

**DAĞITIM SİSTEMİNİN ÖZELLEŞTİRİLMESİ VE
YAPAY SİNİR AĞLARI İLE
YÜK TAHMİNİ**

Hilal Aybike AKAR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

KASIM 2005

ANKARA

**DAĞITIM SİSTEMİNİN ÖZELLEŞTİRİLMESİ VE
YAPAY SİNİR AĞLARI İLE
YÜK TAHMİNİ**

Hilal Aybike AKAR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

KASIM 2005

ANKARA

Hilal Aybike AKAR tarafından hazırlanan DAĞITIM SİSTEMİNİN ÖZELLEŞTİRİLMESİ VE YAPAY SİNİR AĞLARI İLE YÜK TAHMİNİ adlı bu tezin yüksek lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. M. Cengiz TAPLAMACIOĞLU
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: :Prof. Dr. İlhami ÇOLAK

Üye (Danışman) :Prof. Dr. M. Cengiz TAPLAMACIOĞLU

Üye :Yrd. Doç. Dr. İres İSKENDER

Üye : _____

Üye : _____

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

**DAĞITIM SİSTEMİNİN ÖZELLEŞTİRİLMESİ VE
YAPAY SİNİR AĞLARI İLE
YÜK TAHMİNİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

Hilal Aybike AKAR

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Kasım 2005**

ÖZET

Bu tezin Enerji Dağıtım Sisteminin Özelleştirilmesinde (EDSÖ) rol almak isteyen şirketlere referans olacağı düşünülmektedir. Bu çalışmanın gerçekleştirilmesi bir bölgedeki yük tahmininin daha sağlıklı yapılabilmesine olanak tanımaktadır.

Bu çalışmada, 12. Bölge ve Türkiye için uzun dönem yük tahmini uygulaması Yapay Sinir Ağları (YSA) ve Regresyon Analizi metoduyla gerçekleştirilmiştir. Geri yayılım algoritması kullanan bir YSA modeli ve çok değişkenli regresyon analizi modeli uygulanmıştır.

Yükü etkileyen faktörler olarak nüfus, gayri safi milli hasıla, gelişim hızı, sanayi üretim endeksi, petrol fiyatları gibi ekonomik ve sosyal göstergeler temel alınmıştır. Son olarak, seçilen örnek veriler kullanılarak sonuçlar hem regresyon analizinde hem de YSA da test verileri ile karşılaştırılmıştır. Test sonuçlarına göre YSA modeli 12. görev bölgesinde regresyon modelinden daha başarılı olmuştur.

Bilim Kodu : 905
Anahtar Kelimeler : Dağıtımın Özelleştirilmesi, Yük Tahmini, YSA, Regresyon.
Sayfa Adedi : 98
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. M. Cengiz TAPLAMACIOĞLU

**DISTRIBUTION SYSTEM AND LONG TERM LOAD FORECASTING
USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK**

(M.Sc. Thesis)

H.Aybike AKAR

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

November 2005

ABSTRACT

This thesis will be a reference for organizations that are interested in electricity marketing. In this thesis, using artificial neural network architecture in long term load forecasting, the better results are obtained.

Long term load forecasting is achieved using regression analysis and artificial neural network methods in the scope of privatization of energy distribution system. In this thesis, a multilayer feed-forward neural network based long term load forecasting method is chosen.

It is known that electricity load depends on many factors such as population, Gross National Product (GNP), Development Velocity (DV), Industrial Production Index (IPI) and petroleum price. Artificial neural network is trained by using past logged data and results are compared with both test data of artificial neural network and regression analysis results. As a result of, an artificial neural network model which succeeds better than regression analysis model is used for 12th region.

Science Code : 905

Key Words : Energy Distribution System, Long Term Load Forecasting, Artificial Neural Networks, Regression.

Page Number : 98

Adviser : Prof. Dr. M. Cengiz TAPLAMACIOĞLU

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren, tez danışmanım Prof. Dr. M. Cengiz TAPLAMACIOĞLU'na, bu çalışmayı yapmamda bana yön gösteren ve kaynak sağlayan Aram Şirketler Grubu yönetim kurulu başkanı Cemal KAYA'ya, çalışmalarımda bilgi ve deneyimlerini esirgemeyen TEDAŞ Özelleştirme Dairesi Başkanlığı Görevli Şirketler Müdürü emekli Elektrik Mühendisi Ali AKIŞ'a, tez çalışmam süresince gösterdiği anlayıştan dolayı Sasel Elektromekanik A.Ş. Yöneticilerine, Grup Koordinatörüm Ahmet TİTREK'e ve son olarak her zaman beni destekleyen Berk AKAR ile hayatım boyunca gösterdikleri güven, anlayış ve desteklerinden dolayı AİLEME teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
1. GİRİŞ	1
2. DÜNYADA VE TÜRKİYE’DE ÖZELLEŞTİRME ÇALIŞMALARI.....	3
2.1. Dünya’da Elektrik Enerjisi Özelleştirme Çalışmaları	4
2.1.1. Geçiş döneminde olan ekonomiler	5
2.1.2. Gelişmiş ekonomiler.....	6
2.1.3. Uygulamadan örnekler	7
2.2. Türkiye’de Elektrik Enerjisi Özelleştirmesinin Gelişimi.....	10
2.2.1. Enerji politikaları	10
2.2.2. Elektrik enerjisi sektöründe özel sektörün yeri	12
2.2.3. 2003-2004 Yılları arasında gerçekleşen elektrik enerjisi üretim değerleri .	16
2.2.4. Yıllara göre elektrik enerjisi tüketim değerleri	18
2.2.5. Sektörlere göre elektrik enerjisi tüketimi	20
3. ANALİZİ YAPILAN 12 NOLU GÖREV BÖLGESİ’NİN İNCELENMESİ.....	22
3.1. 12. Görev Bölgesinin Tanıtımı	24
3.2. Görev Bölgesinin Hukuki Durumu	25
3.2.1. Balıkesir - Çanakkale	25
3.2.2. Bursa – Yalova	25
3.3. Görev Bölgesinin Teknik Yapısı.....	25
3.3.1. 2004 Yılları itibari ile dağıtım sisteminin mevcut durumu	28

3.4. Görev Bölgesinin Sosyo-Ekonomik Yapısı ve Enerji Tüketimi	30
4.YÜK TAHMİNİ METOTLARI.....	32
4.1. Tahmin İçin Önemli Faktörler.....	32
4.2. Yüklerin Özellikleri ve Sınıflandırılması.....	34
4.3. Yük Tahmini Yaklaşımları	34
4.3.1. Zaman serisi analizi	36
4.3.2. Son kullanıcı modeli.....	37
4.3.3. Ortalama artış yüzdeleri ile yapılan tahmin.....	38
4.3.4. Ekonometrik metotlar	38
4.3.5. Gayri safı milli hasılaya dayalı yapılan tahmin.....	39
4.3.6. Yüzeysel yük tahmini.....	39
4.3.7. Yer renklendirme yöntemi	40
4.3.8. Arazi kullanım yöntemi.....	41
4.3.9. Regresyon analizi	41
4.3.10. Yapay Sinir Ağları (YSA)	43
5. UYGULAMADA GERÇEKLEŞTİRİLEN MODELLER VE YAPILAN ÇALIŞMA.....	49
5.1. Regresyon Analizi	49
5.1.1. Çok değişkenli regresyon analizi	49
5.1.2. Çok değişkenli regresyondaki tahmin hataları	50
5.2. Yapay Sinir Ağları (YSA)	52
5.2.1. Geri Yayılım Algoritması (BPA)	52
6. TÜRKİYE VE 12. GÖREV BÖLGESİ'NİN 2006, 2007, 2008, 2009, 2010 YILLARI ENERJİ TÜKETİMİ VE PUANT YÜK TAHMİNLERİ.....	61
6.1. Test Sonuçları.....	61
6.1.1. Türkiye için test sonuçları	61
6.1.2. 12. Görev Bölgesi için test sonuçları	65
6.2. Tahmin Sonuçları	69
6.2.1. Türkiye için tahmin sonuçları	69
6.2.2. 12. Görev Bölgesi için tahmin sonuçları	71

7. SONUÇ VE ÖNERİLER	72
KAYNAKLAR.....	75
EKLER.....	78
EK-1 Regresyon Analizi'nin Matlab 6.0 İle Uygulanması	79
EK-2 Regresyon Analizi Test Ve Tahmin Sonuçları.....	81
ÖZGEÇMİŞ	98

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. 2003 Yılı kurulu güç dağılımı (38).	17
Çizelge 2.2. 2004 Yılı kurulu güç dağılımı (8).....	18
Çizelge 2.3. Türkiye elektrik enerjisi tüketiminin yıllar itibariyle gelişimi (8-16).....	19
Çizelge 2.4. Sektörlere göre elektrik enerjisi tüketimi (16).	21
Çizelge 3.1. 2004 Yılı 12. Görev Bölgesi dağıtım sistemi kapasitesi	28
Çizelge 3.2. 12. Görev Bölgesinin dağıtım sistemi teknik yapısı.....	29
Çizelge 3.3. Balıkesir ili yük tahmini parametrelerinin incelenmesi.	30
Çizelge 3.4. Bursa ili yük tahmini parametrelerinin incelenmesi.....	30
Çizelge 3.5. Çanakkale ili yük tahmini parametrelerinin incelenmesi.....	31
Çizelge 3.6. Yalova ili yük tahmini parametrelerinin incelenmesi.	31
Çizelge 6.1. Türkiye'nin yıllar itibariyle genel ekonomik verileri (16).	62
Çizelge 6.2. 2006-2010 yılları DİE ve DPT tahmini genel ekonomik verileri (30, 31).	63
Çizelge 6.3. 1980-2005 Yılları arası Türkiye elektrik enerjisi tüketimi (16).....	63
Çizelge 6.4. Türkiye için YSA modeli ile elde edilen test sonuçları.....	64
Çizelge 6.5. Türkiye için Regresyon analizi ile elde edilen test sonuçları.....	64
Çizelge 6.6. 12. Görev Bölgesi'nin yıllar itibariyle genel ekonomik verileri (16).	66
Çizelge 6.7. 2006-2010 yılları arası DİE ve DPT tahmini ekonomik verileri (30, 31).	66
Çizelge 6.8. 1980-2005 Yılları arası 12. Görev Bölgesi elektrik enerjisi tüketimi (16)....	67
Çizelge 6.9. 12. Görev Bölgesi için YSA modeli ile elde edilen test sonuçları.....	67
Çizelge 6.10. 12. Görev Bölgesi için Regresyon analizi ile elde edilen test sonuçları.....	67
Çizelge 6.11. Türkiye, YSA, Regresyon analizi ve DİE-DPT'nin tahmin sonuçları.	70
Çizelge 6.12. 12.Bölge, YSA ve Regresyon analizi tahmin sonuçları karşılaştırması.....	71

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Özelleştirme kapsamına alınan 21 görev bölgesi ve kapsadığı iller.	23
Şekil 4.1. Temel öğrenme algoritmalarından geri yayılım algoritmasının akış diyagramı (26).	47
Şekil 4.2. Genel olarak 4 katmandan oluşan ileri beslemeli YSA yapısı (1).	48
Şekil 5.1. YSA'nın eğitilmesi aşamasında oluşturulan sistem.	53
Şekil 5.2. Joone Editor kontrol paneli.	54
Şekil 5.3. Türkiye için geri yayılım algoritması ile eğitilen ağın enerji tüketim ve puant yük test sonuçları.	54
Şekil 5.4. Eğitilen YSA'nın test edilmesi aşamasında oluşturulan sistem.	55
Şekil 5.5. Logistic transfer fonksiyonu.	56
Şekil 6.1. Türkiye için enerji tüketim ve puant yük karşılaştırmalı test sonuçları.	64
Şekil 6.2. Türkiye için YSA modeli ile elde edilen enerji tüketimi ve puant yük test sonuçları.	65
Şekil 6.3. 12. Görev Bölgesi için mevcut verilerin regresyon analizi ve YSA modeli test sonuçları ile karşılaştırılması.	68
Şekil 6.4. 12. Görev Bölgesi için enerji gerçek verilerin YSA modeli test sonuçları ile karşılaştırılması.	68
Şekil 6.5. Türkiye için enerji tüketim ve puant yük karşılaştırmalı tahmin sonuçları.	70
Şekil 6.6. 12. Bölge için enerji tüketim ve puant yük karşılaştırmalı tahmin sonuçları.	71

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklama

GWh

Giga Watt Hour

kWh

Kilo Watt Hour

MW

Mega Watt

\$

Dolar

Kısaltmalar

Açıklama

BGP

Bağımsız Güç Projeleri

DİE

Devlet İstatistik Enstitüsü

DPT

Devlet Planlama Teşkilatı

EDSÖ

Enerji Dağıtım Sisteminin Özelleştirilmesi

GA

Genetik Algoritma

GSMH

Gayri Safi Milli Hasıla

IEC

International Electrotechnical Commission

NETA

New Electricity Trading Arrangements

NGC

National Grid Company

OECD

Organization for Economic Corporation and Development
(Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü)

SUE

Sanayi Üretim Endeksi

TEDAŞ

Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi

TEİAŞ

Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi

YSA

Yapay Sinir Ağı

1. GİRİŞ

Elektrik enerjisi dağıtım sisteminin özelleştirilmesi sonucu, görev bölgelerinden sorumlu olacak şirketlerin başlıca amacı, üretilen enerjinin tüketicilere bol, kaliteli, temiz ve ucuz olarak sunulması olmalıdır.

Kaliteli elektrik enerjisi üretimi, bütün yükler için vazgeçilmez bir ihtiyaç olup, gerçekleştirilmesi oldukça zor ve pahalıdır. Bütün ülkelerde gerek ulusal, gerekse özel sektör yatırımların önemli bir bölümünü elektrik enerjisi sektörüne ayrılmaktadır. Bundan dolayı elektrik enerji sisteminin planlaması, ekonomik, güvenilir ve geleceğe yönelik olmalıdır (1).

İşte bu nedenle, elektrik endüstrisi için yük tahmini oldukça önemlidir. Elektrik enerjisinin sağlıklı ve yüksek verimli kullanılabilmesi için elektrik tüketildiği kadar üretilmelidir. Bugün mevcut olan elektrik enerji sistemlerinin gelecekteki enerji talebini karşılayacak şekilde büyütülmesi gerekmektedir. Yaşamın tüm alanlarında elektrik enerjisine olan bağımlılık bu zorunluluğu doğurmaktadır.

Bir bölgenin yük tahminini yapmak, gelecekte o bölgenin yük ihtiyacını ve tüketeceği elektrik enerjisi miktarının yaklaşık olarak bulunmasını sağlar. Böylece o bölgenin ihtiyacına göre ne kadar yatırım yapılması gerektiğini de tahmin edilebilir.

Elektrik enerjisi sisteminde genişlemenin planlanabilmesi için, ilk adım gelecekte beklenen yük gereksiniminin tahminidir. Tahminin doğruluğu, mevcut elektrik sisteminin kapasite artırımında belirleyici etken olduğu için oldukça önemlidir. Tahminin doğruluğu büyük oranda tahmin yapan kişinin metoduna bağlıdır. Bununla birlikte, çok iyi bir yöntem bile, gelecekteki talepleri tam anlamıyla tahmin edemeyebilir.

Pek çok tahmin metodu istatistiksel teknikleri, yapay sinir ağlarını, bulanık mantık veya

uzman sistemler¹ gibi yapay zeka algoritmalarını kullanır. Son kullanıcı ve ekonometrik yaklaşım metotları orta ve uzun dönem tahminde yaygın olarak kullanılır. Kısa dönem yük tahmini için, içerisinde benzer gün metodu, regresyon modelleri, zaman serileri, sinir ağları, istatistiksel öğrenme algoritmaları, bulanık mantık ve uzman sistemlerin bulunduğu çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler Bölüm 4'te verilmiştir.

Bu tezin kısımları kısaca aşağıdaki gibidir.

İkinci bölümde, Dünya'daki özelleştirme çalışmalarından örnekler verilerek İngiltere, İspanya ve Arjantin gibi ülkelerdeki elektrik ticareti ve yapılan düzenlemelerden bahsedilmiştir. Türkiye'deki elektrik enerjisi sektörünün gelişimi ve daha önceki özelleştirme çalışmalarından örnekler verilmiştir.

Üçüncü bölümde, enerji dağıtım sisteminin özelleştirilmesi kapsamında 21 Görev Bölgesine ayrılan illerimizden 12. Görev Bölgesi olarak adlandırılan; Çanakkale, Bursa, Balıkesir ve Yalova illerinin teknik yapısı, nüfus sayısı gelişimi ve elektrik enerjisi tüketimi miktarından bahsedilmiştir.

Dördüncü bölümde, kısa, orta ve uzun dönem yük tahmininde önemli olan faktörlerden bahsedilmiş, tüketici gruplarının özelliklerine göre yükler sınıflandırılmış ve yük değişimlerinin yapısına bağlı olarak tahmin metotlarına değinilmiştir.

Beşinci bölümde, çok değişkenli regresyon analizi yöntemi ve geri yayılım algoritması ile eğitilen ileri beslemeli yapay sinir ağı modelinin nasıl gerçekleştirildiği anlatılmış, sistem yapılarından bahsedilmiştir.

Altıncı bölümde, Türkiye ve 12. görev bölgesi'nin 2006-2010 yılları arası enerji tüketimi ve puant yük tahmini için kullanılan YSA ve regresyon analizi uygulaması test sonuçları ile hesaplanan hata oranları ve tahmin sonuçları verilmiştir.

¹ Belirli bir konudaki uzman bilgilerinin bilgisayar ortamına aktarılarak o uzmanın yerine gelmeyi hedefleyen kural tabanlı sistemdir.

2. DÜNYADA VE TÜRKİYE’DE ÖZELLEŞTİRME ÇALIŞMALARI

Ekonomik ve toplumsal kalkınmanın en önemli girdilerinden olan elektrik enerjisi 70’li yıllardan itibaren tüm dünya ülkelerinin gündemini ağırlıklı olarak işgal etmektedir. Dünya enerji sektöründe son yıllarda yaşanan gelişmeler incelenecek olursa;

- Başta enerji sektörü olmak üzere dünya ekonomileri arasında giderek artan global bağımlılık,
- Piyasaların hükümet müdahalelerinden ziyade piyasa dinamikleri tarafından yönlendirilmesi,
- Enerji ve çevre konularında artan hassasiyet,
- OECD (Organization for Economic Corparation and Development) dışı Asya ülkelerinin hızla büyüyen ekonomilerinin ve dünyanın diğer gelişmekte olan ülkelerinin global enerji talebi dağılımını değiştirmeye başlamalarıdır.

Gelişmiş ülkelerin sektör politikaları konusunda benimsedikleri prensipler, enerji güvenliği ve sürdürülebilir çevre kapsamında ekonomik kalkınma olarak belirlenmiştir. Bu kapsamda ana kriterler serbest ve açık piyasalar, müdahalesiz fiyatlar, enerjinin tasarruflu kullanımı, arz çeşitlendirmesi ve esnekliği olarak tespit edilmiştir.

Son dönemde gerek gelişmiş, gerekse gelişmekte olan ülkelerde, tasarruf, çevre ve güvenlik kavramlarının yanı sıra “özelleştirme ve yeniden yapılanma” enerji sektörlerinin gündemlerine ağırlıklı olarak girmektedir.

T.C. Başbakanlık Özelleştirme İdaresi Başkanlığı Elektrik Dağıtım İletim Hakkını devretmek üzere hazırladığı şartnamelerin giriş bölümündeki görüşü:

“Ülkemizin enerji politikası ana hatları ile enerji ihtiyacımızın; daha bol, daha kaliteli, daha temiz ve daha ucuz olarak sağlanması şeklinde belirlenmiştir.” şeklindedir.

Elektrik enerjisi bilindiği gibi, toplumsal refahın sağlanması için çok önemli bir araç

olmasının yanı sıra üretim faaliyetlerinin ana girdilerinden biri olarak, ekonomik ve sosyal kalkınmanın vazgeçilmez temel taşlarından biridir. Bu nedenle artan nüfus ve gelişen ekonominin elektrik enerjisi gereksinimlerinin sürekli, yeterli, güvenilir ve düşük maliyetle sağlanması büyük önem taşımaktadır.

Elektrik enerjisi, ekonomik kalkınmanın ve yaşamın vazgeçilmez girdisi ise de sağlanmasında ki güçlükler, gerektirdiği doğal ve finansal kaynaklar ve yarattığı çevre sorunları ile kalkınmayı engelleyici bir etken de olabilmektedir. Bu nedenle enerji planları yapılırken ve politikalar oluşturulurken uygun üretim ve tüketim yapısının belirlenmesi çok önemlidir.

2.1. Dünya’da Elektrik Enerjisi Özelleştirme Çalışmaları

Dünya’da elektrik kuruluşlarının yapısı ve mülkiyeti devlet tekelinden özel enerji kuruluşlarına kadar büyük değişiklikler göstermektedir (2).

Gelişmekte olan ülkelerdeki özelleştirme ve yeniden düzenleme bu ülkelerin endüstrileşmelerini ve nüfus artışlarını aşmıştır. Bu çoğunlukla yılda % 7 veya % 8 oranlarında ekonomik büyümeyi de beraberinde getirir. Bu da sonuçta enerji, ulaşım ve kamu hizmetleri alanlarında artan ihtiyaçları karşılayabilmek sorununu da beraberinde getirir. En büyük alt yapı hazırlığı sermayenin hareketlendirilmesidir. Özellikle bu ülkeler geleneksel olarak büyük tasarruf oranına sahiptir. Fakat gelişmemiş finansal pazar ve tasarruf araçları bu paraların ekonomiye yatırım olarak kazandırılmalarına yeterli olmaz. Bu yüzden ilk gereklilik pazarların ve tasarruf araçlarının yerel tasarrufları kendilerine çekebilmeleri için geliştirilmeleridir.

Gelişmekte olan bazı ön saftaki ekonomilerde görünür olan üç tür yaklaşımı ele alabiliriz (2):

- I. Bağımsız güç projelerinde yatırım (BGP’ler),
- II. Varolan devlet kontrolündeki enerji organizasyonlarında yeniden yapılanma,
- III. Devlet kontrolündeki kuruluşların özelleştirilmesi.

Bu ekonomilerde elektrik pazarının getirdiği rekabeti görmek normal değildir. Rekabet daha çok yeni BGP'ler yapmak ve işletme için veya zaten varolanların satımı için olacaktır. Yine de Amerika ya da Kanada gibi gelişmiş ülkelerdeki pazarların olgunluğuna sahip olmadan, elektrikte yeni ürün pazarlarının kurulması gerçekçi olmayacaktır. Örneğin, Hindistan'da üretilen enerjinin % 30'u çalınmaktadır. Para ödeyenler ise tamamıyla yapay sübvansé edilmiş fiyatlar üzerinden ödeme yapmaktadırlar. Sağlam bir fiyatlandırma tabanına dayanmayan yapay fiyatlarla bir pazar sistemi yürütülemez.

Güney Amerika'da görünüş biraz daha farklıdır. Şili, İngiltere ile birlikte halihazırda varolan mülklerin yeniden yapılandırma işine ciddi olarak giren ülkelerden biridir. Bunun amacı ise altyapı yatırımlarının yönetimini hükümet sorumluluğundan kurtarmaktır. Güney Amerika'da BGP'lerin geliştirilmesi alanında oldukça az faaliyet vardır, ama oldukça önemli miktarda yeniden yapılanma (üretimi, iletimi ve dağıtımı ayırma) sürdürülmektedir ve kamu finansal yükünü azaltmayı amaçlayan özelleştirme çalışmaları planladığı gibi devam etmektedir (2).

Dünya'da elektrik kuruluşlarının yapısı ve mülkiyeti devlet tekelinden, özel enerji kuruluşlarına kadar büyük değişiklikler göstermektedir. Fransa, İtalya ve İrlanda'da elektrik sektörü ağırlıklı olarak, devlete ait tekel niteliğindeki EDF, ENEL ve EBS şirketlerinde bulunmaktadır (2).

2.1.1. Geçiş döneminde olan ekonomiler

Eski sosyalist ülkeler, mevcut iktisadi devlet tekellerinin yol açtığı sorunlardan kurtulmak için serbest piyasa ekonomisine geçiş ve bu amaçla özelleştirmeye başvurmayı tercih etmişlerdir. Bu ülkelerde siyasi yapıdaki dönüşümün ekonomik yapıya yansımalarının ilk adımı devlet mülkiyetinde olan işletmelerin özelleştirilmesidir.

Geçiş ekonomileri terimi, merkezi planlamayı bırakarak, piyasa ekonomisi sistemini kurmaya çalışan eski sosyalist ülkeleri ifade etmek için kullanılmaktadır. Bu

ekonomilerin önemli bir özelliği uç noktada yapay fiyatlandırma'dır. Örneğin Moskova'da, SSCB'nin dağılmasından önce enerji kWh başına 0,1 cent olarak satılırdı, ve insanlar evlerinin ısısını pencereleri açıp-kapayarak ayarladığından bahsetmektedir. Dolayısı ile enerji ucuz olduğunda, enerjinin kullanımı için karmaşık işler yapmaya gerek yoktur. Açıkça o tür fiyatlandırma yapısında, yeni sermaye yatırımını çekmeye imkan yoktur. Çünkü verilen emeğin hakkı alınamaz. Bu gibi uygulamaların ardından ekonomik reform gerekir ve dışarıdan yatırım ihtiyacı doğar (3).

Polonya'da BGP'lerin dışarıdan yatırımlarını cesaretlendirecek bir yasal taban kurulmuştur ve onlar varolan kuruluşlar yeniden yapılandırılmış, halen iyi organize edilmiş ve düzenlenmiş bir şekilde özelleştirme çalışmalarına devam etmektedirler. Rusya Federasyonu'na bakıldığında, güç sektöründe çok az etkin bir faaliyet vardır, bu da yasal ve ticari altyapıda yapılacak değişikliklerin ciddiyetini göstermektedir. Yine de, özellikle yakıt ve havagazı sektöründe gözle görülür bir dışarıdan yatırım mevcuttur.

2.1.2. Gelişmiş ekonomiler

Gelişmiş Ekonomiler için görüntü oldukça farklıdır. Burada sürükleyici güçler altyapı sahipliğinin varolan finansal yükünün hükümet hesaplarına yansması ve ayrıca üretilecek mallarda ve finasta karmaşık ticari pazarların olmasıdır. Bütün girişimler üzerinde yeniden düzenlemenin mantıklı olduğuna dair artan bir kanı vardır. Ayrıca kaynağın güvenliğinin, merkezi planlamadan daha fazla çeşitlilikten elde edilebileceğine dair gelişen bir anlayışta (Fransa hariç) vardır.

Gelişmiş ekonomilerdeki yeniden yapılanmanın önemi artmaktadır. Bu ülkelerdeki yaklaşımların çoğunluğu, rekabeti arttırmaya ve müşterilerin artan ölçüde; seçmekte serbest olduğu pazarlar yaratmaya dayanmaktadır.

Japonya'da ülke ihtiyacının 2/3'ünü karşılayan 10 bölgesel kuruluş özel sektöre aittir.

Geriye kalan kısım kamuya ait 34 adet küçük üreticiler tarafından karşılanmaktadır. Diğer birkaç ülkedeki sektörün durumu aşağıda detaylı olarak verilmektedir.

2.1.3. Uygulamadan örnekler

İngiltere ve Galler'in yeni elektrik ticareti düzenlemeleri (NETA);

Zorunlu olan İngiltere ve Galler Havuzu'nun yerini oluşturan Yeni Elektrik Ticareti Düzenlemeleri (NETA), üreticiler, tedarikçiler, ticaretçiler ve müşteriler arasında ikili alışverişleri ve bir dengeleme mekanizmasını esas alır (2). Taraflar ikili anlaşmalar yaparlar ve uzun vadeli olarak üzerinde anlaşılmış miktarlarda bir eksiklik yada fazlalık olması durumunda, bu farklılıklar daha kısa vadeli olan bir piyasada düzeltilebilir. Gerçekleşen dengesizlik miktarı için, Dengeleme Mekanizması'nda belirlenen dengesizlik fiyatı üzerinden ödeme yapılır.

Yük Dağıtım katılımcıların sistem işletmecisine sunmuş oldukları fiziksel durum bildirimlerine göre kendiliklerinden devreye girerler. İSİ, kısa vadeli bir piyasa olan dengeleme mekanizmasını işletir.

Bütün nihai fiziksel durum bildirimleri “kapı kapanmasında²” (ilk başlarda ticaretin gerçekleşeceği zamanın ticaretten 3½ saat öncesi idi, fakat 28 Haziran 2002’de bu süre bir saate indirildi) İSİ’ye ulaştığında, dengeleme piyasası açılır. Dengeleme mekanizması, İSİ’nin işlettiği ve üreticilerin, tüketicilerin ve müşterilerin dahil olduğu birçok katılımcı tarafından verilen tekliflerin kabul edildiği kısa vadeli bir piyasadır. Hiçbir kullanıcının yük alma - yük atma teklifi vermesi zorunlu değildir. İSİ iletim sistemini kısa vadeli olarak dengeleyebilmek için kullanıcıların yükü ya da üretimi arttırmak veya azaltmak için verdikleri teklifleri alır. İSİ’nin ayrıca vadeli sözleşmelere ilişkin bir dengeleme görevi de bulunmaktadır (2).

² Kapı kapanmasından kasıt havuz sistemidir. Havuz sisteminde bir kullanıcının enerji talebinde yük tevzinin devreye girmesi gaz ile üretim yapan santrallerde 1 saat, termik santrallerde 5 saat, hidroelektrik santrallerde 5 dakika, kömür ve buhar ile çalışanlarda 3,5 saat sürebilir. 2002’den sonra enerji üretiminde ham madde olarak doğalgaz kullanımı oldukça artmıştır ve talep edilen yükün devreye girmesi 1 saat gibi bir sürü almaktadır (4).

İskandinav Havuzu (Nord Pool), fiziki ikili anlaşmalara imkan tanıyan bir tür gönüllü katılımlı veya net havuzdur (2). Elektrik, piyasa katılımcıları arasındaki ikili anlaşmalar çerçevesinde havuz üzerinden ya da havuz dışından alınıp satılabilir. Üreticiler, dağıtımıcılar, tedarikçiler, sanayi tüketicileri, ticaretçiler ve aracılar havuza katılabilirler. Beş iletim sistemi işletmecisi (Norveç, İsveç, Finlandiya ve Danimarka'da iki tane olmak üzere) ticareti kolaylaştırmak ve rekabeti teşvik etmek için işbirliği yapar (2).

Danimarka dışında, İskandinav elektrik piyasasında büyük nihai kullanıcılar tedarikçilerle sözleşmeler yaparlar. Aşağıdakiler yaygın olan sözleşme türleridir:

- Fiyatın kısa bir süre öncesinden yapılan bildirimle değiştirilebildiği sözleşmeler,
- Sabit fiyatlı sözleşmeler – bir veya iki yıllık,
- Spot fiyatı ve fiyat tavanı olmadan bir artış oranı içeren spot sözleşmeler,
- Spot fiyatı temel alan, bir artış oranı içeren ve fiyat tavanı olan sözleşmeler.

Şimdiki durumda, toplam yıllık İskandinav tüketiminin yaklaşık %30'u İskandinav Elektrik Borsası'nın spot piyasası üzerinden alınıp satılmaktadır (2). Mali sözleşmeler ticaretinin yıllık toplam 3500 kWh civarında olduğu tahmin edilmektedir.

İspanya'daki elektrik piyasası:

Mevcut yapıda İspanyol elektrik piyasasında iletim ve dağıtım şebekelerine üçüncü taraf erişimi düzenlemeye tabidir, tedarik ise serbestleştirilmiştir (2, 5, 6). Bu yapıda bağımsız piyasa işletmecisi Compania Operadora del Mercado Espanol de Electricidad (OMEL) ve bağımsız sistem işletmecisi REE'dir (2). OMEL spot ve vadeli piyasaların işleyişini denetler, sistem işletmecisi ile birlikte yük dağıtımını sırasını belirler ve uzlaştırma görevini yürütür. Sistem işletmecisi olan REE; iletim sisteminin idaresinden ve iletim şebekesinin gelişiminden ve takviye edilmesinden sorumludur (2).

Ticaret yapısı ikili anlaşmalar piyasası ve net/gönüllü havuzdan oluşur. Bu genel yapı içinde elektrik ticareti üç piyasa da yapılır. Bunlar: günlük, gün içi ve yan hizmetler piyasalarıdır.

Elektrik alımı için teklifler serbest tüketiciler, dağıtımıcılar ve tedarikçiler tarafından verilebilir. 50 MW altında üretim yapan üreticiler, kojenerasyon veya diğer elektrik dışı faaliyetler ile beraber elektrik üretimi yapan otoprodüktörler ve yenilenebilir enerji üreticilerinin havuz dışında ikili anlaşmalar ile ticaret yapabilmelerine izin verilir (2).

Emre amade olan tüm üretim üniteleri, günlük piyasada satıcı olarak aktif durumdadırlar, İkili anlaşmalar dışında, üretilen bütün elektriğin ticareti bu piyasa üzerinden yapılır.

Serbest tüketiciler:

- Elektriği doğrudan havuzdan alabilir,
- Herhangi bir üretici ya da tedarikçi ile ikili anlaşmalar yapabilir.

Arjantin elektrik piyasası;

Arjantin' de üretilen elektriğin yaklaşık %93 'ünün ticareti; Mercado Electrico Mayorista' tarafından (MEM) yapılmakta ve geri kalanı Patagonya sisteminden (%6) ve diğer küçük izole sistemlerden (% 1) alınıp-satılmaktadır (2, 7).

Piyasa ve sistem işletmecisi olan Compania Administradora del Mercado Mayorista Electrico S.A. (CAMMESA), MEM'i işletmektedir. CAMMESA'nın üç ana görevi vardır:

- Yük dağıtımını gerçekleştirmek,
- Sabit bedelleri tüm iletim maliyetlerini karşılayacak şekilde belirlemek,
- Yeterli yedek kapasite olmasını sağlamaktır.

Üreticiler, dağıtım şirketleri ve büyük tüketiciler, MEM' de elektrik alabilir/satabilirler. MEM' de elektrik ticareti için iki temel piyasa vardır:

- İkili anlaşmalar piyasası,
- Spot piyasa.

Sezonluk ve spot fiyatlar doğrudan toptan satış piyasasında belirlenir, anlaşmalarda yer alan fiyatlar ise toptan satış piyasasından dolaylı olarak etkilenir (2, 7). Üreticiler; dağıtım şirketleri ve büyük tüketicilerle, yük dağıtım programı, güç seviyeleri ve fiyatların taraflar arasında serbestçe müzakere edilerek oluşturulan ikili anlaşmalar imzalayabilirler (2, 7).

Bağımsız piyasa, bir tür net havuz şeklinde işler, fakat dağıtım şirketleri elektriği MEM'den, takip eden altı aylık "sezon"daki spot fiyatların tahminleri olan sezonluk fiyattan satın alır. Şirketlerin bu maliyetleri nihai tüketiciler için belirlenen tarifelerden karşılamalarına izin verilir (2, 7).

Arjantin sistemi fiyat teklifleri yerine, maliyet bildirimine esasına göre işlemektedir. Maliyet bildirimleri altı ay boyunca geçerlidir ve yakıt fiyatlarında beklenmedik dalgalanmalar olmadıkça değiştirilemez. Yakıt maliyeti bildirimleri doğrulamaya tabidir ve CAMMESA tarafından belirlenen referans fiyatının %115'ini aşamaz. CAMMESA, aylık olarak ayarlanabilecek olan referans fiyatlarını üretim tesisi türüne göre belirler (2, 7).

MEM'de uzlaştırma iki aşamalı bir süreçtir. İkili anlaşmalarla belirlenen miktarlar, üretim ve talep ölçümlerinden çıkarılır ve bu miktarların uzlaştırması ikili olarak yapılır. Geri kalan diğer farkların uzlaştırması ise havuz üzerinden yapılır. Anlaşma dahilinde olmayan miktarların büyük müşteriler ve üreticiler arasındaki uzlaştırması spot fiyattan, üreticiler ve dağıtım şirketleri arasındaki uzlaştırması ise sezonluk fiyattan yapılır ve bir uzlaştırma dönemine ait farkların uzlaştırması, bir sonraki döneme taşınır (2, 7).

2.2. Türkiye’de Elektrik Enerjisi Özelleştirmesinin Gelişimi

Elektrik enerjisi üretimi, iletimi ve dağıtımı sermayesi yoğun bir sektör olup, bilindiği üzere uzun yatırım sürelerine ihtiyaç göstermektedir. Ülkemizde 2014 yılı sonuna kadar yaklaşık 21213 MW’lık kapasitenin sisteme ilavesi gerektiği gözlenmektedir (8).

2.2.1. Enerji politikaları

Türkiye 70 milyonu aşan nüfusu ile gelişmekte olan bir ülkedir. 2004 yılı sonu itibarı ile kişi başına elektrik arzı ise 2079 kWh/kişi olarak ölçülmüştür (9). Türkiye altyapı

yatırımlarını tamamlayarak, ekonomik seviyesini gelişmiş ülkeler ile rekabet edebilecek bir düzeye çıkarma noktasındadır. Bu durum özellikle enerji talebinde hızlı bir artışı beraberinde getirmektedir.

Enerji, ekonomik ve sosyal kalkınma için temel girdilerden birisi durumundadır. Artan nüfus, şehirleşme, sanayileşme, teknolojinin yaygınlaşması ve refah artışına paralel olarak enerji tüketimi kaçınılmaz bir şekilde artmaktadır.

2004 yılında Türkiye, bugüne kadar kaydedilen en yüksek miktarda elektrik enerjisini ihraç etmiştir. 2004 yılında, % 67,5'lik kısmı Irak'a gerçekleştirilen elektrik enerjisi satışlarından oluşmak üzere toplam 1 milyar 107 milyon kWh'lık elektrik enerjisi, Irak'a ve Nahcivan'a ihraç edilmiştir. Elektrik enerjisi ithalatı ise Türkmenistan'dan yapılan 463 milyon kWh'lık elektrik enerjisinden ibarettir (10). Enerji sektöründe uygulanması benimsenen politikalar, sektörde liberalleşme, enerji güvenliği, çevrenin korunması ve tasarruf olarak özetlenebilir. Bu enerji politikalarının başlıca amaçları;

- Ekonomik ve sosyal kalkınmayı desteklemek için yeterli, güvenilir ve ekonomik enerji arzının sağlanması,
- Enerji arzının emniyetli olarak yapılması,
- Artan enerji talebinin karşılanması için gereken sermaye yatırımlarının teşvik edilmesidir.

Ayrıca enerjinin üretiminden tüketimine kadar her safhasında oluşturduğu ve ileride oluşturabileceği çevre kirliliği ve karbondioksit emisyonlar konusu bütün dünya ülkelerinde olduğu gibi, Türkiye enerji sektörünün de gündemine girmiş bulunmakta ve bu yönde önemli çabalar harcanmaktadır.

Türkiye, hidrolik ve linyit kaynakları açısından zengin ülkeler arasında sayılmaktadır (11). Bu kaynakların daha yüksek oranda değerlendirilmesine yönelik geliştirme programları çeşitli tedbirlerle desteklenmekte ve uygulama çalışmaları sürdürülmektedir.

Türkiye'nin enerji politikası ise; enerji ihtiyacının, amaçlanan ekonomik büyümeyi

gerçekleştirecek, zamanında yeterli güvenilir, ekonomik koşullarda ve çevresel etki de göz önüne alınarak, sosyal kalkınma hamlelerini destekleyecek ve yönlendirecek şekilde, sağlanması olarak benimsenmiştir.

Türkiye'nin enerji planlaması çalışmaları Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'na bu esaslar dahilinde kısa, orta ve uzun dönemli politika ve tedbirler dikkate alınmak suretiyle sürdürülmektedir. Bu çerçevede, yerli kaynakların mümkün olabildiğince hızlı bir şekilde devreye girebilmesi için devlet ve özel sektör ile yabancı sermayenin enerji alanında yatırımların artırılması amacıyla önemli çabalar harcanmaktadır. Özellikle enerji yatırımı ihtiyacının devlet dışı kaynaklardan da karşılanması için “Yap-İşlet-Devret”, “Yap-İşlet” ve “İşletme Hakkı Devri” gibi modeller geliştirilmiştir. 4.12.1984 tarihinde çıkartılan 3096 sayılı “Türkiye Elektrik Kurumu (TEAŞ, TEDAŞ) Dışındaki Kuruluşların Elektrik Üretimi, İletimi, Dağıtımı ve Ticareti ile Görevlendirilmesi” hakkındaki yasa ile “İşletme Hakkı Devri” modeli uygulanmaya konulmuş ve bu yasa gereği TEDAŞ müesseseleri, Şekil 3.1’de görüldüğü gibi, 21 görev bölgesine ayrılmıştır.

2.2.2. Elektrik enerjisi sektöründe özel sektörün yeri

1902 yılında Tarsus'ta Amerikalılar tarafından kendi ihtiyaçları için kurulup çalıştırılan 2 KW'lık bir jeneratörü hariç tutarsak (12), elektrik enerjisinin özel sektör tarafından üretilip dağıtılması hizmetleri, 10 Haziran 1910 tarihli “Menafı Umumiye ye Muteallik İmtiyaza Hakkında Yasa”ya (Toplum Yararına Ait İmtiyazlar'a) göre çıkarılan kararnameler ile özel şirketlere imtiyazlar verilmek suretiyle başlatılmıştır (12).

Bu yasanın ilk uygulaması olarak da, İstanbul'da elektrik enerjisinin üretimi ve dağıtımı hizmetlerini gerçekleştirmek için başlangıçta bir İngiliz, firmasına daha sonra da Ganz Anonim Elektrik Şirketi adında bir Macar firmasına 1 Ekim 1910 tarihinde 50 yıl süre ile imtiyaz verilmiştir. Bahse konu şirketin Silahtarağa Termik Santrali'ni işletmeye başlaması suretiyle İstanbul, elektrik enerjisini ilk kullanan şehir olmuştur. Bu santral Ganz A.Ş.'nin yine yabancı finansman kuruluşları ile ortak olarak kurduğu Osmanlı Anonim Elektrik Şirketi eliyle İstanbul'a 11 Şubat 1914 tarihinden itibaren elektrik satmaya başlamıştır (12).

Kayseri ve çevresindeki yerleşim birimleriyle bu bölgede kurulması düşünülen sanayi tesislerinin ihtiyacı olarak elektrik enerjisinin üretim, iletim, dağıtım ve ticaretini yapmak üzere 10 Haziran 1910 tarihli yasaya istinaden 18 Ağustos 1926 tarih ve 4022 sayılı Kararname ile verilen izin ile 11 Ekim 1926 tarihinde zamanın Bayındırlık Bakanlığı ile Kayseri ve Civarı Elektrik T.A.Ş. arasında imtiyaz sözleşmesi ve eki Fenni Şartname imzalanmıştır (12).

Daha sonra kamu sektörünün yapılanması amacıyla 1935 yılında Elektrik İşleri Etüt İdaresi ve Eti Bank, 1945 yılında İller Bankası, 1954 yılında ise Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü elektrik enerjisi sektöründe görev üstlenmişlerdir. Bu arada çeşitli belediyeler kendi bölgeleri için elektrik enerjisi üretim ve dağıtım işine girmişlerdir (12).

1953 yılında Çukurova Elektrik A.Ş., 1956 yılında da Kepez ve Antalya Havalisi Elektrik Santralleri A.Ş. kurulmuştur. 1953 yılında kurulan Ege Elektrik A.Ş. ise başarılı olmadığı için tasfiye olmuştur (12).

1960'lı yıllarda elektrik enerjisi sektöründe çok değişik ilgi odakları ve çok yaygın bir yapı mevcut olmuştur. Bu dönemde Dünya Bankası'nın başlattığı yoğun telkinler sonucunda elektrik enerjisi hizmetlerinin tek bir elden yürütülmesi görüşleri ağırlık kazanmaya başlamıştır (12).

15 Temmuz 1970 tarihinde, de bugünkü "Türkiye Elektrik Kurumu" 1312 sayılı yasa ile kurulmuş, Elektrik enerjisinin üretimi-iletimi-dağıtımı ve satışı ile ilgili tüm yetki (mevcut imtiyazlı şirketlerin imtiyaz hakları ve belediyelerin dağıtım hakları saklı kalmak kaydıyla) TEK'te toplanmıştır. Böylece TEK elektrik sektöründe bir ölçüde tekelleşme durumuna gelmiştir (12).

Çukurova Elektrik A.Ş. (Çeas):

Seyhan Barajı'nın finansmanın sağlanmasında Uluslararası İmar ve Kalkınma Bankası'ndan (IBRD), kredi kullanılması için 18 Haziran 1952 tarihinde yapılan anlaşma,

5977 sayılı kanun ile onaylanarak bu anlaşmanın koşullarından biri olan ÇEAŞ' in kuruluşu bir kanun hükmü haline gelmiştir (11, 13).

Şirket kuruluşunu takiben, 25 Haziran 1953 gün ve 1017 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile Bayındırlık Bakanlığı tarafından inşa edilen Seyhan Barajı ve Hidroelektrik Santrali'nden elektrik enerjisi üretimi ve bu enerjinin Seyhan-İçel vilayetleriyle diğer yerlere nakli ve gücü 500 kW saati geçen sanayi kuruluşlarına toptan satış imtiyazı 49 yıl için verilmiştir. Daha sonra Devlet ile Şirket arasında bir sözleşme yapılarak Seyhan tesisleri şirkete devredilmiştir (11, 13).

18 Nisan 1988 tarihinde TEK ile ÇEAŞ arasında imzalanan protokolde şirkete %5 civarında net gelir sağlayacak şekilde bir alışveriş tarifiesi ve indirim yüzdesi saptanmıştır. ÇEAŞ' in başvurusu üzerine 26 Eylül 1988 gün ve 88/13314 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı çıkartılmış ve 19 Ekim 1988 tarihinde görev sözleşmesi imzalanarak bölgesinde 70 yıl süre ile görevli şirkete dönüşmüş, ancak sözleşme gereği olan 1 yıl içinde dağıtım hizmetlerini devir alamamıştır (11, 13).

12 Haziran 2003 tarihi 2003/5712 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile şirketin sözleşmesi yürürlükten kaldırılmıştır. E.T.K.B.' nin 16 Haziran 2003 tarih 93887 sayılı yazısına istinaden görev bölgesindeki dağıtım hizmetleri TEDAŞ' a devredilmiştir (11, 13).

Kepez Ve Antalya Elektrik Santralleri A.Ş. (Kepez)

Antalya Kepez Mevkiinde bir HES kurulması enerji üretilmesi bunun tüketim merkezlerine iletimi ve toptan satışına dair imtiyaz mukavelesi devlet adına zamanın Bayındırlık Bakanlığı ve KEPEZ arasında imzalanarak, 18 Eylül 1956 tarih ve 6410 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanmıştır (11, 13). Söz konusu imtiyaz müddeti mukavelelerin imza tarihinden itibaren 60 yıldır (11).

Ancak TEK Dışındaki Kuruluşların Elektrik Enerjisi Üretimi, İletimi, Dağıtımı ve Ticareti ile Görevlendirilmesi hakkındaki 3096 sayılı kanunun 3. ve geçici 2. maddeleri

ve Bakanlar Kurulu'nun 7 Ekim 1988 tarih ve 88/13344 sayılı kararı gereğince Antalya ilinin tamamı ile, eklenen Burdur ile bucak ilçesine Karacaören köyü ve civarında yer alan Karacaören I Baraj ve HES ile ilgili tesisler, göl alanı, yine Burdur ili Bucak ilçesine bağlı Kargı ve Çobanpınarı köyleri hudutlar içerisinde yer alan Karacaören II ve III Baraj ve HES' in ilgili tesisleri ve göl alanları sınırları içerisinde kalan görev bölgesinde KEPEZ' in Görevli Şirket olması hususunda ETKB ile adı geçen şirket arasında 19 Ekim 1988 tarihinde 70 yıllığına Görev Şirketi Antlaşması imzalanmıştır (11, 13).

12 Haziran 2003 tarihi 2003/5712 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile şirketin sözleşmesi yürürlükten kaldırılmıştır. E.T.K.B.' nin 16 Haziran 2003 tarih 93887 sayılı yazısına istinaden görev bölgesindeki dağıtım hizmetleri TEDAŞ' a devredilmiştir (11, 13).

Kayseri Ve Civarı Elektrik T.A.Ş.

Kayseri ve Civarı Elektrik T.A.Ş., 1926 yılında, Bünyan'da Sarımsaklı Suyu üzerinde 2x400 kVA kapasiteli bir hidroelektrik santrali (HES) tesis etmek suretiyle elektrik enerjisini Kayseri, Bünyan ve Talas' ta halkın hizmetine sunmuştur. Bu projede santralin elektro mekanik teçhizatı için Çekoslovakya ile enerji nakil hatları ve indirici trafo merkezleri için de Almanya ile işbirliği yapılmıştır (14).

Bünyan HES' in 2x400 kVA' lık gücü ihtiyaca kafi gelmediği için 1943 yılında, santrale 900 kVA' lık bir gurup daha ilave edilmek suretiyle 1952-1953 yıllarına kadar gelinmiştir. İlave edilen yeni ünitenin kapasitesinin de ihtiyaca kafi gelmediği için yeni bir dizel santral kurulmak suretiyle şehrin ve çevrenin ihtiyacı karşılanmıştır (14).

TEK yasası ile elektrik enerjisi üretim, iletim ve dağıtım tekeli bu kuruluşa verilince Şirketin artan ihtiyaca paralel olarak üretim kapasitesini arttırabilmek için imtiyaz süresinin uzatılması yolunda ETKB' ye yaptığı çeşitli başvurular TEK yasasının geçici 6. Maddesinin “İmtiyazlı şirketlerin imtiyaz sürelerinin herhangi bir surette sona ermesi halinde imtiyaz hak ve yükümlülükleri ile birlikte tesisleri TEK' e geçer” hükmü nedeni

ile kabul edilememiştir. KEAŞ' nin sahip olduğu 50 yıllık imtiyaz süresinin sona ermesinden dolayı 1 Kasım 1982 tarihinde o güne kadar meydana getirilmiş tüm tesisler ile ilgili yasa gereği bedelsiz olarak TEK' e devredilmiştir. Daha sonra KEAŞ 3096 sayılı kanun kapsamında Görevli Şirket statüsünü almıştır (14).

Aktaş Elektrik T.A.Ş.

1984 yılında çıkarılan 3096 sayılı görev şirketleri hakkındaki yasa uyarınca İstanbul Elektrik Dağıtım Müessesesi'nin faaliyet alanı içindeki İstanbul Anadolu Yakası'nın İşletme hakkı 1990 yılında, Aktaş Elektrik Ticaret A.Ş.'ye devredilmiştir (15).

Danıştay 10. Dairesi, İstanbul Anadolu Yakasında Elektrik dağıtım hizmetini yürüten Aktaş Elektrik A.Ş.'nin TEDAŞ ile imzaladığı imtiyaz sözleşmesini, kamu yararına aykırı bularak iptal etmiş, Bakanlar Kurulu da iptal kararı üzerine, Anadolu Yakasındaki elektrik dağıtım görevini Aktaş Elektrik A.Ş.'den alarak 02 Nisan 2002 tarihinden itibaren TEDAŞ Anadolu Yakası Elektrik Dağıtım İşletmesi Koordinatörlüğü'ne devretmiştir (15).

1991 yılı itibari ile yaptığı yatırımların tutarı 26 bin dolar olan Aktaş Elektrik 2001 yılına kadar toplam 180 bin dolarlık yatırım yapmıştır. 1990 dan bu yana 800000 olan abone sayısı 2001 yılında 1617225 ulaşmıştır. Yine 2001 yılı sonu itibari ile kurulu gücü 3101 MVA ve puant gücü 1181 MW değerlerine ulaşmıştır (15).

2.2.3. 2003-2004 Yılları arasında gerçekleşen elektrik enerjisi üretim değerleri

2003 yılı için hazırlanan üretim programında Türkiye toplam elektrik üretiminin 139,2 milyar kWh seviyelerinde olacağı ve buna göre elektrik enerjisi tüketiminin de 142,5 milyar kWh olacağı tahmin edilmiş olup, 2003 yılı elektrik enerjisi tüketimi bir önceki yıla göre yaklaşık %6,5 artış ile 141,2 milyar kWh olarak gerçekleşmiştir. 2003 yılı sonu itibariyle Türkiye toplam kurulu gücü 35587 MW olup, bu gücün Kuruluşlara dağılımı

Çizelge 2.1’de gösterilmektedir (8).

2004 yılı sonu itibariyle, 151,9 milyar kWh olarak tahmin edilen toplam elektrik üretimi bir önceki yıla göre %6,6 artış ile 149,9 milyar kWh, 151 milyar kWh olarak tahmin edilen elektrik enerjisi tüketimi de bir önceki yıla göre %5,7 artış ile 149,3 milyar kWh olarak gerçekleşmiştir. 2004 yılı sonu itibariyle Türkiye toplam kurulu gücü 36821 MW olup, bu gücün kuruluşlara dağılımı Çizelge 2.2’de gösterilmektedir (8).

Çizelge 2.1. 2003 Yılı kurulu güç dağılımı (38).

KURULUŞLAR		KURULU GÜÇ MW	TOPLAM GÜÇ MW
EÜAŞ SANTRALLARI	TERMİK	6969,1	17959,3
	HİDROLİK	10990,2	
EÜAŞ'A BAĞLI ORTAKLIK SANTRALLARI	TERMİK	2154	2154
ÖZELLEŞTİRME KAPSAM ve PROGRAM. SANTRALLAR	TERMİK	1680	1680
İŞLETME HAKKI DEVREDİLEN SANTRALLAR	TERMİK	620	650,1
	HİDROLİK	30,1	
MOBİL SANTRALLAR	TERMİK	795,5	795,5
YAP İŞLET SANTRALLARI	TERMİK	5303,8	5303,8
YAP İŞLET DEVRET SANTRALLARI	TERMİK	1449,6	2349
	RÜZGAR	17,4	
	HİDROLİK	882	
SERBEST ÜRETİM ŞİRKET SANTRALLARI	TERMİK	116,9	153,5
	HİDROLİK	36,6	
OTOPRODÜKTÖR SANTRALLAR	TERMİK	3900,5	4541,8
	RÜZGAR	1,5	
	HİDROLİK	639,8	
TÜRKİYE TOPLAM KURULU GÜÇ	TERMİK	22989,4	35587
	RÜZGAR	18,9	
	HİDROLİK	12578,7	

Çizelge 2.2. 2004 Yılı kurulu güç dağılımı (8).

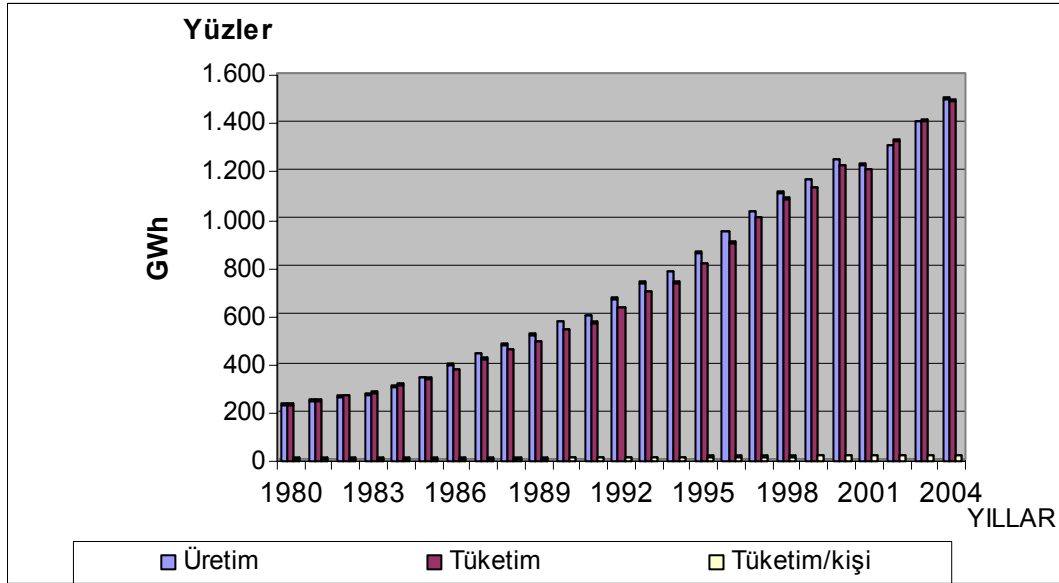
KURULUŞLAR		KURULU GÜÇ MW	TOPLAM GÜÇ MW
EÜAŞ SANTRALLARI	TERMİK	6960,9	17955,6
	HİDROLİK	10994,7	
EÜAŞ'A BAĞLI ORTAKLIK SANTRALLARI	TERMİK	2154	2154
ÖZELLEŞTİRME KAPSAM ve PROGRAM. SANTRALLAR	TERMİK	1680	1680
İŞLETME HAKKI DEVREDİLEN SANTRALLAR	TERMİK	620	650,1
	HİDROLİK	30,1	
MOBİL SANTRALLAR	TERMİK	780,2	780,2
YAP İŞLET SANTRALLARI	TERMİK	6101,8	6101,8
YAP İŞLET DEVRET SANTRALLARI	TERMİK	1449,6	2349
	RÜZGAR	17,4	
	HİDROLİK	882	
SERBEST ÜRETİM ŞİRKET SANTRALLARI	TERMİK	649,8	734,9
	HİDROLİK	85,1	
OTOPRODÜKTÖR SANTRALLAR	TERMİK	3761,1	4416,1
	RÜZGAR	1,5	
	HİDROLİK	653,5	
TÜRKİYE TOPLAM KURULU GÜÇ	TERMİK	24157,4	36821,7
	RÜZGAR	18,9	
	HİDROLİK	12645,4	

2.2.4. Yıllara göre elektrik enerjisi tüketim değerleri

Çizelge 2.3 ve Şekil 2.4’de görüldüğü gibi 1980 yılından itibaren son 24 yılın Türkiye elektrik enerjisi tüketim değerlerine baktığımızda brüt tüketimin 23223 GWh’den 149239 GWh’e, kayıpların ise brüt tüketimin % 5,2’si düzeyinden %1,7’ler düzeyine düştüğünü görüyoruz. Kişi başına brüt elektrik enerjisi tüketimi ise 1980 yılındaki 523 kWh değerinden 2004 yılı sonunda 2079 kWh seviyesine yükselmiştir.

Çizelge 2.3. Türkiye elektrik enerjisi tüketiminin yıllar itibariyle gelişimi (8-16).

YILLAR	BRÜT ÜRETİM		BRÜT TÜKETİM		İLETİM KAYBI		İTHALAT	İHRACAT	Brüt Tüketim / kişi		NÜFUS *1000
	TOPLAM	ARTIŞ	TOPLAM	ARTIŞ					TOPLAM	ARTIŞ	
	(GWh)	(%)	(GWh)	(%)	(GWh)	(%)	(GWh)	(GWh)	(kWh)	(%)	kişi
1980	23275	-	23223	-	1199,5	5,2	1341,2	-	523	0	44438
1981	24673	6,0	24961	7,5	1150,5	4,7	1616,1	-	548	4,9	45540
1982	26552	7,6	26904	7,8	1397,0	5,3	1773,4	-	576	5,1	46688
1983	27347	3,0	27887	3,7	1544,0	5,6	2220,8	-	585	1,5	47664
1984	30614	11,9	31376	12,5	1577,4	5,2	2653,0	-	639	9,3	49070
1985	34219	11,8	34055	8,5	1611,4	4,7	2142,4	-	677	5,9	50306
1986	39695	16,0	37656	10,6	1344,3	3,4	776,6	-	732	8,2	51433
1987	44353	11,7	42317	12,4	1627,4	3,7	572,1	-	805	10,0	52561
1988	48049	8,3	46030	8,8	2016,6	4,2	381,2	-	857	6,4	53715
1989	52043	8,3	49367	7,3	1544,0	3,0	558,5	-	899	4,9	54893
1990	57543	10,6	54407	10,2	1787,2	3,1	175,5	906,8	963	7,1	56473
1991	60246	4,7	57351	5,4	1437,8	2,4	759,4	506,4	1001	3,9	57305
1992	67342	11,8	63294	10,4	1342,9	2,0	188,8	314,2	1084	8,3	58401
1993	73808	9,6	70077	10,7	1634,9	2,2	212,9	588,7	1178	8,7	59491
1994	78322	6,1	73814	5,3	1800,3	2,3	31,4	570,1	1219	3,4	60576
1995	86247	10,1	81859	10,9	2034,9	2,4	0,0	695,9	1328	9,0	61644
1996	94862	10,0	90355	10,4	2461,7	2,6	270,1	343,1	1441	8,5	62697
1997	103296	8,9	100738	11,5	2935,5	2,8	2492,3	271,0	1602	11,2	62866
1998	111022	7,5	108798	8,0	3337,1	3,0	3298,5	298,2	1715	7,0	63451
1999	116440	4,9	113032	3,9	2985,1	2,6	2330,3	285,3	1756	2,4	64385
2000	124922	7,3	122489	8,4	3182,0	2,5	3791,3	437,3	1807	2,9	67803
2001	122725	-1,8	120831	-1,4	3374,4	2,7	4579,4	432,0	1761	-2,5	68618
2002	130600	6,4	132520	9,7	2658,0	2,0	3588,1	435,1	1900	7,9	69757
2003	140580	12,5	141151	15,2	2405,0	1,7	1158,0	587,6	1996	10,5	70712
2004	149982	22,2	149239	23,5	2554,0	1,7	462,8	1104,8	2079	18,1	71789



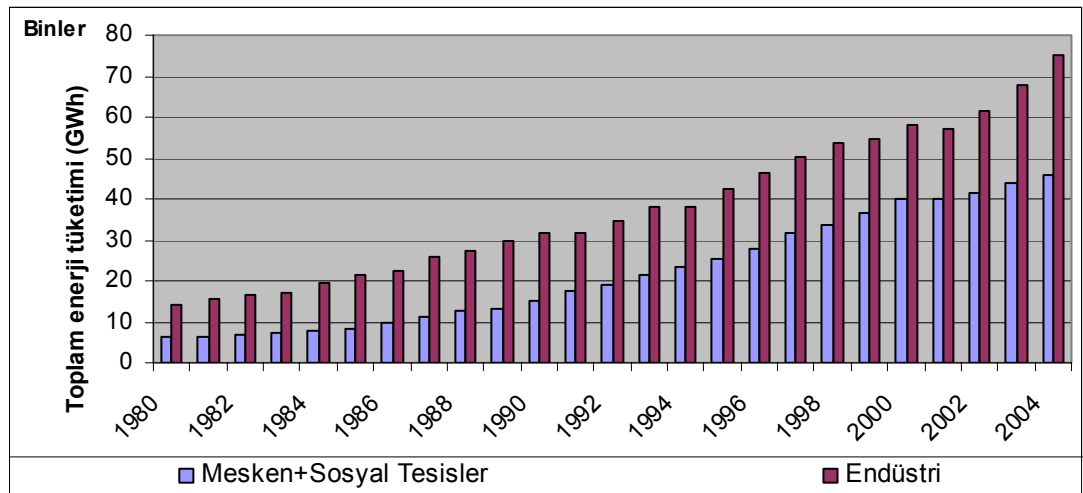
Şekil 2.4. Enerji üretim, tüketim ve kişi başı tüketim değerleri arasındaki oran.

2.2.5. Sektörlere göre elektrik enerjisi tüketimi

Çizelge 2.4 ve Şekil 2.5’de görüldüğü gibi 1980 yılından itibaren son 24 yılın Türkiye elektrik enerjisi tüketim değerlerine sektörler bazında baktığımızda mesken ve sosyal hizmetler elektrik enerjisi kullanım artışının sanayi ve ticaret sektöründeki kullanımının artışından 1,4 kat daha fazla olduğunu görüyoruz. 24 yıl içerisinde, 6243 GWh’ den 45918 GWh tüketim değerlerine varan mesken kullanımı % 735 artış gösterirken buna karşılık, sanayi ve ticaret sektöründe elektrik enerjisi tüketimi 14155 GWh’ den 75221 GWh’ e ulaşmış ve 1980 den bu yana % 531 artış göstermiştir.

Çizelge 2.4. Sektörlere göre elektrik enerjisi tüketimi (16).

YILAR	Mesken	Resmi Daire	Genel Aydınl.	Diğer Servis	Toplam	Sanayi	Ticaret	Toplam	Toplam Tüketimi
	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)
1980	3499	609	290	1845	6243	13008	1147	14155	20398
1981	3665	638	298	1965	6566	14206	1257	15463	22029
1982	3846	596	309	2262	7013	15198	1376	16574	23587
1983	4024	687	296	2482	7489	15576	1400	16976	24465
1984	4304	767	331	2636	8038	18027	1570	19597	27635
1985	4979	892	407	2203	8481	19608	1621	21229	29710
1986	5662	1036	666	2280	9644	20886	1680	22566	32210
1987	6506	1169	786	2615	11076	23873	1748	25621	36697
1988	7612	1269	815	2786	12482	25258	1981	27239	39721
1989	8264	1278	916	2759	13217	27603	2300	29903	43120
1990	9060	1463	1231	3296	15050	29212	2558	31770	46820
1991	10833	1864	1418	3602	17717	28512	3054	31566	49283
1992	11482	2009	1860	3829	19180	31536	3270	34806	53986
1993	12559	2266	2307	4252	21384	34247	3605	37852	59236
1994	13450	3315	2502	4291	23558	34138	3705	37843	61401
1995	14492	3012	3106	4581	25191	38007	4195	42202	67393
1996	16394	3003	3085	5296	27778	40638	5741	46379	74157
1997	18514	3803	3310	5913	31540	43491	6852	50343	81883
1998	20034	4272	3691	5835	33832	46139	7734	53873	87705
1999	22584	3775	4185	5969	36513	46480	8208	54688	91201
2000	23888	4108	4558	7561	40115	48842	9339	58181	98296
2001	23557	4370	4888	7358	40173	46989	9907	56896	97069
2002	23559	4580	5103	8347	41589	50489	10867	61356	102945
2003	25194	4554	4974	9071	43793	55099	12871	67970	111763
2004	27619	4530	4432	9337	45918	59565	15656	75221	121139



Şekil 2.5. Endüstri, mesken ve sosyal hizmetler enerji tüketim eğrisi.

3. ANALİZİ YAPILAN 12 NOLU GÖREV BÖLGESİ'NİN İNCELENMESİ

4628 sayılı, 2001 Mart ayında yürürlüğe girmiş olan Elektrik Piyasası Kanunu'nun (EPK) amacı; elektriğin yeterli, kaliteli, sürekli, düşük maliyetli ve çevreyle uyumlu bir şekilde tüketicilerin kullanımına sunulması için, rekabet ortamında özel hukuk hükümlerine göre faaliyet gösterebilecek, mali açıdan güçlü, istikrarlı bir elektrik enerjisi piyasasının oluşturulması ve bu piyasada bağımsız bir düzenleme ve denetiminin sağlanmasıdır (17).

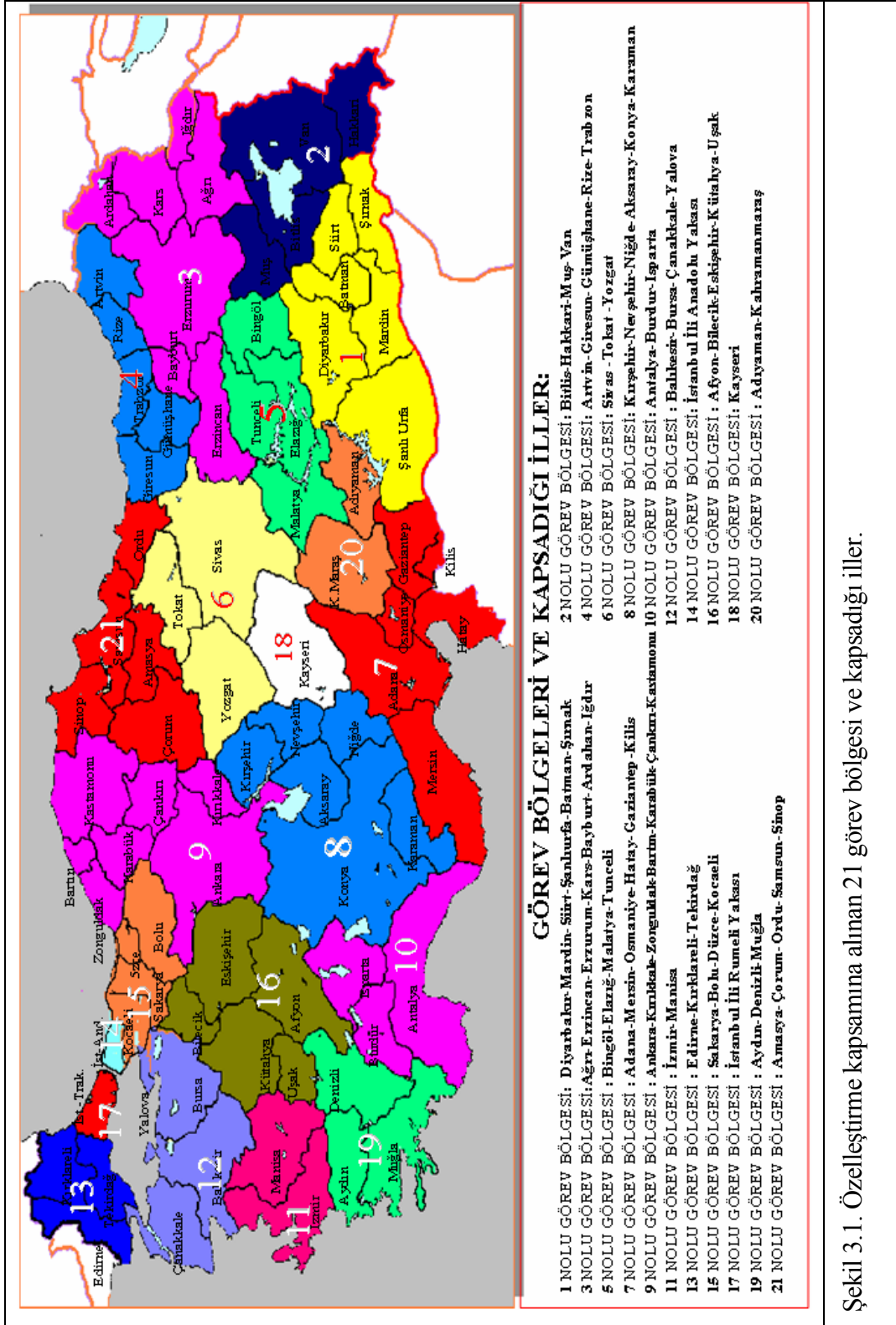
Bu piyasanın oluşturulması esnasında Enerji Dağıtım prosedürleri ve hatları görev bölgelerine ayrılmıştır. Bu bölgeler ve kapsadıkları iller Şekil 3.1'de ki gibi görülmektedir.

Halen özelleştirme çalışmalarında öncelik verilmiş dört pilot bölgemiz aşağıdadır.

- 12 Nolu Görev Bölgesi: Balıkesir, Çanakkale, Bursa, Yalova
- 13 Nolu Görev Bölgesi: Edirne, Kırklareli, Tekirdağ
- 14 Nolu Görev Bölgesi: İstanbul Anadolu Yakası
- 17 Nolu Görev Bölgesi: İstanbul Rumeli Yakası

Özelleştirme kapsamında, görev bölgelerinden herhangi birine talip olan işletmenin; talip olunan bölgedeki enerji dağıtım sistemi ile ilgili teknik, mali ve hukuki konuları içeren çok ayrıntılı bir çalışma yapması ve bu yapılan çalışma üzerinde matematiksel metotlar kullanarak gelecek yılların projeksiyonlarını çıkartması gerekmektedir. Bu yeni kurulması düşünülen özel teşekküllü işletmenin devamının sağlanması için yapılması gereken bir çalışmadır. Gelecekte karşılaşılabilecek veriler maksimum düzeyde önceden tahmin edilebilir olmalıdır ki, yeni kurulacak şirket işletme hakkını aldığı bölgeye kesintisiz, kaliteli enerji verebilmesi sağlanmalıdır.

Bu çalışmada 12 numaralı görev bölgesini inceleyip ve dört ilimizi kapsayan bu bölgenin enerji dağıtım sistemi açısından kısa bir fizibilitesini yapacak ve sonra matematiksel modeller ile puant yük ve enerji tüketimi tahminleri ve çıktıları elde edip ileriye yönelik projeksiyonu çıkarılacaktır.



3.1. 12. Görev Bölgesinin Tanıtımı

Özelleştirme kapsamında enerji dağıtım tesisinin işletme hakkını olacak olan şirket, işletmenin aşağıda belirtilen yükümlülüklerini alacaktır. Bu nedenle 12. Görev Bölgesine talip olacak işletme ;

- Çanakkale, Bursa, Balıkesir, Yalova illerinin teknik projelerinin hazırlanmasını,
 - Teknik ve teknik olmayan kayıpların analizini,
 - Kayıpların azaltılma programı,
 - Bakım onarım ve işletmenin devamlılığı ile planlamaları,
 - Müşteri yönetimi planlamalarını,
 - İş barışını esas alarak, personel organizasyonu, iş tanımlamaları, çalışma yönetmelikleri ve yönergeleri,
 - İşletme yatırım programlarının gerçekleştirme planlarını,
 - Çevre ile dost olacak uygulama planlarını,
 - Elektrik enerjisi dağıtımında toplam kalite planlamalarını,
- Gerçekleştirmekle yükümlüdür (12).

Hizmetin özel sektöre devri ile Bakanlık ve TEDAŞ, işletmeciyi daha yakından denetleyebileceklerdir. Akılcı uygulama ve denetleme mekanizması ile çok olumlu sonuçlar elde edilebileceği tahmin edilmektedir.

İşletmenin bu görevi üstlenmesindeki ana amaç; bilgi, deneyim ve finansal gücünü kullanarak, ülkemizin enerji politikasına, sürekli, daha kaliteli, daha temiz ve daha ekonomik, tüketicinin yakın dostu olarak ve sosyal dengeler içinde elektrik enerjisi dağıtımını gerçekleştirmektir (12). Bu önemli başarı elde edildiğinde; dağıtımda özelleştirme politikasının rayına oturması ve ülke ekonomisinin çok önemli bir atılım yapabileceği düşünülmektedir.

Bu olumlu sonucu elde edebilmek için mevcut durumu analiz etmek, işletme plan ve programını bu sistemin iyileştirilmesi esasına göre düzenlemek gerekir.

3.2. Görev Bölgesinin Hukuki Durumu

3.2.1. Balıkesir - Çanakkale

1991 yılında ETKB teklifi ile; Balıkesir ili 11. Bölge olarak 3096 sayılı kanunun 3.maddesine göre 9 Ekim 1991 tarih ve 91/2325 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile BEST A.Ş. görevlendirilmiştir. Bu görevlendirme kararının 13 Kasım 1996 tarih ve 1996/8811 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile iptal edilmesi sonucunda; 03 Nisan 1997 tarihinde ETKB tarafından yapılan ihalede Çanakkale-Balıkesir illeri 5. Görev Bölgesi olarak ihaleye çıkarılmış ve KORONA firmasının teklifinin uygun olduğu açıklanmıştır. Ancak BEST A.Ş. şirketinin dava açması sonucunda Danıştay 10. Dairesi şirketi haklı bulmuş ve Balıkesir iline ait BEST AŞ'nin yürürlükte kalan 9 Ekim 1991 tarih ve 91/2325 sayılı Bakanlar Kurulu Kararına istinaden, 14 Eylül 2000 tarih ve 2000/1404 sayılı Yönetmelik ile Balıkesir ili 32. Bölge olarak ayrılmıştır. ETKB tarafından yargı kararına uygun olarak 11 Kasım 2000 tarihinde BEST A.Ş.'den BALIKESİR ili için Fizibilite Raporu alınmış olup, Bakanlıkça incelenmesine rağmen sözleşme imzalanmamıştır (11, 18).

3.2.2. Bursa – Yalova

03 Nisan 1997 tarihinde ETKB tarafından yapılan ihalede BURYAL firması 31 Mart 1998 tarih ve 1998/11159 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile görevlendirilmiş olup ETKB ile Şirket arasında 26 Ekim 1999 tarihinde İmtiyaz sözleşmesi imzalanmıştır. Daha sonra, gerçek kişilerin Danıştay'a açtığı dava sonucunda 31 Mart 1998 tarih ve 1998/11159 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile iptal edilmiştir (11).

3.3. Görev Bölgesinin Teknik Yapısı

Çanakkale ve Balıkesir ilinin dağıtım sisteminde kullanılan 34,5-15,8-6,3 kV olmak üzere üç değişik gerilim seviyesi bulunmaktadır. Elektriksel yükün büyük ve yoğun olduğu imarlı ve yerleşik bölgelerde indirici merkezlerde 34,5 kV'a düşürülen gerilim, fiderler ile şehrin muhtelif noktalarındaki yük merkezlerine iletilmekte ve tali merkez adı verilen yerlerde ikinci bir gerilim transformasyonu ile 15 ve 6,3 kV gerilimlerden birine

indirilmektedir. Alt gerilim seviyesindeki fiderlerle de dağıtım transformatörleri beslenmektedir. Büyük noktasal yüklerde ise doğrudan 34,5 kV'tan 0,4 kV'a indirmek yapılan standart bir uygulamadır. 34,5 kV'luk sistem genelde açık ring işletme için tasarlanmış olup, alt gerilim seviyesindeki durum, beslenen yüklerin önemine göre, yine açık ring yada radyal³ şebeke olabilmektedir (11, 16, 19) .

Mevcut sistemde 34,5 kV, bir çeşit alt iletim görevini görmektedir. 34,5 kV'luk fiderlerin her iki ucunda kesiciler bulunmakta, transformatörler de yine kesici ve röleler ile korunmaktadır (19).

Dağıtım transformatörlerinin genellikle bağlı olduğu alt OG seviyesinde ise, fider çıkışlarında kesici, diğer noktalarda (dağıtım transformatör merkezlerinde ve manevra kabinlerinde) adi ayırıcılar bulunmaktadır. Transformatörler ise, güçlerine göre kesici-röle veya sigortalarla korunmaktadır. Son yıllarda transformatör merkezleri şalt cihazlarının SF6 gazlı RMU'larla (ring-main-unit) değiştirilmesine başlanmıştır. Yalnız şu andaki kullanım biçimi ile RMU'lar elle açılıp kapanabilen üç adet yük ayırıcısından farklı değildir ve bunların elle kumandaları ileride olacak otomasyon aşamaları için büyük bir zorluk oluşturmaktadır (16, 19).

Küçük şehir, kasaba ve kırsal alanlarda TEDAŞ'ca kullanılan standart gerilim seviyesi ise 34,5 kV'tur. Buralarda yapılan uygulamalarda 154/34,5 kV'luk indirici merkezlerden gelen fiderler bir ayırıcı merkeze girmekte ve buradan çıkan 34,5 kV'luk kollarla dağıtım transformatörleri beslenmektedir (16). Büyük şehir şebekelerinden en büyük farklılık buralarda ikinci bir alt gerilim seviyesinin bulunmaması, dolayısı ile 34,5 kV'un hem alt iletim (indirici merkez-ayırıcı merkez) hem de dağıtım görevini üstlenmesidir. Şalt teçhizatı da büyük şehirlerdeki durumun aynısıdır, yani alt iletim kesici ve röleler ile korunurken, dağıtım fiderlerinde hat başı kesicileri ve ayırıcıları bulunmaktadır (16, 19).

Enerji taşıma ortamında bir farklılık genelde gözlenmekte olup, büyük şehirlerde çoğunlukla yer altı kabloları kullanılmaktadır ve havai hatlar istisna oluşturmaktadır. Şehir

³ Elektrik enerjisi iletim ve dağıtım şebekeleri yapısına göre sınıflandırılır. Bunlar, Açık (dalbudak = radyal) şebeke veya Kapalı (ring ve gözlü) şebeke olarak adlandırılır (40).

dışında ve küçük yerleşim yerlerinde genellikle havai hat kullanılmakta, çok büyük zorunluluk olmadıkça yer altı kablolarından kaçınılmaktadır. Dolayısıyla, arıza tespiti ve giderilmesi (mesafeler çok büyük değil ise) daha kolay olmaktadır (16, 19).

Dağıtım fider üzerinde ise, küçük yerleşim birimlerinde belirli biçimde bir ring (açık) oluşturulmaya çalışılırken, kırsal alanlarda şebeke tam anlamıyla bir dal budak görünümündedir. Çok geniş bir alana yayılmış olan kırsal bölgelerde arıza sayısı fider uzunluğu ile artmakta ve bir arıza sonucunda, fider kesici hariç diğer manevra olanakları adi ayırıcılarla yapıldığından, arıza noktası tespit edilip ayrılncaya kadar, kesici açık tutulmaktadır. Dolayısıyla arızaların en çok ve en uzun sürdüğü kısma, çoğunlukla kırsal alanlarda karşılaşılmaktadır (19).

Kırsal alanlarda diğer bir sorun, alt iletim ile dağıtımın birbirinden ayrılmamasıdır. Bazı durumlarda kolay çözüme gidilerek alt iletim fiderine saplama ile bir dağıtım transformatörü ilave edilmekte ve bu konuda iletim hattında yeni arıza kaynaklarının doğmasına neden olmaktadır (19).

3.3.1. 2004 Yılları itibari ile dağıtım sisteminin mevcut durumu

Çizelge 3.1. 2004 Yılı 12. Görev Bölgesi dağıtım sistemi kapasitesi

MÜESSESE	KÖY VE BELDE SAYISI	PERSONEL SAYISI			ABONE SAYISI			TRAFO SAYISI				
		MEMUR VE SÖZLEŞ.	İŞÇİ	TOPLAM	ŞEHİR	KÖY	TOPLAM	OG / OG	ŞEHİR OG / AG (0,4 kV)	KÖY OG / AG (0,4 kV)	TOPLAM	
		OG										MÜESSESEYE AİT
		AG (0,4 kV)										3. ŞAHİSLARA AİT
BALIKESİR	940	100	323	423	9810	3425	13235	21	1405	1263	2689	
					480457	160444	640901	7	1465	827	2299	
BURSA	719	195	619	814	4451		4451	39	1549	1061	2649	
					923391	98229	1021620			128	4556	
ÇANAKKALE	591	115	171	286	3140		3140	9	756	1006	1771	
					153354	90264	243618	2	283	947	1232	
YALOVA	53	56	115	171	335		335		288	194	482	
					124872		124872		337		337	
TOPLAM-1	2303	466	1228	1694	17.736	3.425	21.161	69	3.998	3.524	7.591	
					1.682.074	348.937	2.031.011	9	6.513	1.902	8.424	

Çizelge 3.2. 12. Görev Bölgesinin dağıtım sistemi teknik yapısı.

MÜESSESE	TRAFİK KURULU GÜCÜ (MVA)						HAT UZUNLUĞU (km)		ARMATÜR VE LAMBDA SAYISI (EDM)				ARIZA VE KESİNTİ MİKTARI		ARAÇ SAYISI	
	MÜESSESEYE AİT			3. ŞAHİSLARA AİT			TOPLAM	EDM	3.ŞAHİSLAR	DİREK SAYISI (EDM)	ŞEHİR	KÖY	TOPLAM	ADET		SAAT
	ŞEHİR	KÖY	ŞEHİR	KÖY	ŞEHİR	KÖY										
	OG / OG (0,4 kV)	OG / OG (0,4 kV)	OG / OG (0,4 kV)	OG / OG (0,4 kV)	OG / OG (0,4 kV)	OG / OG (0,4 kV)										
BALIKESİR	159,2	467,0	100,4	112,2	328,8	240,9	1408,5	7575,0	810,6	63535	63075	57145	120220	49404	21490,8	65
BURSA	309,4	948,3	157,4		1052,6	39,1	2506,8	12780,0	142,8	236143	85529	33090	118619	50780	55003,0	123
ÇANAKKALE	51,6	177,5	142,7	14,0	137,6	131,7	655,1	9424,4	33,8	138412	23110	24773	47883	2045	2050,0	68
YALOVA		147,8	70,3		87,4		305,5	3234,0	763,0	31105	8839	4286	13125	8054		58
								3046,0	210,0	76045						15
								928,0	58,0	11413						9
								1592,0	39,5	19635						20
TOPLAM-1	520,2	1740,6	470,8	126,2	1606,3	411,7	4875,9	18422,2	2112,4	164591,0	180553	119294	299847	110283	78543,8	255,0
								26842,4	426,1	470235,0						137,0

3.4. Görev Bölgesinin Sosyo-Ekonomik Yapısı ve Enerji Tüketimi

Çizelge 3.3. Balıkesir ili yük tahmini parametrelerinin incelenmesi.

Yıllar	Nüfus *1000	GSYİH \$	Gelişim Hızı (%)	Sanayinin Büyüme Hızı (SUE)	Petrol Fiyatları (\$/Varil)	Puant Yük (ani) MW	Bürüt Tüketim (GWh)
1995	1020	981	2,7	2,8	19,7	216	1,27
1996	1029	1072	4,6	-0,2	23,3	214	1,26
1997	1030	1177	1,4	15,1	20,5	223	1,34
1998	1036	1270	7,7	-1,7	13,2	244	1,49
1999	1043	1461	-8,0	-2,6	18,6	241	1,51
2000	1050	1765	9,0	5,9	29,2	265	1,74
2001	1057	1342	9,22	5,97	22,67	256	1,68
2002	1061	1417	9,44	6,04	24,14	265	1,64
2003	1167	1496	9,66	6,11	27,74	257	1,65
2004	1283	1580	9,90	6,19	35,00	257	1,68

Çizelge 3.4. Bursa ili yük tahmini parametrelerinin incelenmesi.

Yıllar	Nüfus *1000	GSYİH \$	Gelişim Hızı (%)	Sanayinin Büyüme Hızı (SUE)	Petrol Fiyatları (\$/Varil)	Puant Yük (ani) MW	Bürüt Tüketim (GWh)
1995	1880	2905	7,2	7,5	19,7	629	3,67
1996	1940	3805	5,0	-0,9	23,3	682	4,18
1997	2002	3671	6,4	10,3	20,5	828	4,72
1998	2064	3426	7,6	5,0	13,2	796	4,93
1999	2126	4162	-2,5	-0,1	18,6	839	5,27
2000	2189	3200	9,0	17,7	29,2	913	5,62
2001	2143	2893	9,42	18,87	22,67	892	5,50
2002	2218	2702	9,87	20,11	24,14	1011	6,03
2003	2853	3113	10,33	21,44	27,74	1070	6,82
2004	3669	3287	10,82	22,86	35,00	1178	7,28

Çizelge 3.5. Çanakkale ili yük tahmini parametrelerinin incelenmesi.

Yıllar	Nüfus *1000	GSYİH \$	Gelişim Hızı (%)	Sanayinin Büyüme Hızı (SUE)	Petrol Fiyatları (\$/Varil)	Puant Yük (anı) MW	Bürüt Tüketim (GWh)
1995	438	598	8,4	17,0	19,7	120	0,70
1996	438	678	3,2	-5,9	23,3	117	0,73
1997	448	747	1,8	-1,3	20,5	118	0,75
1998	450	760	-5,3	-18,6	13,2	122	0,80
1999	452	798	-4,1	8,6	18,6	123	0,84
2000	454	811	11,8	17,4	29,2	120	0,88
2001	466	703	12,22	18,25	22,67	115	0,86
2002	456	854	12,66	19,15	24,14	122	0,87
2003	539	877	13,12	20,09	27,74	124	0,94
2004	638	926	13,59	21,07	35,00	240	1,59

Çizelge 3.6. Yalova ili yük tahmini parametrelerinin incelenmesi.

Yıllar	Nüfus *1000	GSYİH \$	Gelişim Hızı (%)	Sanayinin Büyüme Hızı (SUE)	Petrol Fiyatları (\$/Varil)	Puant Yük (anı) MW	Bürüt Tüketim (GWh)
1997	164	-	16,2	13,9	20,5	78	0,54
1998	166	188	2,1	0,6	13,2	81	0,59
1999	171	234	-3,3	-4,1	18,6	86	0,57
2000	176	215	7,1	9,6	29,2	99	0,60
2001	171	246	7,42	10,10	22,67	82	0,51
2002	174	221	7,75	10,62	24,14	74	0,53
2003	213	330	8,10	11,18	27,74	76	0,57
2004	260	349	8,47	11,76	35,00	82	0,62

4. YÜK TAHMİNİ METOTLARI

Yük tahminleri üç bölüme ayrılabilir; Kısa dönem yük tahmini, genellikle bir saatten bir haftaya kadar olan tahminlerdir. Orta dönem yük tahmini, bir haftadan bir seneye kadar olan tahminlerdir. Son olarak uzun dönem yük tahmini bir yıldan uzun olan bir dönemi kapsar. Farklı zaman eksenleri için tahminlerde farklı yöntemler kullanılır. Bu şirketlerin yük tahmini yaklaşımı açısından da önemlidir (20).

Örneğin belli bir bölge için bir sonraki günün tahminini yapmak % 1-3'lük hata yaklaşımı ile mümkündür (20). Fakat bununla beraber gelecek yıl için benzer bir yaklaşımla "peak" yük miktarını uzun dönem hava tahmini için söylemek uygun değildir. Gelecek yılın "peak" tahmini için yük bazlı tarihsel hava gözlemlerinin olasılık dağılımı sağlanabilir. Endüstriyel uygulamalar da yıllık hava koşullarının ortalama peak değerleri ve daha kötü hava koşullarının değerleri normal hava yük tahmininde yerini alır.

Yük tahmini her zaman şirketler açısından planlama ve operasyon kararları vermekte önem kazanmıştır. Bununla beraber enerji endüstrisinin yeniden düzenlenmesi ile yük tahmini her zamankinden daha fazla önem kazanmıştır. Talep ve arzdaki ani değişimler ve hava koşullarının değişmesi tüm bunlarla beraber "peak" durumlarda enerji fiyatlarının on kat artmasında yük tahminin hayati önemi vardır. Kısa dönem yük tahmini yük akışlarının tahmininde ve aşırı yüklenmenin önlenmesi için kararlar alınmasında yardımcı olur. Bu tip kararların zamanında uygulanması şebekenin güvenliğinin artırılmasını ve makinelerin bozulma sıklığının azalmasını sağlar. Bunlara ek olarak yük tahmini sözleşme değerlendirmeleri ve çeşitli finansal ürünlerin fiyatlarının belirlenmesinde önem kazanıyor (20).

4.1. Tahmin İçin Önemli Faktörler

Kısa dönem yük tahmini için zaman etkeni, elektriksel veri ve müşteri sınıfları gibi faktörler vardır. Orta ve uzun dönem tahminler geçmiş verileri, elektriksel verileri, farklı müşteri sayılarını, uygulama alanını, ekonomik verileri ve onların tahminlerini hesaba katar.

Zaman faktörü yılları, haftanın günlerini ve günün saatlerini içerir. Yükte haftanın günleri ve hafta sonları arasındaki farklılıklar önemlidir. Örneğin, Pazartesi ve Cuma hafta sonuna yakındır, salıdan perşembeye yükün farklı olması beklenir. Bu yaz süresince kısmen doğrudur. Tatillerin yük tahmini, tatil olmayan günlerden daha zordur. Çünkü sık olmayan göreceli bir yük tüketimi vardır.

Havanın durumu yükü etkiler. Aslında tahmini hava parametreleri kısa dönem yük tahmininde oldukça önemli faktörlerdir. Çeşitli hava değerleri yük tahmini için göz önünde tutulabilir. Sıcaklık ve nem yük beklentilerinde oldukça sık kullanılır.

Yük talebi güç ve enerji kullanımının zamana göre değişimidir. Tahmin terimi yeterli sayısal ayrıntılarla gelecekteki yükleri tanımlayan sistematik bir yöntem ile belirlenen, planlanmış yük gereksinimlerini gösterir.

Yük tahmini üzerindeki etkenler şunlardır;

1. Nüfus artışı ,
2. Yük yoğunluğu,
3. Alternatif enerji kaynakları,
4. Toplusal gelişme planı,
5. Geçmişteki veriler,
6. Coğrafik faktörler,
7. Endüstriyel planlar,
8. Şehir planları,
9. Arazi kullanımı,

Hatalı yapılan planlamalar sonucunda, az miktarda tüketileceği düşünülen enerjinin yük tahmini üzerine kurulan planlama, sistem güvenilirliğinin azalmasına ve tüketiciye sunulan enerji arzında ki kısıtlamalara neden olacaktır. Çok yüksek bir tahmin ise tam kapasiteyle hizmet vermeyen, yani düşük kapasite faktörüyle çalışan bir sisteme yapılan büyük yatırımlar yüzünden önemli mali sorunların ortaya çıkmasına neden olabilir (20).

4.2. Yüklerin zellikleri ve Sınıflandırılması

Yük sınıflandırmalarının yapılması için tüketiciler gruplarının özelliklerinin göz önüne alınması gerekir. Yükler,

1. Mesken,
 2. Ticarethane ve Sanayi kuruluşları,
 3. Diğerk tüketiciler,
- şeklinde sınıflandırılır.

Mesken tipi tüketiciler, enerjiyi evdeki ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla kullanırlar. Müstakil bina ve apartmanlar bu gruba girmektedir. Ticarethaneler ise tüccar, esnaf, doktor, avukat, mühendis ve benzeri meslek sahiplerinin iş görmek için kullandığı yerler ile özel okul dersane, yurt, otel ve benzeri yerlerdir. Sanayi tipi tüketiciler fabrikalar büyük atölyeler gibi endüstriyel amaçlı kurulmuş işletmelerdir. Diğerk tüketiciler grubunda ise resmi daireler, genel aydınlatma, hayır kurumları vb. kuruluşlar vardır (1).

4.3. Yük Tahmini Yaklaşımları

İleriye dönük yk taleplerinin belirlenmesinde, kullanılacak tahmin tekniğinin seçimi önemlidir. Yük değışimlerinin yapısına bağlı olarak bir metot diğerkine göre üstünlük gösterebilir. Özel bir yöntemi seçmeden önce, yükün davranışını incelemek gereklidir. Yükün davranışından uygun bir eğrinin mi, yoksa stokastik bir modelin mi seçilmesinin uygun olduğu anlaşılabilir. Elektrik şebekeleri birbirinden farklı özellikler gösterdiğinden mevcut sistemin yapısı da incelenmelidir. İncelenen sisteme göre en uygun tekniğı seçmek için değışik sistemlerin avantaj ve dezavantajlarının bilinmesi önemlidir.

Temelde ekstrapolasyon ve korelasyon olmak üzere iki tahmin metodu vardır.

Ekstrapolasyon, geçmiş verilerin ve bu verileri etkileyen glerin geçmişte olduğu gibi gelecekte de aynı oranda artacağı varsayılarak yapılan tahmindir. Bir çok ekstrapolasyon yöntemi vardır. Bunların bazıları matematiksel büyüme eğrilerinin yorumlanmasından

oluşur. Diğerleri ise geçmiş yıllardaki büyüme ortalamalarının ileri yıllar için kullanılmasıdır.

Korelasyon, yüklerin diğer faktörlere bağlanmasıyla gerçekleşen tahmindir. Örneğin hava şartları veya ekonomik durum gibi. Korelasyonun en önemli avantajı büyümeyi etkileyen faktörleri önemlerine göre değerlendirmesidir. Örneğin hava koşulları ve yük arasındaki ilişkinin sayısallaştırılmasıdır. Korelasyon metodu aynı zamanda tahminlerin gerçek değerlerden sapması durumunda sebebin belirlenmesinde yardımcıdır.

Son on yıldır tahmin metotları gelişmektedir. Orta ve uzun dönem tahmini için kullanılan son kullanıcı ve ekonomik yaklaşım metotları genel kullanımına yakındır. Benzer gün yaklaşımı, çeşitli regresyon modelleri, zaman serileri, sinir ağları, uzman sistemler, bulanık mantık ve istatistiksel öğrenme algoritmaları gibi çeşitli yöntemler kısa dönem tahmininde kullanılır. Uygun matematiksel araçların araştırılması, geliştirilmesi ve ilerlemesi daha kesin yük tahmini tekniklerinin gelişmesine yardımcı olmuştur.

İstatistiksel yaklaşımlarda genellikle müşteri grupları, hava ve zaman gibi farklı faktörlerin fonksiyonları yükü temsil eder. Matematiksel modellerde iki önemli model vardır; Toplam modelleri ve Çarpım modelleri (20).

Örneğin, “Chen et al”daki (21) toplam modeli fonksiyonu dört bileşenden oluşan beklenen yük formundadır.

$$L = L_n + L_w + L_s + L_r , \quad [5.1]$$

L toplam yükü temsil etmektedir. L_n yükün normal bölümüdür, yıl boyunca standardize edilmiş yük şekillerinin kümesidir. L_w hassas hava durumlarını ifade eder. L_s alışılmış yük örneklerinden sapmaların oluşturduğu özel bileşenlerdir. L_r tamamı ile rasgele dönemlerdir, gürültü olarak alınır.

“Chen et al” (21) ayrıca modelin içine eklenebilecek elektrik piyasası fiyatı gibi ilave bir dönem önermektedir. Doğal olarak, fiyat artışları/azalışları elektrik tüketimini etkiler.

Yüksek fiyat hassas endüstri ve kurumsal yükler üzerinde önemli etkiye sahip olabilir. Pennsylvania-New Jersey-Maryland (PJM) spot fiyat bilgisi çalışması, sinir ağı girişi olarak kullanıldı. Yazarlar dahil edilen fiyat bilgisi ile daha hızlı kesin yaklaşımlarda bulunulduğunu rapor ettiler (21).

Çarpım modeli de aşağıdaki gibi olabilir (21),

$$L = L_n * F_w * F_s * F_r , \quad [5.2]$$

L_n normal yükü, F_w ve F_s çarpım faktörlerini, F_r yükteki artış ve azalışların toplamı gibi pozitif sayıları temsil eder. F_w deki düzeltme güncel havaya bağlıdır. F_s özel sonuçlardır. F_r rasgele bir artış/azalıştır. F_p elektrik fiyat faktörü ve F_g yük artışı da çarpım modeline ilave edilebilir.

Kısa dönem yük tahminine örnek olarak yapılan çalışmada hava verileri ve hava ölçümleri ile birleşen temel yük tahmini için çarpım metodunu kullanmıştır (22).

Genelde kullanılan tahmin metotlarını şöyle sıralayabiliriz;

1. Zaman serisi analizi,
2. Son kullanıcı modeli,
3. Ortalama artış yüzdeleri ile tahmin,
4. Ekonometrik modeller,
5. Gayri safi milli hasılaya (GSMH) dayalı yapılan tahmin,
6. Yüzeysel yük tahmini,
7. Yer renklendirme yöntemi,
8. Arazi kullanım yöntemi,
9. Regresyon analizi,
10. Yapay sinir ağları (YSA).

4.3.1. Zaman serisi analizi

Zaman serisi yaklaşımından elektrik tüketimi, ekstrapolasyon teknikleri kullanılarak

tahmin edilmektedir. Ekstrapolasyon işlemi gerçekleştirilirken, büyüme trendini yansıtmak için tarihsel veriler düzenlenir ve bunlar için en uygun olan fonksiyon elde edilmeye çalışılır (1).

4.3.2. Son kullanıcı modeli

Ekonometrik model ve onların kombinasyonları, orta ve uzun dönem yük tahmininde oldukça sık kullanılan metotlardır (23). Müşterilerin kullandıkları aletlerin tanımlanması, evlerin genişliği, cihazların ömrü, teknolojiye değişimler, müşteri alışkanlıkları, nüfus dinamikleri, genellikle son kullanıcı yaklaşımlarına yakın simülasyon ve istatistiksel modellere dahil edilir. Aslında kişi başına düşen gelir gibi ekonomik etkenler, çalışma düzeyleri “saatleri” ve elektrik fiyatları ekonometrik modellere dahil edilir. Bu modeller son kullanıcı yaklaşımlarının birleşiminde kullanılır. Uzun dönem tahminler, nüfus değişimlerini, ekonomik gelişmeleri, endüstriyel yapılanmayı ve teknoloji gelişimi tahminlerini kapsar.

Bu metot ile mal ve hizmetlerin üretilmesi için gerekli enerji tüketimi kapsamlı enerji tüketim bilgisini, müşteri kullanımını, onların yaşlarını, evlerin büyüklüğünü gibi detaylı hedeflere bölünmektedir. Müşteriler hakkındaki istatistiksel bilgiler ile birlikte değişen dinamikler tahmin için temeli oluşturur.

Bu hedefler için bulunan tüketim miktarları toplanarak toplam tahmin elde edilmektedir. Örneğin ev ısıtma amacıyla talep edilen enerji, elektrikli ev ısıtıcılarının sayısı ve bunların ortalama yıllık tüketim miktarı çarpılarak tahmin edilir. Mesken sahiplerinin diğer amaçlar için talep ettikleri enerji miktarı da benzer şekilde tahmin edilmekte ve bunların toplamı alınarak mesken sahiplerinin toplam enerji talep miktarı ortaya çıkarılmaktadır.

Bu yöntemde kullanılacak verilerin çok detaylı olması gerekmektedir. Bütün elektrikli ev aletlerinin sayılarının bilinmesi ve bunların ortalama enerji tüketimleriyle ilgili verilerin toplanması çok zor olacağından, bu yöntem kullanışlı bir yöntem değildir.

Son kullanıcı modeli konutlar, ticari ve endüstriyel sektörlerdeki elektrik tahmini içinde kullanılır.

Elektrik talebinin temel prensibi olan modeller aydınlatma, soğutma, ısıtma, havalandırma gibi müşteri taleplerinden yürütülür (yüklendirilir). Böylece son kullanıcı modelleri piyasadaki alet sayısının fonksiyonu olarak enerji talebini açıklamaktadır.

İdeal olarak bu yaklaşım oldukça kesindir. Bununla beraber, son-kullanıcı verilerinin kalitesi ve miktarının hassas olması oldukça önemlidir. Örneğin bu metotta aletlerin özel tipleri için donanım yapısının dağıtımı önemlidir. Son-kullanıcı tahmini daha az tarihsel veri içerir, fakat daha çok müşteriler hakkında bilgi ve onların araç-gereçlerini içerir.

4.3.3. Ortalama artış yüzdeleri ile yapılan tahmin

Bu yöntemde geçmiş yıllardaki tüketilen enerji değerindeki yıllık artış oranlarının ortalamaları bulunarak ileriye yönelik tahminler yapılır. Geçmiş yıllardaki ortalama enerji artışının gelecekte de aynı olacağı varsayımından yola çıkılmaktadır (1).

Gelecekteki enerji tüketiminin belirlenmesi için aşağıdaki formül kullanılır;

$$E(t) = E_0 (1+\varepsilon)^{\exp(t)} \quad [5.3]$$

$E(t)$: t yıl sonraki enerji tüketimi,

E_0 : en son yıldaki enerji tüketimi,

ε : ortalama yıllık artış yüzdesi.

Çok basit olan bu yöntem genelde doğru sonuçlar vermektedir.

4.3.4. Ekonometrik metotlar

Ekonometrik yaklaşımlar elektrik tahmini için ekonomik verileri ve istatistiksel teknikleri birleştirir, değişkenler arasında bağlantı kurarak bunlardan matematiksel bir fonksiyon elde edilmesini sağlar. Bu yaklaşım, enerji tüketimi (bağımlı değişken) ve tüketimi etkileyen faktörler arasındaki ilişkiyi hesaplar. Regresyon analizi bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında bağlantı kurarak bunların oluşturduğu fonksiyonun bulunmasına yardımcı olur.

Elektrik enerjisi talebi sadece zamanın bir fonksiyonu olmayıp, ekonomik ve sosyal

değişimlerden, teknolojik gelişmelerden ve çevre şartlarından da etkilenmektedir. Bunların yanında sanayi sektörünün daha fazla enerji tüketir hale gelmesi, hayat standardının yükselmesine bağlı olarak daha modern elektrikli cihazların fazlalaşması da talebinin artmasına neden olmaktadır.

Bahsedilen değişkenler ile enerji talebi arasındaki ilişkiyi açıklamak için regresyon analizinden yararlanılır.

4.3.5. Gayri safi milli hasılaya dayalı yapılan tahmin

Türkiye’de uzun dönemli tahminler yapılırken kullanılan yöntemlerden biri de GSMH büyüme hızıyla, elektrik büyüme hızı arasındaki ilişkiyi bir katsayı ile belirlemek ve kalkınma planı ile hedeflenen büyüme hızlarına göre elektrik enerjisi tahminini bulunan bu katsayıya göre hesaplamaktır.

Bu yöntemde belli bir döneme ait GSMH’nin ortalama büyüme hızı ile elektrik tüketiminin ortalama büyüme hızı bulunur. Bu iki büyüme hızının oranı milli gelir ile elektrik enerjisi tüketimi arasındaki ilişkiyi gösteren katsayıdır. Bu yöntem de zaman serisi analizinde olduğu gibi ekonomik ve siyasi açıdan istikrara sahip ülkelerde geçerli ve başarılı olur.

4.3.6. Yüzeysel yük tahmini

Bu yöntemde önemli olan iki unsur yük tahmini ve büyüme karakteristiğidir. Belirtilen unsurlara ulaşmak için yerleşim alanı aşağıdaki şekilde sınıflarına ayrılmıştır (1):

- Yerleşim yeri;
 - Kırsal yerleşim yeri,
 - Tek katlı müstakil evler.
- Apartmanlar, dubleks evler, villalar,
- Ticarethaneler,
- Ofisler,
- Yüksek binalar ve gökdelenler,

- Küçük iş yerleri ve küçük ölçekli fabrikalar,
- Depolar,
- Ağır sanayi; büyük ölçekli fabrikalar,
- Resmi daireler.

Küçük ve orta ölçekli yerleşim yerlerinde yük tahmini için kullanılan sınıflandırma yöntemlerini ise şöyle sıralayabiliriz:

- Yer renklendirme yöntemi,
- Arazi kullanım yöntemi.

4.3.7. Yer renklendirme yöntemi

Bu yöntemde ilk olarak her bir tüketici sınıfının yerleşim yerleri belirlenir ve bunun için ele alınan bölge küçük eşit parçalar bölünerek tüketici gruplarına karşı düşen alan hesaplanır. Ayrıca incelenen bölgenin ölçekli haritası (otoyolları, demir yolları, yerleşim yerlerinin ve bölgenin elektrik iletim-dağıtım sistemini içeren harita) kullanılır (1).

Bu tip çalışmalarda sonuca ulaşmak için genel olarak aşağıdaki kaynaklardan faydalanılır:

1. Yük tahmini yapanın yargısı,
2. İncelenen bölgenin uzaydan çekilmiş fotoğrafı,
3. Yerleşim yerinin imar-iskan planı.

Yukarıda verilenlerden en önemlisi, eldeki verilerin yerinde mevcut olup olmadığının tespiti. Her tüketici grubunun yerinde tespiti yapılarak bulunduğu yer, eşit parçalara bölünmüş haritaya işaretlenir. Bunun sonucunda tüketici gruplarının ölçekli haritada kapladığı alan bulunur (1).

İkinci adım olarak, tüketici gruplarının alan başına düşen tepe yük değeri (kVA) hesaplanır. Bunun için abone sayısı başına düşen tepe yük değeri hesaplanır ve her bir tüketici grubunun kapladığı alana bölünerek, alan başına düşen tepe yük değeri bulunur.

Bulunan değerler gelecek yük tahmininde kullanılır (1).

Yer renklendirme yöntemi basit gibi görünse de hataları en aza indirgeyen bir yöntemdir. Bu yöntem küçük ve orta ölçekli yerleşim yerlerine uygulandığında çok iyi sonuç verebilir (1).

4.3.8. Arazi kullanım yöntemi

Arazi kullanım yöntemi birçok yöntem içerir. Bu yöntemle geçmiş yük dağılım bilgilerinin regresyon analiziyle karşılaştırılması yapılır. Geçerli olan coğrafik sistemdir. Bu yöntem veri tabanı oluşturmada mükemmel bir yük tahmini sağlamaktadır. Güncelleştirilmiş coğrafik verileri toplamak için harcanacak çok uzun sürelerden (binlerce saat) tasarruf sağlar. Sonuçta diğer yöntemlere göre daha kullanışlıdır ve daha yaklaşık sonuçlar verir.

Yer renklendirme ve arazi kullanım yöntemleriyle, hem tüketici grubundaki yıllık artış değerlerinde hem de yerleşim yerinin artış değerlerinden yararlanılarak tepe yük değerleri başarıyla tahmin edilir (1).

4.3.9. Regresyon analizi

Regresyon analizinde x_i bağımsız değişkenleri ile y_i bağımlı değişkenleri arasındaki ilişki matematiksel bir fonksiyon olarak ifade edilir. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki dağılım diyagramının çizilmesiyle iki değişken arasında bir bağlantının kurulup kurulamayacağına, eğer kuruluyorsa nasıl bir fonksiyonun ele alınacağına karar verilir.

n tane x serbest değişkeninin $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ değerlerine karşılık gelen n tane y değişkeninin $(y_1, y_2, y_3, \dots, y_n)$ olduğunu varsayalım. Bu durum dağılım diyagramında n adet nokta belirtir.

Noktaların genel durumuna göre değişkenler arasındaki ilişki doğruyla gösterilebiliyorsa; doğrusal regresyon göz önüne alınır. Noktalar arasından geçen doğrunun denklemi $y = f(x) = a + bx$ dir. Doğrunun her x_i değerine karşılık gelen

nokta $f(x_i)$ 'dir. Böylece her gerçek y_i değerine doğru üzerinde bir $f(x_i)$ teorik değeri karşılık gelecektir. Noktalar arasından geçirilen doğrunun iki değişken arasındaki ilişkiyi en iyi şekilde temsil etmesi için a ve b katsayılarının, n nokta için gerçek ve teorik koordinatlarının aralarındaki farkların karelerinin toplamı minimum olacak şekilde seçilmesi gerekmektedir.

$$Q = \sum [y(i) - f(x_i)]^2 \quad [5.4]$$

minimum olmalı. Bunu gerçekleştirmek için,

$$Q = \sum [y(i) - (a+bx)]^2 \quad [5.5]$$

fonksiyonunun a ve b'ye göre kısmi türevleri alınıp sıfıra eşitlenir.

$$dQ/db = 2\sum [y(i) - a - bx_i]^2 = 0 \quad [5.6]$$

olur. Denklemler düzenlendiğinde;

$$na + \sum bx_i = \sum y_i \quad [5.7]$$

$$a\sum x_i + \sum bx_i^2 = \sum x_i y_i \quad [5.8]$$

$y'' = \sum y_i / n$ ve $x'' = \sum x_i / n$ olmak üzere (n=toplam gözlem sayısı);

$$a = y'' - bx'' \quad [5.9]$$

$$b = (\sum x_i y_i - y'' \sum x_i) / (\sum x_i^2 - x'' \sum x_i) \quad [5.10]$$

bulunur.

Eğer regresyon denklemi üstel bir ifade ise; ve iki değişken arasındaki ilişki üstel bir fonksiyon ise;

$$y = a * b * \exp(x) \quad [5.11]$$

olarak yazılabilir. Bu denklemin logaritması alınırsa,

$$\log y = \log a + x \log b \quad [5.12]$$

olur. $Y = \log y$, $A = \log a$, $B = \log b$ olarak ifade edilirse; $Y = A + Bx$ doğru denklemi elde edilir.

Doğrusal regresyonda ki özellikler burada da geçerlidir.

Noktaların genel durumuna göre değişkenler arası ilişki parabolle gösteriliyorsa;

$$F(x) = a + bx + cx^2 \quad [5.13]$$

$$Q = \sum [y(i) - f(x_i)]^2 = \sum [y_i - f(a + bx_i + cx_i^2)]^2 \text{ minimum olmalıdır.} \quad [5.14]$$

Q'nun a, b, c'ye göre kısmi türevleri alınıp sıfıra eşitlenirse;

$$dQ / da = -2\sum [y_i - a - bx_i - cx_i^2] = 0 \quad [5.15]$$

$$dQ / db = -2\sum x_i [y_i - a - bx_i - cx_i^2] = 0 \quad [5.16]$$

$$dQ / dc = -2\sum x_i^2 [y_i - a - bx_i - cx_i^2] = 0 \quad [5.17]$$

bulunur. Denklemler düzenlenirse;

$$na + \sum bx_i + \sum cx_i^2 = \sum y_i, \quad [5.18]$$

$$a \sum x_i + b \sum x_i^2 + c \sum x_i^3 = \sum x_i y_i, \quad [5.19]$$

$$a \sum x_i^2 + b \sum x_i^3 + c \sum x_i^4 = \sum x_i^2 y_i \quad [5.20]$$

bulunur. Üç denklemin çözülmesi ile a, b ve c katsayıları bulunur.

Eğer bu çalışmada olduğu gibi bağımsız değişken sayısı birden fazla ise elektrik enerjisi talep artışına birden fazla etken etki ediyorsa çok değişkenli regresyon analizi yapılır. Bu durumda fonksiyon şu şekli alır;

$$y_i = f(x_i) = a_0 + a_1 x_{i1} + a_2 x_{i2} + a_3 x_{i3} + \dots + a_n x_{in}, \quad [5.21]$$

burada y_i bağımlı değişken, $x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \dots, x_{in}$ bağımsız değişkenlerdir. Model matris olarak $[Y] = [X] * [A]$ şeklinde ifade edilir. Bölüm 5’de uygulaması yapılan çalışma ile ayrıntılı bir şekilde anlatıldı.

4.3.10. Yapay Sinir Ağları (YSA)

Genel anlamda YSA, beynin bir işlevi yerine getirme yöntemini modellemek için tasarlanan bir sistem olarak tanımlanabilir. YSA, yapay sinir hücrelerinin birbirleri ile çeşitli şekillerde bağlanmasından oluşur ve genellikle katmanlar şeklinde düzenlenir. Donanım olarak elektronik devrelerle ya da bilgisayarlarda yazılım olarak gerçekleştirilebilir. Beynin bilgi işleme yöntemine uygun olarak YSA, bir öğrenme sürecinden sonra bilgiyi toplama, hücreler arasındaki bağlantı ağırlıkları ile bu bilgiyi saklama ve genelleme yeteneğine sahip paralel dağılmış bir işlemcidir. Öğrenme süreci, arzu edilen amaca ulaşmak için YSA ağırlıklarının yenilenmesini sağlayan öğrenme algoritmalarını ihtiva eder (24, 25).

Yukarıda verilen açıklamalardan, YSA’ nın hesaplama ve bilgi işleme gücünü, paralel dağılmış yapısından, öğrenebilme ve genelleme yeteneğinden aldığı söylenebilir. Genelleme, eğitim ya da öğrenme sürecinde karşılaşılmayan girişler için de YSA’ nın uygun tepkileri üretmesi olarak tanımlanır. Bu özellikleri, YSA’ nın karmaşık problemleri

çözebilme yeteneğini gösterir. Günümüzde birçok bilim alanında YSA, aşağıdaki özellikleri nedeniyle etkin olmuş ve uygulama yeri bulmuştur.

Doğrusal Olmama: YSA' nın temel işlem elemanı olan hücre doğrusal değildir. Dolayısıyla hücrelerin birleşmesinden meydana gelen YSA da doğrusal değildir ve bu özellik bütün ağı yayılmış durumdadır. Bu özelliği ile YSA, doğrusal olmayan karmaşık problemlerin çözümünde en önemli bir araç olmuştur.

Öğrenme: YSA' nın arzu edilen davranışı gösterebilmesi için amaca uygun olarak ayarlanması gerekir. Bu, hücreler arasında doğru bağlantıların yapılması ve bağlantıların uygun ağırlıklara sahip olması gerektiğini ifade eder. YSA' nın karmaşık yapısı nedeniyle bağlantılar ve ağırlıklar önceden ayarlı olarak verilemez ya da tasarlanamaz. Bu nedenle YSA, istenen davranışı gösterecek şekilde ilgilendiği problemten aldığı eğitim örneklerini kullanarak problemi öğrenmelidir.

Genelleme: YSA, ilgilendiği problemi öğrendikten sonra eğitim sırasında karşılaşmadığı test örnekleri için de arzu edilen tepkiyi üretebilir. Örneğin, karakter tanıma amacıyla eğitilmiş bir YSA, bozuk karakter girişlerinde de doğru karakterleri verebilir ya da bir sistemin eğitilmiş YSA modeli, eğitim sürecinde verilmeyen giriş sinyalleri için de sistemle aynı davranışı gösterebilir.

Uyarlanabilirlik: YSA, ilgilendiği problemdeki değişikliklere göre ağırlıklarını ayarlar. Yani, belirli bir problemi çözmek amacıyla eğitilen YSA, problemdeki değişimlere göre tekrar eğitilebilir, değişimler devamlı ise gerçek zamanda da eğitime devam edilebilir. Bu özelliği ile YSA, uyarlamalı örnek tanıma, sinyal işleme, sistem tanılama ve denetim gibi alanlarda etkin olarak kullanılır.

Hata Toleransı: YSA, çok sayıda hücrenin çeşitli şekillerde bağlanmasından oluştuğundan paralel dağılmış bir yapıya sahiptir ve ağına sahip olduğu bilgi, ağıdaki bütün bağlantılar üzerine dağılmış durumdadır. Bu nedenle, eğitilmiş bir YSA' nın bazı bağlantılarının hatta bazı hücrelerinin etkisiz hale gelmesi, ağına doğru bilgi üretmesini önemli ölçüde etkilemez. Bu nedenle, geleneksel yöntemlere göre hatayı tolere etme

yetenekleri son derece yüksektir.

Donanım ve Hız; YSA, paralel yapısı nedeniyle büyük ölçekli entegre devre (VLSI) teknolojisi ile gerçekleştirilebilir. Bu özellik, YSA' nın hızlı bilgi işleme yeteneğini artırır.

Analiz ve Tasarım Kolaylığı; YSA' nın temel işlem elemanı olan hücrenin yapısı ve modeli, bütün YSA yapılarında yaklaşık aynıdır. Dolayısıyla, YSA' nın farklı uygulama alanlarındaki yapıları da standart yapıdaki bu hücrelerden oluşacaktır. Bu nedenle, farklı uygulama alanlarında kullanılan YSA' ları benzer öğrenme algoritmalarını ve teorilerini paylaşabilirler. Bu özellik, problemlerin YSA ile çözümünde önemli bir kolaylık getirecektir (24).

Yapay sinir ağları, hücrelerin birbirleri ile çeşitli şekillerde bağlanmalarından oluşur. Hücre çıkışları, ağırlıklar üzerinden diğer hücrelere ya da kendisine giriş olarak bağlanabilir ve bağlantılarda gecikme birimi de kullanılabilir. Hücrelerin bağlantı şekillerine, öğrenme kurallarına ve aktivasyon fonksiyonlarına göre çeşitli YSA yapıları geliştirilmiştir.

Uygulanan metoda göre öğrenme yaklaşımları:

Öğrenme metotları on-line ve off-line olmak üzere ikiye ayrılır.

Off-line öğrenme modu; ağ farklı bir ortamda eğitilir. Eğitim sonucu elde edilen ağırlıklar ile ağı yapısı, daha sonra on-line uygulamalarda kullanılabilir. Bu aşamada hiçbir öğrenme algoritması kullanılmaz, sadece mevcut ağ parametreleri kullanılarak ileri yönde hesaplamalar yapılır ve çıkış hesaplanır (26).

On-line öğrenme modu; sistem üzerinde bir öğrenme algoritması ile bu yapıyı destekleyen donanım ve yazılımlar mevcuttur. Bu yaklaşım daha çok, farklı yaklaşımların sıkça kullanıldığı ve öğretilecek sistemin devamlı olarak farklı davranışlar sergilediği uygulamalarda kullanılır. Bu ağ çalışma modunda öğrenme sürekli olarak devam eder. Bu tip öğrenme daha karmaşık yapıların tasarımı için kullanılır (26).

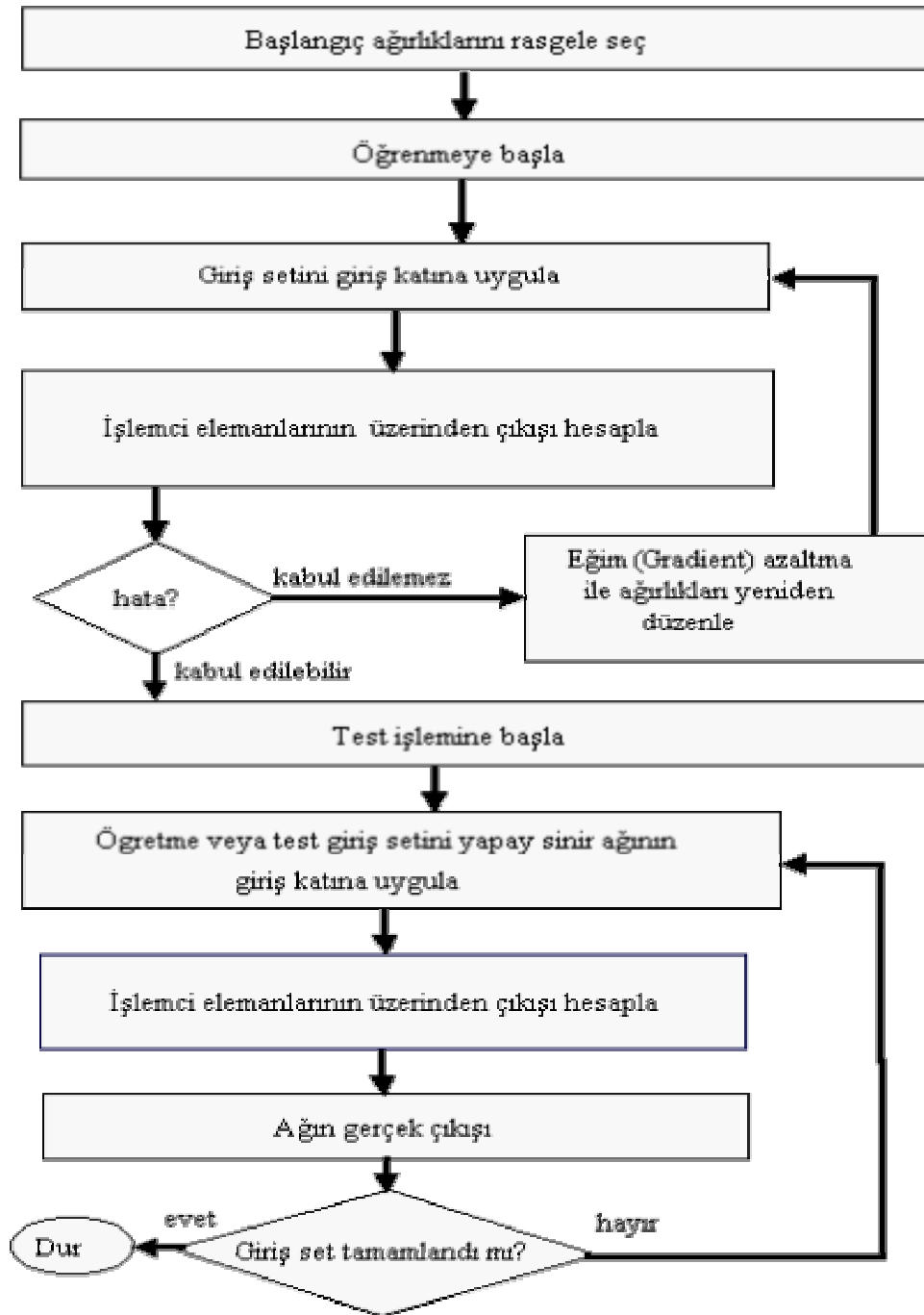
Temel öğrenme algoritmalarının yaptığı iş bir akış şeması ile Şekil 4.1 de verilmiştir.

Geri yayılım algoritması (BPA) :

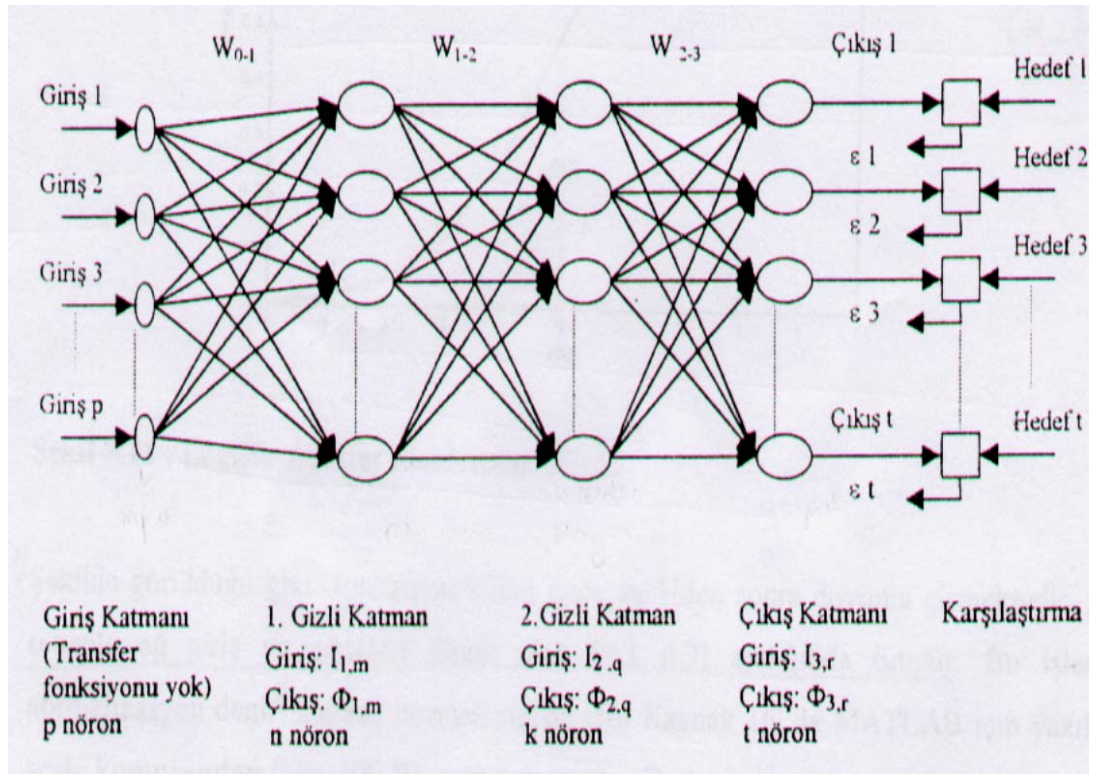
Bu algoritma, hataları çıkıştan girişe geriye doğru azaltma eğiliminde olmasından dolayı, birinci aşama olan eğitime ve ikinci aşama olan eğitimden sonraki test işlemi Şekil 4.1’deki akış şemasına göre yapılır.

Geriye yayımlı öğrenme bu tezde 0 ile 1 arasında gerçel değer üreten, bir logistic fonksiyon olan Sigmoid fonksiyonunun, aktivasyon fonksiyonu olarak kullanır. Örnek girişlere karşılık çıkışlar ile hedef değerler arasındaki farkın (hatanın) sürekli azaltılması için ağırlıkların (weights) ve biasların ayarlanması ilkesine dayanır. Başlangıçta YSA eğitimi rasgele bir ağırlıklar kümesiyle başlar. Bu rasgele değerlerin üretilmesi de önemlidir. En uygun rasgele değer üretecek fonksiyonun bulunması, ağırlık çok kez eğitilmesine bağlıdır. Yani, değerlerin başlangıçta rasgele seçilmesi önemli bir işlemdir. Bu değerler ağırlık öğrenme hızını da önemli ölçüde etkilemektedir.

Bu algoritma, hataları çıkıştan girişe geriye doğru azaltma eğiliminde olmasından dolayı, birinci aşama olan eğitime ve ikinci aşama olan eğitimden sonraki test işlemi Şekil 4.2’deki YSA yapısına göre yapılır.



Şekil 4.1. Temel öğrenme algoritmalarından geri yayılım algoritmasının akış diyagramı (26).



Şekil 4.2. Genel olarak 4 katmandan oluşan ileri beslemeli YSA yapısı (1).

5. UYGULAMADA GERÇEKLEŞTİRİLEN MODELLER VE YAPILAN ÇALIŞMA

5.1. Regresyon Analizi

Burada tezde kullanılan çok değişkenli regresyon analizinin matrissel yaklaşımından bahsedilecektir.

5.1.1. Çok değişkenli regresyon analizi

Çok değişkenli regresyon analizinde giriş ile çıkış arasında $T=X*B$ şeklinde bir bağıntı kurulabilir (1, 27, 28, 29). Burada X matrisi $[1 \ P]'$ dir. P matrisi de yıllara göre nüfus yoğunluğu, gayri safi milli hasıla (GSMH), büyüme hızı, sanayi üretim endeksi (SUE) ve petrol fiyatları gibi bağımsız değişkenlerin oluşturduğu giriş matrisidir. B matrisi ise; B çarpanlarının oluşturduğu matristir. Bu çalışmada yapılan uygulamada, T matrisi P giriş değerlerine karşılık; elde edilmesi gereken brüt enerji miktarı (GWh) ve puant güç (MW) bağımlı değişkenlerinden oluşan gerçek çıkış değerleridir. Burada amaç P giriş matrisine karşılık, T çıkış matrisinin hesaplanmasını sağlayacak katsayılardan oluşan B matrisinin hesaplanmasıdır.

B matrisi hesaplanarak bulunan T çıkış değerleri ile gerçek T değerleri arasında ε kadar hata olduğu görülecektir. Bu sebeple bağıntı,

$$T=X*B+\varepsilon, \quad [6.1]$$

şeklinde tanımlanabilir.

$$\begin{bmatrix} T_{11} & T_{12} & \dots & T_{1t} \\ T_{21} & T_{22} & \dots & T_{2t} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ T_{y1} & T_{y2} & \dots & T_{yt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1p} \\ 1 & P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & P_{y1} & P_{y2} & \dots & P_{yp} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} B_1 & B_2 & \dots & B_t \\ B_{21} & B_{22} & \dots & B_{2t} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ B_{(p+1)1} & B_{(p+1)2} & \dots & B_{(p+1)t} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{11} & \varepsilon_{12} & \dots & \varepsilon_{1t} \\ \varepsilon_{21} & \varepsilon_{22} & \dots & \varepsilon_{2t} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \varepsilon_{y1} & \varepsilon_{y2} & \dots & \varepsilon_{yt} \end{bmatrix} \quad [6.2]$$

B matrisini oluşturan katsayılar durdurucu (intersept) ve eğim (slope) katsayılarıdır. Birinci sütunu oluşturan $B_{11}, B_{12}, \dots, B_{(p+1)1}$ değerleri durdurucu katsayılar, diğerleri ise eğim katsayılarıdır (1, 27, 28, 29)

$$W = X^T * X, \quad [6.3]$$

şeklinde alınır ise,

$$B = W^{-1} * X^T * T \quad [6.4]$$

bağıntısı elde edilir.

5.1.2. Çok değişkenli regresyondaki tahmin hataları

Regresyon denklemleri bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki gerçek ilişkiyi değil; noktaların dağılımına göre teorik ve ortalama bir ilişkiyi gösterir. Bu yüzden gerçek değer olan bir P değerine karşılık, tahmin edilen T değeri regresyon fonksiyonunun üzerinde olacaktır. Ancak pratikte gerçekleşen değerler, regresyon fonksiyonunun civarında dağılmışlardır. Bu sebeple bulunan tahmin değerlerinde hatalar meydana gelecektir. Hata payının düşük olması, tahmin doğruluğu için en önemli ölçüt olarak kabul edilir. Bu nedenle hata analizi yapılır. Ayrıca, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenleri bulmadaki kararlılığı da bilinmelidir (1). Bağımlı değişkenler ile bağımsız değişkenler arasında bir bağ oluşturabilmek için ağırlık matrisleri kullanılır. Bu ağırlık matrisi B yi elde etmek için formül [6.4]'den yararlanabiliriz. Bağımsız değişkenlerin ağırlık matrisi ile çarpımından elde edilen tahmini çıkış değeri ile gerçek çıkış değerleri arasındaki fark hata olarak adlandırılır.

B matrisi ile bulunan değere T_t denirse, hata,

$$\varepsilon = T - T_t = X * B \quad [6.5]$$

eşitliği ile hesaplanır. Hataların kareleri toplamı E ile sembolize edilir ise,

$$E = \sum \varepsilon^2 = \text{diag}(\varepsilon^T * \varepsilon) = \text{diag}(T^T * T - B^T * X^T * T) \quad [6.6]$$

eşitliği elde edilir (diag=diyagonal matris).

$$df = y - (p+1) \quad [6.7]$$

df (serbestlik derecesi): P giriş matrisinin satır sayısından (y), sütun sayısı (p)'nin bir fazlası çıkarılarak elde edilir.

$$\text{var}(E) = \sigma_{\varepsilon}^2 = E / df \quad [6.8]$$

Varyans-kovaryans matrisi,

$$\text{var-cov}(B) = \sigma_{\varepsilon}^2 * W^{-1} = \begin{bmatrix} \text{var}(B_1) & \text{cov}(B_1, B_2) & \dots \text{cov}(B_1, B_{(p+1)}) \\ \text{cov}(B_2, B_1) & \text{var}(B_2) & \dots \text{cov}(B_2, B_{(p+1)}) \\ \text{cov}(B_{(p+1)}, B_1) & \text{cov}(B_{(p+1)}, B_2) & \dots \text{var}(B_{(p+1)}) \end{bmatrix} \quad [6.9]$$

$$\text{var}(B) = \text{diag}(\text{var-cov}(B)) = \sigma_B^2 \quad [6.10]$$

T matrisinin her bir sütundaki elemanların ortalamaları,

$$\text{mean}(T) = \left(\sum_{i=1}^y T_i \right) / y \quad [6.11]$$

Açıklanmış kareler toplamı (ESS : Explained Sum of Squares),

$$ESS = \sum_{i=1}^y (T_{ii} - \text{mean}(T))^2 = (\text{diag}(B^T * X^T * T))^T - y * (\text{mean}(T))^2 \quad [6.12]$$

y: P giriş matrisinin satır sayısı.

Tüm kareler toplamı (TSS : Total Sum of Squares),

$$TSS = \sum_{i=1}^y (T_i - T)^2 = (\text{diag}(T^T * T))^T - y * (\text{mean}(T))^2 \quad [6.13]$$

Buradan kararlılık sabiti (coefficient of determination),

$$R^2 = ESS / TSS \quad [6.14]$$

olarak bulunur. R^2 kararlılık sabiti [0 1] aralığındadır (1, 29) ve 1'e yakın olması istenir. Sabitin 1 olması Tt ile T nin aynı olması anlamına gelir. Bu da hatanın sıfır olması demektir. Pratikte bu pek olası değildir. “t” katsayıları,

$$t = B / \sigma_B \quad [6.15]$$

eşitliği ile elde edilir. “t” katsayıları, X giriş matrisindeki bağımsız değişkenlerin, çıkış matrisi T nin bulunmasında hangi oranda katkısı olduğunu gösteren bir referanstır. Genel olarak $t \geq 2$ ise değişken, T nin bulunması için etkin kabul edilir (1).

5.2. Yapay Sinir Ağları (YSA)

Bu bölümde, yük tahmini konusunda sık kullanılan on-line öğrenme modunun kapsadığı, hedef değerleri olması açısından regresyon analizi ile benzerlikleri olan ve bu çalışmada kullanılan geriye yayılım algoritması (back propagation) incelenecektir.

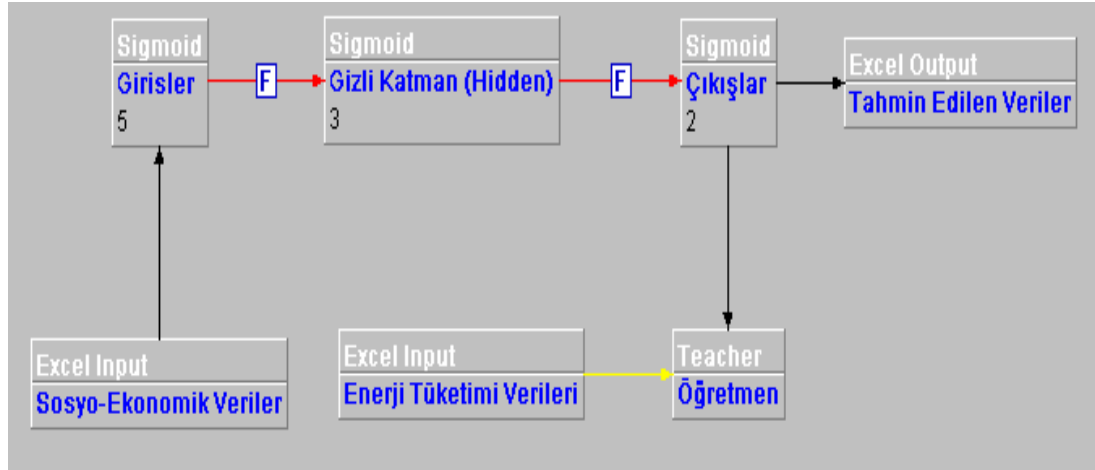
5.2.1. Geri Yayılım Algoritması (BPA)

Bu çalışmada Şekil 4.2 de gösterilen 2 gizli katmandan (hidden layer) oluşan geri yayılım algoritmasına uygun tarzdaki 3 gizli katmanlı, giriş katmanında 5 nerondan oluşan, ara katmanlarda yapılan eklem sayısına göre değişen neron sayılarından oluşan bir yapı kullanılmıştır. Ağın çalışmasında, başlangıç ağırlıkları seçilirken bir çok deneme yapılmış, bu konudaki önerilen 0,8 ile 0,3 arasındaki rakamlar iken; ağırlıklar 0,01 ile 0,0001 arasında değişen rakamlardan seçilmiştir. Bunun sebebi giriş ve çıkış değerlerinin oldukça karmaşık yapıda olmasıdır. 20x5'lik matris olarak verilen giriş, 20x2'lik matris olarak verilen çıkış değerleri ve üç gizli katmandan oluşan karmaşık bir yapay sinir ağını eğitebilmek için ağırlıkların oldukça küçük değerlerde olması gerekmektedir. Deneme yanılma yolu ile yapılan çalışma sonucunda, hata oranını en aza indirebilmek ve hassasiyeti arttırabilmek için, bu şekilde bir seçim yapılmıştır.

Yapılan çalışmada gerçek verilere en yakın değerler yukarda da açıklandığı gibi ağırlık ve biasların 0,01 değerinden küçük olduğu durumlarda elde edilmiştir. Uygulamada kullanılan Joone⁴ editör'ün özelliğinden faydalanılarak, eğitim esnasında öncelikle ağı daha hızlı eğitilebilmesi için ağırlıklar klasik yöntemlerde olduğu gibi 0,9 ve bias da 0,6 gibi bir değer seçilmiştir (14, 15). Eğitimdeki hata oranı da aynı anda gözlemlenmek sureti ile ağırlıklar ve biaslar 0,01 değerinin altında bir değere, kademe kademe getirilerek; gerçek çıkış değerlerine oldukça yakın sonuçlar elde edilmiştir. Değişken sayısının ve giriş satırlarının artması algoritmanın gizli katmanları arasında yapılan işlemleri daha karmaşık hale getirdiği tespit edilmiş, bu nedenle ağırlıklar ve biaslar 0,01 in altındaki değerlerde iken çıkış değerlerine daha yakın sonuçlar elde edilebilmiştir. Bir giriş katmanı, üç gizli katman, bir çıkış katmanı ve karşılaştırma basamağından oluşan

⁴ Joone (Java Object Oriented Neural Engine), Java kodu ile yazılmış açık kaynak kod motorudur.

temelde, Şekil 4.2’deki gibi bir YSA sistemi kullanılmıştır. Yapay sinir ağının eğitilmesi, ağırlık ve biasların elde edilmesi aşamasında “Joone” editör ile oluşturulan sistem Şekil 5-1’de gösterildiği gibidir.



Şekil 5.1. YSA nın eğitilmesi aşamasında oluşturulan sistem.

Girişler 20x5’lik bir matris olarak verilmiştir. Program giriş verilerini “Sosyo-Ekonomik Veriler” olarak tanımlanan excel dosyasından almaktadır. Java program motoru olarak kullanılan joone editörde her sütun’a bir ağırlık değeri veren beş girişli, üç gizli katmandan ve iki sütunlu çıkış verilerinden oluşan Sigmoid fonksiyonu kullanılmıştır (1, 24, 26). Sigmoid fonksiyonları arasındaki bağlantı “Full Synapse (F)” bağlantıdır. “Full Synapse”, Şekil 4.2’deki gibi, bir katmandaki çıkışların diğer katmandaki her bir girişe bağlantısı için kullanılan eklemlerdir. “Öğretmen” modülü ağı öğrenme süreci boyunca aktiftir.

Ağın eğitilmesi için Şekil 5.2’deki “epochs” yani döngü sayısı 100000 seçildi. “Learning Mode” ve “Momentum” 0,01’den küçük olarak seçildi ve eğitim başlatıldı. RMSE⁵’nin (Root Mean Square Error) değeri 0,01 den küçük olana kadar eğitime devam edildi. Şekil 5.3’de örnek teşkil etmesi için Türkiye verileri kullanılarak eğitilen ağın eğitim performansı verilmiştir.

⁵ RMSE: Veri dizilerinde, standart sapma değeri gibi kullanılan, “hata miktarı karelerinin ortalamasının kök değerini” gösteren bir terimdir. Bu terim ile bir dizi içinde, diziden sapma gösteren değerin sapma miktarı belirlenebilir

Controls

Run Continue **Pause**

Epochs : 100000

RMSE : 0.008735065648672...

batchSize 0

learning True

learningMode 1

learningRate 0.01111

momentum 0.01

pre-learning cycles 0

supervised True

epochs 100000

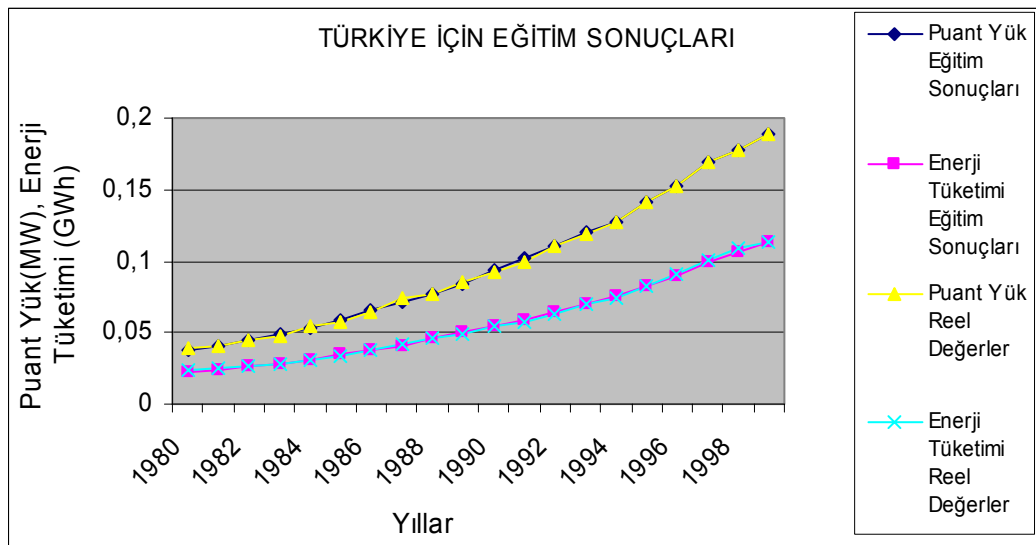
training patterns 20

useRMSE True

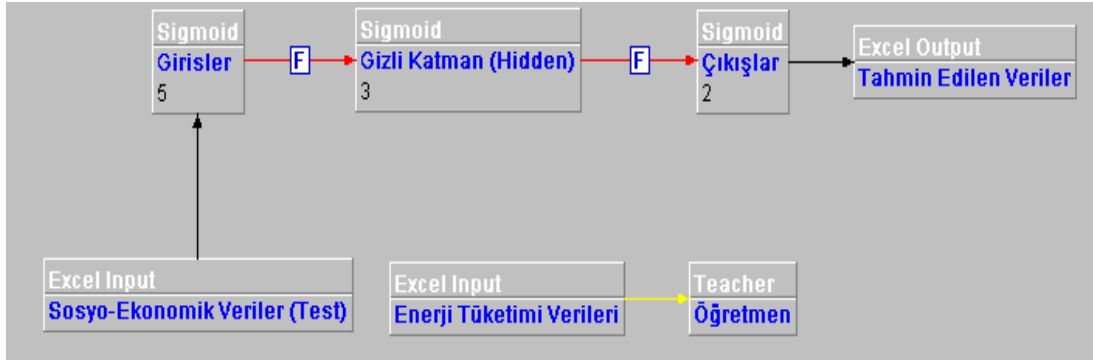
validation False

validation patterns 0

Şekil 5.2. Joone Editor kontrol paneli.



Şekil 5.3. Türkiye için geri yayılım algoritması ile eğitilen ağın enerji tüketim ve puant yük test sonuçları.



Şekil 5.4. Eğitilen YSA'nın test edilmesi aşamasında oluşturulan sistem.

Eğitim sırasında elde edilen ağırlıklar kullanılarak sistemin performansının ölçülmesi için test verisi olarak kullanılan 6x5'lik bir matris Sigmoid fonksiyonunun girişine bağlanır ve eğitim için kullanılan "Teacher" modülünün çıkış ile olan bağlantısı kesilir. Sistem eğitim sırasında elde ettiği ağırlıkları kullanarak, yeni test girişleri için çıkış değerleri üretir ve bunu belirlenen bir "Excel" dosyasına kaydeder. Elde edilen test sonuçları gerçek veriler ile karşılaştırılır ve hata oranları hesaplanır. Sonra yine Şekil 5.4'de ki sisteme benzer şekilde, elde etmek istediğimiz çıkış değerleri için gerekli olan giriş değerleri sisteme bağlanır ve joone editör ağırlıkları değiştirilmeden çalıştırılır. Sonuç yine seçilen Excel dosyasına kaydedilmiş olur.

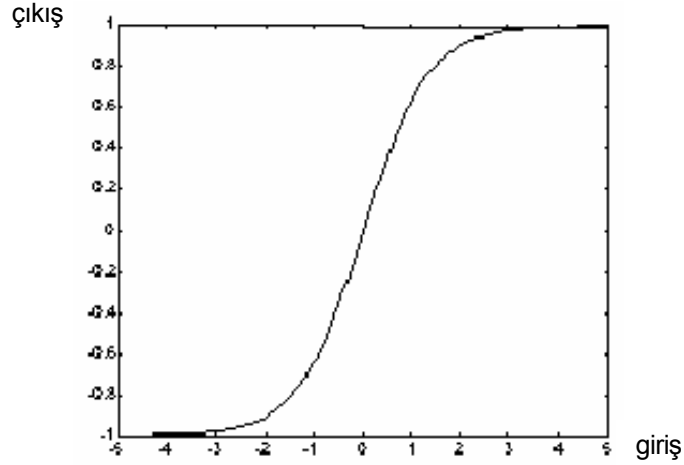
İ girişine karşılık Φ çıkışını veren fonksiyona transfer fonksiyonu denir. Bu fonksiyon giriş katmanı hariç tüm katmanlardaki nöronlarda bulunur. Bu fonksiyon treshold, signum, tansig, logistic (sigmoid, logsig) fonksiyonlarından biri olabilir. Mevcut çalışmada transfer fonksiyonu olarak en çok kullanılan "logistic fonksiyonu" seçilmiştir (1, 24, 26).

"Logistic" fonksiyonuna göre giriş ile çıkış arasında;

$$\Phi = 1 / (1 + e^{(-\alpha * I)}) , \quad \alpha = \text{eğim sabiti}, \quad [6.16]$$

bağıntısı vardır. Şekil 5.5'te görüldüğü gibi fonksiyon 0'dan önce ve 1'den sonra doyuma girmektedir. Bu sebeple ağ giriş ve çıkışları lineer olan 0,1 ile 0,9 arasında tutulur. Bu

işleme normalizasyon denir. Uygulamada normalizasyon için Şekil 5.5'te görüldüğü gibi bir logistic fonksiyon tipi olan sigmoid transfer fonksiyonundan yararlanılmıştır.



Şekil 5.5. Logistic transfer fonksiyonu.

Yapılan çalışmada, çıkıştaki değerlerden elde edilen hatalar ağı tekrar uygulanarak, tüm ağırlık değerleri güncelleştirilmiştir. Bu şekilde yapılan “ağı eğitme” (epoch) yöntemi ile hata değeri kabul edilebilir seviyelere indiğinde, ağı öğrenme süreci tamamlanmıştır (23, 24, 25, 26).

Her döngüde ağırlıkların ΔW kadar değiştiği varsayılır ise ,

$$\text{new_}W = \text{old_}W + \Delta W \quad [6.17]$$

olarak kabul edilebilir. Hatanın azaltılması için çıkışların giriş tarafına uygulanması sebebi ile ilk önce 3. gizli katman ile çıkış katmanı arasındaki ağırlıklar ayarlanır. “*Delta kuralından*” (1),

$$\Delta W_{3-4} = -\eta * \partial \varepsilon^2 / \partial W_{3-4}, \quad \eta = \text{Öğrenme katsayısı} \quad [6.18]$$

Hata değişimi ile ağırlıkların değişimi arasında ilişki kurmak için “*zincir kuralından*” yararlanılır (1),

$$\partial \varepsilon^2 / \partial W_{3-4} = (\partial \varepsilon^2 / \partial \Phi_4) * (\partial \Phi_4 / \partial I_4) * (\partial I_4 / \partial W_{3-4}) \quad [6.19]$$

Her döngüde hata,

$$\varepsilon = T - \Phi_4 \quad [6.20]$$

$$E = \varepsilon^2 = (T - \Phi_4)^2 \Rightarrow \partial \varepsilon^2 / \partial \Phi_4 = -2 * (T - \Phi_4) \quad [6.21]$$

Transfer fonksiyonu olarak logistic fonksiyon kullanıldığından,

$$\Phi = 1 / (1 + e^{(-\alpha * I_4)}) \Rightarrow \partial \Phi_4 / I_4 = \alpha * e^{(-\alpha * I_4)} / (1 + e^{(-\alpha * I_4)})^2 = \alpha * \Phi_4 * e^{(-\alpha * I_4)} \quad [6.22]$$

$$I_4 = \sum_{q=1}^k W_{3-4} * \Phi_3 \Rightarrow \partial I_4 / \partial W_{3-4} = \Phi_3 \quad [6.23]$$

$$\Delta W_{3-4} = -\eta * (\partial \varepsilon^2 / \partial W_{3-4}) = -\eta * -2 * (T - \Phi_4) * \alpha * \Phi_4 * (1 - \Phi_4) * \Phi_3 \quad [6.24]$$

$$\delta_4 = -2 * (T - \Phi_4) * \alpha * \Phi_4 * (1 - \Phi_4) = 2 * \varepsilon * (\partial \Phi_4 / \partial I_4) \quad [6.25]$$

olarak alınır ve [6.24] eşitliğinde yerine konulursa,

$$\Delta W_{3-4} = \eta * \delta_4 * \Phi_3 \quad [6.26]$$

buradan [6.17] eşitliğine göre,

$$new_W_{3-4} = old_W_{3-4} + \Delta W_{3-4} = old_W_{3-4} - \eta * \delta_4 * \Phi_3 \quad [6.27]$$

elde edilir. 2. gizli katman ile 3. gizli katman arasındaki ağırlıklar da hataya göre ayarlanacağı için hata ile bu ağırlıklar arasında yine *zincir kuralı* ilişkisi kurulur.

$$\Delta W_{2-3} = -\eta * \partial \varepsilon^2 / \partial W_{2-3}, \quad \eta = \text{Öğrenme katsayısı} \quad [6.28]$$

$$\partial \varepsilon^2 / \partial W_{2-3} = \sum_{r=1}^t (\partial \varepsilon^2 / \partial \Phi_4) * (\partial \Phi_4 / \partial I_4) * (I_4 / \partial \Phi_3) * (\partial \Phi_3 / \partial I_3) * (\partial I_3 / \partial W_{2-3}) \quad [6.29]$$

$$I_4 = \sum_{q=1}^k W_{3-4} * \Phi_3 \Rightarrow \partial I_4 / \partial \Phi_3 = W_{3-4} \quad [6.30]$$

$$\partial \Phi_3 / \partial I_3 = \alpha * \Phi_3 * (1 - \Phi_3) \quad [6.31]$$

$$I_3 = \sum_{m=1}^n W_{2-3} * \Phi_2 \Rightarrow \partial I_3 / \partial W_{2-3} = \Phi_2 \quad [6.32]$$

$$\Delta W_{2-3} = -\eta * \sum_{r=1}^t -2 * (T - \Phi_4) * \alpha * \Phi_4 * (1 - \Phi_4) * W_{3-4} * \alpha * \Phi_3 * (1 - \Phi_3) * \Phi_2 \quad [6.33]$$

$$\delta_3 = -2 * (T - \Phi_4) * \alpha * \Phi_4 * (1 - \Phi_4) * W_{3-4} * \alpha * \Phi_3 * (1 - \Phi_3) \quad [6.34]$$

olarak alınır, [6.26] eşitliğinden,

$$\delta_3 = \delta_4 * W_{3-4} * (\partial \Phi_3 / \partial I_3) \quad [6.35]$$

δ_3 , [6.33] eşitliğinde yerine konulursa,

$$\Delta W_{2-3} = -\eta * \sum_{r=1}^t \delta_3 * \Phi_2, \quad [6.36]$$

$$new_W_{2-3} = old_W_{2-3} + \Delta W_{2-3} = old_W_{2-3} - \eta * \sum_{r=1}^t \delta_3 * \Phi_2 \quad [6.37]$$

olarak elde edilir. Benzer şekilde 1. gizli katman ile 2. gizli katman arasındaki ağırlıklar ayarlanır (1).

$$\Delta W_{1-2} = -\eta * \partial \varepsilon^2 / \partial W_{1-2}, \quad [6.38]$$

$$\begin{aligned} \partial \varepsilon^2 / \partial W_{1-2} = & \sum_{q=1}^k \sum_{r=1}^t (\partial \varepsilon^2 / \partial \Phi_4) * (\partial \Phi_4 / \partial I_4) * (I_4 / \partial \Phi_3) * (\partial \Phi_3 / \partial I_3) * (\partial I_3 / \partial \Phi_2) \\ & * (\partial \Phi_2 / \partial I_2) * (\partial I_2 / \partial W_{1-2}) \end{aligned} \quad [6.39]$$

$$I_3 = \sum_{m=1}^n W_{2-3} * \Phi_2 \Rightarrow \partial I_3 / \partial \Phi_2 = W_{2-3} \quad [6.40]$$

$$\partial \Phi_2 / \partial I_2 = \alpha * \Phi_2 * (1 - \Phi_2) \quad [6.41]$$

$$I_2 = \sum_1^p W_{1-2} * \Phi_1 \Rightarrow \partial I_2 / \partial W_{1-2} = \Phi_1 \quad [6.42]$$

$$\begin{aligned} \Delta W_{1-2} = & -\eta * \sum_{q=1}^k \sum_{r=1}^t -2 * (T - \Phi_4) * \alpha * \Phi_4 * (1 - \Phi_4) * W_{3-4} * \alpha * \Phi_3 * (1 - \Phi_3) * \\ & W_{2-3} * \alpha * \Phi_2 * (1 - \Phi_2) * \Phi_1 \end{aligned} \quad [6.43]$$

olarak alınır, [6.34] eşitliğinden,

$$\Delta W_{1-2} = \sum_{q=1}^k \sum_{r=1}^t \delta_3 * W_{2-3} * \alpha * \Phi_2 * (1 - \Phi_2) * \Phi_1 \quad [6.44]$$

$$\delta_2 = \delta_3 * W_{2-3} * \alpha * \Phi_2 * (1 - \Phi_2) = \delta_3 * W_{2-3} * (\partial \Phi_2 / \partial I_2) \quad [6.45]$$

δ_2 'den δ_3 elde edilip, [6.44] eşitliğinde yerine konulursa,

$$\Delta W_{1-2} = -\eta * \sum_{q=1}^k \sum_{r=1}^t \delta_2 * \Phi_1 \quad [6.46]$$

$$new_W_{1-2} = old_W_{1-2} + \Delta W_{1-2} = old_W_{1-2} - \eta * \sum_{q=1}^k \sum_{r=1}^t \delta_2 * \Phi_1 \quad [6.47]$$

Bundan sonraki aşamada, benzer biçimde giriş katmanı ile 1. gizli katman arasındaki ağırlıklar da ayarlanır.

Kullanılan algoritmanın işlem adımları aşağıdaki gibi gerçekleştirilmiştir.

1. Girişler yıllara göre nüfus yoğunluğu, gayri safi milli hasıla (GSMH), büyüme hızı, sanayi üretim endeksi (SUE) ve petrol fiyatları'nın oluşturduğu bir matris ile gizli katmanlar için ağırlıklar yukarda bahsedildiği gibi deneme yanılma yolu ile belirlenmiştir.
2. Öğretilecek vektör girişe uygulanmıştır.
3. Doğrusal olmayan Sigmoid fonksiyonu kullanılarak değerler giriş seviyesinden gizli seviyeye ve yine Sigmoid fonksiyonu ile bu değerler (aktivasyonlar) çıkış seviyesine yayılmıştır.
4. İstenilen çıkışla, puant yük ve bürüt enerji tüketimi verilerinden oluşan gerçek çıkış değerleri karşılaştırılmış ve aralarındaki farktan kaynaklanan hata değeri hesaplanmıştır. Bu değer belirlenen sınır değerini aştığında; çıkış tabakasından gizli tabakaya ve gizli tabakadan giriş tabakasına geriye doğru yayılmıştır.
5. Ağırlıklar hata değerine göre yeniden düzenlemiş ve eğitim aşaması olan birinci aşama bitmiş, test aşaması olan ikinci aşamaya geçilmiştir.

Uygulaması yapılan algoritmanın test sonuçları Bölüm 6'de detaylıca verilmiştir.

Geri yayılımda ağın eğitilmesi, yani ideal ağırlık matrislerinin elde edilmesi için çok sayıda döngü gerçekleştirilmiştir. Döngü (epoch) miktarının çok büyük sayılara ulaşmaması için, ağdaki çıkış değerlerinde 0 için 0,1 ve 1 için 0,9 değerlerini kabul etmek iyi bir yaklaşım olmaktadır. Bu yaklaşım ağı sınırlı olduğu uzayda, sınır değerlerine (0 ve 1)'e tamamen ulaşması için yapılan döngü sayısını, büyük ölçüde azaltmaktadır. Ağ

çok yavaş öğrenir, ancak Şekil 5.3’de görüldüğü gibi ağı öğrenemediği durum çok azdır. Yani ağı, seçilen başlangıç değerlerine de bağlı olarak yerel minimuma az ulaşır (1). Geri yayımlı öğrenmede Sigmoid fonksiyonu sayesinde reel çıkışlara izin verildiğinden, yakın iki değer arasında bile doğru karar verebilir. Bu da geri yayımlı öğrenmenin, doğrusal olmayan problemler için kaçınılmaz olduğunu göstermektedir (1).

6. TÜRKİYE VE 12. GÖREV BÖLGESİ'NİN 2006, 2007, 2008, 2009, 2010 YILLARI ENERJİ TÜKETİMİ VE PUANT YÜK TAHMİNLERİ

6.1. Test Sonuçları

Bu bölümde Türkiye ve 12. Görev Bölgesi için yapılmış tahminlerin test sonuçları ve grafikleri verildi.

6.1.1. Türkiye için test sonuçları

Türkiye testleri için Çizelge 6.1 ve Çizelge 6.3'deki değerler kullanıldı. Çizelge 6.3'deki puant yük ve brüt tüketim değerleri ile Çizelge 6.1'deki sosyal ve ekonomik göstergeler regresyon analizi ve yapay sinir ağları modellerini gerçeklemede kullanıldı. 1980 ve 1999 yılları arasındaki 20 giriş değeri, giriş ve çıkış arasında ilişki kurmak için kullanıldı. Buradan yola çıkarak, yapay sinir ağları ve regresyon analizi modellerinden elde edilen 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005 yılları çıkış sonuçları, gerçek veriler ile karşılaştırıldı ve hata oranları hesaplandı. Buradan elde edilen test sonuçları Çizelge 6.4, Çizelge 6.5, Şekil 6.1 ve Şekil 6.2'de gösterildi.

Çizelge 6.1 ve Çizelge 6.2'de görülen bağımsız değişkenler;

- Nüfus sayısı,
- Gayri safi milli hasıla (GSMH),
- Gelişim hızı,
- Sanayi üretim endeksi (SUE),
- Varil başına düşen ham petrol fiyatıdır.

Bu değişkenler kullanılarak bağımlı çıkış değişkenleri;

- Puant yük,
- Enerji tüketimi verileri elde edildi.

Çizelge 6.4 ve Çizelge 6.5'te görülen YSA ve regresyon analizi test sonuçları incelendi ve

bu iki yöntemden elde edilen veriler ile mevcut veriler arasındaki karşılaştırma Şekil 6.1’de yapıldı. Grafikte görüldüğü gibi yapay sınır ağları kullanılarak elde edilen test sonuçları ile regresyon analizi test sonuçları gerçek verilerle oldukça yakındır.

Çizelge 6.1. Türkiye’nin yıllar itibariyle genel ekonomik verileri (16).

TÜRKİYE					
YILAR	Nüfus *1000	GSMH \$	GELİŞİM HIZI (%)	SUE 1997=100	PETROL FİYATLARI (\$/Varil)
1980	44439	1570	2,8	32,0	66,9
1981	45540	1598	4,8	34,5	66,9
1982	46688	1412	3,1	37,3	57,0
1983	47664	1299	4,2	40,4	47,9
1984	49070	1238	7,1	44,9	45,6
1985	50306	1356	4,3	47,5	41,3
1986	51433	1487	6,8	53,1	21,0
1987	52561	1668	9,8	58,8	26,3
1988	53715	1693	1,5	59,7	20,5
1989	54893	1979	1,6	61,9	24,5
1990	56154	2712	9,4	67,7	28,4
1991	57262	2657	7,4	69,5	23,5
1992	58374	2752	6,4	73,0	22,4
1993	59461	3056	8,1	78,9	19,3
1994	60612	2159	6,1	74,0	18,2
1995	61737	2784	8	83,6	19,7
1996	62873	2934	7,1	89,7	23,3
1997	64015	3032	8,3	100,0	20,5
1998	65157	3159	3,9	101,3	13,2
1999	66293	2828	-4,7	97,5	18,6
2000	67420	2987	7,4	103,4	29,2
2001	68529	2105	7,67	94,4	22,67
2002	69626	2619	7,94	103,4	24,14
2003	70712	3390	8,23	112,4	27,74
2004	71789	4112	8,52	123,5	35,00
2005	72844	4128	8,83	120,4	34,00

Çizelge 6.2. 2006-2010 yılları DİE ve DPT tahmini genel ekonomik verileri (30, 31).

YILAR	Nüfus *1000	GSMH \$	GELİŞİM HIZI (%)	SUE 1997=100	PETROL FİYATLARI (\$/Varil)
2006	73905	4128	9,15	122	30
2007	74944	4128	9,48	122	27,36
2008	75961	4128	9,82	122	26,16
2009	76956	4128	10,17	122	25,3
2010	77918	4128	10,54	122	25

Çizelge 6.3. 1980-2005 Yılları arası Türkiye elektrik enerjisi tüketimi (16).

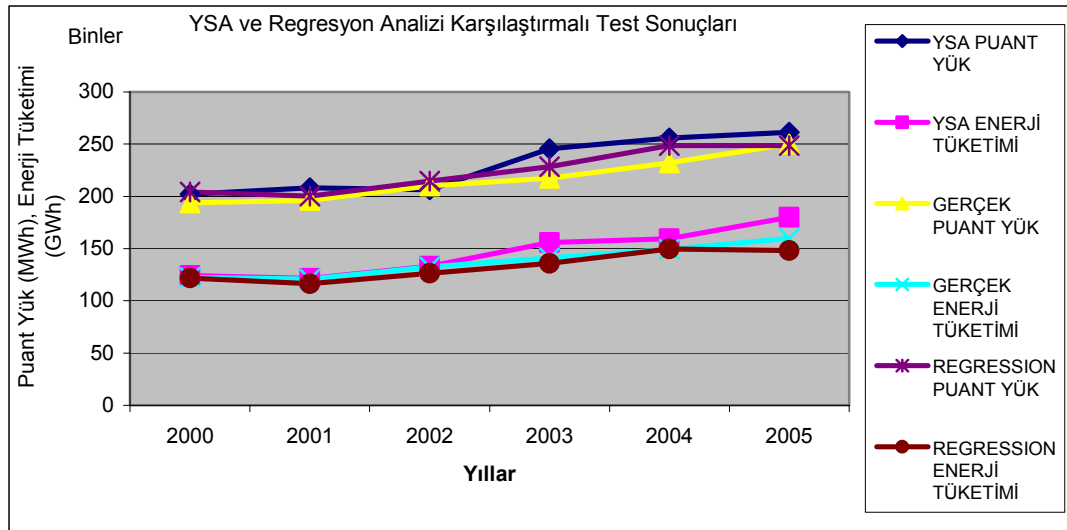
YILAR	Puant Yük (Ani) MW	Bürüt Tüketim (GWh)
1980	3947	23223
1981	4085	24961
1982	4512	26904
1983	4730	27887
1984	5456	31376
1985	5758	34055
1986	6434	37656
1987	7466	42317
1988	7679	46030
1989	8556	49367
1990	9180	54407
1991	9964	57351
1992	11113	63294
1993	11921	70077
1994	12760	73814
1995	14165	81859
1996	15231	90355
1997	16926	100738
1998	17799	108798
1999	18938	113032
2000	19390	122489
2001	19612	120831
2002	21006	132520
2003	21729	141151
2004	23199	149239
2005	25000	159650

Çizelge 6.4. Türkiye için YSA modeli ile elde edilen test sonuçları.

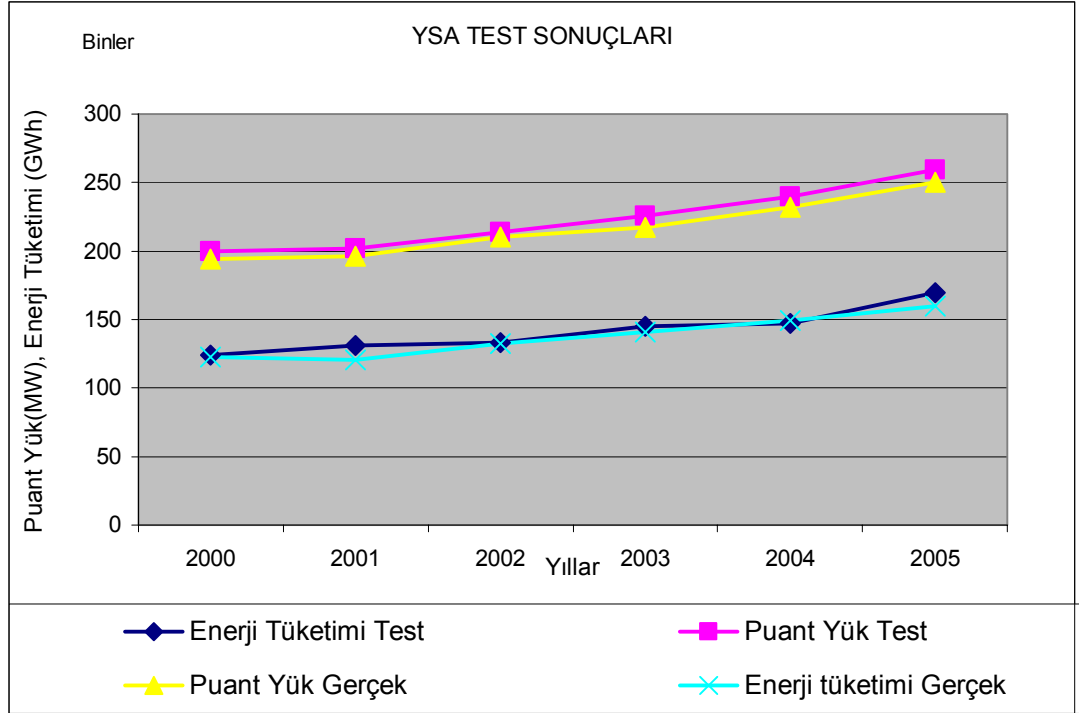
YILLAR	YSA TEST SONUÇLARI		GERÇEK DEĞERLER		YSA İÇİN HATA ORANI	
	Puant Yük (MW)	Enerji Tüketimi (GWh)	Puant Yük (MW)	Enerji Tüketimi (GWh)	Puant Yük (%)	Enerji Tüketimi (%)
2000	20200	124252	19390	122489	4,18	1,44
2001	20828	121417	19612	120831	6,20	0,48
2002	20647	133214	21006	132520	-1,71	0,52
2003	24556	155782	21729	141151	13,01	10,37
2004	25593	159440	23199	149239	10,32	6,84
2005	26134	179868	25000	159650	4,54	12,66
Ortalama Mutlak Hata	6,66%	5,39%				

Çizelge 6.5. Türkiye için Regresyon analizi ile elde edilen test sonuçları.

YILLAR	REGRESYON TEST SONUÇLARI		GERÇEK DEĞERLER		REGRESYON İÇİN HATA ORANI	
	Puant Yük (MW)	Enerji Tüketimi (GWh)	Puant Yük (MW)	Enerji Tüketimi (GWh)	Puant Yük (%)	Enerji Tüketimi (%)
2000	20410	121720	19390	122489	5,26	-0,63
2001	20020	116470	19612	120831	2,08	-3,61
2002	21460	126350	21006	132520	2,16	-4,66
2003	22830	135770	21729	141151	5,07	-3,81
2004	24850	149810	23199	149239	7,12	0,38
2005	24860	148230	25000	159650	-0,56	-7,15
Ortalama Mutlak Hata	3,71%	3,37%				



Şekil 6.1. Türkiye için enerji tüketim ve puant yük karşılaştırmalı test sonuçları.



Şekil 6.2. Türkiye için YSA modeli ile elde edilen enerji tüketimi ve puant yük test sonuçları.

Türkiye test sonuçlarına bakıldığında, paunt yük ve enerji tüketimi değerleri için oldukça yaklaşık sonuçlar elde edildi. Buradan, yapay sinir ağlarının ve regresyon analizinin her ikisinde bağımsız giriş verilerine karşılık, bağımlı çıkış verilerini elde etmekte oldukça başarılı olduğu gözlemlendi.

6.1.2. 12. Görev Bölgesi için test sonuçları

12. Görev Bölgesi yük tahmini için kullanılan veriler Çizelge 6.6, Çizelge 6.7 ve Çizelge 6.8’de gösterildi. Çizelge 6.8’deki puant yük ve bürüt tüketim değerleri ile Çizelge 6.6 ve 6.7’deki 1995-2005 yılları arası sosyal ve ekonomik göstergeler kullanıldı. 1995 ve 2001 yılları arasındaki 7 değer, giriş-çıkış arasında ilişki kurmak için kullanıldı. Buradan yola çıkarak 2002-2005 yılları arası için elde edilen veriler gerçek veriler ile karşılaştırıldı ve hata oranlarına bakıldı. Elde edilen test sonuçları Çizelge 6.9, Çizelge 6.10 ve Şekil 6.3’te gösterildi.

Çizelge 6.6. 12. Görev Bölgesi'nin yıllar itibariyle genel ekonomik verileri (16).

12. GÖREV BÖLGESİ (Marmara Bölgesi)					
YILAR	Nüfus *1000	GSMH \$	GELİŞİM HIZI (%)	SUE 1997=100	PETROL FİYATLARI (\$/Varil)
1995	835	1121	8,15	11,55	19,69
1996	852	1389	4,50	-0,15	23,27
1997	911	1399	6,45	9,50	20,50
1998	929	1411	3,03	-3,68	13,16
1999	948	1664	-4,48	0,45	18,58
2000	967	1498	9,23	12,65	29,23
2001	959	1296	9,57	13,30	22,67
2002	977	1298	9,93	13,98	24,14
2003	1193	1454	10,30	14,70	27,74
2004	1462	1535	10,69	15,47	35,00
2005	1800	1621	11,10	16,27	34,00

Çizelge 6.7. 2006-2010 yılları arası DİE ve DPT tahmini ekonomik verileri (30, 31).

YILAR	Nüfus *1000	GSMH \$	GELİŞİM HIZI (%)	SUE 1997=100	PETROL FİYATLARI (\$/Varil)
2006	2225	1712	11,52	17,13	30,00
2007	2760	1808	11,95	18,03	27,36
2008	3436	1909	12,41	18,98	26,16
2009	4290	2016	12,88	19,99	25,30
2010	5372	2129	13,37	21,05	25,00

Çizelge 6.8. 1980-2005 Yılları arası 12. Görev Bölgesi elektrik enerjisi tüketimi (16).

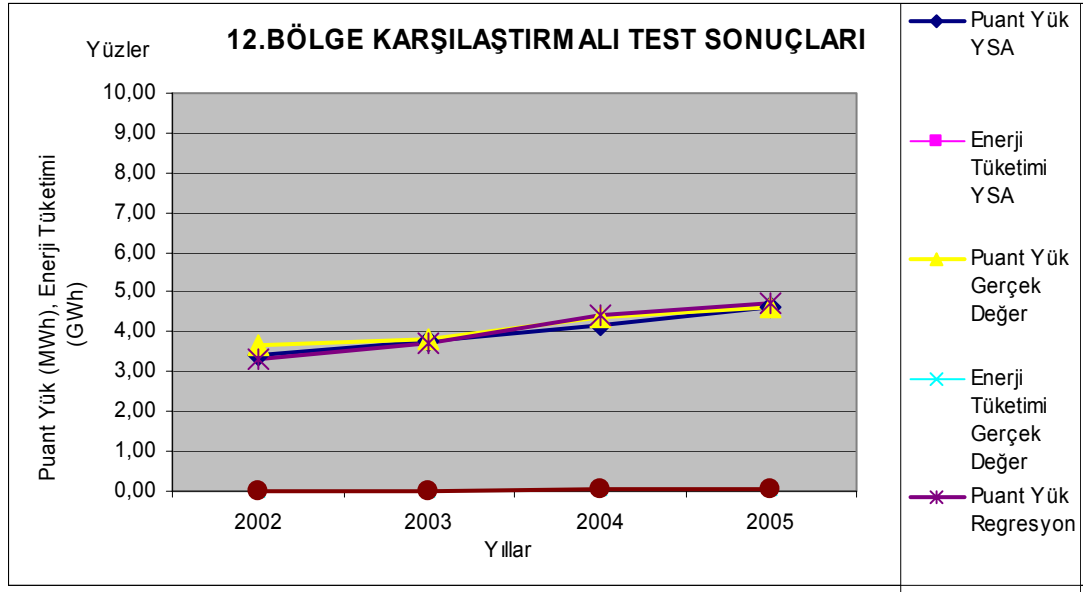
12. BÖLGE		
YILLAR	Puant yük (ani) MW	Bürüt Tüketim (GWh)
1995	257	1,52
1996	270	1,66
1997	312	1,84
1998	311	1,95
1999	322	2,05
2000	349	2,21
2001	336	2,14
2002	368	2,27
2003	382	2,49
2004	439	2,80
2005	464	2,95

Çizelge 6.9. 12. Görev Bölgesi için YSA modeli ile elde edilen test sonuçları.

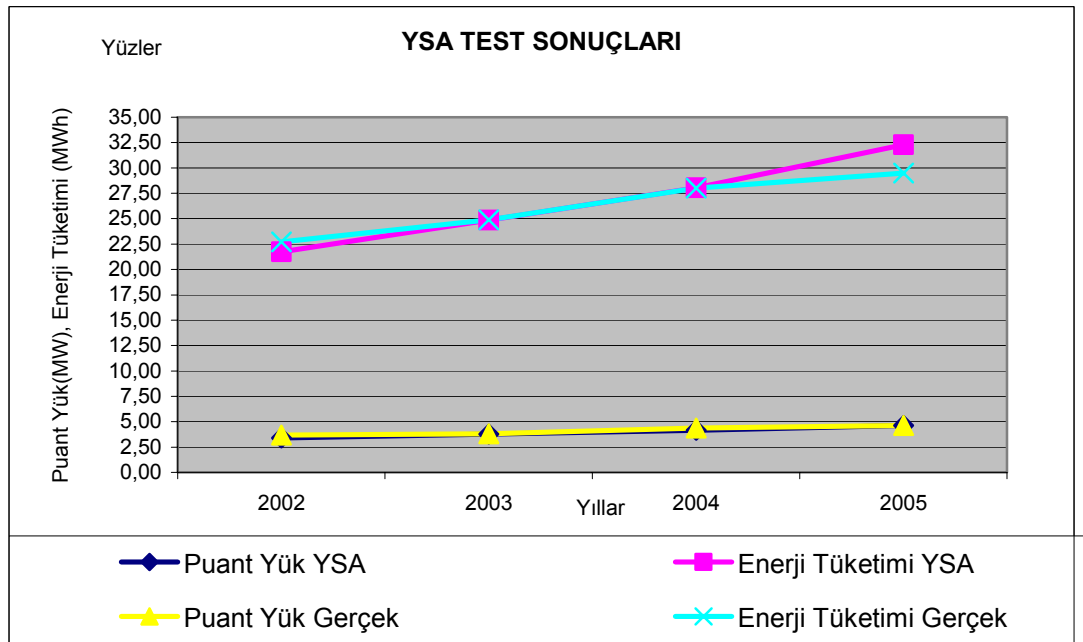
YILLAR	YSA TEST SONUÇLARI		GERÇEK DEĞERLER		YSA İÇİN HATA ORANI	
	Puant Yük (MW)	Enerji Tüketimi (GWh)	Puant Yük (MW)	Enerji Tüketimi (GWh)	Puant Yük (%)	Enerji Tüketimi (%)
2002	339,77	2,17	368	2,27	-7,67	-4,21
2003	377,54	2,48	382	2,49	-1,17	-0,22
2004	414,83	2,80	439	2,8	-5,51	0,17
2005	461,64	3,23	464	2,95	-0,51	9,42
Ortalama Mutlak Hata	3,71%	3,50%				

Çizelge 6.10. 12. Görev Bölgesi için Regresyon analizi ile elde edilen test sonuçları.

YILLAR	REGRESYON TEST SONUÇLARI		GERÇEK DEĞERLER		REGRESYON İÇİN HATA ORANI	
	Puant Yük (MW)	Enerji Tüketimi (GWh)	Puant Yük (MW)	Enerji Tüketimi (GWh)	Puant Yük (%)	Enerji Tüketimi (%)
2002	333,01	2,06	368	2,27	-9,51	-9,25
2003	371,03	2,32	382	2,49	-2,87	-6,83
2004	440,55	2,83	439	2,8	0,35	1,07
2005	474,79	3,04	464	2,95	2,33	3,05
Ortalama Mutlak Hata	3,76%	5,05%				



Şekil 6.3. 12. Görev Bölgesi için mevcut verilerin regresyon analizi ve YSA modeli test sonuçları ile karşılaştırılması.



Şekil 6.4. 12. Görev Bölgesi için enerji gerçek verilerin YSA modeli test sonuçları ile karşılaştırılması.

12. Görev Bölgesi için elde edilen test sonuçlarına bakıldığında, Regresyon analizi için Türkiye genelinde ki test sonuçları kadar iyi sonuçlar elde edilemedi. Çünkü Bursa,

Balıkesir, Çanakkale ve Yalova illerine ait yapılan sosyal ve ekonomik içerikli çalışmalar çok eskiye dayanmamaktadır. Bu nedenle elimizdeki veriler yeterince kapsamlı olamadığından, regresyon analizinde ki, girişler ile çıkışlar arasında kurulan ilişkinin hata oranı, Türkiye genelinde yapılan çalışmaya göre daha yüksek oldu. Yapay sinir ağları ile yapılan çalışmaya bakıldığında 12. Görev Bölgesi için mevcut olan veriler oldukça az olmasına rağmen, kullanılan geri yayılım algoritmasının hatayı tolere etme yeteneğinden dolayı hata oranlarıda kabul edilebilir seviyelerdedir (25).

6.2. Tahmin Sonuçları

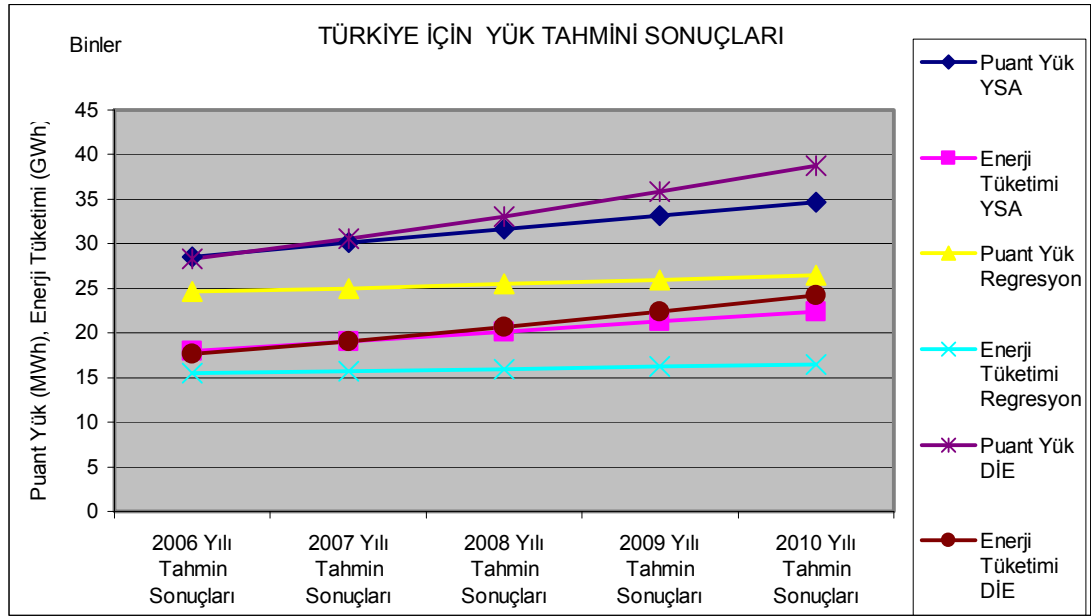
Tahmin sonuçları elde edilirken, Devlet Planlama Teşkilatı ve Devlet İstatistik Enstitüsü'nün gelecek yıllar için beklenen Çizelge 6.2 ve Çizelge 6.7'de ki genel ekonomik verileri kullanılarak, yine aynı yıllara ait, olması beklenen, puant yük ve enerji tüketimi değişkenleri tahmin edildi.

6.2.1. Türkiye için tahmin sonuçları

Türkiye için YSA modeli ve regresyon analizi ile yük tahmini gerçekleştirilirken, Çizelge 6.2'deki değerler kullanıldı. Sosyal ve ekonomik göstergelerden oluşan giriş verileri ile geçmiş yıllara ait puant yük ve enerji tüketimi verileri kullanılarak elde edilen test sonuçlarına göre 2006-2010 yılları arası için yük tahminleri yapıldı. Bu tahmin sonuçları Çizelge 6.11'de gösterildi.

Çizelge 6.11. Türkiye, YSA, Regresyon analizi ve DİE-DPT'nin tahmin sonuçları.

YILLAR	Yapay Sinir Ağı Sonuçları		Regresyon Analizi Sonuçları		Devlet İstatistik Enstitüsü Sonuçları	
	Puant Yük (MW)	Enerji Tüketimi (GWh)	Puant Yük (MW)	Enerji Tüketimi (GWh)	Puant Yük (MW)	Enerji Tüketimi (GWh)
2006 Yılı Tahmin Sonuçları	28581	179800	24620	155410	28269	176400
2007 Yılı Tahmin Sonuçları	30115	190590	24990	157060	30561	190700
2008 Yılı Tahmin Sonuçları	31655	201590	25500	159860	33077	206400
2009 Yılı Tahmin Sonuçları	33197	212750	25930	162230	35817	223500
2010 Yılı Tahmin Sonuçları	34717	223930	26430	165130	38785	242020



Şekil 6.5. Türkiye için enerji tüketim ve puant yük karşılaştırmalı tahmin sonuçları.

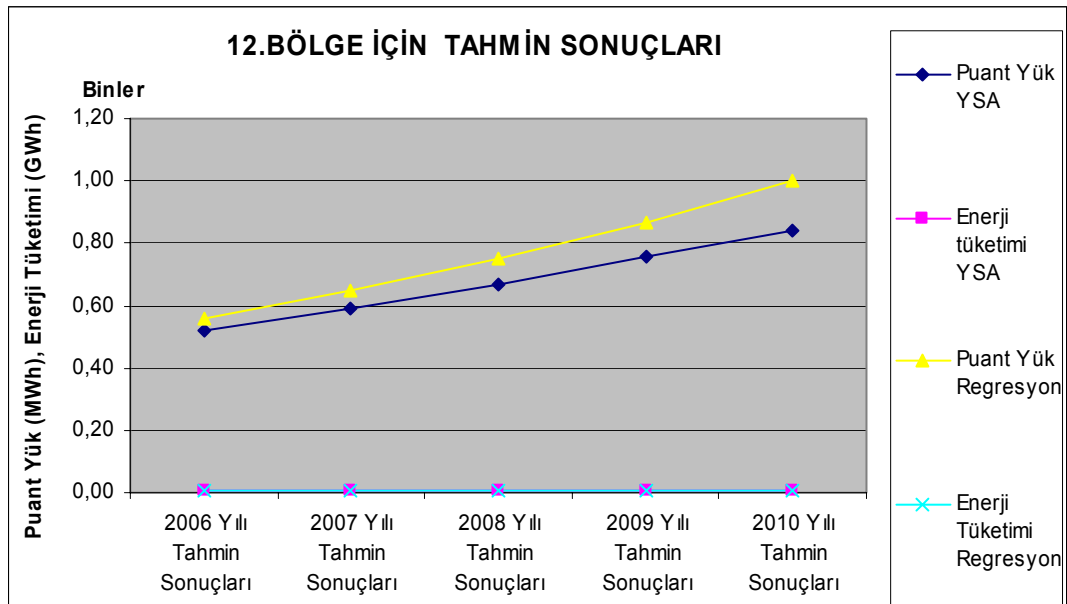
Şekil 6.5 incelendiğinde yapay sinir ağı ile elde edilen tahmin verilerinin, Devlet İstatistik Enstitüsü ve Devlet Planlama Teşkilatı'nın tahmin verileriyle büyük oranda örtüştüğü görülmektedir (1).

6.2.2. 12. Görev Bölgesi için tahmin sonuçları

12. Görev Bölgesi için YSA modeli ve regresyon analizi ile yük tahmini gerçekleştirilirken, Çizelge 6.7'deki değerler kullanıldı. Sosyal ve ekonomik göstergelerden oluşan giriş verileri ile geçmiş yıllara ait puant yük ve enerji tüketimi verileri kullanılarak elde edilen test sonuçlarına göre 2006-2010 yılları arası için yük tahminleri yapıldı. Bu tahmin sonuçları Çizelge 6.12'de gösterildi.

Çizelge 6.12. 12.Bölge, YSA ve Regresyon analizi tahmin sonuçları karşılaştırması.

YILLAR	Yapay Sinir Ağı Sonuçları		Regresyon Analizi Sonuçları	
	Puant Yük (MW)	Enerji Tüketimi (GWh)	Puant Yük (MW)	Enerji Tüketimi (GWh)
2006 Yılı Tahmin Sonuçları	519,47	3,78	559,40	3,60
2007 Yılı Tahmin Sonuçları	588,97	4,51	647,70	4,20
2008 Yılı Tahmin Sonuçları	669,10	5,41	747,80	4,90
2009 Yılı Tahmin Sonuçları	754,98	6,48	866,40	5,60
2010 Yılı Tahmin Sonuçları	837,58	7,60	1000,79	6,50



Şekil 6.6. 12. Bölge için enerji tüketim ve puant yük karşılaştırmalı tahmin sonuçları.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırmada Türkiye’de geçmişte izlenen özelleştirme çalışmalarının ve enerji piyasasındaki özel sektörün yerinin önemi belirtilmiş, geçmişte yapılan özelleştirme çalışmalarının tam olarak amacına ulaşamadığı ve devletin yeniden bu şirketlerin yönetimini kontrol altına aldığı belirtilmiştir. Yapılması gerekenin öncelikle sistemli bir çalışma ile emeklemekte olan özelleştirme çalışmalarının ayağa kaldırılması ve devlet yapısının hantallaşması nedeni ile sağlıklı bir şekilde işletilemeyen enerji dağıtım sisteminin özel sektöre “işletme hakkının devri” sonrasında devlet çıkarlarının öncelikle gözetildiği bir işletme anlayışının sisteme geçirilmesi olmalıdır.

21 Görev Bölgesi içerisinde 12 numaralı bölge genel hatlarıyla incelenmiştir. Bu bölge gerek kayıp-kaçak oranının düşüklüğü gerekse de üretim tüketim dengesi açısından Türkiye’nin şartlarını belirten örnek bölgelerinden biridir diyebiliriz. Enflasyonun enerji piyasası üzerindeki etkisi ya da tam tersi enerji piyasasının enflasyon üzerindeki etkisi dikkate alındığında önümüzdeki yıllar için üretim-tüketim planlaması yapmaya çalışıldığında bölgede sosyal ve ekonomik olaylardan teknik kayıp kaçaklara kadar birçok parametrenin göz önünde bulundurulması gereklidir.

Gelecek yılların yük tahmini projeksiyonları yapılırken birkaç senaryo bir arada düşünülmelidir. Örneğin bölgesel göçler olursa ya da enflasyon artışı olursa üretim tüketim dengesi bundan nasıl etkilenir gibi. Enerji sistemi adına en uygun planlamanın yapılabilmesi için, farklı ekonomik verilerin oluşturduğu senaryolardan yola çıkarak yük tahmini projeksiyonların yapılması doğru bir yaklaşım olacaktır.

Görev bölgesini⁶ etkileyen nüfus artışı, büyüme hızı, ve kişi başına düşen milli gelir gibi doğrusal olmayan sosyal ve ekonomik değişkenleri kullanarak matematiksel bir model oluşturmak ve buna bağlı olarak enerji piyasasını oluşturan değişkenler arasında bağlantı kurup yük tahmini yapmak oldukça zor olduğundan, bu araştırmada kullanıldığı gibi birbirinden bağımsız, doğrusal olmayan veriler ile yük tahmininde yapay sinir ağları ve

⁶ Görev Bölgesi ile belirtilen; Enerji piyasasının özelleştirilmesi kapsamında özel sektörün talip olduğu bölge yada bölgelerdir.

regresyon analizi büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

Yapılan tez araştırmasında geleceğe dönük yük kapasitesinin belirlenmesi için geçmiş yıllardaki ekonomik veriler ve enerji tüketimi arasındaki ilişkinin gelecekte de devam edeceği dikkate alındı. Gelecekteki enerji kapasitenin belirlenebilmesi için yapay sinir ağları ve regresyon analizi olmak üzere iki yöntem kullanıldı.

Çalışmada; çok katmanlı geri yayılım algoritmasının karmaşık sistemlerin çözümünde oldukça başarılı olduğu gözlemlendi. Kullanılan her iki yöntemde, tahmin yapılmadan önce, mevcut yıllar için elde edilen tahmin sonuçları gerçek değerler ile karşılaştırılarak test edildi ve hata oranları hesaplanmıştır. Kullanılan verilerin, geniş bir zaman aralığında sağlıklı olarak elde edilmesi ile bundan sonraki yıllar için daha başarılı tahminler yapılacağı düşünülmektedir. Bu konuda Avrupa Birliği çalışmaları kapsamında DİE ve DPT'nin oldukça kapsamlı istatistik veri bankaları oluşturmaya başladığı araştırmalar sonucunda gözlemlenmiştir (30, 31).

12. Görev Bölgesi için elde edilen regresyon analizi test sonuçlarına bakıldığında, Türkiye genelinde ki test sonuçları kadar iyi sonuçlar elde edilememiştir. Bursa, Balıkesir, Çanakkale ve Yalova illerine ait yapılan sosyal ve ekonomik içerikli çalışmalar çok eskiye dayanmamaktadır. Bu nedenle elimizdeki veriler yeterince kapsamlı olmadığından, regresyon analizinde ki, girişler ile çıkışlar arasında kurulan ilişkinin hata oranı, Türkiye genelinde yapılan çalışmaya göre daha yüksek olmuştur.

Yapay sinir ağları ile yapılan çalışmaya bakıldığında, 12. Görev Bölgesi için mevcut olan veriler oldukça az olmasına rağmen, kullanılan geri yayılım algoritmasının hatayı tolere etme yeteneğinden dolayı hata oranları da kabul edilebilir seviyelerdedir (25). Türkiye için yapılan tahmin sonuçlarında hata oranının yüksek çıkmasının nedeni, YSA'ya uygulanan girişlerin oldukça karmaşık olmasından kaynaklanmaktadır. Hata oranını azaltmak için ağı daha fazla eğitim döngüsüne sokmak gerekir.

YSA uygulaması ile Devlet Planlama Teşkilatı'nın tahmin sonuçları arasında regresyon analizine oranla daha yakın bir ilişki olduğu görüldü. Bu da YSA'nın geleceğe yönelik

yük tahminlerinin elde edilmesinde uygun bir model olduğunu göstermektedir.

YSA ile yapılan çalışma sonucu, 2010 yılında Türkiye'nin puant yükü 34717 MW, enerji tüketimi 223930 GWh olarak hesaplandı. 2010 yılında 12. Görev Bölgesi'nin puant yükü, 837,58 MW; enerji tüketimi, 7,6 GWh olarak hesaplandı. Puant yük ve enerji talebindeki bu artışlara bakıldığında, geleceğe yönelik planlamaların iyi yapılması gerektiği düşünülmektedir.

Regresyon analizi ile yapılan çalışma sonucu, 2010 yılında Türkiye'nin puant yükü 26430 MW, enerji tüketimi 165130 GWh olarak hesaplandı. 2010 yılında 12. Görev Bölgesi'nin puant yükü 1000,79 MW, enerji tüketimi 6,5 GWh olarak hesaplandı.

KAYNAKLAR

1. F. Aksel, “Regresyon Analizi ve Yapay Sinir Ağları Yöntemleri ile Uzun dönem Yük tahmini”, *İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans tezi, İstanbul (2000).
2. EPDK, “Dünya Genelinde Uygulanan Elektrik Ticaret Rejimlerinden Örnekler”, *Elektrik Piyasası Düzenleme İzleme ve Değerlendirme Dairesi Başkanlığı*, Ankara (2003).
3. H. Tandırcıoğlu, “Geçiş Ekonomilerinde Özelleştirme”, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 1-3, (2002).
4. TEİAŞ, “Yıllık İşletme Raporu”, *Yük Tevzi Merkezi*, Ankara (2005).
5. Instituto Acional De Estadistica,”Energy Consumption Survey”, www.ine.es (2003).
6. Compania Operadora del Mercado Espanol de Electricidad, “OMEL Annual Report 2002”, www.omel.es/frames/en/index_eng.jsp (2003).
7. Amerika Enerji Bakanlığı Enerji Enformasyon İdaresi (EIA), “Electricity Reform Abroad and U.S Investment”, 4.Bölüm, www.eia.gov (2004).
8. TEİAŞ, “Türkiye Elektrik Enerjisi 10 Yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonu (2005-2014)”, *APK Dairesi Başkanlığı*, Ankara (2005).
9. TEDAŞ, “İllerde Kişi Başına Düşen Elektrik Tüketimleri (2004)”, www.tedas.gov.tr (2005).
10. TEİAŞ, “2004 Yılı İşletme Faaliyet Raporu”, *APK Dairesi Başkanlığı*, Ankara (2005).
11. Elektrik Enerjisi Sektörü Reformu ve Özelleştirme Strateji Belgesi,

- <http://mevzuat.dpt.gov.tr/ypk/2004/03.pdf> (2004).
12. Baymek A.Ş., “TEDAŞ 13. Görev Bölgesi Ankara, Kırıkkale İşletme Hakları Devri Fizibilite Raporu”, **TEDAŞ** (1997).
13. Türkiye’de Elektrik Enerjisi Gelişiminin ve TEK’in Kısa Tarihçesi, <http://dergi.emo.org.tr/> (2005).
14. Kayseri ve Civarı Elektrik T.A.Ş., “Elektrik Enerji Sektöründe Özel Sektör ve Kayseri ve Civarı Elektrik Türk Anonim Şirketi’nin Yeri”, <http://www.kcetas.com.tr/kurhak.htm> (2005).
15. Aktaş Elektrik Tarihçesi, “Faliyet Raporu”, 2002 Yılı Olağan Genel Kurul Toplantısı, http://www.aktaselektrik.com.tr/FR_2002/index.htm (2002).
16. TEDAŞ Genel Müdürlüğü, “1990-2004 Yılları Elektrik Dağıtım ve Tüketim İstatistikleri”, **Araştırma Planlama ve Koordinasyon Daire Başkanlığı**, Ankara (2004)
17. 4628 Sayılı EPDK Kanunu, <http://www.epdk.gov.tr> (2005).
18. EPDK, “Elektrik Piyasası Uygulama El Kitabı”, Ankara, Nisan 2003 <http://www.epdk.gov.tr> (2005).
19. TEDAŞ Genel Müdürlüğü “Müesseseler ve Bağlı Ortaklıkların Arıza Sayısı ve Süreleri”, **Sistem İşletme Müdürlüğü**, Ankara (2002).
20. Devlet İstatistik Enstitüsü, “Elektrik Üretim ve Dağıtım İstatistikleri”, Yayın Haberleşme ve Halkla ilişkiler Şubesi, <http://www.die.gov.tr/enerji00004.htm> (2005).
21. H.Chen, C.A. Canizares, and A. Singh, “ANN-Based Short-Term Load Forecasting: in Electricity Markets Proceedings of the IEEE Power Engineering Society

- Transmission and Distribution Conference”, *Proceedings of the IEEE*, 2: 411-415 (2001).
22. S.Rahman, “Formulation and analysis of a rule-based short-term load forecasting: algorithm”, *Proceedings of the IEEE*, 78: 805-816 (1990).
23. E.A. Feinberg, D., “Genethliou, Load Forecasting”, Chapter 12, <http://www.ams.sunysb.edu/~feinberg/public/lf.pdf> (2005).
24. Z. Şen, “Yapay Sinir Ağları”, Bölüm 4, *Su Vakfı Yayınları*, Ankara.
25. V.V NABIYEV, “Yapay Zeka, Problemler-Yöntemler-Algoritma”, *Seçkin Yayınları*, 621-622, Ankara (2005).
26. Ş. Sağiroğlu, E.Beşdok, M. Erler, “Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları-I”, *Ufuk*, 80, 83, 86-87 (2003).
27. N. Kenç, “Yük tahmini ve Beyoğlu Bölgesine Uygulaması”, *İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans tezi, İstanbul (1998)
28. İ. Pala, “Elektrik Sistemlerinde Bölgesel Yük Tahmini”, *İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans tezi, İstanbul (1998).
29. D.N. Gujurati, “Basic econometrics”, *McGraw Hill*, İstanbul (1995).
30. Devlet İstatistik Enstitüsü, İstatistikler, ”İstatistikler ve Göstergeler”, <http://www.die.gov.tr/konular/cevre-Enerji.htm> (2005).
31. DPT, “İller ve Bölgeler İtibarıyla Gayri Safi Yurtiçi Hasıladaki Gelişmeler (1987-2000)”, *Bölgesel Gelişme ve Yapısal Uyum Genel Müdürlüğü*, DPT : 2676, Ankara (2003).

EKLER

EK-1 Regresyon Analizi'nin Matlab 6.0 İle Uygulanması

Yük tahmininin regresyon analizi ile yapılabilmesi için yazılan Matlab 6.0 dosyası ve açıklamaları aşağıdadır (22).

```
function[forregr]=regressionxtfl(Yearp,Yearf,P,T,Pg);
disp('!!! Yearp:years of past, Yearf=years of future, P:input(s), T:output(s), Pg:input(s) for
future!!!');
[nrowsP,ncolsP]=size(P); %P giris matrisi tanımlandı
[nrowsT,ncolsT]=size(T); %T giris matrisi tanımlandı
[nrowsPg,ncolsPg]=size(Pg); %Pg giris matrisi tanımlandı
%[nrowsTt,ncolsTt]=size(Tt); %Tt giris matrisi tanımlandı
X=[ones(nrowsP,1) P]; %P'nin diogonal matrisi olusturuldu
Xg=[ones(nrowsPg,1) Pg]; %P'nin diogonal matrisi olusturuldu
W=X'*X; %Bu şekilde kabul edilir
B=inv(W)*X'*T; %Çarbanların oluşturulduğu matris
sumSU=[diag(T'*T-B'*X'*T)]'; %Hataların kareleri toplamı
df=nrowsP-ncolsP-1 %df=serbestlik derecesi, p matrisinin satır sayısından sütun sayısı %
(P+1) çıkarılarak bulunuyor
varE=sumSU/df; %E/df
sigmaE=(varE)^(1/2); %Karekök içinde E/df
varB=diag(inv(W))*varE;
ESS=[diag(B'*X'*T)]'-nrowsP*(mean(T)).^2; %ESS:explained sum of squares
%(açıklanmış kareler toplamı)
TSS=[diag(T'*T)]'-nrowsP*(mean(T)).^2; %Tüm Kareler toplamı
SR=ESS/TSS; %Kararlılık sabiti, [0 1] aralığındadır.
sigmaB=(varB)^(1/2); %
t=B./sigmaB; % X'teki bağımsız değişkenlerin T'nin bulunmasındaki katkı oranını
%gösteren referanstır.
test=X*B;
forregr=Xg*B;
error=T-test;
err_in_percent=100*error./T;
mean_error=sum(err_in_percent)./nrowsT;
mean_abs_error=sum(abs(err_in_percent))./nrowsT;
%error=Tt-forregr;
%err_in_percentt=100*error./Tt;
%mean_error=sum(err_in_percentt)./nrowsTt;
%mean_abs_error=sum(abs(err_in_percentt))./nrowsTt;
plot(Yearp,T,'ro-');
hold on;
%plot(Yearf,Tt,'ro-');
%hold on;
```

```

OUTPUT = [test;forregr];
YEARS = [Yearp;Yearf];
plot(YEARS,OUTPUT , 'b*:.');
xlabel('Time(Years)');
ylabel('Maximum Power Demand(MVA), Energy Demand(GWh)');
title('o : Actual Value * : Forecasted Value');

```

Regressionxtfl matlab dosyasının adıdır ve bu adın work directory'si altında da adı aynı olmalıdır. Yearp, Yearf, P, T, Pg, değerleri fonksiyonun giriş değerleridir. Kodu çalıştırmak için Matlab komut penceresinde “regressionxtfl(Yearp,Yearf,P,T,Pg)” yazılır ve enter'a basılır. Sonuç oluşan grafikten gözlemlenebilir. Fonksiyona giriş değerleri girilirken aynı isimleri kullanma zorunluluğu yoktur fakat program çalıştırılırken aynı sıra ile çalıştırılmalıdır (22).

P: Bağımsız değişkenlerin oluşturduğu giriş matrisi,

Pg: Sonucu istenen girişler,

T: Giriş matrislerine karşılık gelen çıkış değerleri,

Yearp: P değerlerinin ait olduğu yıllar,

Yearf: Pg değerlerinin ait olduğu yılları sembolize eder.

Dosya ile ilgili ayrıntılı bilgi Bölüm 5.1.1 ve 5.1.2'de verilmiştir.

EK-2 Regresyon Analizi Test Ve Tahmin Sonuçları

Matlab 6.0 dosyası ile yapılan regresyon analizi test ve tahmin sonuçları aşağıdadır.

Türkiye Test Sonuçları :

```
>> regressionxtf1(Yearp,Yearf,P,T,Pt,Tt);
!!! Yearp:years of past, Yearf=years of future, P:input(s), T:output(s), Pt:input(s) for
future, Tt:Outputs for test!!!
```

```
K>> P
```

```
P =
```

```
1.0e+004 *
```

4.4439	0.1570	0.0003	0.0032	0.0067
4.5540	0.1598	0.0005	0.0034	0.0067
4.6688	0.1412	0.0003	0.0037	0.0057
4.7664	0.1299	0.0004	0.0040	0.0048
4.9070	0.1238	0.0007	0.0045	0.0046
5.0306	0.1356	0.0004	0.0047	0.0041
5.1433	0.1487	0.0007	0.0053	0.0021
5.2561	0.1668	0.0010	0.0059	0.0026
5.3715	0.1693	0.0001	0.0060	0.0021
5.4893	0.1979	0.0002	0.0062	0.0024
5.6154	0.2712	0.0009	0.0068	0.0028
5.7262	0.2657	0.0007	0.0069	0.0024
5.8374	0.2752	0.0006	0.0073	0.0022
5.9461	0.3056	0.0008	0.0079	0.0019
6.0612	0.2159	0.0006	0.0074	0.0018
6.1737	0.2784	0.0008	0.0084	0.0020
6.2873	0.2934	0.0007	0.0090	0.0023
6.4015	0.3032	0.0008	0.0100	0.0021
6.5157	0.3159	0.0004	0.0101	0.0013
6.6293	0.2828	0.0005	0.0098	0.0019

```
K>> Pg
```

```
Pg =
```

```
1.0e+004 *
```

6.7420	0.2987	0.0007	0.0103	0.0029
--------	--------	--------	--------	--------

6.8529	0.2105	0.0008	0.0094	0.0023
6.9626	0.2619	0.0008	0.0103	0.0024
7.0712	0.3390	0.0008	0.0112	0.0028
7.1789	0.4112	0.0009	0.0124	0.0035
7.2844	0.4128	0.0009	0.0120	0.0034

K>> Tt

Tt =

19390	122489
19612	120831
21006	132520
21729	141151
23199	149239
25000	159650

K>> Yearp

Yearp =

1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999

K>> Yearf

Yearf =

2000
2001
2002
2003
2004
2005

K>> T

T =

1.0e+005 *

0.0395	0.2322
0.0409	0.2496
0.0451	0.2690
0.0473	0.2789
0.0546	0.3138
0.0576	0.3406
0.0643	0.3766
0.0747	0.4232
0.0768	0.4603
0.0856	0.4937
0.0918	0.5441
0.0996	0.5735
0.1111	0.6329
0.1192	0.7008
0.1276	0.7381
0.1417	0.8186
0.1523	0.9035
0.1693	1.0074
0.1780	1.0880
0.1894	1.1303

K>> B

B =

1.0e+005 *

-0.2895	-1.5132
0.0000	0.0000
-0.0000	-0.0001
-0.0006	-0.0064
0.0014	0.0108
0.0009	0.0056

df =

14

K>> SR

SR =

0.9941 0.9931

K>> t

t =

-6.3917 -5.1591
 4.6111 3.3436
 -2.6646 -2.6546
 -1.4202 -2.1947
 3.9479 4.7632
 7.0636 6.9459

K>> test

test =

1.0e+005 *

0.0333 0.2031
 0.0410 0.2430
 0.0451 0.2687
 0.0470 0.2754
 0.0574 0.3315
 0.0644 0.3766
 0.0572 0.3265
 0.0721 0.4156
 0.0794 0.4728
 0.0894 0.5299
 0.0955 0.5500
 0.1013 0.5858
 0.1108 0.6455
 0.1180 0.6889
 0.1264 0.7279
 0.1396 0.8166
 0.1564 0.9275

```

0.1725  1.0377
0.1755  1.0592
0.1838  1.0927

```

```
K>> forregr
```

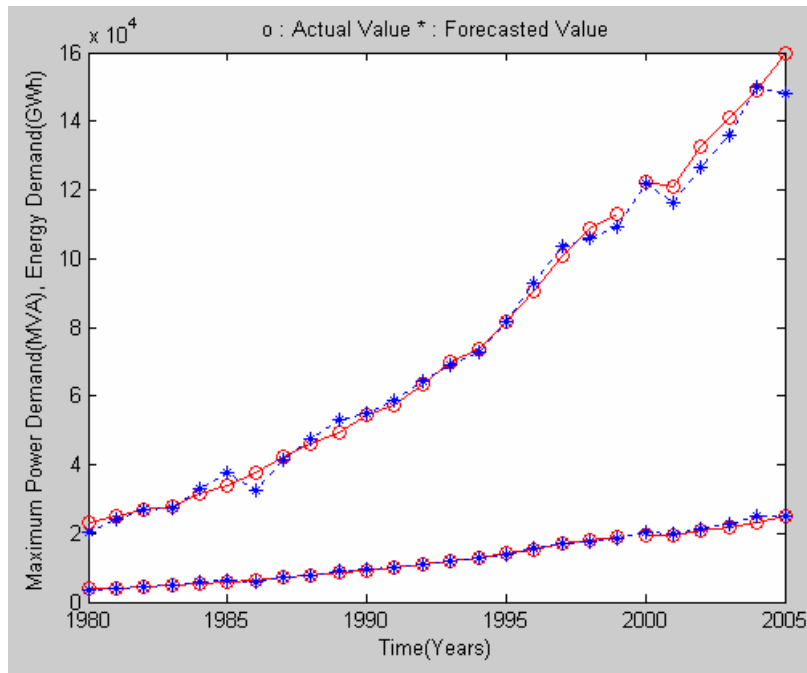
```
forregr =
```

```
1.0e+005 *
```

```

0.2041  1.2172
0.2002  1.1647
0.2146  1.2635
0.2283  1.3577
0.2485  1.4981
0.2486  1.4823

```



Şekil Ek.2.1. Türkiye için puant yük ve enerji tüketimi tahmini test sonuçları

12.Bölge Test Sonuçları :

```

>> regressionxtf1(ypmr,yfmr,Pmr,Tmr,Ptmr,Ttmr);
!!! Yearp:years of past, Yearf=years of future, P:input(s), T:output(s), Pg:input(s) for
future Tt:Outputs for test!!!

```

```
>> Pmr
```

```
Pmr =
```

```
1.0e+003 *
```

0.8350	1.1210	0.0082	0.0116	0.0197
0.8520	2.3890	0.0045	-0.0001	0.0233
0.9110	1.3990	0.0065	0.0095	0.0205
0.9290	1.4110	0.0030	-0.0037	0.0132
0.9480	1.6640	-0.0045	0.0004	0.0186
0.9670	1.4980	0.0092	0.0127	0.0292
0.9590	1.2960	0.0096	0.0133	0.0227

```
>> Ptmr
```

```
Ptmr =
```

```
1.0e+003 *
```

0.9770	1.2980	0.0099	0.0140	0.0241
1.1930	1.4540	0.0103	0.0147	0.0277
1.4620	1.5350	0.0107	0.0155	0.0350
1.8000	1.6210	0.0111	0.0163	0.0340

```
>> Tmr
```

```
Tmr =
```

257.0000	1.5200
270.0000	1.6600
312.0000	1.8400
311.0000	1.9500
322.0000	2.0500
349.0000	2.2100
336.0000	2.1400

```
>> Ttmr
```

```
Ttmr =
```

368.0000	2.2700
382.0000	2.4900
439.0000	2.8000
464.0000	2.9500

```
>> ypmr
```

```
ypmr =
```

```
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
```

```
>> yfmr
```

```
yfmr =
```

```
2002
2003
2004
2005
```

```
>> regressionxtf1(ypmr,yfmr,Pmr,Tmr,Ptmr,Ttmr);
```

```
!!! Yearp:years of past, Yearf=years of future, P:input(s), T:output(s), Pg:input(s) for
future, Tt:Outputs for test!!!
```

```
K>> B
```

```
B =
```

```
-284.5820 -2.5775
0.6294 0.0047
0.0014 -0.0000
0.4937 0.0031
0.0557 -0.0048
0.5798 0.0091
```

```
K>> df
```

```
df =
```

```
1
```

```
K>> SR
```

```
SR =
```

0.9928 0.9943

K>> t

t =

-4.0975 -5.5144
 8.6561 9.6673
 0.0673 -0.0694
 0.5287 0.4899
 0.0379 -0.4906
 0.3182 0.7395

K>> test

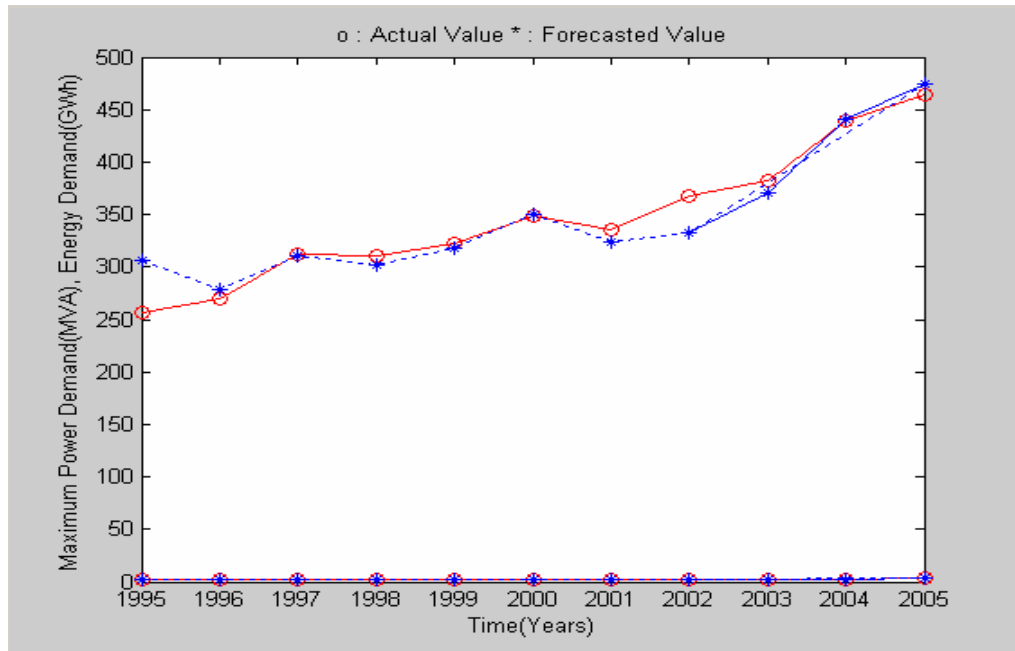
test =

258.5621 1.5095
 270.6140 1.6559
 306.2904 1.8784
 310.9574 1.9503
 322.9257 2.0438
 348.2802 2.2148
 339.3702 2.1173

K>> forregr

forregr =

33.0072 2.0627
 371.0390 2.3282
 440.5501 2.8333
 474.7927 3.0418



Şekil Ek.2.2. 12.Bölge için puant yük ve enerji tüketimi tahmini test sonuçları

Türkiye Tahmin Sonuçları :

```
>> regressionxtf1(Yearp,Yearf,P,T,Ptt);
```

!!! Yearp:years of past, Yearf=years of future, P:input(s), T:output(s), Pg:input(s) for future!!!

df=

20

```
>> P
```

P =

1.0e+004 *

4.4439	0.1570	0.0003	0.0032	0.0067
4.5540	0.1598	0.0005	0.0034	0.0067
4.6688	0.1412	0.0003	0.0037	0.0057
4.7664	0.1299	0.0004	0.0040	0.0048
4.9070	0.1238	0.0007	0.0045	0.0046
5.0306	0.1356	0.0004	0.0047	0.0041
5.1433	0.1487	0.0007	0.0053	0.0021
5.2561	0.1668	0.0010	0.0059	0.0026
5.3715	0.1693	0.0001	0.0060	0.0021

5.4893	0.1979	0.0002	0.0062	0.0024
5.6154	0.2712	0.0009	0.0068	0.0028
5.7262	0.2657	0.0007	0.0069	0.0024
5.8374	0.2752	0.0006	0.0073	0.0022
5.9461	0.3056	0.0008	0.0079	0.0019
6.0612	0.2159	0.0006	0.0074	0.0018
6.1737	0.2784	0.0008	0.0084	0.0020
6.2873	0.2934	0.0007	0.0090	0.0023
6.4015	0.3032	0.0008	0.0100	0.0021
6.5157	0.3159	0.0004	0.0101	0.0013
6.6293	0.2828	0.0005	0.0098	0.0019
6.7420	0.2987	0.0007	0.0103	0.0029
6.8529	0.2105	0.0008	0.0094	0.0023
6.9626	0.2619	0.0008	0.0103	0.0024
7.0712	0.3390	0.0008	0.0112	0.0028
7.1789	0.4112	0.0009	0.0124	0.0035
7.2844	0.4128	0.0009	0.0120	0.0034

>> Ptt

Ptt =

1.0e+004 *

7.3905	0.4128	0.0009	0.0122	0.0030
7.4944	0.4128	0.0009	0.0122	0.0027
7.5961	0.4128	0.0009	0.0122	0.0026
7.6956	0.4128	0.0010	0.0122	0.0025
7.7918	0.4128	0.0011	0.0122	0.0025

>> Yearp

Yearp =

1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990

1991
 1992
 1993
 1994
 1995
 1996
 1997
 1998
 1999
 2000
 2001
 2002
 2003
 2004
 2005

>> Yearf

Yearf =

2006
 2007
 2008
 2009
 2010

>> T

T =

1.0e+005 *

0.0395	0.2322
0.0409	0.2496
0.0451	0.2690
0.0473	0.2789
0.0546	0.3138
0.0576	0.3406
0.0643	0.3766
0.0747	0.4232
0.0768	0.4603
0.0856	0.4937
0.0918	0.5441
0.0996	0.5735
0.1111	0.6329
0.1192	0.7008

0.1276	0.7381
0.1417	0.8186
0.1523	0.9035
0.1693	1.0074
0.1780	1.0880
0.1894	1.1303
0.1939	1.2249
0.1961	1.2083
0.2101	1.3252
0.2173	1.4115
0.2320	1.4924
0.2500	1.5965

K>> B

B =

1.0e+005 *

-0.2899	-1.9178
0.0000	0.0000
-0.0000	-0.0001
-0.0008	-0.0052
0.0011	0.0086
0.0007	0.0065

K>> df

df =

20

K>> SR

SR =

0.9956	0.9958
--------	--------

K>> t

t =

-8.8010	-9.2331
6.2943	6.0019
-2.0269	-2.9818

```
-1.5322 -1.6790
 3.1009  4.0333
 8.4499 11.9605
```

```
K>> test
```

```
test =
```

```
1.0e+005 *
```

```
0.0329 0.2035
0.0401 0.2505
0.0449 0.2697
0.0469 0.2717
0.0562 0.3323
0.0642 0.3761
0.0588 0.3089
0.0716 0.4044
0.0810 0.4555
0.0909 0.5225
0.0962 0.5546
0.1027 0.5899
0.1120 0.6503
0.1188 0.6902
0.1270 0.7467
0.1389 0.8288
0.1541 0.9393
0.1678 1.0366
0.1728 1.0542
0.1809 1.1121
0.1982 1.2469
0.1959 1.2182
0.2091 1.3095
0.2219 1.3981
0.2400 1.5317
0.2416 1.5318
```

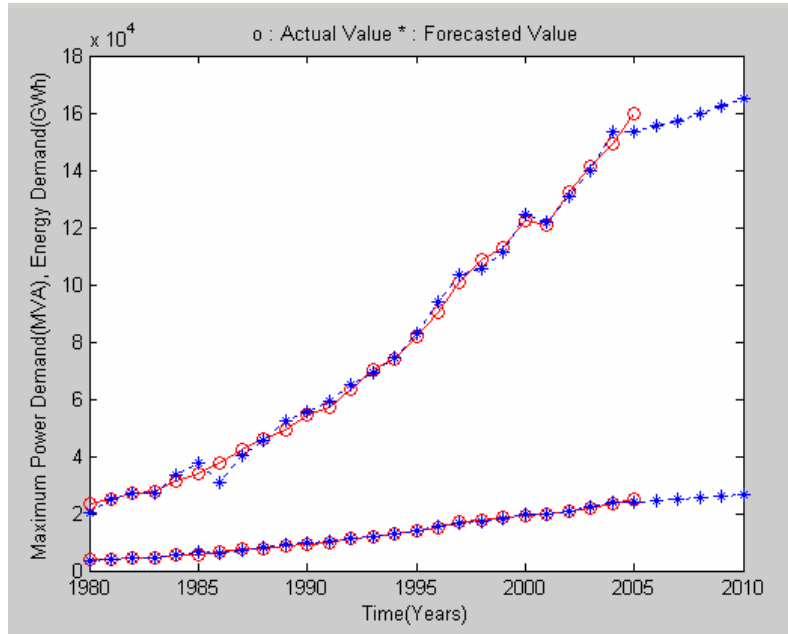
```
K>> forregr
```

```
forregr =
```

```
1.0e+005 *
```

```
0.2462 1.5541
0.2499 1.5706
0.2550 1.5986
```

0.2593 1.6223
0.2643 1.6513



Şekil Ek.2.3. Türkiye için 2006-2010 yılları arası puant yük ve enerji tüketimi tahmin sonuçları

12.Bölge Tahmin Sonuçları :

```
>> regressionxtf1(ypmr,yfmr,Pmr,Tmr,Pttmr);
!!! Yearp:years of past, Yearf=years of future, P:input(s), T:output(s), Pg:input(s) for
future!!!
```

df =

5

```
>> ypmr
```

ypmr =

1995
1996
1997
1998
1999
2000

2001
2002
2003
2004
2005

>> yfmr

yfmr =

2006
2007
2008
2009
2010

>> Pmr

Pmr =

1.0e+003 *

0.8350	1.1210	0.0082	0.0116	0.0197
0.8520	1.3890	0.0045	-0.0001	0.0233
0.9110	1.3990	0.0065	0.0095	0.0205
0.9290	1.4110	0.0030	-0.0037	0.0132
0.9480	1.6640	-0.0045	0.0004	0.0186
0.9670	1.4980	0.0092	0.0127	0.0292
0.9590	1.2960	0.0096	0.0133	0.0227
0.9770	1.2980	0.0099	0.0140	0.0241
1.1930	1.4540	0.0103	0.0147	0.0277
1.4620	1.5350	0.0107	0.0155	0.0350
1.8000	1.6210	0.0111	0.0163	0.0340

>> Pttmr

Pttmr =

1.0e+003 *

2.2250	1.7120	0.0115	0.0171	0.0300
2.7600	1.8080	0.0119	0.0180	0.0274
3.4360	1.9090	0.0124	0.0190	0.0262
4.2900	2.0160	0.0129	0.0200	0.0253
5.3720	2.1290	0.0134	0.0210	0.0250

```
>> Tmr
```

```
Tmr =
```

257.0000	1.5200
270.0000	1.6600
312.0000	1.8400
311.0000	1.9500
322.0000	2.0500
349.0000	2.2100
336.0000	2.1400
368.0000	2.2700
382.0000	2.4900
439.0000	2.8000
464.0000	2.9500

```
>> regressionxtf1(ypmr,yfmr,Pmr,Tmr,Pttmr);
```

```
!!! Yearp:years of past, Yearf=years of future, P:input(s), T:output(s), Pg:input(s) for future!!!
```

```
df =
```

```
5
```

```
K>> B
```

```
B =
```

-103.0064	-1.0994
0.0998	0.0006
0.2404	0.0018
5.6845	0.0414
2.5798	0.0159
-2.6987	-0.0175

```
K>> SR
```

```
SR =
```

0.9326	0.9180
--------	--------

```
K>> test
```

```
test =
```

272.7996	1.6261
----------	--------

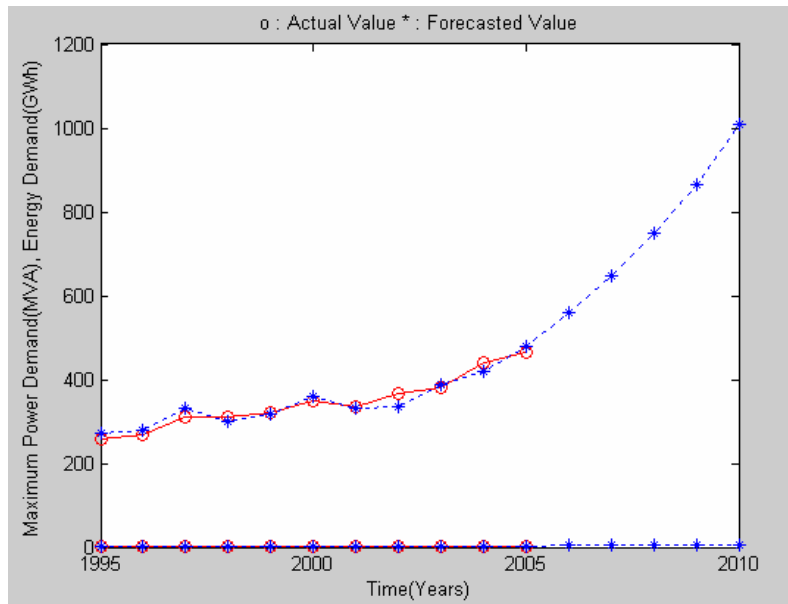
278.3216	1.7221
330.0712	2.0596
301.1174	1.8698
317.1646	1.9995
359.8288	2.2860
331.7886	2.0546
333.9001	2.0693
387.2079	2.4498
418.1452	2.6650
479.6550	3.0780

K>> forregr

forregr =

1.0e+003 *

0.5594	0.0036
0.6477	0.0042
0.7478	0.0049
0.8664	0.0056
1.0079	0.0065



Şekil Ek.2.4. 12.Bölge için 2006-2010 yılları arası puant yük ve enerji tüketimi tahmin sonuçları.

ÖZGEÇMİŞ

22.10.1978 KAYSERİ doğumlu. İlk orta ve lise öğrenimini doğum yeri olan Kayseri’de tamamladı. 2002 yılında Başkent Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü’nden mezun oldu, aynı yıl Eylül ayında Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimine başladı. Halen Sasel Elektromekanik A.Ş.’de Elektrik Elektronik Mühendisi olarak görev yapmaktadır.