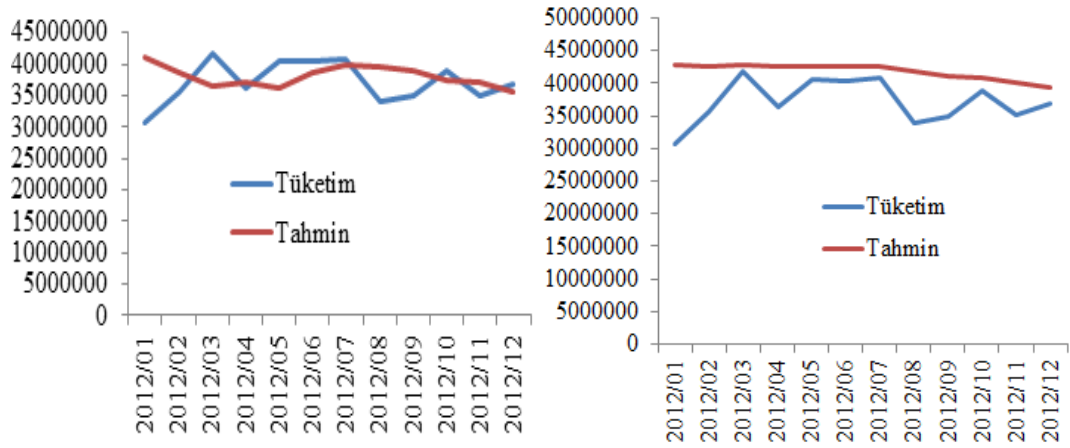
Şekil 5.2 : 2011-2012 yılları arasındaki elektrik tüketimi (kWh).

Çizelge 5.1: Sistem öğrenme davranışı.

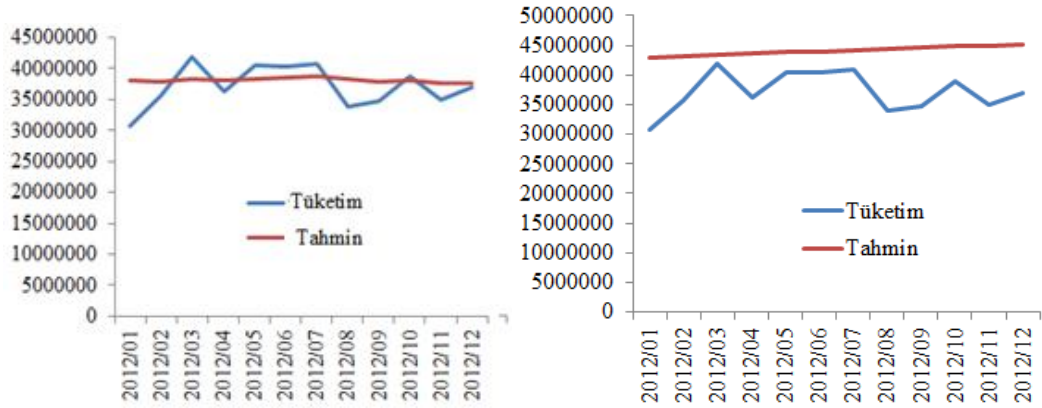
Sonuç	OKH (*10 ¹¹)	OMS (*10 ⁵)	% Hata	OMYH	İSt
Hareketli Ortalama	71,6	22,5	0,01	5,52	-5,56
Holt Modeli	60,4	22,5	0,00	6,05	0,23
Üstel Düzeltme	145,8	30,4	0,01	8,38	-2,32
Basit Regresyon	51,6	20,8	0,00	5,61	0,00
Çoklu Regresyon	5322,7	230,1	0,15	57,76	-9,00
Bulanık Mantık_Singh	4,3	5,5	0,00	1,37	0,21
Bulanık Mantık_Hwang	11,5	9,7	0,00	2,38	-0,64
YSA	-	-	-	-	-
ARIMA(1,1,0)	-	-	-	-	-
ARIMA(2,1,0)	-	-	-	-	-
GM(1,1)	46,1	18,5	0,00	4,91	0,02
Yuvarlama					
Mekanizmalı Gri Yöntem	102,1	28,8	0,01	7,21	1,99

Sistemde önce kullanılacak yöntemin uygun olup olmadığını değerlendirmek gerekir. İst değerlerine baktığımız zaman -9 ile çoklu regresyon yönteminin tahmin değerlerini hep olandan daha az bulduğunu göstermiştir. 1 senelik için çoklu regresyon yönteminin uygun olmadığı görülmüştür.

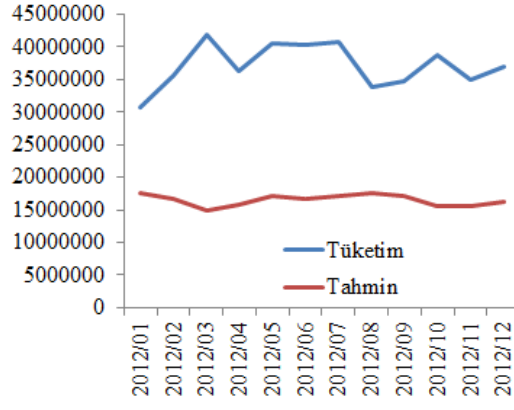
En iyi sonucu ise Hwang yöntemi vermiştir. Diğerlerine göre OKH ve OMS değerleri daha küçük çıkmıştır.



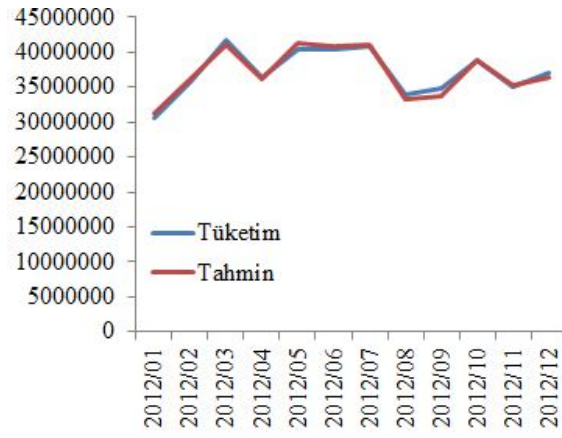
Şekil 5.3: 2012 Hareketli ortalama (solda) ve Holt modeli (sağda) (kWh).



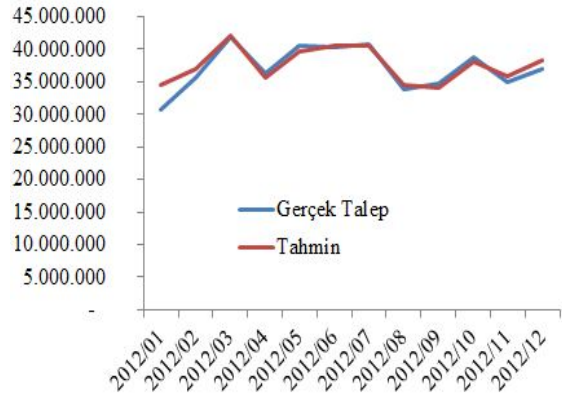
Şekil 5.4 : Üstel Düzeltme (kWh) ve Basit Regresyon (kWh).



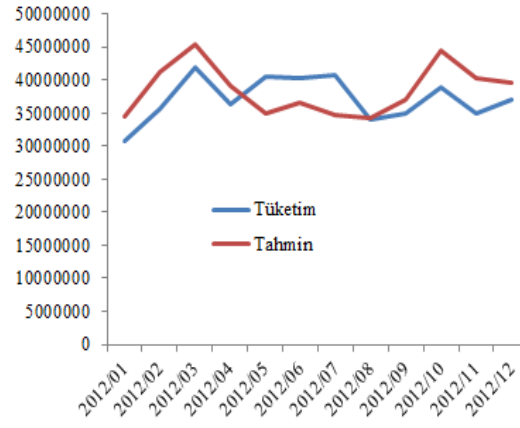
Şekil 5.5: Çoklu regresyon modeli (kWh).



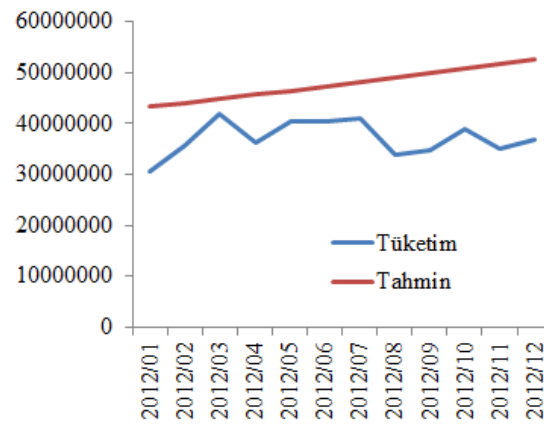
Şekil 5.6 : Bulanık mantık_ Hwang yöntemi (kWh).



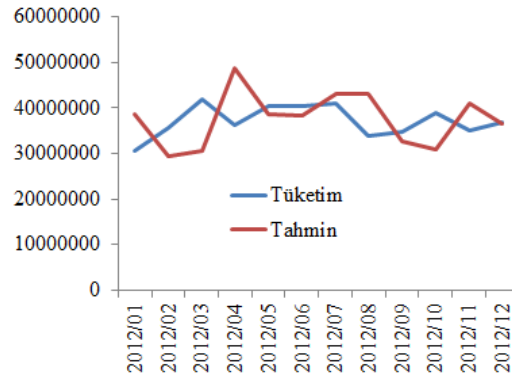
Şekil 5.7 : Bulanık mantık_ Singh modeli (kWh).



Şekil 5.8 : YSA modeli (kWh).



Şekil 5.9: GM (1,1) tahmini (kWh).



Şekil 5.10 : Yuvarlama mekanizmalı (kWh).

Basit regresyon denklemi:

$$Y = 32508940 + 875486,5X \quad (5.1)$$

olarak elde edilmiştir

Aynı zamanda R^2 değeri 0,639 olarak bulunmuştur. F anlamlılık değeri 0,00180

olarak elde edilmiştir.

Çoklu regresyon denklemi:

Modele 3 girdili ve bir çıktılı çoklu regresyon mmodeli uygulandığında elde edilen denklem aşağıdaki gibidir.

$$Y = 582911,2 + 0,087 X_1 + 0,24 X_2 + 0,09X_3 \quad (5.1)$$

olarak elde edilmiştir.

Aynı zamanda R^2 değeri 0,37 olarak bulunmuştur. F anlamlılık değeri 0,56 olarak elde edilmiştir.

Tahmin sonuçlarına bakılırsa Regresyon, Çoklu Regresyon ve GM (1,1) sistem için uygun sonuç vermemiştir. Regresyon ve GM (1,1) sistemi olması gereken tüketim seviyesinden daha fazla bir tahmin yapmıştır. Çoklu regresyon yöntemi ise olması gerekenden daha az tahmin yapmıştır. Diğer yöntemlerin kısa dönemli tahminler için uygun olduğu ortaya çıkmıştır.

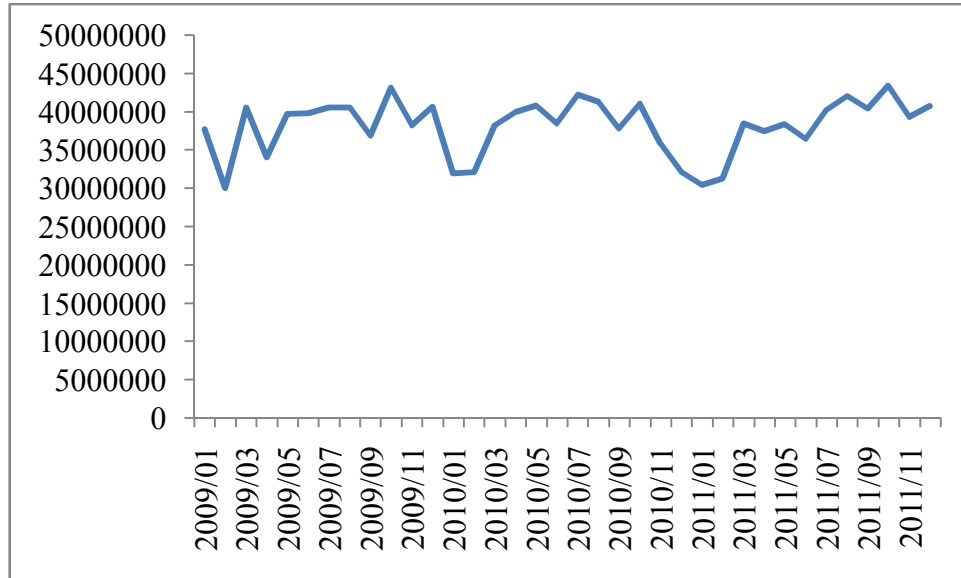
Tahmin sonuçlarının 2012 değerleri ile kıyaslandığı Çizelge 5.2'deki gibidir.

Çizelge 5.2 : Tahmin sonuçları.

Sonuç	OKH (*10 ¹¹)	OMS (*10 ⁵)	% Hata	OMYH	İSt
Hareketli					
Ortalama	184,3	34,1	0,01	9,63	3,12
Holt Modeli	148,56	30,6	0,00	11,97	-1,13
Üstel Düzeltme	128,3	30,2	0,01	8,52	4,22
Basit Regresyon	1520,1	115,6	0,03	32,07	12,00
Çoklu					
Regresyon	4399,01	206,5	0,10	55,16	-12,00
Bulanık					
Mantık_Singh	3,7	5,1	0,00	1,41	-0,56
Bulanık					
Mantık_Hwang	18,5	10,0	0,00	2,89	4,76
Yapay Sinir					
Ağları	182,9	39,3	0,01	10,51	4,14
ARIMA(1,1,0)	-	-	-	-	-
ARIMA(2,1,0)	-	-	-	-	-
GM(1,1)	1309,7	106,2	0,02	29,54	12,00
Yuvarlama					
Mekanizmalı	458,2	56,8	0,01	15,55	0,53
Gri Yöntem					

Kısa dönemli tahmin yaparken hem Hwangh' in hem de Singh 'in bulanık mantık yaklaşımı çok iyi sonuç vermiştir. ARIMA modellerini uygulamak için yeterli bir veri miktarı bulunmamaktadır. Gelecekteki değerin hangi aralığa düştüğünü bilmediğimiz durumlarda ise hareketli ortalama, holt modeli ve YSA yöntemlerinin kullanılması uygundur. Çoklu regresyon, regresyon ve GM (1,1) modelinin İSt değerlerinden dolayı kısa dönemli tahminlerde kullanılmamalıdır.

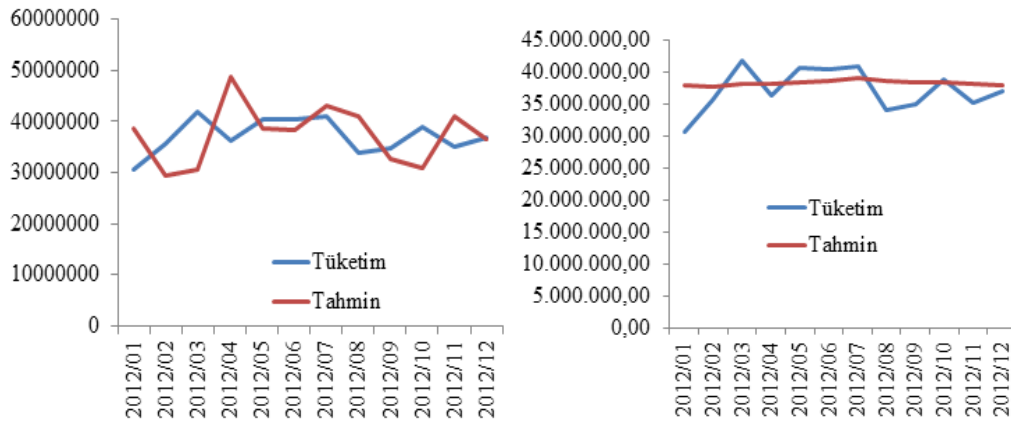
5.2.2 Senaryo 2 için analizler



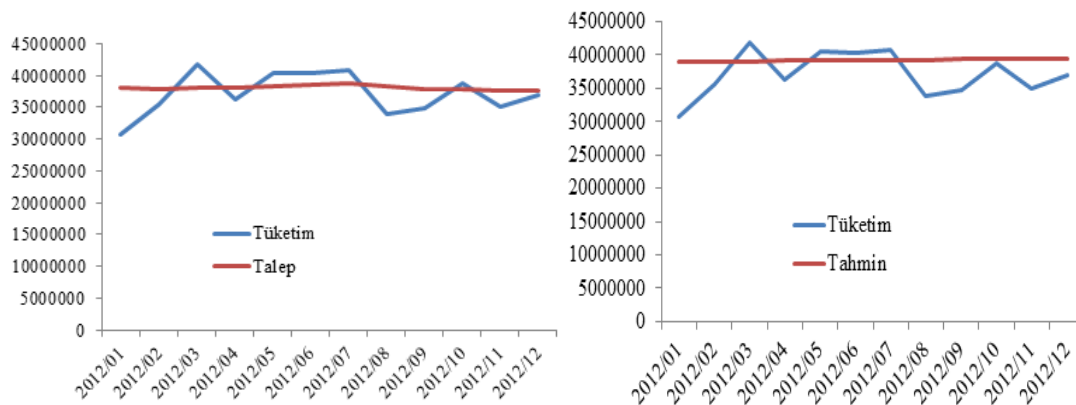
Şekil 5.11 : 2009-2011 yılları arasındaki elektrik tüketimi(kWh).

Çizelge 5.3 : Sistemin öğrenme davranışı.

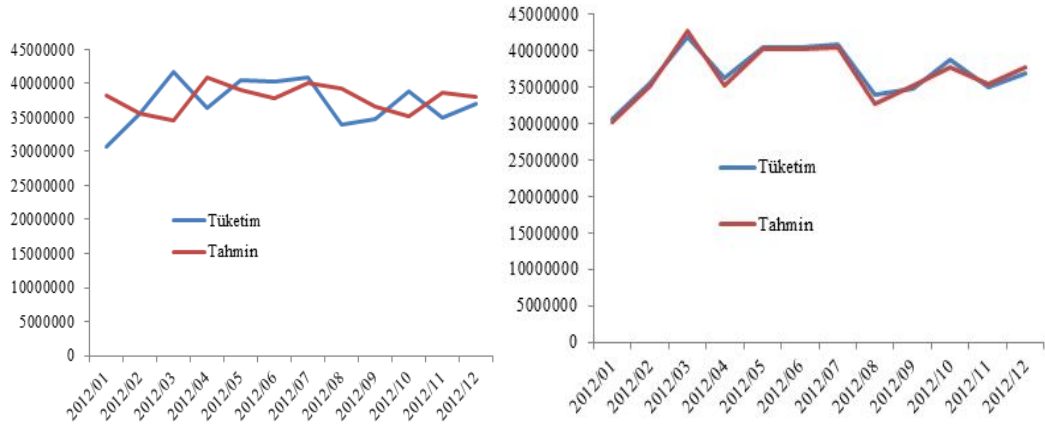
Yöntem	OKH (*10 ¹¹)	OMS (*10 ⁵)	% Hata	OMYH	İSt
Hareketli Ortalama	149.2	33.30	0,00	9,04	-3,96
Holt Modeli	161.7	32.78	0,00	9,04	-2,59
Üstel Düzeltme	139.3	30.70	0,00	8,48	-2,42
Basit Regresyon	129.01	28.48	0,00	7,91	0,00
Çoklu Regresyon	2572.8	154.87	0,01	39,74	-33,00
Bulanık Mantık_Singh	8.31	6.94	0,00	1,86	-19,54
Bulanık Mantık_Hwang	131.18	29.25	0,00	7,74	-0,32
Yapay Sinir Ağları	-	-	-	-	-
ARIMA(1,1,0)	50.99	14.47	0,00	12,33	-9,01
ARIMA(2,1,0)	4.44	4.31	0,00	3,56	-9,88
GM(1,1)	132.62	29.21	0,00	8,11	0,00
Yuvarlama					
Mekanizmalı Gri Yöntem	190.79	36.43	0,00	9,60	2,14



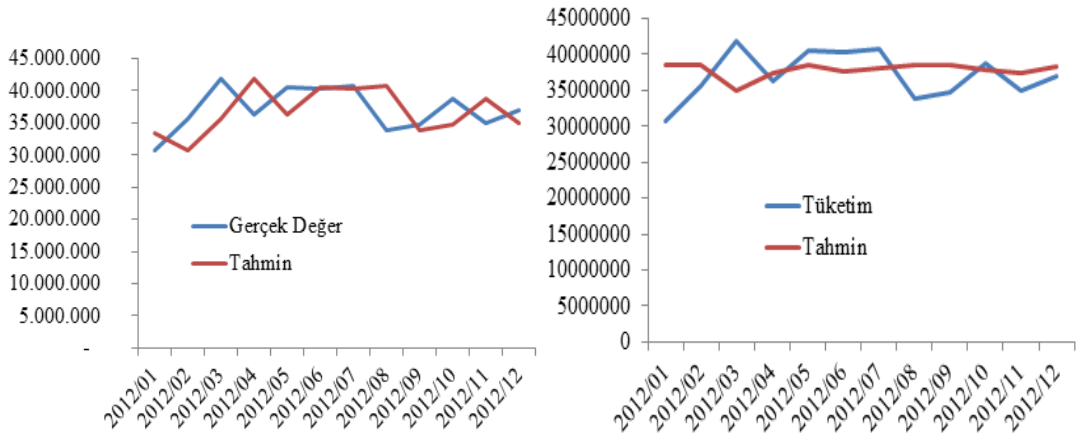
Şekil 5.12 : Hareketli ortalama (solda) ve Holt modeli (sağda) (kWh).



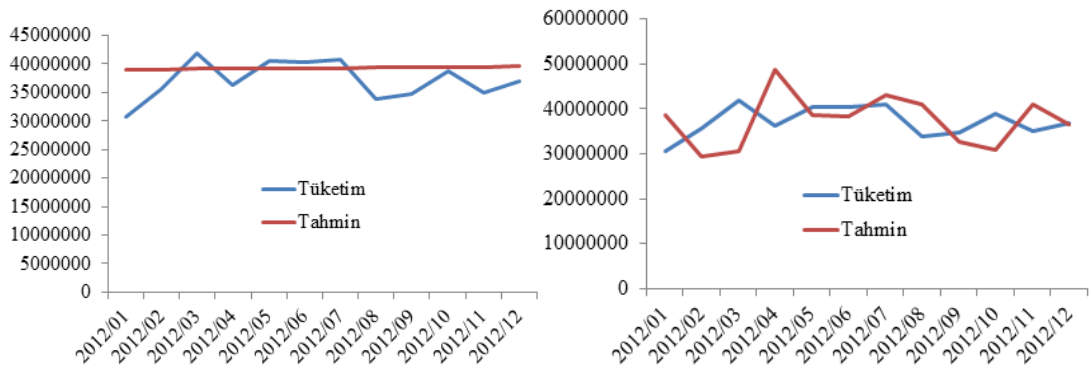
Şekil 5.13 : Üstel düzeltme modeli (solda) ve basit regresyon (sağda) (kWh).



Şekil 5.14 : Çoklu regresyon (solda) ve Hwang modeli (sağda) (kWh).



Şekil 5.15 : Singh yöntemi (solda) ve YSA modeli (sağda) (kWh).



Şekil 5.16 : GM(1,1) modeli (solda) ve yuvarlama modeli (sağda) (kWh).

Çizelge 5.4 : Tahmin sonuçları.

Sonuç	OKH (*10 ¹¹)	OMS (10 ⁵)	% Hata	OMYH	İSt
Hareketli Ortalama	184.2	34.11	0,01	9,63	3,12
Holt Modeli	132.2	30.62	0,01	8,64	4,81
Üstel Düzeltme	127.3	30.19	0,01	8,50	4,08
Basit Regresyon	147.0	32.21	0,01	9,20	7,76
Çoklu Regresyon	164.8	33.06	0,01	9,17	2,43
Bulanık Mantık_Singh	5.2	6.40	0,00	1,74	-3,73
Bulanık Mantık_Hwang	167,0	34.68	0,01	9,48	-1,03
Yapay Sinir Ağları	148,0	32.37	0,01	8,98	2,59
ARIMA(1,1,0)	366,9	49.40	0,01	11,38	11,91
ARIMA(2,1,0)	5140,94	224.21	0,13	159,93	-12,00
GM(1,1)	149,78	32.467	0,01	9,28	7,94
Yuvarlama					
Mekanizmalı Gri Yöntem	458,19	56.75	0,01	15,55	0,53

Orta dönemli tahmin yapılırken OKH,OMS ve OHMY değerlerine göre en başarılı yöntem Singh'in Bulanık Mantık Yaklaşımı'dır. Eğer gelecekteki tahminin hangi aralığa düşeceğini bilmiyorsak Üstel Düzeltme, Holt Modeli ve YSA yöntemlerinin iyi sonuç verdiğini görmekteyiz. En kötü sonucu veren yöntem ise Yuvaralama Mekanizmalı Gri Sistem Yaklaşımı'dır. Ayrıca ARIMA modelleri, GM (1,1) ve Regresyon yöntemleri orta dönem tahmin yapmada başarılı değillerdir. Çünkü İSt değerleri -6 ile + 6 arasında değildir.

Basit regresyon modeli:

$$Y = 37232361,5 + 46954,05 X \quad (5.2)$$

Aynı zamanda R² değeri 0,018 olarak bulunmuştur. F anlamlılık değeri 0,43 olarak elde edilmiştir.

Çoklu regresyon denklemi:

Modele 3 girdili ve bir çıktılı çoklu regresyon modeli uygulandığında elde edilen denklem aşağıdaki gibidir.

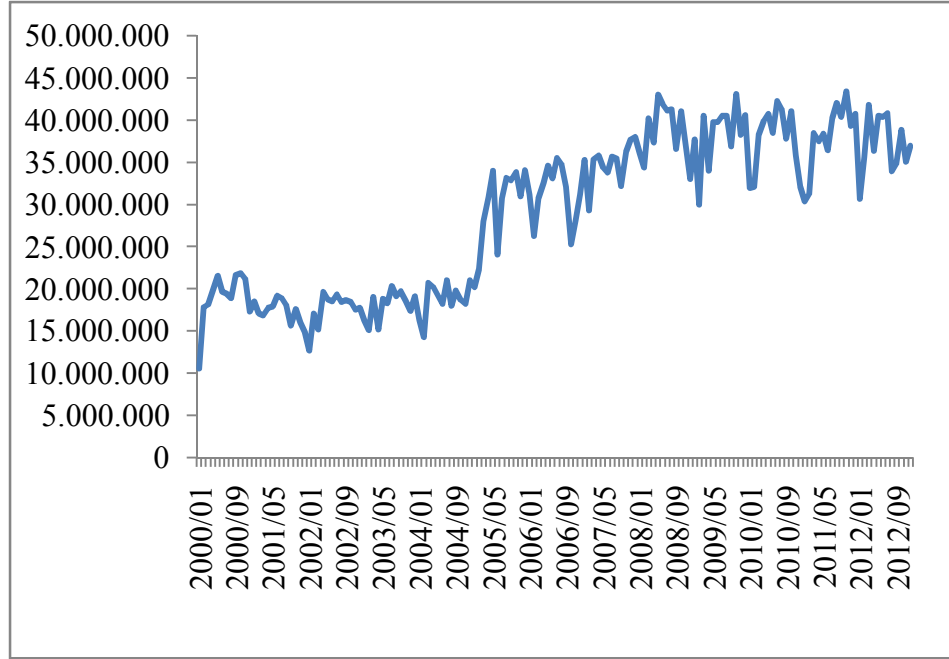
$$Y = 23325486 + -0,26 X_1 + 0,25 X_2 + 0,4 X_3 \quad (5.3)$$

olarak elde edilmiştir.

Aynı zamanda R^2 değeri 0,26 olarak bulunmuştur. F anlamlılık değeri 0,03 olarak elde edilmiştir.

Buradan görüldüğü üzere hem Basit Regresyon hem de Çoklu Regresyon modellerinin korelasyon değerlerinin çok iyi olmadıkları görülmektedir.

5.2.3 Senaryo 3 için analizler



Şekil 5.17 : 2000-2012 arası elektrik tüketim verileri.

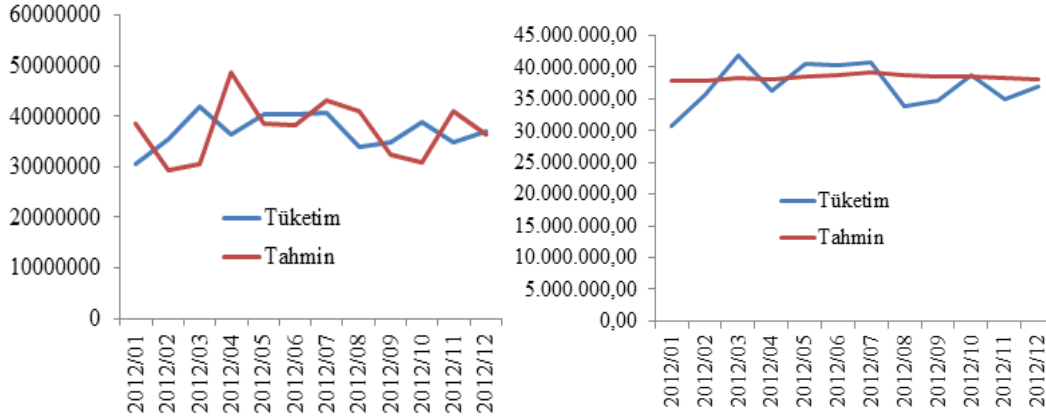
Çizelge 5.5 : Sistemin öğrenme davranışı.

Yöntem	OKH (*10 ¹¹)	OMS (*10 ⁵)	% Hata	OMYH	İSt
Hareketli Ortalama	104,29	25,2	0,00	9,13	-22,57
Holt Modeli	148,6	30,7	0,00	11,97	-1,13
Üstel Düzeltme	185,23	33,4	0,00	13,09	-31,50
Basit Regresyon	4474,68	159,9	0,00	59,02	-128,88
Çoklu Regresyon	2715,48	153,9	0,00	52,86	-141,00
Bulanık Mantık_Singh	410,89	14,12	0,00	5,33	1,65
Bulanık Mantık_Hwang	157,18	9,97	0,00	3,77	-13,79
Yapay Sinir Ağları	-	-	-	-	-
ARIMA(1,1,0)	40,01	27,9	0,00	8,06	7,91
ARIMA(2,1,0)	35,86	27,36	0,00	7,94	8,28
GM(1,1)	8,36	38,3	0,00	14,87	6,53
Yuvarlama					
Mekanizmalı Gri Yöntem	162,79	31,57	0,00	11,22	8,77

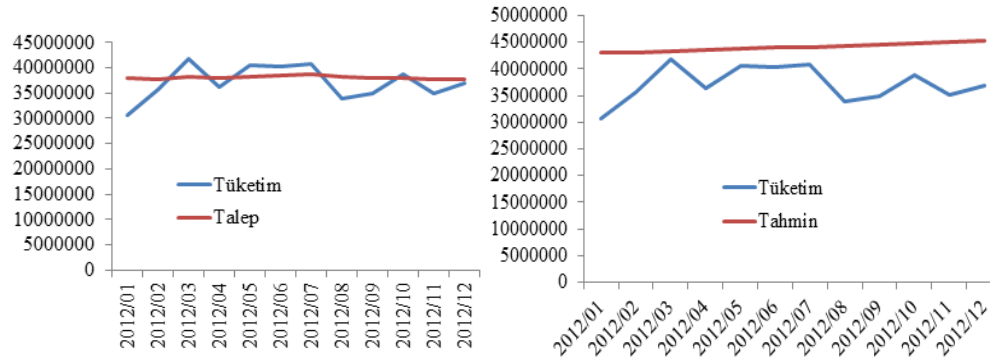
Sistem öğrenme davranışında GM (1,1) modeli en iyi sonucu vermiştir.

Sistem öğrenme davranışında en kötü sonucu çoklu regresyon modeli vermiştir.

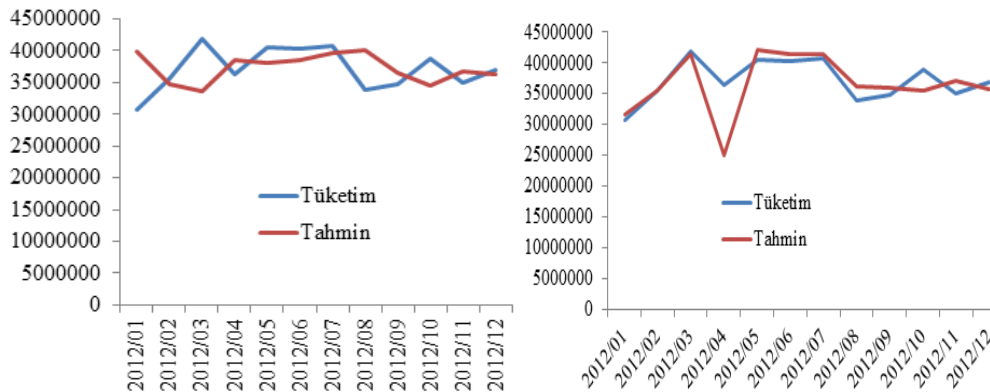
Ayrıca İst değerlerinin -6 ile +6 arasında olmadığı yöntemlerin çok da sağlıklı sonuç vermeyecekleri bilindiğinden Hareketli Ortalama,, Üstel Düzeltme, Regresyon, Hwang'ın Bulanık Mantık yaklaşımı, ve ARIMA modelleri sistem öğrenme davranışlarında uygun sonuç vermedikleri görülmüştür.



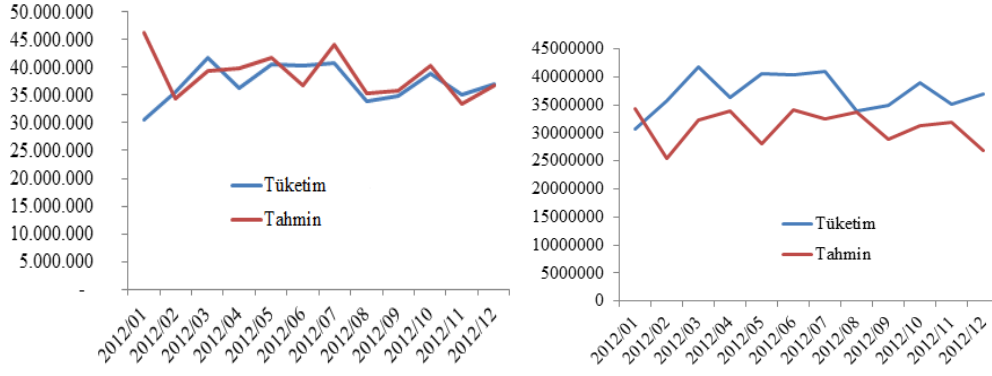
Şekil 5.18 : Hareketli ortalama (solda) ve Holt model (sağda) tahmini (kWh).



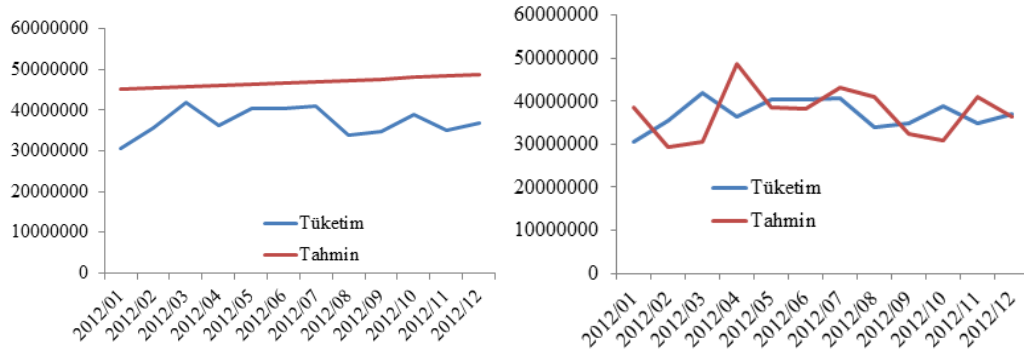
Şekil 5.19 : Üstel düzeltme (solda) ve basit regresyon (sağda) tahmini (kWh).



Şekil 5.20 : Çoklu regresyon (solda) ve Hwang (sağda) model tahmini (kWh).



Şekil 5.21 : Singh modeli (solda) ve YSA modeli (sağda) (kWh).



Şekil 5.22 : GM(1,1) (solda) ve yuvarlama model (sağda) tahmini(kWh).

Çizelge 5.6 : Sistem tahmin değerlendirme.

Sonuç	OKH (*10 ¹¹)	OMS (*10 ⁵)	% Hata	OMYH	İSt
Hareketli Ortalama	184,2	34,1	0,01	9,63	3,12
Holt Modeli	135,6	30,8	0,01	8,72	5,47
Üstel Düzeltme	127,0	30,1	0,01	8,49	4,03
Basit Regresyon	587,31	69,3	0,02	19,59	12,00
Çoklu Regresyon	191,0	33,7	0,01	9,35	0,41
Bulanık Mantık_ Singh	128,79	21,6	0,00	5,90	-2,93
Bulanık Mantık_ Hwang	246,67	30,6	0,01	8,84	6,03
Yapay Sinir Ağları	572,75	66,8	0,01	17,60	-10,92
ARIMA(1,1,0)	317,59	45,5	0,01	10,62	11,70
ARIMA(2,1,0)	294,96	45,4	0,01	12,65	11,46
GM(1,1)	1055,08	97,1	0,02	27,10	12,00
Yuvarlama					
Mekanizmalı Gri Yöntem	458,19	56,8	0,01	15,55	0,53

Buradan görüldüğü gibi elimizde 11 senelik veri olduğu zaman tahmin etmede en başarılı yöntem, en küçük OKH,OMS ve OHMY değeri veren Singh' in önermiş olduğu bulanık mantık yöntemidir. Yalnız bu yöntemin bir sonraki senenin hangi aralığa düşeceğini önceden bilindiği unutulmamalıdır. Eğer gelecek senenin hangi aralığa düştüğünü bilmiyorsak Çoklu Regresyon, Üstel Düzeltme ve Holt Modelini kullanırsak iyi sonuçlar elde edebileceğimiz ortaya çıkmaktadır. Bunun yanı sıra çoklu regresyon modelinde geleceği tahmin etmede en kötü yöntemler Regresyon, GM (1,1), Yuvarlama Mekanizmalı Gri Model ve YSA olarak görülmektedir. Ayrıca İst değerlerine baktığımızda da ARIMA Yöntemleri, Gri Modeller ve YSA'nın bu zaman serisinde kullanılmasının pek de olağan olmadığı anlaşılmaktadır.

Basit regresyon denklemi:

$$Y = 13640608,8 + 202257,8 X \quad (5.4)$$

şeklinde elde edilmiştir.

Aynı zamanda R^2 değeri 0,89 olarak bulunmuştur. F anlamlılık değeri 0'a çok yakın bir değer bulunmuştur.

Çoklu regresyon denklemi:

Modele 3 girdili ve bir çıktılı çoklu regresyon modeli uygulandığında elde edilen denklem aşağıdaki gibidir.

$$Y = 1205925,6 + 0,04 X_1 + 0,38 X_2 + 0,54 X_3 \quad (5.5)$$

olarak elde edilmiştir.

Aynı zamanda R^2 değeri 0,9 olarak bulunmuştur. F anlamlılık değeri 0'a yakın bir değer olarak elde edilmiştir.

5.3. Analiz Sonuçları

Bu şirket için yapılan çalışmadan aşağıdaki tablolar elde edilmiştir. Tablolardaki değerler en kötüden en iyiye doğru sıralanmıştır.

- 1: Çok kötü
- 2: Kötü
- 3: Orta
- 4: İyi
- 5: Çok iyi

Çizelge 5.7 : Kısa dönemli tahmin için yöntem uygunlukları.

Yöntem	1	2	3	4	5
Hareketli Ortalama			x		
Holt Modeli			x		
Üstel Düzeltme				x	
Basit Regresyon	x				
Çoklu Regresyon	x				
Bulanık Mantık_ Singh					x
Bulanık Mantık_ Hwang					x
Yapay Sinir Ağları			x		
ARIMA(1,1,0)	-	-	-	-	-
ARIMA(2,1,0)	-	-	-	-	-
GM(1,1)	x				
Yuvarlama					
Mekanizmalı Gri Yöntem		x			

Çizelge 5.8 : Orta dönemli tahmin için yöntem uygunlukları.

Yöntem	1	2	3	4	5
Hareketli Ortalama		x			
Holt Modeli					x
Üstel Düzeltme					x
Basit Regresyon		x			
Çoklu Regresyon				x	
Bulanık Mantık_ Singh					x
Bulanık Mantık_ Hwang		x			
Yapay Sinir Ağları				x	
ARIMA(1,1,0)	x				
ARIMA(2,1,0)	x				
GM(1,1)		x			
Yuv.Mekanizmalı Gri Yöntem	x				

Çizelge 5.9 : Uzun dönemli tahmin için yöntem uygunlukları.

Yöntem	1	2	3	4	5
Hareketli Ortalama				x	
Holt Modeli				x	
Üstel Düzeltme					x
Basit Regresyon	x				
Çoklu Regresyon			x		
Bulanık Mantık_Singh					x
Bulanık Mantık_Hwang			x		
Yapay Sinir Ağları	x				
ARIMA(1,1,0)		x			
ARIMA(2,1,0)		x			
GM(1,1)	x				
Yuvarlama					
Mekanizmalı Gri Yöntem	x				

SONUÇ

Tahmin modellerinde birçok model olmasına rağmen verinin yapısı ve değişkenliği kullanılan yöntem çeşidini etkilemektedir. Önemli olan veri yapısını anlayıp ona göre uygun yöntemi bulmak ya da uygulanabilecek karma modeller oluşturmaya çalışılmalıdır.

Öncelikle yapılan çalışmalarda önemli olan en büyük etken verilerin hangi döneme ait olduğunu bulmaktır. Her bir dönemin kendine ait uygun bir takım yöntemleri bulunmakadır.

Yukarıdaki analizlerde de görüldüğü gibi en iyi yöntem her üç dönem içinde Singh'in önermiş olduğu bulanık mantık yaklaşımıdır. Ama unutulmamalıdır ki bu yaklaşımda geleceği tahmin ederken tahmin edilecek periyodun hangi döneme ait olduğu bilinmektedir. Yani tahmin edilirken en azından hangi söylem evrenine ait olduğu bilinmektedir. Böylelikle tahmin hatası küçüktülmüş olunur.

Genel olarak orta ve uzun dönemli tahmin için de ARIMA modelleri zayıf kalmıştır. Hareketli ortalama yöntemi kısa ve uzun dönemli tahmin yaparken iyi bir performans sergilemiştir. Üstel Düzeltme Modeli'nin her üç dönem için de iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Basit Regresyon Modeli her üç dönem için de kötü sonuç vermiştir. Çoklu Regresyon Modeli sadece orta dönemli tahmin için iyi sonuç vermiştir. Holt Modeli'nin her üç dönem için de uygun olduğu görülmektedir. Hwang ve diğerlerinin önermiş olduğu bulanık mantık yaklaşımı da Singh'in bulanık mantık yaklaşımına yakın sonuç vermiştir. YSA Modeli de kısa ve orta dönemli tahminde başarılı bir performans sergilemiştir. GM(1,1) modeli sistem öğrenme davranışında iyi performans sergilese de üstel fonksiyondan kaynaklanan büyük bir hata payına sahiptir. Bu da tahmin ederken işi zorlaştırmaktadır. Yuvarlama Mekanizmalı Gri Tahmin Modeli her üç dönem için de zayıf kalmıştır.

Özet olarak, kısa dönemli elektrik tüketim talebini bulmada Bulanık Mantık yaklaşımları, Holt Modeli, Hareketli Ortalama ve YSA'lar; orta dönemli elektrik

tüketim talebini tahmin etmede Singh'in Bulanık Mantık Yaklaşımı, Holt Modeli, YSA'lar, Üstel Düzeltme Yöntemleri ve Çoklu Regresyon Modelleri, uzun dönemli elektrik talebini tahmin etmede Üstel Düzeltme, Singh'in Bulanık Mantık Yaklaşımı, Hareketli Ortalama ve Holt Modeli'nin uygun olduğu bulunmuştur.

Elektrik dağıtım şirketlerinin gelen müşterilerine ait talep tahmini çalışmaları yaparken önemli olarak yapması gerekenler öncelikle o müşterinin hangi dönem içerisinde yer aldığı ve ona uygun bir yöntem belirleyip tahmin yürütmesidir. Eğer herhangi bir elektrik piyasa uzmanından yardım alınabilme şansı varsa, uzmanın tecrübelerine dayanarak da tahmin yöntemlerinden hangisinin uygun olabileceğini de seçmek mümkün olabilmektedir.

Bunların yanı sıra uygun olan bu yöntemlerin birleşimi olan hibrit modellerin de iyi sonuçlar verebileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Abdel-Aal, R. E. ve Al-Garni, A. Z.**(1997).Forecasting monthly electric energy consumption in Eastern Saudi Arabia using univariate time-series analysis. *Energy*, **22**, 11, 1059–1069.
- Akay, D. ve Atak, M.**(2007).Gri prediction with rolling mechanism for electricity demand forecasting of turkey. *Energy*, **32**, 1670–5.
- Altaş, İ.H.**(1999).Bulanık Mantık: Bulanıklık Kavramı. *Enerji, Elektrik, Elektromekanik*. **62**, 80-85.
- Amarawickrama, H.A. ve Hunt, L.C.** (2008).Electricity demand for Sri Lanka: a time series analysis. *Energy*, **33**, 5, 724–39.
- Azadeh, A., Ghaderi S.F., Tarveredian S. ve Saberi M.**(2007).Integration of artificial neural networks and genetic algorithm to predict electrical energy consumption. *Applied Mathematics and Computation*, **186**, 2, 1731–41.
- Azadeh, A., Ghaderi, S.F. ve Sohrabkhani, S.**(2008).Annual electricity consumption forecasting by neural network in high energy consuming industrial sectors. *Energy Conversion Management*, **49**, 8, 2272–8.
- Barghinia, S., Ansarimehr, P., Habibi, H. ve Vafadar ,N.**(2001).Short term load forecasting of Iran National Power System using artificial neural network. *Proc. IEEE Power Technology*, **3**, Orto. Portugal.
- Bianco, V., Manca, O. ve Nardini, S.**(2009).Electricity consumption forecasting in Italy using linear regression models. *Energy*, **34**, 1413–1421.
- Bianco, V., Manca, O. ve Nardini, S.**(2010).Linear regression models to forecast electricity consumption in Italy. *Energy Sources, Part B: Econom Plan Policy*.
- Hsu, C.C. ve Chen, C.Y.** (2000).The application of gri theory on the short-run load forecasting in Taiwan area. *Taipower Engineering*, 625.
- Chopra, S. ve Meindi, P.**(2012).Supply chain management, strategy, planning and operation.*Fifth Edition, Global Edition*. Pearson.
- Christiaanse, W.R.** (1971).Short-Term Load Forecasting Using General Exponential Smoothing. *Power Apparatus and Systems, IEEE Transactions on* , **90**, 2.
- Contreras, J., Espinola, R., Nogales, F.J. ve Conejo, A.J.**(2003). ARIMA models to predict next-day electricity prices. *IEEE Transactions on Power Systems*, **18**, 1014–1020.
- Deng, J.**(1982). Control problems of grey systems. *Systems & Control Letters*, **5**, 288-294.
- Erdoğan, E.**(2006). Zaman serilerinde ARIMA modelleri. (yüksek lisans tezi)
- Erdogdu, E.**(2007).Electricity demand analysis using cointegration and ARIMA modelling: a case study of Turkey. *Energy Policy*, **35**, 1129–1146.
- Gültekin, Ö.**(2009). *Bursa ili orta dönem elektrik talep tahmini*.(yüksek lisans tezi)

- Hamzacebi, C.**(2007).Forecasting of Turkey's net electricity energy consumption on sectoral bases. *Energy Policy*,**35**, 3, 2009–2016.
- Hong, W.C.**(2009).Electric load forecasting by support vector model. *Applied Mathematical Modelling*, 2444–2454.
- Hsu, C.C. ve Chen, C.Y.**(1999).Application of gri theory to regional electricity demand forecasting. *Energy quart*, **24**, 96–108.
- Hsu, C.C. ve Chen, C.-Y.**(2000).The application of grey theory prediction for power demand in Taiwan area. *Energy Monthly*, **29**, 4, 96–108.
- Islam, S.M. ve Al-Alawi, S. M.** (1997).Principles of electricity demand forecasting: Part I Methodologies. *Power Engineering Journal*, 139-143.
- Kavaklıoğlu, K.** (2011). Modeling and prediction of Turkey' s electricity consumption using Support Vector Regression. *Applied Energy*, **88**, 1, 68–75.
- Küçükali, S. ve Barış, K.** (2010).Turkey's short-term gross annual electricity demand forecast by fuzzy logic approach. *Energy Policy*, **38**, 2438–2445.
- Lauret, P, Fock, E, Randrianarivony, R.N., ve Manicom-Ramasamy, J.F.**(2008).Bayesian neural network approach to short time load forecasting. *Energy Conversion and Management*, 49, 1156–66.
- Lee, Y.T., Huang, C.L. ve Wang, L.**(1993).The application of gray model forecast control on power system stability. Thesis, National Cheng-Kung University, Taiwan.
- Lewis, C.D.**(2012).Demand Forecasting & Inventory Control. Routledge.
- Lin, C.T., Ji, L.W. ve Kao, Y.K.**(1999).A study on electric power load prediction in Taiwan. *Proc. of The 4th Conference on Grey Theory and Applications*, 342-346.
- Li, D.C., Chang, C.J., Chen, C.C. ve Chen, W.C.**(2012).Forecasting short-term electricity consumption using the adaptive grey-based approach—An Asian case. *Omega*, **40**, 6, 767–773.
- Li, Y., Zhang, J. ve Wang, G.**(2010).Application of a new grey model to city electricity demand forecasting. 8, 13-16.
- Liu, S. ve Lin, Y.**(2011).Introduction to grey theory. Springer.
- Nazarko, J. ve Zalewski, W.**(1999).The fuzzy regression approach to peak load estimation in power distribution system. *IEEE Transactions on Power System*, **14**, 809–814.
- Nogales, F., Contreras, J., Conejo, A. ve Espinola, R.**(2002).Forecasting next-day electricity prices by time series models. *IEEE Transactions on Power Systems*. **17**, 342–348.
- Öztemel, E.**(2006). Yapay sinir ağları, Papatya Yayınları.
- Paarmann, L.D. ve Najar, M.D.**(1995).Adaptive online load forecasting via time series modeling. *Electric Power Systems Research*, **32**, 219-225.
- Pao, H.T.**(2007).Forecasting electricity market pricing using artificial neural networks. *Energy Conversion and Management*, **48**, 907–12.

- Park, D.C., El-Sharkawi, M.A, Marks, R.J., Atlas, L.E. ve Damborg, M.J.**(1991).. Electric load forecasting using an artificial neural network. *IEEE Trans. on Power Syst*, **6**, 2, 442–449.
- Pino, R., Parreno, J., Gomez, A. ve Priore, P.**(2008).Forecasting next-day price of electricity in the Spanish energy market using artificial neural networks. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. **21**, 1, 53–62.
- Ramanathan, R., Engle, R., Granger C- W.J., Vahid-Araghi, F. ve Brace C.**(1997).Shorte-run forecasts of electricity loads and peaks. *International Journal of Forecasting*, **13**, 2, 161–174.
- Singhal, D. ve Swarup, K.S.**(2011).Electricity price forecasting using artificial neuralnetworks. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, **33**, 550–5.
- Singh, S.R.**(2008).A computational method of forecasting based on fuzzy time series. *Mathematics and Computers in Simulation*. **79**, 3, 539–554.
- Song, K.B., Baek, Y.S., Hang, D.H. ve Jang, G.**(2005).Short term load forecasting for holidays using fuzzy linear regression method. *IEEE Transactions on Power Systems*, **20**, 1, 96–101
- Suganthia, L. ve Anand A.S.**(2012).Energy models for demand forecasting—A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **16**, 1223– 1240.
- Szkuta, B.R., Sanabria, L.A. ve Dillion, T.S.**(1999).Electricity price short-term forecasting using artificial neural networks. *IEEE Transactions on Power Systems*, **14**, 851–857.
- Taylor, J.W.**(2003).Short-term electricity demand forecasting using double seasonal exponential smoothing. *Journal of the Operational Research Society*. **54**, 799–805.
- Tsaur, R.C.ve Kuo, T.C.**(2011).The adaptive fuzzy time series model with an application to Taiwan'stourism demand. *Expert Systems with Applications*, **38**, 8, 9164-9171.
- Charytoniuk, W. ve Chen, M. S.**(2000).Very short-term load forecasting using artificial neural networks. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, **15**, 1, 263-268.
- Wang, J.Z., Zhu W.J., Zhang, W.Y. ve Sun, D.H.** (2009).A trend fixed on firstly and seasonal adjustment model combined with the e-SVR for short-term forecasting of electricity demand. *Energy Policy*, **37**, 11, 4901–9.
- Wang, P.**(2005).Application study on multivariate linear regression to electricity consumption forecasting in china. **8**, 16-18.
- Weron, R. ve Misiorek, A.**(2008). Forecasting spot electricity prices: A comparison of parametric and semiparametric time series models. *International Journal of Forecasting*, **24**, 744–63.
- Zadeh, L.A.**(1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*, **8**.338–353.
- Zhang, F., Liu, F. ve Zhao, W.**(2003) Application of grey verhulst model in middle and long term load forecasting. **5**, 37-40.
- Ziebig, A. ve Hoinka, K.**(2013).Energy Systems of Complex Buildings. Green

Energy and Technology, Springer, 345.

Zhou, P., Ang, B.W. ve Poh, K.L.(2006).A trigonometric gri prediction approach to forecasting electricity demand. *Energy*, **31**, 2839–2847.

EPDK. (t.y). Enerji yatırımcısı el kitabı. Alındığı tarih: 07.06.2010, adres: <http://www.epdk.gov.tr/>

Url-1<<http://www.bp.com>>, alındığı tarih: 19.04.2013.

Url-2 <<http://www.enerji.gov.tr>>, alındığı tarih: 19.04.2013.

Url-3<<http://www.iea.org>>, alındığı tarih: 05.04.2013.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Eda Boltürk

Doğum Yeri ve Tarihi: Sivas 31.10.1989

E-Posta: bolturk@itu.edu.tr/eda.bolturk@gmail.com

Lisans: İstanbul Ticaret Üniversitesi Endüstri Mühendisliği (Burslu)

Mesleki Deneyim ve Ödüller: Mercedes-Benz Türk A.Ş. (2 YIL)- CRM

İstanbul Ticaret Üniversitesi-Endüstri Mühendisliği Araştırma Görevlisi

Yayın ve Patent Listesi:

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR.

- Bolturk E., Oztaysi B., and Sarı I.U., 2012: Electricity Consumption Forecasting Using Fuzzy Time Series. *13th IEEE International Symposium on Computational Intelligence and Information*, November 20-22, 2012 Budapest, Hungary.
- Bolturk, E. & Oztaysi. B., 2013: Risk Assessment Due to Electricity Demand Forecasting Under Uncertainty. *The 4th International Conference on Risk Analysis and Crisis Response RACR 2013*, Istanbul.
- Bolturk, E, Oztaysi, B. & Bahadır, M. C., 2013 : Comparision of Artificial Neural Network and Multiple Regression Models for Long Term Electricity Demand Forecasting. *19 th International Energy and Environment Fair and Conference*, April 24-26, 2013 Istanbul, Turkey.
- Bolturk, E, & Oztaysi, B., 2013: Fuzzy Methods for Demand Forecasting in Supply Chain Management. *Supply Chain Management Under Fuzziness*, Springer_Book Chapter.
- Bolturk, E, & Oztaysi, B., 2013: An Analysis of A Cement Factory's Electricity Consumption Demand Forecasting Based on Grey (1,1) and Fuzzy Time Series. *YAEM*, June 26-28, 2013 Istanbul, Turkey.