



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MATEMATİKSEL MODELLEME
KULLANILARAK TÜRK YEĞİNNİN UZUN
DÖNEM ELEKTRİK YÜK TAHMİNİ**

Hayri ÖZURLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik - Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı,

**Ocak-2011
KONYA
Her Hakkı Saklıdır**

TEZ KABUL VE ONAYI

Hayri OĞURLU tarafından hazırlanan “**Matematiksel Modelleme Kullanarak Türkiye'nin Uzun Dönem Elektrik Yük Tahmini**” adlı tez çalışması 13/01/2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik - Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Doç.Dr. Abdullah ÜRKMEZ

Danışman

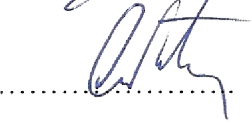
Yrd.Doç.Dr. Nurettin ÇETİNKAYA

Üye

Yrd.Doç.Dr. Mehmet ÇUNKAŞ

İmza







Yukarıdaki sonucu onaylarım.


Prof.Dr. Bayram SADE
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

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

DECLARATION PAGE

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


İmza
Hayri OĞURLU
Tarih: 13.01.2011

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MATEMATİKSEL MODELLEME KULLANILARAK TÜRK YEĞİNEK UZUN DÖNEM ELEKTRİK YÜK TAHMİNİ

Hayri ÖZURLU

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı,

Danışman: Yrd.Doç.Dr. Nurettin ÇETİNKAYA

2011, 86 Sayfa

Jüri

Doç.Dr. Abdullah ÜRKMEZ
Yrd.Doç.Dr. Nurettin ÇETİNKAYA
Yrd.Doç.Dr. Mehmet ÇUNKA

Bu tez çalışması, elektrik enerjisinin son kullanıcılarına ekonomik, kaliteli ve sürekli olarak sağlanabilmesi için yapılan planlama çalışmalarının önemi vurgulanmıştır. Yapılacak planlamanın en önemli unsuru olan geleceğe dönük tahmin yöntemleri detaylı biçimde incelenmiş ve 2010 ve 2025 yılları arasındaki yıllık tüketilen toplam enerji miktarları, ve puant günde tüketilen enerji miktarları tahmin edilmiştir. Buna göre geçmiş yıllara ait enerji tüketimi ile ilgili olan verilerden uygun matematiksel modeller oluşturulmuş ve gelecek yıllara ait sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır. Yapılan tahminden elde edilen veriler daha önceden farklı yöntemler kullanılarak yapılmış olan diğer akademik çalışmalar ile karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: ENPEP, MAED, regresyon analizi, tahmin yöntemleri, YSA, yük tahmini.

ABSTRACT

MS THESIS

**LONG TERM ELECTRICAL LOAD FORECASTING OF TURKEY
USING MATHEMATICAL MODELING**

Hayri O URLU

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN ELECTRICAL ELECTRONICAL ENGINEERING**

Advisor: Asst.Prof.Dr. Nurettin ÇET NKAYA

2011, 86 Pages

Jury

**Assoc.Prof.Dr. Abdullah ÜRKMEZ
Asst.Prof.Dr. Nurettin ÇET NKAYA
Asst.Prof.Dr. Mehmet ÇUNKA**

In this study, end users of electrical energy economically, to ensure consistently high quality and emphasize the importance of the planning studies. The most important element of planning to do for the future of the prediction methods were examined in detail and the 2010 - 2025 the total amount of energy consumed between the amount of energy consumed and the peak day forecasts were made. Accordingly, for the years past, the energy consumption associated with the appropriate mathematical models are created from the data and results in future periods to be studied. The data obtained from the estimate made previously using different methods are compared with other academic studies.

Keywords: ANN, ENPEP, forecast methods, load forecasting, MAED regression analysis.

ÖNSÖZ

Elektrik enerjisi piyasası, yeniden oluşturuldu u, sektördeki bütün aktörlerin ve i levlerinin yeniden yapılandırıldı, , günümüzde gelece e yönelik planlama çalımları, her zamankinden daha önemli bir yere sahip olmu tur. Yeni oluşturulan da tım şirketleri, özel girişimlerle kurulan üretim santralleri, kamu kurumları, nca idare edilen iletim sistemi ve bütün bunların koordinasyonunu üstlenen üst kurullar, n en çok ihtiyaç duyulan , bilgi, gelecekteki arz ve talep de erleri olacaktır. Planlama ve tahmin konularının önemini kavrayan birçok akademik ve ticari çevre sayesinde bu konuyla ilgili çalımlar ülkemizde hızla artmaktadır. Ayrıca Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu tarafından elektrik enerjisi talep tahminleri ile ilgili hazırlanan ve 2006 yılında yürürlü e giren yönetmelik, planlama ve talep tahmini konusunu belirli bir programa bağlamış, durumdadır. Bu çalımda da bu konu ile ilgili uygulanan yöntemler ve yapılmış çalımlar incelenmiş ve oldukça pratik ve gerçe e uygun tahminler elde edilmiştir.

Bu çalıma, manın ortaya çıkmasında bana yardımlarını, esirgemeyen değerli hocam Yrd.Doç.Dr. Nurettin ÇETNKAYA'ya ve A LEME çok teşekkür ederim.

Hayri O URLU
KONYA 6 2011

Ç NDEK LER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ.....	vi
Ç NDEK LER	vii
S MGELER VE KISALTMALAR.....	ix
1. G R VE L TERATÜR TARAMASI.....	1
1.1. Giri	1
1.2. Literatür Taramas,	3
2. TÜRK YE ELEKTR K SEKTÖRÜNÜN NCELENMES	5
2.1. İgili Kurum ve Kurulu lar.....	5
2.2. Elektrik Piyasas,n,n Dönemsel Geli imi	7
2.2.1. Birinci dönem (1902ó1970)	8
2.2.2. İkinci dönem (1970ó1982).....	8
2.2.3. Üçüncü dönem (1982ó1983)	9
2.2.4. Dördüncü dönem (1984ó2001).....	9
2.2.5. Be ve alt,nc, dönem (2001-...).....	10
2.3. Türkiye'de Uygulanan Yük Tahmini Çal, malar,.....	10
2.3.1. ENPEP modeli ve modülleri	10
2.3.1.1. MAED modülü	12
3. PLANLAMA KAVRAMI VE ÖNEM	14
3.1. Planlama Süreci	14
3.2. Elektrik Enerji Sisteminde Planlama A amalar,	14
3.2.1. Yük tahmini	16
3.2.2. Üretim sistemi planlamas,	17
3.2.3. İletim sistemi planlamas,.....	18
3.2.4. Alt iletim sistemi planlamas,	19
3.2.5. Da ıtım sistemi planlamas,	19
3.2.6. Yakıt destek ve yöneylem planlamalar,	20
3.2.7. Çevresel planlama	20
3.2.8. Finansal planlama	20
3.2.9. Ara tırma ó Geli tirme planlamas,	21
3.3 Tahmin Yöntemleri.....	21
3.3.1. Tahmin için önemli faktörler	22
3.3.2. Yüklerin özellikleri ve s,n,fland,r,lmas,	25

4. YÜK TAHMİN YAKLAŞIMLARI.....	27
4.1. Zaman Serisi Analizi	28
4.1.1. Box-Jenkins tekniği.....	30
4.1.2. Standart hata	35
4.1.3. Standart sapma.....	36
4.1.4. R-kare parametresi.....	36
4.2. Son Kullanıcı Modeli.....	37
4.3. Ortalama Art, Yüzdeleri ile Yapılan Tahmin	38
4.4. Ekonometrik Metotlar	38
4.5. Gayri Safi Milli Hâsılaya Dayalı Yapılan Tahmin.....	39
4.6. Yüzeysel Yük Tahmini	39
4.7. Regresyon Analizi	41
4.7.1. Regresyondaki tahmin hataları,	42
4.7.2. Korelasyon katsayısı,	42
4.7.3. Regresyon denkleminin oluşturulması,.....	43
4.7.4. Üstel düzeltme	50
4.8. Yapay Sinir Ağları (YSA).....	51
4.8.1. Yapay sinir ağları avantajları,.....	52
4.8.2. Yapay sinir ağları dezavantajları,	53
4.9. Bulanık Mantık.....	53
4.10. Uzman sistemler (US).....	54
5. VERİLERİNDE İZLENİMLER VE TAHMİN	56
5.1. Kullanılacak Veriler ve Elde Edilecek Değerler	57
5.2. Puant Yük Talep Tahmini	61
5.3. Toplam Enerji Talep Tahmini.....	66
5.4. Modellerin Karşılaştırılması,.....	70
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	74
7. EKLER	76
F(x) Fonksiyonların Hesaplanması,	76
Denklem 5.1:	76
Denklem 5.2:	78
Denklem 5.3:	80
Denklem 5.4:	81
KAYNAKLAR	84
ÖZGEÇMİŞ	86

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılan bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamalar ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler **Açıklama**

Standart Sapma

Kısaltmalar **Açıklama**

AB	Avrupa Birliği
AIC	Akaike Information Criterion
ANFIS	Adaptive Network Based Fuzzy Inference Systems
ANL	Argonne National Laboratory
APK	Araştırma Planlama Koordinasyonu
AR	Otoregresif Model
ARIMA	Birleştirilmiş Otoregresif-Hareketli Ortalamalar Modeli
ARMA	Otoregresif-Hareketli Ortalamalar Modeli
BIC	Bayesian Information Criteria
DPT	Devlet Planlama Teşkilatı
DS	Devlet Su Şirketi
ENPEP	Energy and Power Evaluation Program
EPDK	Enerji Piyasası, Düzenleme Kurulu
EÜA	Elektrik Üretim Anonim Şirketi
GSMH	Gayri Safi Milli Hâsıla
GSYH	Gayri Safi Yurt İçi Hâsıla
HES	Hidroelektrik Santral
IAEA	International Atomic Energy Agency
HD	İletme Hakkı, Devri
MA	Hareketli Ortalamalar Modeli
MAED	Model for Analysis of Energy Demand
NEA	Nuclear Energy Agency
PSO	Particle Swarm Optimization
TEA	Türkiye Elektrik Anonim Şirketi
TEDA	Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
TEA	Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TEK	Türkiye Elektrik Kurumu
TETA	Türkiye Elektrik Ticaret Anonim Şirketi
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
US	Uzman Sistemler
WASP	Wien Automatic System Planning Package
Y	Yapı İlet
YD	Yapı İlet Devret
YSA	Yapay Sinir Ağları

1. G R VE L TERATÜR TARAMASI

1.1. Giri

Sanayi ve teknoloji, günümüz dünyasında hızlı bir biçimde gelişmeye devam etmektedir. Bu gelişmenin tartışılmaz en önemli kaynağı, olan enerji günlük hayatımızda vazgeçilmezleri arasında ilk sıralardadır. Bu enerjinin çok önemli miktarında elektrik enerjisi oluşmaktadır. Elektrik enerjisi birçok farklı kaynaktan elde edilip yine çok çeşitli tüketim alanlarında kullanılmaktadır.

Toplumsal gelişiminin bir göstergesi haline gelen enerji, 1970'li yıllarda dünya genelindeki enerji darboğazlarından halen dünya ülkelerinin öncelikleri arasında ilk sıradaki yerini korumaktadır. Enerji üretimi, iletimi ve dağıtımının planlanması, gelişmekte olan ülkelerde oldukça kritik bir öneme sahiptir. Bu nedenle elektrik enerjisinin etkin ve verimli biçimde kullanılması, enerji verimliliği, bilgi ve teknoloji çağımızda, olan günümüzde gündemin en önemli maddelerinden biri durumundadır.

Türkiye'de elektrik enerjisi talebi, artan nüfus, şehirleşme, sanayileşme, teknolojinin yaygınlaşması ve refah artışıyla paralel olarak yükselmesini sürdürmektedir. Türkiye'de elektrik enerjisi tüketimi, geçen 40 yılda, yıllık ortalama %10'luk bir hızla büyümüştür. Bu artış, hızla son 20 yılda % 8,5 düzeyine gerilemiştir. Azalan artış hızına rağmen talebin tüketimde doyuma ulaşmaya kadar daha uzun bir süre yüksek oranlarda artmaya devam etmesi beklenmektedir. Yapılan tahmin hesaplamaları, bu durumu net bir şekilde göstermektedir.

Söz konusu tahminlerin, gerçekçi veri ve varsayımlarla abartılmadan yapılması, Türkiye'nin gereksiz külfetler altına sokulmaması açısından hayati önemi bulunmaktadır (Güneşli, 2002). Elektrik enerjisinin üretimi, iletimi ve dağıtım ile yükümlü bulunan kuruluşların amacı, üretilen enerjinin tüketicilere ucuz, kaliteli ve sürekli olarak sunulmasıdır. Bu sebeple geçmiş yıllardan elde edilen veriler ve gelecekte ortaya çıkabilecek durumların öngörülerek gerçekleştirilen tahminlerin yapılması, bu sektörde hizmet veren kurumların en önemli görevidir.

Elektrik enerjisi, üretim yerinden uzaklara dağıtım tesisleri ile kolayca taşınabilen, dağıtım, kontrol altında tutulabilen, temiz bir enerji kaynağıdır. Elektrik enerjisi sektörünün sağlıklı gelişimi için talep, arz, iletim, dağıtım ve fiyatlandırma konularında planlar yapılması, büyük öneme sahiptir. Yapılacak planlama çalışmaları, enerji sektörünün en önemli sorunlarından biri, gelecekteki talep bilgileridir.

Enerji sisteminin planlaması, ilk ve en önemli adımlardan biri yük tahminidir. Elektrik enerjisi talep tahminine yönelik çalışmalar üç sınıfta değerlendirilebilir:

1. Kısa dönemli tahmin: Saatlik, günlük veya haftalık,
2. Orta dönemli tahmin: Aylık, üç aylık, yıllık,
3. Uzun dönemli tahmin: Bir yıldan daha uzun dönemler (Yoldaş, 2006).

Ekonomik gelişme düzeyleri yükseldikçe ülkelerin toplam enerji tüketimleri içinde elektrik enerjisinin payı artmaktadır. Ayrıca birçok ülkede ekonomik gelişmeyi sürükleyen sanayi sektörünün oransal olarak en fazla elektrik enerjisi tüketen sektör olması, da ekonomik gelişme ile elektrik enerjisi talehinin artmasına neden olmaktadır.

Büyük bir elektrik enerji sisteminin planlanmasında, planlama dönemleri ve içerikleri göz önüne alınarak, üretimden dolayı belirli bir süre izlenir. Her donanımın planlanması için bir önceki planın verilerinden faydalanılır. Planlama sırasında, sistem donanımları için kurulma ve devreye girme sürelerine bakılır.

Planlama konusunun önemini anlamakla birlikte bu alanda önemli gelişmeler yaşanmaya başlanmıştır. Bu gelişmelere bağlı olarak yapılan tahminlerin gerçeklik oranları artmıştır, ile ilgili çalışmalar artı göstermektedir. Yapılan çalışmalarda çok çeşitli yöntemler ele alınarak mevcut tahmin yöntemlerine dâhil edilmeye çalışılmaktadır. Tahmin modellemesinde kullanılabilecek yöntemlerin çeşitliliği, model seçiminde bazı zorluklara da beraberinde getirmektedir.

Tahmin performansını artırmak için model seçiminde zaman zaman teorik kriterler yerine tahmin performansına yönelik kriterler ön plana çıkmaktadır. Tahmin doğruluğuna yönelik çalışmalar, çeşitli modellerin tahmin doğrulukları, değerlendirilmeye ve karşılaştırılmaya yönelik metodlar üzerinde yoğunlaşmıştır. Diğer taraftan, alternatif bir yöntem olarak farklı modellerden alınan tahminlerin birleştirilmesi ile tahmin kalitesinin yükseltilmesine yönelik çalışmalar da bulunmaktadır.

Elektrik enerjisinin sağlıklı ve yüksek verimli kullanılabilmesi için tüketilen elektrik enerjisi kadar elektrik üretilmelidir. Bunun yanında bugün mevcut olan elektrik enerji sistemlerinin gelecekteki artan enerji talebini karşılayacak şekilde büyütülmesi gerekmektedir. İnsan hayatının tüm alanlarında elektrik enerjisine olan bağımlılık bu zorunluluğu doğurmaktadır.

1.2. Literatür Taraması,

Özellikle son yıllarda birçok elektrik yük tahmini çalışması yapılmış ve birçok farklı yöntem kullanılmıştır. Yapılan çalışmalar, kullanılan yöntemler arasında değerlendirilmiştir.

Türkiye'nin sosyo-ekonomik yapısı, nüfus artışı, büyüme hızı gibi konular göz önünde tutularak regresyon analizi yöntemi ve Yapay Sinir Ağları (YSA) ile Türkiye'nin 2005-2020 yılları arasındaki elektrik enerjisi talep gelişimi projeksiyonu yapılmıştır (Yoldaş, 2006).

Gölbaşı bölgesine ait 2002 ve 2003 yıllarındaki gerçek güç ve sıcaklık değerleri kullanılarak YSA ve regresyon analizi yöntemi ile Gölbaşı bölgesinin kısa dönemli yük tahmini uygulaması yapılmış ve YSA yönteminin gerçek değerlere daha yakın sonuç verdiği belirlenmiştir (Ceylan, 2004).

Türkiye'nin 1970-1990 yılları arasındaki nüfus, iskân ve GSMH verileri kullanılarak çoklu regresyon analizi yöntemi ile Türkiye için 2000 yılına kadar elektrik enerjisi talep projeksiyonu yapılmıştır (Kakilli, 1993).

Nüfus, GSMH, sanayi üretim endeksi, petrol fiyatları gibi ekonomik ve sosyal göstergeler temel alınarak YSA ve regresyon analizi yöntemleriyle (Geri yayılım algoritması, kullanan bir YSA modeli ve çok değişkenli regresyon analizi modeli) Türkiye için uzun dönem yük tahmini uygulaması gerçekleştirilmiştir (Akar, 2005).

Bursa ilinin 1995-2004 dönemine ait yük tüketimleri ve çevre koşulları (sıcaklık, nem ve rüzgâr değerleri) ile ilgili veriler kullanılarak YSA yöntemi ile orta ve uzun dönem yük tahmini yapılmıştır (Çilliyüz, 2006).

Türkiye'nin nüfus, GSMH ve elektrik enerjisinde kullanılan yakıt fiyatlarına ait verileri kullanarak ENPEP programının MAED ve WASP alt modülleri ile 2020 yılına kadar Türkiye elektrik enerjisi talep projeksiyonları yapılmış ve geçmişte yapılmış diğer projeksiyonlarla karşılaştırılmıştır (Keleş, 2005).

Nüfus, GSMH, 6 aylık puant güç değerleri, yıl içinde puant olduğu günde tüketilen enerji değerleri ve yıllık toplam tüketilen enerji değerleri kullanılarak regresyon analizi yöntemi ile 2010 yılına kadar Ankara metropol alanı yük tahmini çalışması yapılmıştır (Keleş, 2005).

2001-2004 yılları arasındaki tüketilen elektrik enerjisi verileri kullanılarak hareketli ortalamalar yöntemi ve YSA yöntemi ile Niğde bölgesinin elektrik enerjisi yük tahmini çalışması yapılmıştır (Yalçınöz ve Herdem, 2000).

1970-1999 yıllarına ait veriler kullanılarak regresyon analizi ve YSA yöntemi ile 2010 yılına kadar Türkiye'nin elektrik enerjisi tüketiminin tahmin edilmiştir. YSA yönteminin bir tahmin aracı olarak kullanılabilirliği ve oldukça iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir (Hamzaçebi, 2004).

YSA yöntemi kullanılarak İstanbul'un bazı bölgeleri için yük tahmin analizi gerçekleştirilmiştir (Eryılmaz, 1995).

En küçük kareler yöntemi kullanılarak Gaziantep yöresi için beş yıllık yük tahmin analizi gerçekleştirilmiştir (Hengirmen ve Kabak, 1999).

En küçük kareler, hareketli ortalamalar ve basit eksponansiyel yöntemleri, Gaziantep bölgesinin toplam enerji ihtiyacının tahmin edilebilmesi için kullanılmış ve böylece ilgili yöntemlerden elde edilen değerler birbirleriyle karşılaştırılmıştır (Hengirmen, 1999).

Beş farklı tahmin yaklaşımı ile Niğde bölgesine ait yük tahmin analizi gerçekleştirilmiştir ve bu yaklaşımların birbirlerine göre farklı kullanım biçimleri üzerinde incelemeler gerçekleştirilmiştir (Yalçınöz ve Karadeniz, 2000).

YSA kullanılarak 2008-2014 yılları için Türkiye'nin uzun dönem elektrik talep tahmini yapılmış ve MAED modeli ile karşılaştırılmıştır. (Çunka ve Altun, 2010)

Yapılan bu tez çalışmasının birinci bölümünde tez çalışmasının konusu olan planlama ve elektrik yük tahmini konularına kısaca değinilmiş ve konu hakkında daha önce yapılmış diğer akademik çalışmalar incelenmiştir.

İkinci bölümünde, Türkiye elektrik sektörünün geçmiştenden günümüze kadar olan gelişimi süreci incelenmiştir. Elektrik üretim, iletim ve dağıtım görevini yapan kurumlar ve sektördeki diğer kamu-özel kurumların çalışmaları ele alınmıştır.

Üçüncü bölümde, planlama kavramı açıklanarak planlamanın enerji sektörü için önemi ve amaçları detaylı biçimde incelenmiştir. Yapılacak planlama çalışmalarında kullanılacak etken faktörler ve yük çeşitleri tanımlanmıştır.

Dördüncü bölümde elektrik yük tahmini ile ilgili kullanılan tahmin yöntemleri detaylı biçimde incelenmiştir. Kullanılan yöntemlerin farklılıkları, avantajları ve dezavantajları sıralanmıştır.

Beşinci bölümde ise Türkiye'nin 2010-2025 yılları arasındaki puant yük talebi ve toplam elektrik enerjisi talebi matematiksel modelleme kullanılarak tahmin edilmiştir. Yapılan tahmin sonuçları diğer akademik çalışmalar ve uygulamada kullanılan yöntemlerle karşılaştırılmıştır. Altıncı bölümde tez çalışmasının sonucu ve yedinci bölümde ise kullanılan formüllerin elde edilmiş açıklanmıştır.

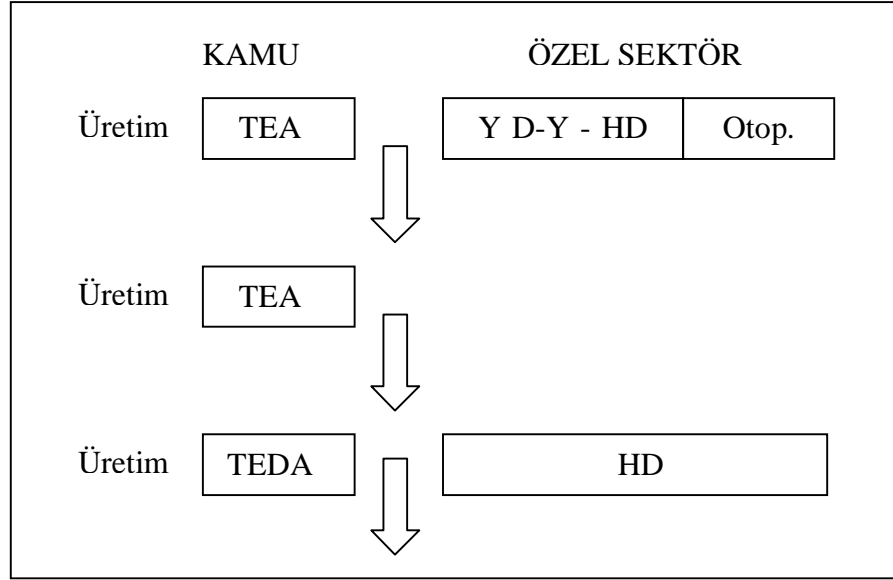
2. TÜRK YE ELEKTRİK SEKTÖRÜNÜN İNCELENMESİ

2.1. İlgili Kurum ve Kuruluşlar

Türkiye, ilk defa 1902 yılında Mersin'in Tarsus ilçesinde bir su deşirmeninden yararlanılarak üretilmiş olan hidroelektrik enerji sayesinde elektrik enerjisiyle tanışmış, t.r (Tutuş, 2005). Ardından 1913 yılında ilk büyük santralin İstanbul Silahtarada kurulması ile Türkiye'de gerçek anlamda ilk kez elektrik sektörü oluşmuştur. Ancak ilk elektrik işletmeciliği 1935 yılında 2805 sayılı kanunla kurulan Etibank ile başlamış, t.r. 1970 yılına kadar bu kapsamda faaliyet gösteren elektrik enerjisi sektörü 15.07.1970 tarih ve 1312 sayılı kanunla Etibank'tan ayrılarak Türkiye Elektrik Kurumu'na (TEK) devredilmiştir. TEK'in kurulması ile Türkiye elektrik sektöründe ilk kez kurumsal bir yapıya kavuşmuştur. 1984 yılına kadar, Türkiye elektrik endüstrisi, kamu mülkiyetinde dikey entegre tekel yapıya, özelliğini göstermektedir. 1984 yılında, 3096 sayılı kanun ile özel sektörün elektrik üretimi, dağıtım ve ticareti yapabilmesine, dolayısıyla kamu tekeli dışındaki firmalara imkân tanımış, t.r (Akçollu, 2003). 1993 yılında, 4789 sayılı Bakanlar Kurulu kararıyla, TEK, üretim ve iletim piyasalarından sorumlu olan Türkiye Elektrik Üretim İletim A.Ş. (TEA) ve dağıtım piyasasından sorumlu olan Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. (TEDA) olmak üzere ikiye bölünmüştür. 1994-1997 yılları arasında Yap-İlet-Devret (YİD), İletme Hakkı Devri (İHD) ve Yap-İlet (Yİ) modelleri çerçevesinde yatırımların yapılması ve hizmetlerin verilmesi için kanunlar çıkarılmış, t.r.

1999 yılında 4446 sayılı kanun ile tahkim ilikinin anayasa dışı ikili yapıya, ve 2000 yılında (elektrik dâhil olduğu) kamu hizmetleri ile ilgili imtiyaz sözleşmelerinde tahkim yoluna başvurulması ile ilgili 4501 sayılı kanun yürürlüğe girmiştir. 2000 yılında 1312 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile TEA, Türkiye Elektrik Üretim A.Ş. (EÜA), Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİA) ve Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt A.Ş. (TETA) olmak üzere üç bağımsız bölüme ayrılmış, t.r. Elektrik piyasalarının düzenlenmesi amacıyla 2001 yılında 4628 sayılı yasa ile Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu (EPDK) teşkil edilmiştir. Daha sonraları, doğal gaz, petrol ve LPG piyasalarının düzenlenmesi görevlerini de alan EPDK tarafından, TEİA'nın 13 Mart 2003 tarihinde lisanslandırılması verilmiştir. Bu çerçevede TEİA, yeni piyasa yapısına uygun olarak merkez birimleri ve ülkenin her bölgesine dağıtım, tasarım, tesis, kontrol, işletme, bakım ve yük dağıtım birimleriyle faaliyetlerine devam etmektedir.

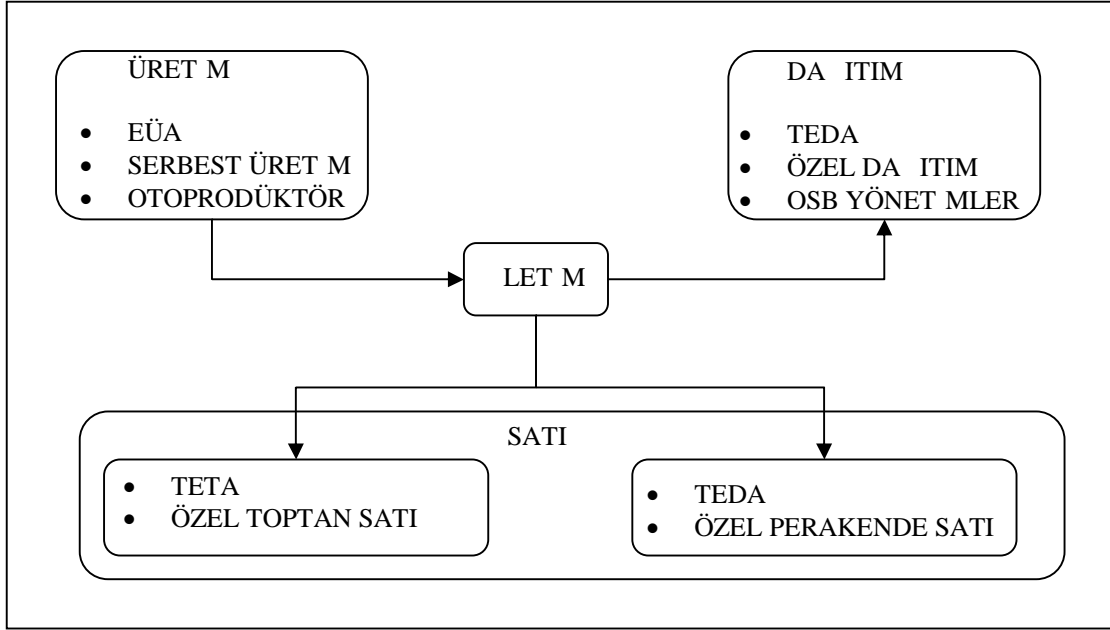
EPDK, bağımsız nitelikte bir üst kuruldur. Bir kamu kurumu olması, kamu kurumunun hükümetin vesayeti altında olmasıdır. Böyle bir yapı, kurulmak suretiyle enerji piyasalarının, bağımsız bir otorite tarafından ekonomik kurallara dikkate alınarak yönetilmesi hedeflenmiştir.



Şekil 2.1: Türkiye'de 4628 Sayılı Kanun Öncesi Elektrik Sektörü

Türkiye'de, 2000 yılının sonuna doğru, uzun süredir yürütülen elektrik sektöründe reform ve bunu destekleyen yeni kanun çalışmalarına hızlanılmış ve 2001 yılının Mart ayında yeni elektrik piyasası kanunu yürürlüğe girmiştir. Yeni elektrik piyasası kanunu yürürlüğe girmeden önce elektrik piyasasında Şekil 2.1'de de görüldüğü üzere, kamu (TEA) tek aktör konumundadır. TEA ile özel sektör şirketleri arasında üretim piyasasında yirmi yıl boyunca Y D, Y ve HD modelleri çerçevesinde anlaşmalar imzalanmıştır.

Dağıtım piyasasında ise TEDA ile özel sektör şirketleri arasında otuz yıl boyunca HD sözleşmeleri imzalanmıştır. Söz konusu imtiyaz sözleşmeleri ile uzun dönem alım/gelir garantileri verilmiştir. Elektrik sisteminin bahsedilen dönemlerden sonra ortaya çıkan yapı, Şekil 2.2'de verilmiştir.



ekil 2.2: Türkiye'de 4628 Sayılı Kanun Sonrası, Elektrik Sektörü

2.2. Elektrik Piyasasının Dönemsel Gelişimi

Türkiye'de elektrik enerjisi sektörünün dönemsel incelenmesine bakıldığında; ilk defa 1902 yılında Mersin'in Tarsus ilçesinde, günümüzde mikro santral boyutunda olan 2 kW kurulu gücündeki su deşirmeninden yararlanılarak üretilen hidroelektrik enerji santraline rastlanmaktadır. Bu santral, o günün Türkiye'sinde hidroelektrik enerjinin gelişimi için oldukça önemli bir başlangıç olmuştur.

Bu dönemden başlamak üzere Türkiye'deki elektrik enerjisinin gelişimi 6 periyotta değerlendirilebilmektedir.

1. Monopol ve dağıtım uygulamaları dönemi (1970'e kadar)
2. Bütüncül (Yarar, tekel) dönemi (1970-1982)
3. Kamu tekeli dönemi (1982-1983)
4. Özel sektöre açılım dönemi -YD, Y, HD, Otop.- (1984-2001)
5. Piyasa dönemi (2001-2003)
6. Serbest (Rekabetçi) piyasa dönemi (2003 - günümüz)

2.2.1. Birinci dönem (1902-1970)

2 kW gücündeki santrallerle başlayan bu dönemde 1910'du yıllardan itibaren, yabancı şirketlerle yapılan imtiyaz anlaşmalarıyla santraller kurdurulmuştur. Bu dönemde sektörde birden fazla elektrik ile ilgili faaliyet göstermesi nedeniyle bir döneme dönemi anlamı taşır.

Türkiye Cumhuriyeti'nin kurulduğu 1923 yılında kurulu güç 33 MW'dir. 1930 yılından itibaren endüstrinin gelişmesiyle birlikte elektrik enerjisi aydınlatmada, ulaşımda kullanılmaya başlanmıştır. 1932 yılında Bayındırlık Bakanlığı'nın başkanı olarak su ile ilgili işlerle ilgilenen ve Türkiye'nin enerji ihtiyacını belirlemek, su ve diğer enerji kaynakları ile ilgili inceleme ve araştırmalar yapmak amacıyla 1935 yılında Elektrik İşleri Etüt İdaresi kurulmuştur. Dönemin en önemli projeleri Seyhan Sarıyar, Hirfanlı, Kesikköprü, Demirköprü ve Kemer Barajları, ve hidroelektrik santrallerdir (HES). 1940 yılına kadar 28 adet HES kurulmuştur. Aynı dönemde kurulmuş olan Etibank ve İller Bankası, ise küçük ölçekli HESlerin inşaatı, köy ve kasabaların elektrifikasyonu ile ilgili işleri yürütmüştür.

1950 yılında toplam kapasite içerisinde hidroelektrik'in payı, 18 MW kurulu güç ile %4,4'e ulaşmıştır. 1954 yılında su ve toprak kaynaklarının geliştirilmesi amacıyla Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nün (DSİ) kuruluştur. Bu dönemde hidroelektrik projelere ayrılmış ve bu dönemin sonunda toplam enerji üretimi içinde hidroelektrik enerjinin payı, %35'e ulaşmıştır.

2.2.2. İkinci dönem (1970-1982)

Ülkede artan üretim, dağıtım ve iletim ihtiyaçları, kurumsal bir yapıya, gerekli kılınan bu ihtiyaçtan dolayı, 1970 yılında yürürlüğe giren TEK yasası ile Türkiye Elektrik Kurumu (TEK) kurulmuştur ve sektördeki dağıtım kısımleri giderilmiştir. TEK'in kurulmasıyla birlikte genellikle üretim alanları, tüketim alanlarından çok uzakta olduğu hidroelektrik projeler için çok önemli olan entegre sistem geliştirilmiştir. Türkiye'nin Keban (1330 MW), Karakaya (1800 MW), Atatürk (2400 MW), Altınkaya (700 MW), Oymapınar (540 MW) gibi birçok büyük projesi bu dönemde projelendirilmiş veya gerçekleştirilmiştir. Bu dönemde hidroelektrik projeler altın çağına ulaşmış ve dönem sonunda hidroelektrik'in 3082 MW kurulu güç ile toplam üretim içindeki payı, %53'e ulaşmıştır.

2.2.3. Üçüncü dönem (1982-1983)

1982 yılında, askeri yönetim döneminde, belediyeler elindeki elektrik dağıtım ebekeleri bir yasa ile TEK bünyesine katılmış, böylece elektrik sektöründe çok kısa süreli bir kamu tekeli dönemi yaşanmıştır. Bu dönemde sadece 157 MW kurulu güç sisteme ilave edilebilmiştir (Tutu, 2005).

2.2.4. Dördüncü dönem (1984-2001)

İkinci ve üçüncü dönem olan 1970 ve 1983 yılları arasında elektrik enerjisi yatırımlarında özellikle de HES yatırımlarında genellikle kamu hâkimiyeti söz konusudur. Dönemin sonlarında ortaya çıkan elektrik arz eksikliği ve kamu kaynaklarının yeni yatırımlar için yetersiz kalması sonucunda TEK tekeli kaldırılmış, sektörün özel girişimcilere açılmasına karar verilmiştir ve 3096 sayılı kanun ile YD, YD, HD ve otoprodüktör modelleri ile özel teebbüsün yatırım yapmasına teşvik edilmiştir. Ancak son yıllarda açığın giderilebilmesi için başvurulan bu modeller ciddi bir planlama sürecinden geçirilmeden uygulamaya konulmuştur. Bunun sonucu olarak 17 yıl boyunca sadece kurulu güçleri toplam, 980 MW ve ortalama üretimleri toplam, 3908 GWh/yıl olan 18 adet HES projesi YD modelinde, 29.80MW kurulu gücünde ortalama üretimi 50 GWh/yıl olan 1 adet proje HD modelinde işletmeye alınabilmiştir. 499.45 MW kurulu gücünde ve 1921 GWh/yıl ortalama üretime sahip 23 adet proje için ise otoprodüktör statüsünde sözleşme imzalanmıştır.

1990'lı yıllarda elektrik sektöründe yeterli yatırımın yapılamaması nedeniyle ülkemiz elektrik enerjisi arz-talep dengesinde kritik bir dönemden geçmiştir. 1997 yılında 105,5 milyar kWh olan talebin 2,2 milyar kWh'e, 1998 yılında 114 milyar kWh olan talebin 3 milyar kWh'e, 1999 yılında ise 118,5 milyar kWh olan talebin 2,3 milyar kWh'e ithalat yoluyla karşılanmasıdır. Ayrıca bu dönemin sonlarında, yanlış verilerle yapılan planlama çalışmalarında hidroelektrik projelerin enerji üretimindeki payı, geriletirken doğalgaz ile çalışan santrallerin payı artırılarak ülke iyiden iyiye dağılıma hale getirilmiştir. 2000 yılı başlarında doğalgaz teminindeki aksamlar, aşırı sorunlar nedeniyle doğalgaz alımındaki ani artış ve termik santrallerdeki bazı münferit problemler nedeniyle kısa süreli de olsa elektrik kesintileri yaşanmıştır.

2.2.5. Be ve alt,nc, dönem (2001-...)

3096 say,l, kanun kapsam,nda uygulanan modellerin ba ar,ya ula mamas, sonucunda Dünya Bankas,ın, giri imiyle ve Avrupa Birli i (AB) mevzuat,na paralel olarak ba lat,lan yeniden yap,lanma çal, malar, sonucunda 4628 say,l, Elektrik Piyasas, Kanunu 3 Mart 2001 tarihinde yürürlü e girmi ve yeni piyasa modeli 3 Eylül 2002 tarihinden itibaren uygulamaya konmu tur (Tutu , 2005).

2.3. Türkiyede Uygulanan Yük Tahmini Çal, malar,

Ülkemizde özellikle 2001 y,l,nda üç bölüme ayr,lan TEA yap,s,ndan sonra planlama konusunda etkili çal, malar ba lat,lm, ve kapasite projeksiyonu TE A üretim projeksiyonu da EÜA taraf,ndan yap,lmaya ba lanm, t,r. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanl, , çat,s, alt,nda toparlanan bu çal, malarda uluslar aras, yöntemler ele al,nmakta ve gerçekçili i di er ülkeler taraf,ndan da teyit edilen modeller kullan,lmaktad,r. K,saca ENPEP (Energy and Power Evaluation Program) olarak isimlendirilen ve içerisinde farklı amaçlar için çal, an birçok alt modülün oldu u bu program sayesinde gelece e dönük üretim ve kapasite projeksiyonlar, gerçekleştirilerek uzun dönem yat,r,mlara yön verilmeye çal, ,lmaktad,r.

2.3.1. ENPEP modeli ve modülleri

ENPEP, Uluslararası Atom Enerjisi Ajans, (International Atomic Energy Agency - IAEA) ve Ulusal Argon Laboratuar, (Argonne National Laboratory - ANL) taraf,ndan; Amerika Birle ik Devletleri Enerji Bakanl, ,, Macaristan Elektrik Kurumu ve Dünya Bankas, deste iyle tasarlanm, t,r. Geli mekte olan ülkelerin enerji analizi yeteneklerini art,rmak, bunun için uygun alt yapı, kurmak, makroekonomiden çevresel etkilere kadar geni bir yelpazeyi kapsamak ve çe itli alternatif çal, malar yap,lmamas,na yardım, olmak amac,ya hayata geçirilmi tir.

Günümüzde, yakla ,k 90 ülkede enerji planlamas,nda bu program,n tam sürümü veya baz, alt modülleri kullan,lmaktad,r. 9 farklı modülün bir arada çal, t,r,lmamas,na sa layan ENPEP bir yönetici modeldir. Modül adlar, ve i levlerini a a ,daki gibi özetleyebiliriz.

MACRO: Makroekonomik büyüme varsayımları, enerji talep projeksiyonlarında kullanılabilecek forma dönüştürülmesi,

BALANCE (Enerji Kaynaklar, ve Talep Dengesi - Balance of Energy Supplies and Demands): Kaynaktan son kullanıcıya kadar olan tüm amaçlarda, enerji kaynakları, talep noktaları, dengeli ve ekonomik olarak dağılımı, sağlayacak biçimde enerji arz-talep projeksiyonları yapılıyor,

DEMAND: MACRO'dan alınacak veriler, enerji ve yakıt talep projeksiyon setlerinin hazırlanarak, BALANCE modülünde kullanılmaları sağlanmas,

MAED (Enerji Tahmin Analizi Modeli - Model For Analysis of Energy Demand): Uzun dönemli enerji ve elektrik talep tahminlerinin deterministik senaryo yaklaşımı ile simüle edilmesi,

WASP (Viyana Otomatik Sistem Planlama Paketi - Wien Automatic System Planning Package): MAED tarafından öngörülen elektrik talebinin en düşük maliyetle ve en optimum şekilde karşılanabilmesini sağlayacak elektrik üretim sistemi planlamaları hazırlanmas,

LDC (Yük Zaman Etkileri - Load Duration Curves): BALANCE ve MAED'den alınacak bilgiler yardımıyla, WASP modelinde elektrik üretimiyle ilgili hesaplamalarda kullanılacak verilerin hazırlanması, dönüştürülmesi ve gerekli hesaplamaları yapılıyor,

PLANTDATA: Termik ve hidrolik santrallere ait bilgilerin tutulması; WASP ve BALANCE modellerine veri sağlanması,

ICARUS (Enerji Sistemindeki Maliyetler ve Güvenilirliğin Araştırılması - Investigating Costs and Reliability in Utility Systems): Elektrik teçhizat ve sistemlerinin alternatif gelişim senaryoları ile maliyet ve güvenilirlik analizleri üzerine raporlamaları yapılıyor,

IMPACTS (Çevresel Etkiler ve Kaynak Planlama Paketi ó Environmental Burdens and Resource Planning Package): BALANCE ve WASP modellerinden elde edilen sonuçlar kullanılarak, alt sektörlerden (elektrik, sanayi, konut, ulaştırma, tarım) kaynaklanan CO₂, NO₂ ve SO₂ emisyonları, ve bu emisyonları azaltma yönelik çevre koruma teknolojilerinin maliyet analizinin yapılıyor,

Türkiye'de, ENPEP'in 9 alt modülünden 4'ü (BALANCE, MAED, WASP ve IMPACTS) ilgili kurumlar tarafından aktif bir biçimde kullanılmaktadır. Bu modüllerden elektrik enerjisi talep tahmini ile ilgili olarak MAED modülü Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, (ETKB) tarafından kullanılmakta ve elde edilen sonuçlara göre enerji sisteminin planlanması yapılmaktadır.

2.3.1.1. MAED modülü

Genel enerji planları, içerisinde talep tahmini yapılması hassas ve gerçekçi olarak yapılması, önemlidir. Büyük sermaye gerektiren enerji sektörü yatırım kararlarında, talep çalışmalarının sonuçları, önemli rol oynamaktadır. Talep çalışmalarında, çeşitli ekonomik, sosyal, teknik ve coğrafi alanları kapsaması, etkilerini irdelemesi ve revize edilebilir olması, sağlıklı bir planlama yapılabilmesi açısından önemlidir.

Ülkemiz genel enerji planlaması için ETKB'nin, MAED talep modeli kullanılarak genel enerji ve genel enerji içerisinde çok önemli bir bölüm teşkil eden elektrik enerjisi talepleri belirlenmektedir. Bu çalışmaların önemli bir safhasını teşkil eden elektrik enerjisi üretim planlaması için TE A Genel Müdürlüğü önce WASP modülü kullanılmaktadır. ETKB'nin halen kullanılmakta olan MAED modeli, ülkenin orta ve uzun dönemli genel enerji ve elektrik enerjisi talebini değerlendirilen bir simülasyon modelidir. Çok geniş bir girdi listesi olan model; ekonomik, sosyal ve teknik yapıyı detaylı olarak irdelemekte, benimsenen politika ve kararlar, enerji taleplerini ortaya koymaktadır. Hedef ve politikadaki değişikliklerin kısa süre içerisinde modele yansıtılabilmesi planlama çalışmalarına önemli bir boyut kazandırmaktadır.

Modelin uygulanması; öncelikle tüm istatistik bilgileri güvenilir olarak belirlenmiş geçmiş bir yıl, özyılı olarak seçilmesi ile başlamaktadır. Model esas olarak sabit parametreler ve teknik parametreler olmak üzere iki tip veri kullanılmaktadır. Sabit parametreler, bazı yapıları için gerekli parametrelerdir. Teknik parametreler ise projeksiyonların belirlenmesi için kullanılmaktadır. Gelecek yıllara ilişkin enerji taleplerinin sağlıklı olarak belirlenebilmesi amacıyla, bazı yıllar ilave olarak gerçekleştiren bir yıl enerji talebi, model vasıtasıyla da ortaya konulmakta ve model sonuçları, kontrolü gerçekleştirilmektedir.

Modelden elde edilen elektrik enerjisi talep projeksiyonu modelde kullanılan verilerin tamamına duyarlıdır. Ancak bu duyarlılık veriye göre de i iklik göstermektedir. Bu nedenle, modelde kullanılan verilerin gerçek değerlere daha yakın olması, için verilerin arasındaki ilişki durumunun doğru tespit edilmesi gerekmektedir. Bunun sonucu olarak kısa ve orta dönemde elektrik enerjisi talep gerçeklemeleri tahminlere daha yakın sonuçlar ortaya koymaktadır.

Model; ülkelerin sosyal ihtiyaçlarındaki değişim, ülkenin kalkınma ve sanayileme politikası, ulaşım ve teknolojik gelişme gibi alanlarda benimsenen politikalar, ayrıntılı olarak incelemektedir. Enerji talebinin sektörel olarak aşağıdaki biçimde belirlemektedir.

- Tarım
- Sanayi
- Ulaşım
- Konut ve Hizmetler

Modelde beş ana grup altında veri girişi yapılmaktadır. Bunlar; ekonomik ve sosyal veriler, sanayi verileri, konut verileri, hizmet ve ulaşım sektörlerine ait verilerdir. Söz konusu verilerin bir bölümü, Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) Müsteşarlığı'ndan ve Devlet İstatistik Enstitüsü Başkanlığı'ndan (DEİE) temin edilmekte, bir bölümü ise çeşitli verilerin kullanılmasıyla hesaplanarak elde edilmektedir.

Gayri Safi Yurtiçi Hasılatı (GSYİH) bireylere ve sektörler için, nüfus gibi parametreler, modelin ana girdilerinden olup, sonuçlar oldukça etkileyen hassas verilerdir. Sosyal faktörler arasında modelin hassas olduğu diğer veriler ise; kişi başına gelir, nüfus, nüfusun gelişimi, ortalama hane büyüklüğü gibi verilerdir. Bu verilerin yanı sıra modele çok sayıda sanayi, ulaşım, konut ve hizmet sektörlerine ilişkin enerji tüketimini etkileyen veriler de girilmektedir.

Modelde bir yıl için yaklaşık 170 adet veri girilmektedir. Modelde toplam yedi yılın incelendiği göz önüne alındığında yaklaşık 1200 adet veri girişi yapılmaktadır. Model bazı yılların verilerini teknik parametrelerle simüle ederek beş veya on yıllık aralıklarla projeksiyonlar ortaya koymaktadır. Projeksiyon yıllarının seçimi isteğe göre değişmektedir. Ara yılların talepleri ekstrapolasyon yöntemiyle ve/veya GSYİH artış hızları dikkate alınarak uzmanlar tarafından belirlenmektedir.

3. PLANLAMA KAVRAMI VE ÖNEM

Genel anlamda planlama; bir veya daha fazla amaç belirleyerek, bunlara ulaşmak için gerekli araç ve yolların önceden belirlenmesi olarak tanımlanabilir. Planlama, işletme için amaç geliştirmek, bu amaçlara ulaşmak için çeşitli alternatiflerin değerlendirilmelerini kapsayan süreçleri içerir. Elektrik enerji sistemlerinde planlama ise, belirlenen amaçlar doğrultusunda göz önüne alınan çalışmalarına göre sistemin gelişiminin ve buna ilişkin seçimlerin kesin ve açık olarak belirlenmesini gerektirmektedir. Elektrik enerjisinin üretimi, iletimi ve dağıtımındaki en önemli amaç, enerjinin tüketicilere ucuz ve kaliteli olarak ulaştırılmasıdır. Özellikle en elektrik enerjisi tüketimi, çeşitli ölçütlerin yanı sıra, ülkelerin gelişmişlik durumlarını da açıklamakta kullanılan önemli bir faktördür.

Tüketicilere ekonomik, güvenilir, kaliteli ve sürekli elektrik enerjisi sunabilmek için mevcut olan elektrik enerji sistemlerinin gelecekteki elektrik enerji ihtiyacını ve yükü karşılayabilecek şekilde büyütülmesi gerekmektedir (Ceylan, 2004).

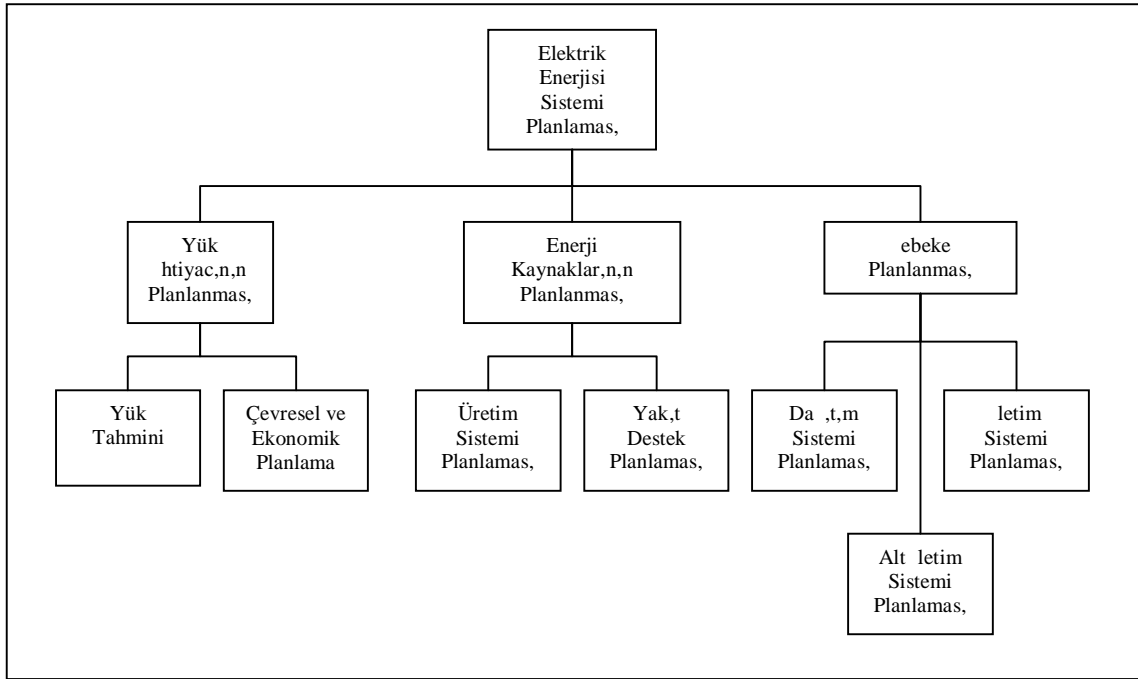
3.1. Planlama Süreci

Gelecekte de tüketicilere kaliteli ve sürekli elektrik enerjisi sağlamak için hızlı ve etkin planlama araçlarına gereksinim duyulacaktır. Elektrik enerjisi sistemi planlaması için üç ana başlık sayabiliriz. Bunlar yük ihtiyacının planlanması, bu ihtiyacı karşılayacak enerji kaynaklarının planlanması ve bu kaynaklardan son kullanıcılara elektrik enerjisini ulaştırılacak olan şebekenin planlanmasıdır. Bu planlama genel olarak şekil 3.1'de gösterilmiştir.

3.2. Elektrik Enerji Sisteminde Planlama Amaçları,

Kısa dönem planlamasında; doğrudan doğruya hızlı ve kesin kararlar alınmalıdır. Bu kısa zamanda, önerilen işletme programının seçimi yapılarak, kısa vadeli amaçların gerçekleştirilmesinde kullanılacak en uygun alternatif yöntemlerin değerlendirilmesiyle yakın gelecek için en iyi çözümlerin bulunması amaçlanır.

Orta dönem planlamasında; yapılacak işlemler daha geniş bir süreye yayılmaktadır. Bu tür planlamada yatırım programının seçiminin yanı sıra, amaçların gerçekleştirilmesi için alternatif yollar değerlendirilerek geleceğe ilişkin belirlemeler yapılır ve programa konulur.



Şekil 3.1: Elektrik Enerjisi Sisteminin Planlaması.

Uzun dönem planlaması ise; elektrik enerjisinin üretimi, iletimi ve dağıtımında farklı alternatiflerin incelenebilmesine olanak sağlar. Planlama için kullanılacak birçok verinin farklı araçlar kullanılarak değerlendirilmesinin ardından gerçekçi yaklaşımlar ortaya çıkarılır. Ekonomik gelişmelerden sosyal gereklere kadar uzanan pek çok farklı veriyi birleştirerek ortaya çıkarılan sonuçlar, enerji tüketimi ile ilişkilendirmek ve geleceğe dönük gerçekçi sonuçlar ortaya çıkarmak için uzun ve detaylı bir çalışma yapılır. Aynı zamanda bu çalışmada kısa dönem ve orta dönem planlama için alınan kararlarda ve geliştirilen yatırım programlarında da yönlendirici olarak görev görür.

Genel olarak, elektrik enerji sistemlerinin planlamasında yapılan çalışmalar aşağıda verilmiştir.

- Yük tahmini,
- Üretim sisteminin planlaması,,
- İletim sisteminin planlaması,,
- Dağıtım sisteminin planlaması,,
- Yakıt olanaklarının planlaması,,
- Yöneyim planlaması,,
- Çevresel planlama,
- Finansal planlama.

Büyük bir elektrik enerji sisteminin planlanmasında, planlama dönemleri ve içerikleri göz önüne alınarak, üretimden dağıtımına belirli bir süre izlenir. Her donanımın planlanması için bir önceki planın verilerinden faydalanılır. Planlama sırasında, sistem donanımları için kurulma ve devreye girme sürelerine bağlıdır (Yoldaş, 2006).

3.2.1. Yük tahmini

Elektrik enerji sistemi planlamasının ilk adımı, gelecekteki yük ihtiyacının tahminidir. Yük tahmini, geçmişteki ve mevcut koşulların incelenerek değişimlerin karakterlerinin çıkarılarak, gelecekteki durumun varsayımına dayanır. Etkili bir sistem planlaması için, puant yük ve toplam enerji ihtiyacının tahmin edilmesi gereklidir. Gerekli olan enerjinin tahmin edilmesi, üretim sistemi planlaması için oldukça önemlidir. Enerji santrallerine yapılması, gerekecek eklemeler veya yeni enerji santrallerinin kurulması, puant güçler göz önüne alınarak, öngörülen enerji talebini karşılamak üzere belirlenir. Yük tahminleri sonucuna göre üretimle birlikte iletim ve dağıtım sistemlerine yapılması, gereken kapasite eklemeleri ile bu eklemelere ilişkin yatırım maliyetleri belirlenmektedir.

Gerekti inden dü ük yük tahminlerine dayal, yap,lan planlama, sistem güvenilirli inin azalmas,na, tüketiciye sunulan enerji arz,n,n k,s,tlanmas,na ve enerji kalitesinde dü melere neden olacakt,r. Gerekti inden fazla yük tahminlerine dayal, yap,lan planlama ise tam kapasite ile hizmet veremeyen, dü ük kapasiteyle çal, an ve dolay,s,yla ekonomik olmayan i letme ko ullar,na neden olacakt,r. Bu durumda sisteme yap,lan büyük ölçekli yat,r,mlar önemli mali sorunlar ortaya ç,karacakt,r.

Yük tahmini, enerji sektöründeki irketler aç,s,ndan planlama ve koordinasyonun yap,labilmesi için her zaman önemli bir konu olmu tur. Bununla beraber enerji mevzuat,n,n yeniden düzenlenmesi ve üretim, iletim ve da ,t,m sistem operatörlerine verilen görevlerin belirlenmesi ile yük tahmini daha fazla önem kazanm, t,r. Talep ve arzdaki ani de i imler ve hava ko ullar,n,n de i mesi, bunlarla beraber puant durumlarda enerji fiyatlar,n,n a ,r, biçimde yükselebilmesi yük tahminin önemini artt,rmaktad,r.

3.2.2. Üretim sistemi planlamas,

Üretim planlamas,, enerji üretiminin gelecekteki maliyetinin ekonomik olmas, ve talep edilecek elektrik enerjisini kar ,layabilecek yeterlikte, uygun üretim kapasitesinin sa lanabilmesi amac, ile yap,l,r. Mevcut enerji sistemine eklenmesi gereken ve/veya halen i letmede olan üretim merkezine eklenecek yeni birimlerin, yerlerinin, teknolojilerinin, tiplerinin, güçlerinin, devreye al,nma zamanlar,n,n belirlenmesi gereklidir. Bu nedenle üretim planlamas,,

- Üretim kapasitesi planlamas,,
- Enerji üretim maliyetlerinin belirlenmesi,
- Yat,r,m, i letme ve bak,m maliyetlerinin hesaplanmas,,

a amalar,n, kapsar. Üretim planlamas, geli tirilirken, sisteme ili kin güvenilirlik kriteri (enerjideki süreklilik) kar ,lanmal,d,r. Gereken kapasiteyi belirlemek üzere, programlanan bak,m i lerini de kapsayan üretim modelleri ile yük modelleri birle tirilerek incelenmelidir.

Sistemdeki üretim birimlerine ilişkin, kullanılacak hammaddenin yakıt ve kolay elde edilebilir olması, dağılım yönünden etkisi, bakım çalınmaları ve öngörülen zorunlu devre dışı kalmaları süreleri, bunların sistem üzerindeki etkileri göz önüne alınarak, sistemin enerji ihtiyaçlarına karşılık en düşük üretim maliyetleri bulunur. Yer araştırması, yapılaşırken santrallerin kurulması düşünülen yerlerin jeolojik özellikleri ve deprem riski araştırılır. Son olarak, yatırım, işletme ve bakım maliyetlerinin güncel değerleri hesaplanır ve önceden belirlenen bu değerler üzerinde daha ayrıntılı incelemelere gidilir (Yoldaş, 2006).

3.2.3. İletim sistemi planlaması,

İletim sistemi planlaması, üretim sistemi planlamasını takip eder. Bunun nedeni, iletim sistemi planlamasının üretim ve yük merkezlerinin konumları ile kapasitelerine bağlı olmasıdır. Ayrıca yeni iletim sistemi donanımlarının kurulması ve devreye alınması süresinin, üretim donanımlarının kurulması ve devreye alınması için gerekli olan zamandan önce olması, iletim sistemi planlamasının üretim sistemi planlamasını takip etmesinin nedenidir.

İletim sistemi planlamasının amacı, mevcut enerji sistemini göz önüne alarak, planlama süreci üzerinde iletim sisteminin gelişimini belirlemektir. Bu amaçla, gelecekteki yük ve üretim senaryolarına, iletim koridorlarına (enerji iletim hatlarına, geçebilecekleri ya da geçmesinin ekonomik olacağı yerler) ilişkin kısıtlamalara, yatırım maliyetlerine, iletim sistemi elemanlarının kapasitelerine ve öngörülen güvenilirlik kriterine bağlıdır. Bir iletim sisteminin geliştirilmesi için bilgisayar programlarından yararlanılarak, değişik çalınma koşulları altında ortaya çıkabilecek problemleri uygun şekilde tanımlaması ve bunun için de farklı üretim ve yük gruplarının kullanılmasını, alternatiflerinin değerlendirilmesi yararlı olmaktadır. İletim hattı, optimal durumda, bazı hatlardan çıkarılması ya da bazı hatlarda artış olması durumlarında da ayrı ayrı incelenmelidir.

Enterkonnekte sistemlerin oluşturulmasına ilişkin alınan kararlar, güç alması, verilerinin gerçekleştirildiği sistemlerin her birinde ayrı ayrı ve birlikte iletim devresi eklemelerini zorunlu kıldığından, iletim sistemi planlamaları, etkileyecektir.

3.2.4. Alt iletim sistemi planlaması,

Alt iletim sistemi planlaması, ana dağıtım istasyonları, indirici trafo merkezlerine (dağıtım trafoları) bağlayan, gerilimi ana iletim sistemine oranla daha düşük gerilim kademesinde olan iletim elemanları ve dağıtım trafoları yüksek gerilim tarafındaki planlama etkinliklerini kapsar.

3.2.5. Dağıtım sistemi planlaması,

Dağıtım sistemi planlamasının amacı, hızla artan büyüme oranları ve yüksek yük yoğunluklarına göre, entegre sistemden dağıtım transformatörleri aracılığıyla alınan elektrik enerjisini, mümkün olduğu kadar düşük maliyette, gereken yeterlilik ve nitelikte tüketicilere sunmaktır.

Dağıtım sistemi planlamasında indirici trafo merkezlerinin yerleşimleri, güçleri, karakteristikleri, gerilim kademeleri, besleme alanları, büyüklükleri, yoğunlukları ve özellikleri göz önüne alınır. Bununla birlikte, güvenilir ve etkin maliyetli sistem planlamaları sağlamak için, ayrıntılı alt iletim sistemi planlamaları ve iletim sistemi planlamaları, öngörülen düzenlemeler dikkate alınmalıdır (Yoldaş, 2006).

Dağıtım sistemi planlaması, tüketici düzeyinde yapılır. Talep derecesi, talep türü, yük faktörü ve diğer tüketici yük karakteristikleri, gereksinim duyulan dağıtım sisteminin özelliklerinin saptanmasında anahtarlık olarak etkilidir. Mevcut yük karakteristikleri belirlendikten sonra, dağıtım transformatörlerine bağlı dağıtım sistemi hatları, saptanarak aralarında gruplandırılır. Bu gruplama ilerleminin devamında dağıtım transformatörü yükleri ana dağıtım sistemi üzerindeki talepleri belirlemek için birleştirilir. Bulunan ana dağıtım sistemi yükleri daha sonra, indirici trafo merkezlerine atanır. Dağıtım sistemi yükleri, sınırları ile indirici trafo merkezlerinin konumları, karakteristiklerinin belirlenmesini sağlayacak, böylece ilgili dağıtım elemanlarının kapasiteleri ile konumları saptanmasında etkili olacaktır. Dağıtım sistemi planlamacılar, dallı (radikal) ve halka (loop) şebekelerde güç akışı, kesme devre, gerilim düşümü, gerilim regülasyonu, yük tahmininin yanı sıra güvenli ve sürekli enerjiyi sağlamak için çaba gösterirler.

3.2.6. Yakıt destek ve yöneylem planlamalar,

Yakıt destek ve yöneylem planlamalar, her ikisinin de amacı, ebeke işletmesine en uygun modeli belirlemek için ilgili verileri, üretim planlaması, geliştirilmesine yönelik olarak kullanılmaktadır. Yakıt destek planlamasında, farklı yakıt türlerinin geçerlilikleri ve fiyatları, tahmin edilir, uzun dönemde yakıt sağlanması için olarak yapılan girişimler ve bunların sonuçları, topluca değerlendirilir. Yöneylem planlamasında ise, alternatif enerji kaynakları, enerji santrallerinin kapasitelerine ilişkin sorunlar, mevcut enerji santrellerinin bakımları, gibi etkenler göz önüne alınır (Yolda , 2006).

3.2.7. Çevresel planlama

Çevresel planlamada, çevre ile ilgili kanun, yönetmelik ve sorumluluklar göz önüne alınarak kurulması, düşünülen enerji üretim birimlerinin tipleri, konumları, boyutları ve geçerli yakıt olanakları değerlendirilmesi yapılır. Bu değerlendirme, sistem genel işletme planları oluşturulurken uygun alternatiflerin bulunması olanak verir ve özellikle üretim planlaması için önemli bir veridir.

3.2.8. Finansal planlama

Finansal planlamada, çeşitli finansal analiz ve modeller, dönemsel, yıllık ve aylık raporları hazırlanmasında kullanılır. Sistem genel işletmesine ilişkin para girişi ve çıkışları, vergi, sigorta vb. hukuki kısıtlamalar, de içerecek şekilde saptanır. Finansal planlama, enerji kurumunun bütçe olanakları, içinde, yatırım harcamaları, üzerinde sorunlar getirir. Özellikle, Türkiye gibi enflasyon oranı yüksek ülkelerde, finansal planlamada işletmenin finansman durumu üzerinde enflasyonun etkileri göz önüne alınmalıdır. Enflasyon ortamında işletme aktiflerinin (kuruluşun sahip olduğu malları) değerlerinin, en azından fiyatları, genel seviyesinin artmasıyla paralel olarak artmalıdır, gerekir. Aktiflerin değerlerinin hangi oranda artacağına hükümet karar verir.

İşletme aktiflerinin değerlerini bu oranda arttırmaktansa aktif değerlerini aynı tutarak üstünü fona dönüştürebilir. Bunları yapmadığı, veya eksik yapıldığında kurumlar enflasyondan zarar görecektir ve bir süre sonra finansal dengelerini yitirerek, darboğazlarla karşılaşacaklardır.

3.2.9. Ara t,rma ó Geli tirme planlamas,

Ara t,rma ó Geli tirme planlamas,, özellikle üretim sistemlerine ili kin olarak gelecekteki teknolojik geli melere göre alternatif enerji kaynaklar,n,n geçerlili i, karakteristikleri ve maliyet ile ilgili bilgiler sa lar. Ara t,rma-Geli tirme, üretim ve planlama fonksiyonlar, aras,nda çok yak,n ili kiler kurulmas,n,, bu fonksiyonlar aras,nda i letme yönünden dengenin sa lanmas,n, ve ayn, zamanda i letme stratejisinin i letme yeteneklerine uygun ve ekonomik biçimde belirlenmesini sa lar.

3.3 Tahmin Yöntemleri

Genel olarak tahmin yöntemleri, sübjektif, tek de i kenli, çok de i kenli, son kullan,c, ve birle tirme yöntemi olmak üzere be ana grupta toplanabilir. Sübjektif yakla ,mlar, karar, önsezi, tecrübe ve benzer bilgileri kullanarak, tahmini yapan ki inin geçmi verileri dikkate alarak yapaca , tahminlerdir. Tek de i kenli tahminler, zaman serisi analizi ekinde verilerin geçmi teki de erlerine ba l, olarak yap,lan tahminlerdir. Çok de i kenli tahminler nedensel ili kileri ortaya koymaya çal ,r. Son kullan,c, metodunda ise tahmin yap,l,rken veriler temel bile enlerine ayr,larak tahmin ortaya ç,kar,l,r. Birle tirme metodu de i ik tahminleri birle tirerek, yeni ve daha iyi tahminler elde etmeyi amaçlar (Yolda , 2006).

Yük tahmini için son birkaç y,lda birçok yöntem geli tirilmi tir. Regresyon analizi, zaman serisi analizi gibi yöntemlere ek olarak çok h,zl, i lem yapan bilgisayarlar,n geli tirilmesiyle yapay zekâ, bulan,k mant,k gibi yöntemlerle de yük tahmini çal ,malar,nda kullan,lmaya ba lanm, t,r. Yük tahmini yöntemleri genel olarak iki grupta toplanabilir. Bunlar istatistiksel yöntemler ve ö renmeye dayal, yöntemlerdir. istatistiksel yöntemler olarak zaman serisi analizi, son kullan,c, modelleri, ortalama art, yüzdelerinden elde edilen tahmin, ekonometrik verilerle yap,lan tahmin, yüzeysel verilerle yap,lan tahmin ve regresyon analizi yöntemleri say,labilir. Ö renmeye dayal, sistemler ise, YSA, bulan,k mant,k ve her ikisini de kullanabilen uzman sistemler olarak adland,r,lan tahmin sistemleri olarak grupland,r,labilir. Bu üç grubun d, ,nda ve bu yöntemlerin birle imi olan yöntemler ile literatürde az bulunan ba ka yöntemler de vard,r (Bayraktar, 1994).

Yük tahminleri, zaman kavramı, bakım,ndan 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. Uzun dönem yük tahmini bir yıldan uzun olan bir dönemi kapsar.

Genel olarak yük tahmini yük akışlarının tahmininde ve aynı zamanda ağırlık yüklenmenin önlenmesi için kararlar alınmasında da yardımcı olur. Bu tip kararların zamanında uygulanması ebeke güvenliğini artırır, ve çalınan makinelerin bozulma riskini azaltır. Bunlara ek olarak yük tahmini sözleşmelerde erlendirmeleri ve çeşitli finansal ürünlerin fiyatlarının belirlenmesinde önem kazanmaktadır.

3.3.1. Tahmin için önemli faktörler

Kısa dönem yük tahmini için zaman etkeni, elektriksel veri ve meteorolojik veriler, gibi faktörler ön plana çıkmaktadır. Orta ve uzun dönem tahminleri ise geçmiş verileri, elektriksel verileri, farklı meteorolojik veriler, uygulama alanı, ekonomik verileri ve onların geleceğe dönük tahminlerini hesaba katar.

Zaman faktörü, yıllar, mevsimleri, haftanın günlerini ve günün saatlerini içerir. Yük tahmini için, mevsimsel değişimler ya da hafta içi ve hafta sonu arasındaki farklar önemlidir. Örneğin, pazartesi ve cuma hafta sonuna yakındır, salıdan perembeye yükün farklı olması beklenir. Bu durum, yaz süresince keskin düşer. 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 değişimleri yük tahmini için göz önünde tutulabilir. Sıcaklık ve nem değişimleri yük beklentilerinde oldukça sık kullanılır.

Yük talebi, güç ve enerji kullanımı, zamana göre değişimdir. Tahmin terimi, yeterli sayısal ayrıntılarla gelecekteki yükleri tanımlayan, sistematik bir yöntem ile belirlenen, planlanmış yük ihtiyacını gösterir. Yük tahmini üzerindeki etkenlerden önemli olanlar, şunlardır;

- Yük yo unlu u
- Alternatif enerji kaynaklar,
- Toplumsal geli me plan,
- Gemi teki veriler
- Endüstriyel planlar
- ehir planlar,
- Arazi kullan,m,
- GSY H (Gayri Safi Yurt i Hs,la),
- Sektörel katma de erler,
- Nüfus ve demografik de i iklikler,
- Hane halk, say,s, ve ortalama hane halk, büyüklü ,
- Elektrikli hane ve köy oran,,
- Çok odal, konut yüzdesi ve konut sahipli i art, oran,,
- ehirle me oran,,
- ehir ve köy gelirleri,
- Elektrikten yararlanan nüfus oran,,
- stihdam verileri,
- Teknolojik geli meler ve elektrikli i aletleri kullan,m,n,n yayg,nla mas,,
- Ki i ba ,na d en elektrikli alet say,s,ndaki de i meler,
- Elektrikli aletler ve ilgili ikamelerinin fiyatlar,,
- Elektrik fiyat,,
- Mevsimsel de i iklikler ve iklim ko ullar,,
- Ülkelerin co rafi zellikleri,
- Zaman.

Bu etkenlerden baz,lar, elde edilecek tahminler üzerinde do rudan ve büyük oranda etkiye sahipken, baz,lar, ise dolayl, olarak ve daha zay,f etki göstermektedir. Bunun yan,nda yukar,da verilen etkenlerin kendi aralar,nda da etkile imleri bulunmaktad,r. Bu durum yap,lacak tahminler için daha karma ,k denklemlerin ortaya ,kmaz,na neden olmaktadır. Örne in sanayinin geli mesi ile ortaya ,kan nüfus yo unlu u ve buna ba l, olarak art, göstermesi beklenen sosyal ya am farkl,l,klar, yap,lacak yük tahmini üzerinde etkili olacakt,r.

Tahmini do rudan etkileyen faktörlerden olan nüfus art, h,z,, ayn, zamanda ki i ba ,na dü en elektrik tüketiminin de artmas,na neden oldu u için toplam enerji ihtiyac,n, daha etkili biçimde de i tirmektedir. Bütün bu verilerin yan,nda yine enerji tüketimi üzerinde etkili olan ancak öngörülemeyen baz, durumlar ortaya ç,kt, ,nda tahminlerin gerçekli inde sapmalar da ortaya ç,kabilecektir. Örne in, teknolojiye ortaya ç,kan geli meler sayesinde çok daha az enerji tüketen elektrikli cihazlar,n ortaya ç,kmas, ya da yenilenebilir enerji kaynaklar,ndan elde edilen elektrik enerjisinin yayg,n olarak kullan,lmaya ba lamas, böyle bir durumun olu mas,na neden olabilir.

Elektrik tüketimi, bölgesel, mevsimsel ve anl,k dalgalanmalar göstermektedir. Y,l içinde, en dü ük tüketimle en yüksek tüketim miktarlar, aras,nda ya da ayn, gün içinde en dü ük yük ile en yüksek yük aras,nda %200œ varan farklar olu abilmektedir.

Elektrik talebinin a ,r, de i kenlik özelli i ve elektri in depolanamayan bir enerji kayna , olmas, nedeniyle, elektrik arz,n,n sürekli ve kesintisiz bir ekilde yap,lmamas, ve talebin anl,k olarak kar ,lanabilmesi gerekmektedir. Bunun gerçekle tirilememesi halinde ise, Türkiyeœde 1971ó1983 y,llar,nda görüldü ü gibi, zorunlu tasarruf ve kesinti uygulamalar,na gidilmesi gündeme gelebilecektir. Bu durum, ekonomik aç,dan son derece olumsuz sonuçlar do uraca , ve ülkedeki mevcut yat,r,mlar,n at,l kalmas,na neden olaca , gibi, yeni yat,r,m kararlar,n,n ertelenmesine ve ülkenin uluslararası, alandaki ekonomik güvenilirli inin ciddi anlamda zedelenmesine sebep olacak niteliktedir.

Bu çerçevede, elektrik arz kapasitesinin, maksimum talebi kar ,layabilecek bir düzeyde olmas, ve olası, risklere kar , yedek bir kapasitenin haz,r bulundurulmas, artt,r. Bu bak,mdan, elektrik sistemi planlan,rken, talebin bölgesel ve dönemsel de i kenli i dikkate al,narak, olu an talebi en dü ük kay,p ve maliyetlerle kar ,layabilecek optimal üretim ve iletim sistem planlar,n,n ortaya konulmas, gereklidir. Tüm bunlar,n gerçekle tirilebilmesi için, elektrik talebini etkileyen tüm etkenlerin ve elektrik sistemine ili kin her türlü maliyetin en ince ayr,nt,s,na kadar analiz edilmesi ve tüketim tahminlerinin rasyonel yap,lmamas, büyük önem ta ,maktadır. Bu artlar,n sa lanmas, halinde ise, hem arz güvenli i kayg,lar,n,n giderilmesinde, hem de piyasa oyuncular,n,n karar alma ve strateji belirleme a amalar,nda sa l,kl, sonuçlar al,nmas, mümkün olacaktır (Keleş, 2005).

Ekonomik büyüme ile elektrik talebi arasındaki ilişki tek yönlü değildir. Enerji kullanımı artması, hem sosyal gelişimi sağlayarak toplumsal refahı artırmakta, hem de klasik ekonomi teorisinde başlıca girdiler olarak sayılan emek ve sermayenin daha etkin ve verimli kullanılmasını sağlayarak ekonomik gelişime ivme kazandırmaktadır.

Elektrik talebine etki eden faktörler ekonomik büyüme hızıyla birlikte değişmektedir. Talebi etkileyen başlıca faktörler, etki derecelerine bağlı olarak elektrik talep tahmin modellerinde girdi olarak kullanılmaktadır.

3.3.2. Yüklerin özellikleri ve sınıflandırılması,

Yük sınıflandırmaları yapmak için tüketici gruplarının özelliklerinin göz önüne alınması gerekir. Sayısal olarak fazla olan yüklerin karakteristikleri ile sayıca az ama enerji tüketimleri bakımından fazla olan yüklerin karakteristikleri farklılıklar gösterebilmektedir. Buna göre sayıllar, ülke genelinde fazla olan mesken ve ticarethanelerin yanında çok fazla miktarda enerji tüketen sanayi kuruluşları, yapılacak tahminlerin doğru sonuç vermesi açısından önemli yer tutmaktadır. Buna göre yükleri aşağıdaki biçimde sınıflandırabiliriz;

- Meskenler,
- Ticarethaneler,
- Sanayi kuruluşları,,
- Diğer tüketiciler.

Mesken tipi tüketiciler, enerjiyi evdeki ihtiyaçları karşılamak amacıyla kullanırlar. Müstakil bina ve apartmanlar bu gruba girmektedir. Ticarethaneler ise tüccar, esnaf, doktor, avukat, mühendis ve benzeri meslek sahiplerinin iş görmek için kullandıkları yerler ile özel okul dershane, yurt, otel ve benzeri yerlerdir. Sanayi tipi tüketiciler fabrikalar büyük atölyeler gibi endüstriyel amaçlı kuruluşlarıdır. Diğer tüketiciler grubunda ise resmi daireler, genel aydınlatma, hayvan kurumları, vb. kuruluşları vardır (Aksel, 2000).

Yapılacak tahminlerde, kullanılan yöntemden bağımsız olarak, bu yük tiplerinin kendine özgü durumları, iyi değerlendirilerek buna göre verileri incelemek gereklidir. Sanayi kuruluşları, gelişme evreleri, mesken tipi yüklerin sosyo-ekonomik davranışları, ticarethanelerin belirli bölgelerde yoğunlaşması, ve enerji tüketim karakteristikleri incelemeye alınması, gereken özel durumlardandır. Aksi takdirde ortaya çıkacak veriler salt matematiksel sonuçlardan ibaret kalacak ve gelecek için gerçekçi tahminlere ulaşamayacaktır.

Tüm dünyada elektrik talebinin sektörel dağılımına bakıldığında, tüketimdeki en büyük pay, sanayi sektörüne ait olduğu görülmektedir. Dolayısıyla, sanayi sektörünün katma değeri ve alt sektörlerinin paylarındaki değişimler, elektrik talebini etkileyen en önemli parametreler olarak öne çıkmaktadır.

Benzer bir şekilde, nüfus ve diğer demografik göstergeler ile bireysel refah düzeyindeki artışlar da, öncelikle, en büyük kullanıcı, sayısına sahip konut sektörü talebini etkilemektedir.

Bunların yanı sıra, hizmet, ulaştırma ve tarım gibi sektörlerin de dikkate alınması, yoluyla toplam elektrik talebi hesaplanmakta ve bu yolla elde edilen tahminler, üretim kapasite projeksiyonlarında temel girdi olarak kullanılmaktadır.

Özetle, gelişimi elektrik talep tahmin modellerinde, yukarıda belirtilen faktörler dikkate alınarak, sektörel bazda net elektrik talepleri tahmin edilerek, bunların toplamına kayıp ve kaçak öngörülürü eklenmesiyle brüt talep hesaplanmaktadır (Keleş, 2005).

4. YÜK TAHMİN YAKLAŞIMLARI

Yük tahmini için yük taleplerinin belirlenmesinde, kullanılacak tahmin tekniğinin seçimi önemlidir. Yük tahmin yöntemlerinin yapılarına bağlı olarak bir yöntem diğerine göre üstünlük gösterebilir. Özel bir metodu seçmeden önce, yükün davranışını incelemek gereklidir. Yükün davranışından uygun bir yöntemin mi, yoksa stokastik bir modelin mi seçilmesinin uygun olduğunu anlamak mümkündür. Elektrik şebekeleri birbirinden farklı özellikler gösterdiğinden mevcut sistemin yapısına da incelenmelidir. İncelenen sisteme göre en uygun yöntemi seçmek için farklı yöntemlerin avantaj ve dezavantajlarının bilinmesi önemlidir.

Temelde ekstrapolasyon ve korelasyon analizi olmak üzere iki tahmin yöntemi vardır. Ekstrapolasyon, geçmiş verilerin ve bu verileri etkileyen güçlerin geçmişte olduğu gibi gelecekte de aynı oranda artacağı varsayılarak yapılan tahmindir. Birçok ekstrapolasyon metodu vardır. Bunların bazıları matematiksel büyüme eğrilerinin yorumlanmasından oluşur. Diğerleri ise geçmiş yıllardaki büyüme ortalamalarını gelecekteki yıllar için kullanırlar.

Korelasyon, yüklerin durumunun hava şartları veya ekonomik durum gibi diğer faktörlerle ilişkilendirilmesi ile gerçekleştirilen tahmindir. Örneğin hava koşulları ve yük arasındaki ilişkinin sayısallaştırılmasıdır. Korelasyonun en önemli avantajı, büyümeyi etkileyen faktörleri önemlerine göre değerlendirmesidir. Korelasyon metodu aynı zamanda tahminlerin gerçek değerlerden sapması durumunda sebebin belirlenmesinde de yardımcı olabilmektedir.

Son yıllarda gelişimi hızlanan tahmin yöntemlerinden orta ve uzun dönem yük tahmini için kullanılan son kullanıcılara ve ekonomik yaklaşım yöntemleri genel kullanıma en yakın olanlar, benzer gün yaklaşımı, çeşitli regresyon modelleri, zaman serileri, sınırlı uzman sistemler, bulanık mantık ve istatistiksel öğrenme algoritmaları gibi yöntemler daha çok kısa dönem tahmininde kullanılırlar. Uygun matematiksel araçların geliştirilmesi ve ilerlemesi daha kesin yük tahmini tekniklerinin gelişmesine yardımcı olmaktadır.

Genelde kullanılan tahmin yöntemlerini şöyle sıralayabiliriz;

1. Zaman serisi analizi,
2. Son kullanıc, modeli,
3. Ortalama art, yüzdeleri ile tahmin,
4. Ekonometrik modeller,
5. Gayri safi milli hâs,laya (GSMH) dayalı, yapılan tahmin,
6. Yüzeysel yük tahmini,
7. Regresyon analizi,
8. Yapay sinir ağ lar, (YSA),
9. Bulanık mantık,
10. Uzman sistemler (US).

4.1. Zaman Serisi Analizi

Zaman serisi yaklaşımdan elektrik tüketimi, ekstrapolasyon teknikleri kullanılarak tahmin edilmektedir. Ekstrapolasyon işlemi gerçekleştirilirken, büyüme eğilimini yansıtmak için tarihsel veriler düzenlenir ve bunlar için en uygun olan fonksiyon elde edilmeye çalışılır (Aksel, 2000).

Zaman serisi, bir de ikenle ilgili zaman, belli periyotlarda ortaya çıkan nümerik verilerin kronolojik dizilişidir. Yani geçmişten elde edilen verilerin gelecekte de benzer karakteristik göstereceği düşünülerek sayısal modeller üzerinden tahmin yapılır. Zaman serilerine ilişkin veriler stokastiktir, diğer bir ifadeyle, zaman, belli aralıklarda rastlantısal de ierler alır ve aldığı, bu de ierlerin önceden kestirilebilmesi mümkün değildir. Zaman serileri yıllık, üç aylık ve aylık periyotlarda toplanmış, verilerden oluşabileceği gibi daha dar ya da daha geniş periyotlar bazında da ölçümlenebilir.

Tek bir de ikenle ait veri setiyle yapılan analizler tek de ikenli zaman serisi analizi olarak adlandırılmaktadır. Tek de ikenli zaman serisi analizleri genel olarak ilgili de ikenin gelecek de ierlerinin tahmin edilmesi amacıyla kullanılır. Bir serinin ileriki dönemlerine ilişkin tutarlı tahminlerinin yapılabilmesi; bu serinin, eğer varsa, nasıl bir fonksiyonel yapı içerisinde olmasının veya bu yapıya en yakın fonksiyonel formun bulunması ile mümkün olabilir.

Normal artlar altında, zaman serilerinin gerçekte nasıl bir fonksiyonel yapıya sahip olduğunu, olarak oluşturun, tam olarak bilinmesi mümkündür. Bununla beraber, ilgili serilere ilişkin çeşitli istatistiksel test ve analiz araçları, kullanılarak elde edilen bulgular yardımıyla bu fonksiyonel formlara ait ipuçları sağlanabilir.

Zaman serileri, aynı şekilde belirli bir zaman dönemi içerisindeki gözlem sonuçlarını gösteren serilerdir. Zaman serileri aynı zamanda istatistik verilerinin olduğu zamanlar, esas alınarak sınıflandırılmasıyla elde edilen serilerdir. Zaman serileri bir olayın zaman boyunca aldığı farklı değerlerin bir araya getirilmesiyle oluşur.

Zaman serilerinin analizinde gözlemler geçmiş dönem için hazırlanmış dokümanlardan oluşur, belirli bir zamandaki gözlemlerin değerleri ile ilgilendirir ve genellikle analizler için belirli zaman aralıkları, (yıllık, aylık günlük, ...) ele alınır. Serideki dalgalanmalar sadece tesadüfi etkenlerden ileri gelmemektedir. İktisadi olaylarla ilgili zaman serilerinin analizi, dalgalanmaların dört farklı hareketin bir arada gösterdiği etkiden meydana geldiğini varsaymaktadır. Bu dört hareket, *öTrendö*, *öDevresel Değişmelerö*, *öMevsimsel Değişmelerö*, *öTesadüfi ve Arzı Değişmelerö* olarak verilebilir.

Trend, uzun bir zaman devresi içerisinde, zaman serisinin belirli bir yönde gösterdiği genel eğilimdir. Trend analizi uzun bir dönem analizi olduğundan verilerin aylık veya mevsimlik olarak verilmiş olması, tahlilin sonucunu etkilemeyecektir. Serinin genel eğiliminin ölçülebilmesi için, ele alınan dönemin 10 yıldan az olmaması, gerekli görülmektedir.

Bir serinin trendi doğrusal veya eğrisel olabilir. Ancak trendin önemli bir özelliği her iki durumda da istikrarlı olmasıdır. Trendi etkileyen faktörlere bünyesel faktörler denir. Devresel değişimler ise bir trend doğrusu etrafındaki uzun dönem dalgalanmalara denir. Hareketler mevsimsel değişimlere benzer şekilde devresel olarak tekrarlanırsa da, devrelerinin uzunluğu (5-10 yıl) ve sürelerinin belirsizliği ile dikkati çekerler. Genel olarak 12 aylık dönem içerisinde oluşan az veya çok, düzenli ve değişikliklere mevsimlik değişimler denir. Mevsim dalgalanmaları, doğal, sosyal veya zahiri nedenlerle ortaya çıkar. Yıllar itibarıyla düzenlenen zaman serisinde mevsimlik dalgalanmalar görülemez.

Zaman serilerinin üzerinde düzensiz değişimler dediğimiz arzı ve tesadüfi hareketlerin de etkisi vardır. Belirli faktörler dışında kalan ve varlığı, daha önceden tahmin edilemeyen ve etkisini devamlı olarak göstermeyen olayların sonucunda ortaya

çkar. Bunlar grevler, devalüasyonlar, doğal afetler vb. siyasal, ekonomik veya doğal sebepler olabilir.

Zaman serisi analizleriyle trend, devresel değişimler, mevsimlik değişimler hesaplanabilir, fakat rastlantısal değişimler hiçbir şekilde hesaplanamaz (Türkbal, 1987). Zaman serilerinde genel olarak bir analiz ve tahmin yöntemi olan Box-Jenkins tekniği kullanılır. Bu teknik, kesikli, doğal stokastik süreçlere dayanır.

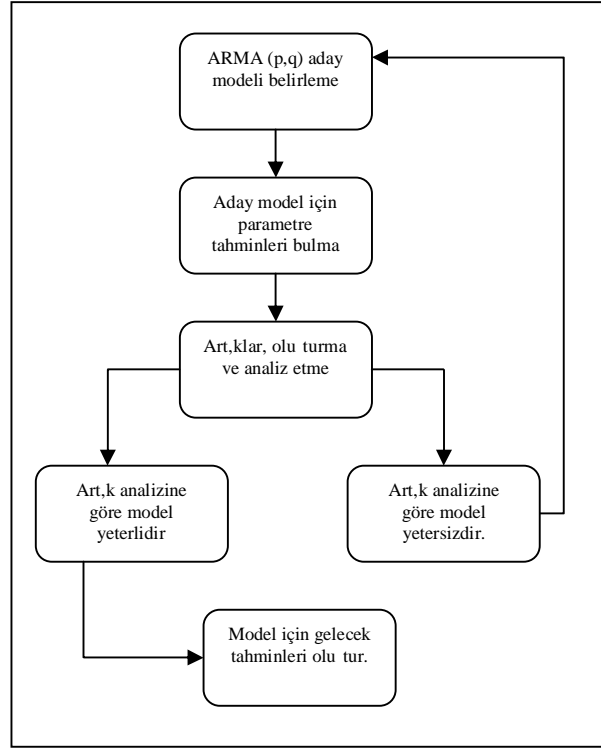
Otoregresif (Auto Regressive - AR), Hareketli Ortalama (Moving Average - MA), Otoregresif - Hareketli Ortalama (Auto Regressive-Moving Average - ARMA) ve Birleştirilmiş Otoregresif-Hareketli Ortalama (Auto Regressive Integrated Moving Average - ARIMA), Box-Jenkins tahmin modelleridir. AR(p), MA(q) ve bunların birleşimi olan ARMA(p,q) modelleri durağan süreçlere uygulanırken, ARIMA(p,d,q) modelleri durağan olmayan süreçler için kullanılmaktadır.

4.1.1. Box-Jenkins tekniği

Bu sınıfa giren modeller veya genel tanımla ARIMA, zaman serilerinin modellenmesinde kullanılan diğer yöntemlere göre daha kapsamlı ve genel bir tahmin modelidir. Zaman serisi analizlerinde tahmin ve denetim aracı olarak kullanılan Box-Jenkins tahmin yöntemleri, yeni ve basit, fakat oldukça karmaşık bir yöntemdir.

Yöntem çeşitli koşullarda elde edilen süresiz zaman serileri ve dinamik sistemler için modeller hazırlanmasında kolaylıklar ve yararlar sağlamaktadır. Box ve Jenkins tahmin modellerinin birbirini tamamlayan dört aşamadan geçerek kurulmasını önermektedirler. Bunlar:

- Model bulma aşaması,
- Parametre tahmin aşaması,
- Artık analizi aşaması,
- Gelecekle ilgili tahmin yapma aşaması, (Günay, 2007).



ekil 4.1. : Box-Jenkins Tekni i

4.1.1.1. Model bulma a amas,

Bu a amada trend içeren serilerin trendden ba ,ms,z hale getirilerek ARIMA modelleri ile modellenmesi yap,lr. Bu a ama dura an zaman serisine ARMA modellerinden herhangi birinin aday olarak belirlenmesi ve ARMA(p,q) modelinde p ve q'nun de erinin bulunmas, a amas,d,r. Bu de erler otoregresif ve hareketli ortalamalar sürecinin özelliklerinden yararlanarak bulunur. ARMA modelleri oto korelasyon fonksiyonu ve k,smi oto korelasyon fonksiyonu sayesinde karakterize edilebilir.

ARMA modelleri, ele al,nan serilerin dura an olmas,n, gerektirir. di er bir ifadeyle, serilerin trend içermemesi gerekir. Trend, uzun bir zaman devresi içerisinde, zaman serisinin belirli bir yönde gösterdi i genel e ilimi oldu undan ayl,k veya mevsimlik olarak verilmi olmas, tahlilin sonucunu etkilemeyecektir.

4.1.1.2. Parametre tahmin a amas,

Box-Jenkins yönteminde, aday model belirlendikten sonra parametre tahmin a amas,na geçilir. ARMA modellerinde parametre tahmin yöntemleri, olabilirlik fonksiyonuna dayal, yöntemler ve e risel en küçük kareler yöntemleridir. Bir ARMA modelinin parametreleri olabilirlik fonksiyonunun maksimize edilmesi ile ya da en küçük kareler fonksiyonunun minimize edilmesi ile bulunabilmektedir. Bundan ba ka yöntemler ile tahminleme üzerine de literatürde birçok yöntem olmas,na ra men karma ,k integrasyon i lemler gerektirdi inden yayg,n kullan,m alan, bulamam, t,r.

4.1.1.3. Art,k analizi a amas,

Bu a amada, bulunan ve parametreleri tahmin edilen modelin art,kklar, incelenir. Burada modelin performans ölçütü Akaike Bilgi Ölçütü (Akaike Information Criterion - AIC) ve Bayesci Bilgi Ölçütü (Bayesian Information Criteria ó BIC) elde edilir. Ölçüt istenen düzeyde ise gelecekle ilgili tahminler yap,l,r. E er istenen düzeyde de ilse model bulma a amas,na dönülerek ba ka bir model için ayn, i lemler tekrar edilir. Performans ölçütü en iyi olan model için gelecekle ilgili tahminler yap,l,r.

Modelin performans ölçütü olarak art,k kareler toplam,na dayal, AIC ve BIC istatistikleri kullan,labilir. Bu istatistikler modelin parametre say,s,na ba l, olarak hesaplan,r. Ayr,ca model kurma a amas,nda bu istatistiklerden yararlan,labilir.

4.1.1.4. Gelecek tahmini yapma a amas,

Box-Jenkins yönteminin son a amas,, gelecekle ilgili tahmin yapma a amas,d,r. Bu a amada zaman serileri için öngörü de erleri elde edilir. Literatürde ARMA modellerinde öngörü elde etmek için kullan,lan birçok yöntem bulunmaktad,r.

Zaman serilerinde bir analiz ve tahmin yöntemi olan Box-Jenkins tekni inin tahmin modelleri ARMA modelleri olarak bilinir. AR, MA, ARMA, ARIMA olmak üzere dört alt modelden olu mu tur. Bu modeller s,ras,yla a a ,da anlat,lm, t,r.

- Otoregresif (Auto Regressive - AR),
- Hareketli Ortalama (Moving Average - MA),
- Otoregresif-Hareketli Ortalama (Autoregressive-Moving Average-ARMA)
- Birle tirilmi Otoregresif-Hareketli Ortalama (Integrated ARMA - ARIMA)

AR(p), MA(q) ve bunlar, n birle imi olan ARMA(p,q) modelleri dura an süreçlere uygulan,rken, ARIMA(p,d,q) modelleri dura an olmayan süreçler için kullan,lmaktad,r (Hamzaçebi, 2004).

- **AR(p) modelleri**

AR(p) modelinde de i kenin, t dönemdeki de eri; de i kenin geri dönemlerdeki belirli say,da de erleriyle, hata de i keni a_t nin do rusal bile imi olarak ifade edilmektedir. Model u biçimde gösterilir:

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \delta + a_t \quad (4.1)$$

Burada $Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-p}$ de i kenin t e it zaman aral,klar,yla ifade edilen gözlem de erleridir, $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$ geçmi gözlem de erleri için katsay,lar, δ bir sabit de er ve a_t de hata terimidir (Yolda , 2006).

Burada Y_t de r, AR(p) ve di er modellerde genellikle geri kayd,rma i lemcisi kullan,larak yaz,lr. B geri kayd,rma i lemcisi olup a a ,daki ekilde tan,mlanmaktad,r:

$$Y_{t+1} = B \cdot Y_t \quad (4.2)$$

$$Y_{t-m} = B^m \cdot Y_t \quad (4.3)$$

$$(B)Y_t = B^m \cdot Y_t \quad (4.4)$$

$$(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p \quad (4.5)$$

- **MA(q) modelleri**

Bu modelde de i kenin t dönemdeki de eri ayn, dönemdeki hata terimi a_t ve belirli say,da geri dönem hata terimleri a_{t-q} de rin bile imi olarak yaz,lr: MA(q) modelinde Y_t de eri, serinin geriye do ru q dönem geçmi hata terimlerinin ve

ortalama, n , n do rusal fonksiyonudur. MA(q) modelleri genel olarak a a a ,daki gibi gösterilir.

$$Y_t = \mu + a_t \text{ ó } 1a_{t-1} - 1a_{t-2} - \acute{1} - q a_{t-q} \quad (4.6)$$

Burada a_t , a_{t-1} , a_{t-2} , $\acute{1}$, a_{t-q} hata terimlerini, 1 , 2 , $\acute{1}$, q hata terimleri ile ilgili katsay,lar,, sürecin ortalamas, olan bir sabiti göstermektedir. Buradan;

$$Y_t = (B)a_t \quad (4.7)$$

$$(B) = 1 \text{ ó } 1B \text{ ó } 2B^2 - \acute{1} - qB^q \quad (4.8)$$

elde edilir. Denklem (4.8)de görünen q , model mertebesidir.

Hareketli ortalama bir zaman serisine ait her de erin yerine, o de er ve daha önce ve sonra gelen birkaç de erin ortalamas, n , koymak suretiyle elde edilmi bir zaman serisidir. Bu yöntemde zaman de erleri 3, 5 ve 7ø erlik gruplar halinde bir araya getirerek, her grup için aritmetik ortalamay, hesaplay,p, bulunan de erleri gruplar, n tam orta noktalar,na isabet eden de erin yerine koymakt,r. Kümeler hareket halinde ve gerçek seride her defas,nda bir de er a a , kayd,r,lmak suretiyle olu turuldu undan, bunlar, n ortalamalar, adeta hareket etmekte ve bu nedenle yönteme hareketli ortalamalar metodu denilmektedir.

- **ARMA(p,q) modelleri**

ARMA modelleri en genel dura an stokastik süreç modelleri olup, geçmi gözlemlerin ve geçmi hata terimlerinin do rusal bir fonksiyondur. Zaman serilerinin modellenmesinde esneklik sa lamak ve en az say,da parametre ilkesini gerçekle tirmek amac,yla baz, hallerde modele hem otoregresif ve hem de hareketli ortalama parametrelerinin al,nmas, ile birçok yararlar sa lanmaktad,r. Bu dü ünçe ARMA(p, q) modelini ortaya ç,karm, t,r. Model a a ,daki ekilde gösterilebilir:

$$Y_t = 1Y_{t-1} + 2Y_{t-2} + \acute{1} + pY_{t-p} + a_t + 1a_{t-1} - 2a_{t-2} - \acute{1} - qa_{t-q} \quad (4.9)$$

Burada;

$$(B)Y_t = (B)a_t \quad (4.10)$$

$$(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p \quad (4.11)$$

Yukarıdaki eşitlikte, $Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-p}$ geçmiş gözlem değerlerini, $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$ geçmiş gözlem değerleri için katsayılar, θ bir sabit değer, $a_t, a_{t-1}, a_{t-2}, \dots, a_{t-q}$ hata terimlerini ve $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_q$ hata terimleri ile ilgili katsayılar temsil etmektedir.

- **ARIMA(p,d,q) modelleri**

Zaman serisinin durağan olduğu durumlarda, yani sürecin ortalaması, varyansı ve kovaryansı zamana bağlı olarak değişmediği durumlarda ARMA(p,q) veya ARMA(p,q) özel hali olan AR(p) veya MA(q) modellerinden uygun olan kullanılabilir. Ancak gerçekte zaman serilerinin ortalama ve varyansında zamana bağlı olarak bir değişim olmaktadır. Bu durum durağan olmayan seri olarak adlandırılır. Bu tip zaman serileri durağan hale dönüştürüldüğünde yukarıda bahsedilen ARMA(p,q) modelleri tahmin için kullanılabilir. Zaman serisinin durağanlaşması fark almak suretiyle yapılır. Zaman serisinin doğrusal bir trendi var ise birinci fark serisi durağan olur. Eğer zaman serisinin eksponansiyel bir trendi var ise farkların tekrar fark alınarak ikinci farkların serisi durağan hale getirilir. Bu durumda model ARIMA(p,d,q) olarak ifade edilir. Burada d serinin durağanlaşma (fark alma) parametresidir (Hamzaçebi, 2004).

4.1.2. Standart hata

Y ve X büyüklükleri arasındaki ilişki ne kadar kuvvetli ise, regresyon denklemi ile yapılacak olan tahminlerin hatası, o kadar küçülecek, ilişki zayıf olduğunda tahminlerin hata payı büyüyecektir. Regresyon analizindeki tahmin hataları, gözlemler sonucu elde edilen gerçek değerler ile regresyon sonucu hesaplanan teorik değerler arasındaki sapmalardır.

Hatay, s,f,rlamak için gerçek de erler ile teorik de erler aras,ndaki farklar,n toplam,n,n s,f,r olmas, gerekmektedir. Bununla birlikte; gerçek ve teorik de erler aras,ndaki fark,n karelerinin toplam, da minimum olmal,d,r. Regresyon analizi ile farklar,n kareleri toplam, minimum yap,lmaya çal, ,l,r. Standart hata, tan,m olarak gerçek de erler ile regresyon denkleminde hesaplanan de erler aras,ndaki fark,n karesinin veri say,s,na bölümünün karekökü olarak tan,mıan,r.

Yap,lan bir tahminin standart hatas, (Yœnin Xœ göre standart hatas,) :

$$S_{yx} = \sqrt{\frac{\sum (Y - \bar{Y})^2}{n}} \quad (4.12)$$

formülü ile bulunur.

4.1.3. Standart sapma

Bir serinin aritmetik ortalamas,ndan sapmalar,n,n karelerinin toplam, serideki terim say,s,na bölünürse bulunan de er övaryansö olarak tan,mıan,r.

$$\text{Varyans} = \sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 \quad (4.13)$$

Bir serinin varyans,n,n karekökü al,n,rsa yani gerçek da ,l,m de erlerinin aritmetik ortalamas,ndan sapmalar,n,n karelerinin ortalamas, al,n,r ise standart sapma elde edilir (Kal,ps,z, 1994).

$$\text{Standart sapma} = \sigma = \sqrt{\frac{\sum (Y_i - \bar{Y})^2}{n}} \quad (4.14)$$

4.1.4. R-kare parametresi

Regresyon do rusu ile verilen uyumun derecesini belirlemek için kullan,lan parametre R^2 (determinasyon, belirlilik katsay,s,) parametresidir. R^2 katsay,s,, verilerin ortalama civar,ndaki de i imlerinin regresyon do rusuna oran, olarak yani, aç,klanan de i imin, aç,klanamayan de i ime bölünmesi ile tan,mıan,r. Bu de er Denklem 4.15 ile verilir;

$$R^2 = \frac{\sum (\hat{Y} - \bar{Y})^2}{(Y - \bar{Y})^2} \quad (4.15)$$

R^2 'nin de eri 0 ile 1 aras,nda de i ir. R^2 'nin 0 olmas, regresyon do rusu ile Y de erleri aras,nda hiçbir ili ki olmad, ,n,; 1 olmas, regresyon do rusunun bütün veri noktalar, üzerinde bulundu unu gösterir. Bu yüzden R^2 'nin mümkün oldu u kadar 1'e yak,n olmas, istenir. Yeterli bir uyum için R^2 de erinin 0,9 ile 1 aras,nda olmas, gerekir. Elbette bu verilerin say,s,na ve de i ikli ine de ba l,d,r. Dört adet veri için 0,9 de eri baz, durumlarda kabul edilebilir olmayabilir ama yüz adet veri için R^2 de erinin 0,7 de eri yeterli bir uyumu gösterebilir (Yolda , 2006).

4.2. Son Kullan,c, Modeli

Ekonometrik model ve onlar,n kombinasyonlar,, orta ve uzun dönem yük tahmininde oldukça s,k kullan,lan yöntemlerdir. Mü terilerin kulland,klar, cihazlar,n tan,mılanmas,, evlerin geni li i, cihazlar,n ömrü, teknolojideki de i meler, mü teri al, kanl,klar, ve nüfus dinamikleri gibi detayl, veriler genellikle son kullan,c, yakla ,mlar,nda simülasyon ve istatistiksel modellere dâhil edilir. Asl,nda ki i ba ,na dü en gelir gibi ekonomik etkenler, çal, ma düzeyleri, i saatleri ve elektrik fiyatlar, ekonometrik modellere dâhil edilir. Bu modeller son kullan,c, yakla ,mlar,n,n birle iminde kullan,l,r. Uzun dönem tahminler, nüfus de i imlerini, ekonomik geli meleri, endüstriyel yap,lanmay, ve teknoloji geli imi tahminlerini kapsar.

Bu yöntem ile mal ve hizmetlerin üretilmesi için gerekli enerji tüketimi, kapsaml, enerji tüketim bilgisi, mü teri kullan,m,, onlar,n ya lar,, evlerin büyüklü ü gibi detayl, hedeflerle belirlenmektedir. Mü teriler hakk,ndaki istatistiksel bilgiler ile birlikte de i en dinamikler, tahminin esas temelini olu turur.

Bu hedefler için bulunan tüketim miktarlar, toplanarak toplam tahmin elde edilmektedir. Örne in mesken ,s,tma amac,yla talep edilen enerji, elektrikli ev ,s,t,c,lar,n,n say,s, ve bunlar,n ortalama y,ll,k tüketim miktar, çarp,larak tahmin edilir. Mesken sahiplerinin di er amaçlar için talep ettikleri enerji miktar, da benzer ekilde tahmin edilmekte ve bunlar,n toplam, al,narak mesken sahiplerinin toplam enerji talep miktar, ortaya ç,kar,lmaktad,r.

Bu yöntemde kullanılacak verilerin çok detaylı olması gerekmektedir. Bütün elektrikli ev aletlerinin sayıları yaklaşıklık olarak bilinmesi ve bunların ortalama enerji tüketimleriyle ilgili bilgilerinin toplanması, çok zor olacaktır, bu yöntem çok kullanışlı değildir. Son kullanıcılara yönelik konutlar, ticari ve endüstriyel sektörlerdeki elektrik tahmini için kullanılır.

Yaklaşık olarak kullanıldığında bu yaklaşım oldukça kesin sonuçlar verecektir. Bununla beraber, son kullanıcı verilerinin kalitesi ve miktarının hassas olması oldukça önemlidir. Son kullanıcı tahmini daha az tarihsel veri içerir, fakat daha çok mü teriler hakkında bilgi ve onların araç-gereçlerinin detaylı özelliklerini içerir.

4.3. Ortalama Art, Yüzdeleri ile Yapılan Tahmin

Bu yöntemde geçmiş yıllardaki tüketilen enerji değerindeki yıllık art oranları, ortalama olarak bulunarak ileriye yönelik tahminler yapılır. Geçmiş yıllardaki ortalama enerji art oranı, gelecekte de aynı olacaktır, varsaymaktan yola çıkılmaktadır. Gelecekteki enerji tüketiminin belirlenmesi için aşağıdaki formül kullanılır;

$$E(t) = E_0 (1 + r)^t \quad (4.16)$$

$E(t)$: t yıl sonraki enerji tüketimi,
 E_0 : En son yıldaki enerji tüketimi,
 r : Ortalama yıllık artma yüzdesi.

Çok basit olan bu yöntem genelde doğru sonuçlar vermektedir. Ancak enerji gibi günlük hayat ve ekonomik hayatın her alanıyla yakından ilgili olan, bu sebeple de zamana göre sürekli değişim halinde bulunan bir kavramın geleceğe dönük tahminleri yapılırken farklı veri kaynakları da değerlendirilmelidir.

4.4. Ekonometrik Metotlar

Ekonometrik yaklaşımlar, elektrik enerjisi talep 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 ekonomik veriler (bağımsız değişken) arasındaki ilişkiyi hesaplar.

Regresyon analizi ba ,ml, ve ba ,ms,z de i kenler aras,nda ba lant, kurarak bunlar,n olu turdu u fonksiyonun bulunmas,na yard,mc, olur.

Elektrik enerjisi talebi sadece zaman,n bir fonksiyonu olmay,p, ekonomik ve sosyal de i imlerden, teknolojik geli melerden, sanayideki yeniliklerden ve çevre artlar,ndan da etkilenmektedir. Bahsedilen de i kenler ile enerji talebi aras,ndaki ili kiyi aç,klamak için regresyon analizinden yararlan,lr. Bu yakla ,ma göre analizin sonucunda etkin olacak en önemli veri ekonomik de erlerdir. Say,sal olarak kay,t alt,na alınmas, ve i lenmesi di er soyut verilere göre daha kesin ve detayl, olan ekonomik veriler genel olarak enerji tüketim de erleri için gerçekçi sonuçlar ortaya ç,karmaktad,r.

4.5. Gayri Safi Milli Hâs,laya Dayal, Yap,lan Tahmin

Türkiyeøde uzun dönemli tahminler yap,lrken kullan,lan yöntemlerden biri de Gayri Safi Milli Hâs,la (GSMH) büyüme h,z,yla, elektrik büyüme h,z, aras,ndaki ili kiyi bir katsay, ile belirlemek ve kalk,nma plan, ile hedeflenen büyüme h,zlar,na göre elektrik enerjisi tahminini bulunan bu katsay,ya göre hesaplamakt,r. Bir önceki yakla ,mda belirtildi i gibi ekonomik verilerle enerji tüketim de erleri aras,nda do rudan ve kesin bir ili ki bulunmaktad,r. Enerji tüketen bireylerin ekonomik düzeyleri de toplam enerji tüketimi ve tahmin sonuçlar, üzerinde oldukça belirleyici bir veri olacaktır,r.

Bu yöntemde belli bir döneme ait GSMHønin ortalama büyüme h,z, ile elektrik tüketiminin ortalama büyüme h,z, bulunur. Bu iki büyüme h,z,n,n oran, milli gelir ile elektrik enerjisi tüketimi aras,ndaki ili kiyi gösteren katsay,d,r. Bu yöntem de zaman serisi analizinde oldu u gibi ekonomik ve siyasi aç,dan istikrara sahip ülkelerde geçerli ve ba ar,l, olur. Ülkemizde genel amaçl, yap,lan baz, tahmin çal, malar,nda kullan,lan bu yöntem, ekonomik kriz ve duraksama dönemlerinde hatal, sonuçlar ortaya ç,kmas,na neden olmu tur. Önceden öngörüleemeyen bu tip durumlar,n bu yakla ,mla tahmin sonucuna dâhil edilmesi mümkün de ildir.

4.6. Yüzeysel Yük Tahmini

Bu yöntemde tahmin için önemli olan iki unsur yük tahmini ve büyüme karakteristi idir. Belirtilen unsurlara ula mak için yerle im alan, s,n,flara ayr,lm, t,r.

- Yerleşim yeri, (Kırsal yerleşim yeri, tek katlı, müstakil evler.)
- Apartmanlar, iki katlı, evler, villalar,
- Ticarethaneler,
- Ofisler,
- Yüksek binalar ve gökdelenler,
- Küçük işletmeleri ve küçük ölçekli fabrikalar,
- Depolar,
- Aşırı sanayi, büyük ölçekli fabrikalar,
- Resmi daireler.

Küçük ve orta ölçekli yerleşim yerlerinde yük tahmini için öyer renklendirme yöntemi kullanılır. Bu yöntemde ilk olarak her bir tüketici sınıfının yerleşim yerleri belirlenir ve bunun için ele alınan bölge küçük elektrik parçaları bölünerek tüketici gruplarına karşı, düz alan hesaplanır. Ayrıca incelenen bölgenin ölçekli haritası, (otoyollar, demir yolları, yerleşim yerlerinin ve bölgenin elektrik iletim-dağıtım sistemini içeren harita) kullanılır.

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

1. Yük tahmini yapan yargıları,
2. İncelenen bölgenin güncel krokisi,
3. Yerleşim yerinin imar-iskân planı.

Bu yöntem için önemli olan, farklı kaynaklardan elde edilen verilerin gerçekten yerinde mevcut olup olmadığıdır. Bunun için her tüketici grubunun yerinde tespiti yapılarak bulunduğu yer, elektrik parçalarına bölünmüş haritaya işaretlenir. Bunun sonucunda tüketici gruplarının ölçekli haritada kapladığı alan bulunur (Öner, 2005).

İkinci adım olarak, tüketici gruplarının alan başına düşen tepe yükleri değerlendirilerek hesaplanır. Bunun için abone sayısı, alan başına düşen tepe yükleri değerlendirilerek ve her bir tüketici grubunun kapladığı alana bölünerek, alan başına düşen tepe yükleri bulunur. Bulunan değerler gelecek yük tahmininde kullanılır.

Yer renklendirme yöntemi basit gibi görünse de hatalar, en aza indirgeyen bir yöntemdir. Bu yöntem küçük ve orta ölçekli yerleşim yerlerine uygulandığında çok iyi sonuçlar verebilir. Başka bir deyişle bu yöntem, hem tüketici grubundaki yıllık artırımlardan hem de yerleşim yerinin genişleme giderlerinden yararlanarak tepe yük giderlerini başarıyla tahmin edebilir.

4.7. Regresyon Analizi

Başka bir deyişle, değişkenlerin başka değişkenler üzerindeki etki biçimi ve yönü, istatistik denklemlerle de belirtilebilmektedir. Bir örnek üzerindeki $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots$ başka bir deyişle, değişken ve ölçümlerine dayanarak ölçüm ile $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots$ değişkenleri arasındaki,

$$y = f(x_1, x_2, \dots) \quad (4.17)$$

fonksiyonel ilişkiyi kestirme işlemine regresyon analizi adı verilmektedir. Fonksiyonel ilişki sayesinde $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots$ başka bir deyişle, değişkenleri ölçülerek, bu ölçümler yardımıyla ölçülemeyen özdeğişken tahmin edilebilmektedir.

Regresyon analizinde \bar{x}_i başka bir deyişle, değişkenleri ile \bar{y}_i başka bir deyişle, değişkenleri arasındaki ilişkiyi, matematiksel bir fonksiyon olarak ifade edilir. Başka bir deyişle, ve başka bir deyişle, değişkenler arasındaki dağılım diyagramının çizilmesiyle iki değişken arasındaki bir bağlantı kurulup kurulamayacağına, eğer kuruluyorsa nasıl bir fonksiyonun ele alınacağına karar verilir.

Bu model, bir ya da birden çok sayıda serbest değişkenli, doğrusal ya da eğrisel, toplanabilir ya da toplanamaz şekilde olabilir. Fonksiyon biçiminin kararlılaştırılması, grafik çiziminden yararlanılabilir (Kalps, 1994).

Regresyon analizi ile bir değişkenin başka bir veya birkaç değişken karşısında gösterdiği farklı durumlar, sürekli bir fonksiyon halinde belirtilmektedir. Bu şekilde, incelenen değişkenler arasında bulunan ilişkilerin varlığı, yönü, biçimi ve standart hatası saptanmaktadır.

4.7.1. Regresyondaki tahmin hatalar,

Regresyon denklemleri bize b_0 , b_1 , ve b_2 de i kenler arasındaki gerçek y_i ili x_i de i noktalar, n da (x_i, y_i) na göre teorik ortalama bir y_i ili x_i gösterir. Bu yüzden gerçek y_i er olan bir x_i de i erine k tahmin edilen $f(x_i)$ de i eri regresyon fonksiyonunun üzerinde olacaktır. Ancak pratikte gerçekte y_i erler regresyon fonksiyonunun civarında da (x_i, y_i) lar, r . Bu yüzden bulunan tahmin y_i erlerinde hatalar meydana gelecektir. Hata payı, n küçülmesi, b_0 , b_1 , ve b_2 de i kenler arasındaki y_i kinin kuvvetlilik derecesine b_1 , d , r . Bu y_i ki ne kadar kuvvetli ise, regresyon analizi ile bulunacak tahmin y_i erindeki hata o oranda azalacaktır. b_0 , b_1 , ve b_2 de i kenler arasındaki y_i kinin derecesini ve önemini inceleyen teknik, korelasyon tekni d ir. Türkçeye ölgile m tekni i ö olarak çevrilen bu teknik sonucunda elde edilen ve y_i de i kenler arasındaki y_i liginin kuvvetini belirten katsayı, y da korelasyon katsayısı, r , denilmektedir.

4.7.2. Korelasyon katsayısı,

Standart hatanın karesinin standart sapmanın karesine oranı, belirsizlik katsayısı, olarak tanımlanır. y_i ö b_0 , b_1 , de i keninde belirli ve belirsiz nedenlerden meydana gelen y_i melerin toplamı, 1 olacağından, bundan belirsizlik katsayısı, r , k , l , r sa belirlilik katsayısı, elde edilir. Bu da belirli x_i de i kenine b_0 , b_1 , olan y_i melerin oranını gösterir.

$$1 - S^2 / \sigma^2 \quad (S: \text{standart hata}) \quad (4.18)$$

$$R_y^2 = 1 - S_y^2 / \sigma_y^2 = 1 - \frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2} \quad (4.19)$$

$$R_x^2 = 1 - S_x^2 / \sigma_x^2 = 1 - \frac{\sum (x_i - \hat{x}_i)^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2} \quad (4.20)$$

(\hat{x}_i , \hat{y}_i : regresyon analizi sonucu hesaplanan teorik y_i erler)

Katsayı, ne kadar büyükse, y_i ki o kadar güçlüdür. Belirlilik katsayısı, r , n karekökü de korelasyon katsayısı, r , verir. x_i in belli y_i erlerine k , l , y de y_i erleri tayin ediliyorsa korelasyon katsayısı, r , sadece y de y_i erlerinin gerçek y_i erleri ile tahmin edilen y_i erleri arasındaki y_i kinin gücünü ölçer.

$$R = \pm(1 - S_y^2 / y^2)^{1/2} = \pm\{1 - [(y_i - \bar{y})^2] / [(y_i - \bar{y})^2]\}^{1/2} \quad (4.21)$$

Denklem 4.21 ile gösterilen korelasyon katsayısına Pearson Korelasyon Katsayısı, denilmektedir. $R > 0$ ise x ile y de i kenleri arasında pozitif bir korelasyon vardır, $R = 1$ oldu unda de i kenleri arasında tam ve pozitif korelasyon bulunur. y için verilen de erleri regresyon denklemine göre bulunan de erlere tamamen uyar. x arttırıldıkça y de artar. $R < 0$ ise de i kenleri arasında negatif korelasyon vardır, x ile y ters orantılı olarak de ir. x ile y arasında çift yönlü ilişki varsa, yani x de y ye göre de i im gösteriyorsa ($x = + y$) korelasyon katsayısı:

$$R = (y_i - \bar{y})(x_i - \bar{x}) / \{[(y_i - \bar{y})^2][(x_i - \bar{x})^2]\}^{1/2} \quad (4.22)$$

olarak hesaplanır. Bu ilişkinin kuvvetli olması için $R^2 = 0.50$ ve $R = \pm 0.71$ olmalıdır.

4.7.3. Regresyon denkleminin oluşturulması,

N tane x serbest de i keninin (x_1, x_2, \dots, x_n) de erlerine karşılık gelen n tane y de i keninin (y_1, y_2, \dots, y_n) oldu unu varsayalım. Bu durum da , n diyagramında n adet nokta belirtir. Noktaların genel durumuna göre de i kenleri arasındaki ilişkiyi gösterilebiliyorsa doğrusal regresyon göz önüne alınır. Noktalar arasından geçen doğrunun denklemi $y = f(x) = a + bx$ dir.

Do runun her x_i de erine karşılık gelen nokta $f(x_i)$ dir. Böylece her gerçek y_i de erine do ru üzerinde bir $f(x_i)$ teorik de eri karşılık gelecektir. Noktalar arasından geçirilen doğrunun iki de i kenleri arasındaki ilişkiyi en iyilikle temsil etmesi için a ve b katsayıları, n nokta için gerçek ve teorik koordinatları arasındaki farkların karelerinin toplamı minimum olacak şekilde seçilmesi gerekmektedir. $Q = \sum [y(i) - f(x_i)]^2$ minimum olmalıdır. Bunu gerçekleştirmek için $Q = \sum [y(i) - (a + bx_i)]^2$ fonksiyonunun a ve b ye göre kısmi türevleri alınır.

$$dQ/da - 2 \sum [y_i - (a + bx_i)] = 0 \quad (4.23)$$

$$dQ/db = -2 \sum [x_i(y_i - a - bx_i)] = 0 \quad (4.24)$$

Denklemler düzenlendi inde;

$$n_a + bx_i = y_i \quad (4.25)$$

$$a x_i + bx_i^2 = x_i y_i \quad (4.26)$$

$y_{\text{øø}} = y_i/n$ ve $x_{\text{øø}} = x_i/n$ olmak üzere; (n =toplam gözlem say, s .)

$$a = y_{\text{øø}} - bx_{\text{øø}} \quad (4.27)$$

$$b = (x_i y_i - y_{\text{øø}} x_i) / (x_i^2 - x_{\text{øø}} x_i) \quad (4.28)$$

bulunur. E er regresyon denklemi üstel bir ifade ise yani iki de i ken aras,ndaki ili ki üstel bir fonksiyon ise $y = a.b.exp(x)$ olarak yaz,labilir. Bu denklemin logaritmas, al,n,rsa;

$$\log y = \log a + x \log b \quad (4.29)$$

$$Y = \log y, A = \log a, B = \log b \quad (4.30)$$

$$Y = a + Bx \quad (4.31)$$

do ru denklemi elde edilir. Do rusal regresyondaki özellikler burada da geçerlidir. Noktalar,n genel durumuna göre de i kenler aras, ili ki parabol ile gösteriliyorsa;

$$f(x) = a + bx + cx^2 \quad (4.32)$$

$$Q = [y_i - f(x_i)]^2 = [y_i - (a + bx_i + cx_i^2)]^2 \quad (4.33)$$

denklem 4.33 ile verilen Q de eri minimum olmal,. Q'nun a, b ve c' ye göre k,smi türevleri al,n,p s,f,ra e itlenirse;

$$dQ/da = -2 (y_i - a - bx_i - cx_i^2) = 0 \quad (4.34)$$

$$dQ/db = -2 x_i (y_i - a - bx_i - cx_i^2) = 0 \quad (4.35)$$

$$dQ/dc = -2 x_i^2 (y_i - a - bx_i - cx_i^2) = 0 \quad (4.36)$$

bulunur. Denklemler düzenlenirse:

$$na + bx_i + c x_i^2 = y_i, \quad (4.37)$$

$$a x_i + bx_i^2 + c x_i^3 = x_i y_i \quad (4.38)$$

$$a x_i^2 + bx_i^3 + c x_i^4 = x_i^2 y_i \quad (4.39)$$

bulunur. Bu üç denklemin çözülmesi ile a, b, c katsayılar, bulunur. Eğer de i ken say, s, birden fazla ise yani elektrik enerjisi talep art, ,na birden fazla etken etki ediyorsa, çoklu regresyon analizi yapılır. Bu durumda fonksiyon denklem 4.40'deki ekli alır;

$$y_i = f(x_i) = a_0 + a_1 x_{i1} + a_2 x_{i2} + \dots + a_n x_{ni} \quad (4.40)$$

Burada y_i bağımlı de i ken, $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}$ bağımsız de i kenlerdir. Basit doğrusal regresyon modeli için bir bağımsız yaklaşımla ise a a ,daki biçimdedir;

$$Y = \dots + x + e_i \quad (4.41)$$

$x_i =$ Açıklayıcı de i ken,
 $y_i =$ Bağımlı ya da açıklanan de i ken,
 $e_i =$ Hata terimidir.

Doğrusal modelde \dots ve \dots bilinmeyen, ancak tahmin edilmek istenen parametrelerdir. \dots ve y_i ;

$$\sum_{i=1}^n \hat{e}_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \rightarrow \min \quad (4.42)$$

olacak biçimde tahmin edersek en küçük kareler yöntemini uygulayabiliriz. \dots ve \dots $S = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \rightarrow \min$ koşulundan yararlanarak elde edilebilir. Bilindiği gibi, normal denklemler, trend parametre tahmininden de elde edilebilir.

$$y_i = n - x_i \quad (4.43)$$

$$x_i y_i = x_i + x_i^2 \quad (4.44)$$

Denklem 4.43'te her iki taraf n'ye bölünürse

$$y = \bar{y} + x \quad (4.45)$$

$$= \bar{y} + x \quad (4.46)$$

$$x_i y_i = (\bar{y} + x) x_i + x_i^2 \quad (4.47)$$

$$x_i y_i = \bar{y} x_i + x x_i + x_i^2 \quad (4.48)$$

yaln,z b,rak,l,r ve gerekli düzeltmeler yap,l,rsa $\bar{x}_i = n \cdot \bar{x}$ e itli i dikkate al,narak;

$$\beta = \frac{\sum x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}}{\sum x_i^2 - n \bar{x}^2} \quad (4.49)$$

elde edilir.

4.7.4.1. Basit regresyon

Basit regresyon analizinin amac,, iki de i ken aras,ndaki gerçek ili kiyi Denklem 4.50'de görüldü ü gibi do rusal bir ba ,nt, yard,m,yla tahmin etmektir. Ba ka bir deyi le, de i kenler aras,nda bulundu u kabul edilen gerçek do rusal ili kiyi verir (Demirel, 2009).

$$Y = a + bX \quad (4.50)$$

Do rusal fonksiyonda a, fonksiyonun Y eksenini kesti i noktay,; b ise do runun e imini ifade etmektedir. Serpilme diyagram, vas,tas, ile tespit edilen do rusal bir ili ki çok say,da do ru ile gösterilir. Ancak ili kiyi en iyi belirleyecek denklem, en küçük kareler metodu yard,m,yla tespit edilecek olan denklemdir. Bu kritere göre çizilen e riden serpilme diyagram,ndaki noktalara olan dikey uzakl,klar,n karelerinin toplam, minimum olacakt,r. Fakat bir do runun bu kritere göre çizilmi olmas, uyumun daha iyi olmas, anlam,na gelmez. Kriter olarak noktalardan uzakl,klar,n toplam,n,n de il, uzakl,klar,n karelerinin toplam,n,n kullan,lmas,n,n sebebi, gerçek uzakl,klar,n göz önüne al,nabilmesidir. En küçük kareler metodunu kullanarak, do ru denklemdeki a ve b parametreleri Denklem 4.51'deki biçimde hesaplan,r.

$$(Y-(a + bX))^2 \rightarrow \min \quad (4.51)$$

Yukarıdaki denklemin minimumunu bulmak için, önce a'ya daha sonra b'ye göre kısmi türevlerini alarak s, f, r'e itlemek gerekir. Bu durumda,

$$\frac{d}{da} = -2 (Y_i - a - bX_i) = 0 \quad (4.52)$$

$$\frac{d}{db} = -2 (Y_i - a - bX_i) \cdot X_i = 0 \quad (4.53)$$

$$\sum Y_i = na + b \sum X_i \quad (4.54)$$

$$\sum X_i Y_i = a \sum X_i + b \sum X_i^2 \quad (4.55)$$

denklemleri elde edilir. Bu denklemler ön normal denklemler olarak adlandırılmaktadır. a ve b değerleri bu normal denklemlerin çözülmesiyle yukarıdaki biçimde elde edilir (Demirel, 2009).

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \quad (4.56)$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y_i}{n} \quad (4.57)$$

$$a = \bar{Y} - b\bar{X} \quad (4.58)$$

$$b = \frac{\sum X_i Y_i - \bar{Y} \sum X_i}{\sum X_i^2 - \bar{X} \sum X_i} \quad (4.59)$$

4.7.4.2. Doğrusal çoklu regresyon

Doğrusal çoklu regresyon birden fazla bağımlı ken (X₁, X₂, ..., X_n) ile bir bağımlı ken (Y) arasındaki ilişkiyi verir. Burada her bağımlı kenin bağımlı kenle doğrusal ilişkisi,

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + \dots + b_n X_n \quad (4.60)$$

eklinde do rusal bir fonksiyondur ve basit analizden farklı olarak bir regresyon katsayısı, (b) yerine n tane net veya kısmi regresyon katsayısı, ihtiva etmektedir. Bu katsayılar, n her biri katsayı ile ilgili bağımsız değişkenlerde meydana gelebilecek bir değişkenli bağımlı değişken üzerindeki etkisini ölçmektedir. Basit regresyon analizinde olduğu gibi çoklu regresyon fonksiyonuna varmak için de en küçük kareler metodu kullanılabilir.

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 \quad (4.61)$$

Bu eşitlikteki gibi bir çoklu regresyon modelinde basit modeldeki normal bir denklem yerine aşağıdaki üç normal denklemin bir arada çözülmesi gerekmektedir.

$$\sum Y = na + b_1 \sum X_1 + b_2 \sum X_2 \quad (4.62)$$

$$\sum X_1Y = a \sum X_1 + b_1 \sum X_1^2 + b_2 \sum X_1X_2 \quad (4.63)$$

$$\sum X_2Y = a \sum X_2 + b_1 \sum X_1X_2 + b_2 \sum X_2^2 \quad (4.64)$$

4.7.4.3. Erisel Regresyon

X serbest değişken ile Y bağımlı değişken arasındaki ilişkinin eğilimi bir e ri biçiminde görülürse, bu iki değişken arasındaki bağıntı;

$$Y = a + bX + cX^2 \quad (4.65)$$

eklinde ikinci derece bir parabol veya daha genel olarak;

$$Y = a + bX + cX^2 + dX^3 + eX^4 + \dots \quad (4.66)$$

gibi toplanabilir bir polinom modeli ile verilebilir. Erisel regresyonun a,b,c,... katsayıları, da yine örnekleme yoluyla saptanan X ve Y ölçü değerlerinde ve en küçük kareler yöntemi ile hesaplanır. Değişken olan a,b,c regresyon katsayıları, o şekilde

hesaplanmal, ki bu fonksiyon ile bulunacak y tahmin de erleri ile gerçek y de erleri aras,ndaki farklar,n kareleri toplam, en küçük olsun.

$$\sum (Y' - Y)^2 = \sum (a + bX + cX^2 - Y)^2 = \min \quad (4.67)$$

Bunun için, minimum fonksiyonun a, b, c de i kenlerine göre bulunacak k,smi türevleri s, f, r, a e it olmal, d, r .

$$\frac{\partial \sum}{\partial a} = 2 \sum (a + bX + cX^2 - Y) \cdot 1 = 0 \quad (4.68)$$

$$\frac{\partial \sum}{\partial b} = 2 \sum (a + bX + cX^2 - Y) \cdot X = 0 \quad (4.69)$$

$$\frac{\partial \sum}{\partial c} = 2 \sum (a + bX + cX^2 - Y) \cdot X^2 = 0 \quad (4.70)$$

Bu e itliklerin çözümü ile a a ,daki denklem tak, m , elde edilir. kinci derece regresyonun a, b, c katsay,lar,;

$$na + b \sum X + c \sum X^2 = \sum Y \quad (4.71)$$

$$aX + b \sum X^2 + c \sum X^3 = \sum XY \quad (4.72)$$

$$a \sum X^2 + b \sum X^3 + c \sum X^4 = \sum X^2 Y \quad (4.73)$$

olarak bulunan parabolün normal denklemini yard, m , ile hesaplan, r . E risel modeller hiperbolik ya da üstel yani toplanamaz özellikte olabilirler. Bu modeller; logaritma ya da ters say, dönü ümleri ile do rusal modele çevrilebilir. Bundan sonra do rusal regresyon olarak, katsay,lar hesaplan, r .

4.7.4. Üstel düzeltme

Üstel düzeltme işlemi yapmak için serinin geçmi gözlem değerlerine doğru gidildikçe azalan a,rl,klar verilmektedir. Serinin geçmi gözlem değerlerinden yararlanarak düzeltilen seri ortalaması, bir ileri dönemin (gelecek zaman aralığı) ortalama tahminini oluşturmaktadır. Bir gelecek tahmini F_{t+1} ile gösterilirse tahmin fonksiyonu,

$$F_{t+1} = aY_t + (1-a)F_t \quad (4.74)$$

şeklinde yazılabilir. Buradaki F_t imdiki dönem tahmini ve a düzeltme katsayısı olup, imdiki dönem tahmini,

$$F_t = aY_{t-1} + (1-a)F_{t-1} \quad (4.75)$$

olacaktır. Burada F_{t-1} bir geri dönem tahmini olup,

$$F_{t-1} = aY_{t-2} + (1-a)F_{t-2} \quad (4.76)$$

olarak daha önceki dönem tahminine bağlı olarak yazılabilir. Buradan;

$$F_{t+1} = aY_t + (1-a)[aY_{t-1} + (1-a)F_{t-1}] \quad (4.77)$$

$$F_{t+1} = aY_t + (1-a)Y_{t-1} + (1-a)^2 F_{t-1} \quad (4.78)$$

elde edilir. Aynı şekilde;

$$F_{t-1} = aY_t + (1-a)Y_{t-1} + a(1-a)^2 Y_{t-2} + (1-a)^3 F_{t-2} \quad (4.79)$$

elde edilir. Genel olarak tahmin değeri aşağıdaki biçimde verilebilir:

$$F_{t+1} = aY_t + (1-a)Y_{t-1} + a(1-a)^2 Y_{t-2} + (1-a)^3 Y_{t-3} + \dots \quad (4.80)$$

Bu tahmin, zaman serisi Y_t 'nin geçmi gözlem de erlerinin üstel olarak veya geometrik olarak nas,l gittikçe azalan bir ekilde tart,ld, ,n, göstermektedir.

$$F_{t+1} = F_t + a(Y_t - F_t) \quad (4.81)$$

$$F_{t+1} = F_t - ae_t \quad (4.82)$$

Yukar,da $(Y_t - F_t)$ terimi gerçek gözlem de erleri ile tahmin de eri aras,ndaki fark, göstermektedir. Bu fark tahmin hatas,d,r. t+1 dönemi tahmini, t dönem tahmini ile t dönemi hatas, toplam,na e it olmaktadır. Ba ka bir deyi le, t+1 dönem tahmini, t dönem tahmin hatas,n,n i aretine göre düzeltilmektedir (Yolda , 2006).

Üstel düzeltme yönteminde α ya düzeltme katsay,s, denir ve $0 < \alpha < 1$ aras,ndad,r. α ,n de eri tahminin de erini etkiler. Seride büyük dalgalanmalar veya rastlant,sal de i meler varsa α için küçük de erler seçilmelidir. Zaman serisi grafi i incelendi inde gözlem de erleri belirli bir ekil gösteriyorsa α de eri büyük al,n,r. Üstel düzeltme yöntemlerinin kullan,lmas,nda hesaplamalar,n yap,labilmesi için de i kenlere bir tak,m ba lang, de erlerinin bulunmas, gerekir. Uygulamada genellikle serinin aritmetik ortalamas, veya ilk gözlem de eri, ba lang, de eri olarak al,nabilir (Yolda , 2006).

4.8. Yapay Sinir A lar, (YSA)

YSA, biyolojik sinir hücrelerinden esinlenerek, beynin al, ma sistemine yapay olarak benzetim al, malar, sonucunda ortaya ,km, t,r. Genel anlamda insan beynindeki birçok biyolojik nöronun birbirine ba lanmas, gibi, YSA'da biyolojik nöronun girdi, i lem, ,kt, karakteristi ini taklit eden basit ve genellikle adaptif i lem birimlerinin (yapay nöron) de i ik etki seviyelerinde, belirli bir bütün i lem yap,s,n, gerçekle tirmek üzere birbirine ba lanmas, ile olu turulmu tur.

1960'd, y,llarda ba layan YSA (Artificial Neural Networks-ANN) modelleri, bilgisayar teknolojisindeki geli meler ve geli tirilen matematiksel modellerle son 15 y,l içerisinde büyük geli me göstermi tir. YSA'da,n,n pratik kullan,m, genelde, çok farklı, yap,da ve formlarda bulunabilen verilerin h,zl, bir ekilde tan,mılanmas, ve alg,lanmas, ayn, zamanda lineer olmayan modelleme ve adaptasyon sa layabilmesi olarak dü ünülebilir. Bu i lemler için geleneksel modellerde oldu u gibi bir sabit model ve

yönteme ihtiyaç duyulmamasından dolayı,, fizik, matematik, mühendislik, sosyal bilimler gibi çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır.

YSA tekni, veri den öğrenme, genelleme yapabilme, sınırsız sayıda veri ile çalışabilme gibi birçok önemli özelliğe sahiptir. Bu özellikleri sayesinde tahmin modellemesi alanında oldukça önemli avantajlar sağlayan YSA tekni, diğer alanlarda da yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

YSA, bir sisteme ilişkin, tek veya çoklu parametrelere bağlı olarak tanımlanan giriş verileri ile sistemin yine tek veya çoklu parametrelere bağlı olarak tanımlanabilen çıktıları arasında ilişki kurabilme yeteneğine sahiptir. Bu ilişkinin doğrusal bir formda olması zorunlu değildir.

YSA, giriş ve çıktıları arasında herhangi bir ön bilgiye ihtiyaç duymadan, herhangi bir varsayım bulunmadan, doğrusal olmayan modellemeyi sağlayabilmektedir. Ayrıca giriş bilgileri ve bu girişlere karşılık gelen çıktı bilgileri verilmekte ve aynı giriş-çıkartı arasında ilişkiyi öğrenmesi sağlanmakta, böylece aynı etkinliği gerçekleştirilmektedir. Özetle öğrenme olarak adlandırılan bu yöntem genelde tercih edilen bir yöntemdir (Hamzaçebi, 2004).

4.8.1. Yapay sinir ağları, avantajları,

YSA öğrenme işlemi gerçekleştirilebilmekte ve öğrenme işlemi gerçekleştirildikten sonra, belirsizlikler altında, öğrendikleri olaylar ile ilgili ilişkiler kurarak kararlar verebilmektedir. Yapay sinir hücrelerindeki aktivasyon fonksiyonları, tarafından üretilen doğrusal olmayan çıktı sinyali, YSA'nın doğrudaki hemen her probleme uygulanabilmesini sağlamaktadır. Biyolojik sinir hücrelerinde veriler de aynı yapıda saklanmaktadır. YSA'da ise veriler, ayrı ayrı paralel olarak değerlendirilmekte, korunmakta ve öğrenilmektedir. Ayrıca paralel yapı, bilginin anlaşılması ve yorumlanması kolaylaştırır.

YSA'nın eksik bilgilerle çalışabilme yetenekleri hatalara karşı toleranslı olmaları, sağlamaktadır. Ayrıca, hücrelerinin bir bölümünü bozulsalar bile çalışmaya devam eder. Bozulan hücrelerinin önemine göre aynı performansında düzeltmeler görülebilir. Fakat hangi hücrenin önemli olduğunu da yine aynı esnasında kendisi karar verir. Bunu YSA'nın kullanıcısı dahi bilmemektedir. YSA'nın örneklerle kendisine gösterilen yeni durumlara adapte olması, ve sürekli yeni olaylar öğrenmesi mümkündür. Ayrıca, tanımlama veya parametreleri de ilgili probleme veya sisteme uygun

çözümler sağlamak için tekrar tekrar kullanılabilir. Eğitim gerçek zamanda da gerçekleştirilebilir. Bu özellik, YSA'nın yük tahmini, hedef tanımlama, sensörler, optimizasyon, imalat, sistem kimliklendirme, otomatik kontrol ve modelleme gibi birçok alanda kullanılmaktadır.

4.8.2. Yapay sınırların dezavantajları,

YSA'da, probleme uygun yapıların belirlenmesi deneme yanılma yolu ile gerçekleştirilir ve bu önemli bir problemdir. Çünkü problem için uygun bir yapı bulunamaz ise çözümü olan bir problemin çözülmemesi veya performans düşüklük çözümlerin elde edilmesi söz konusu olabilir. Yapay sınırlar, içerisindeki parametrelerinin belirlenmesinde belirli bir kural bulunmamaktadır. Parametrelerin belirlenmesi kullanıcı tecrübesine bağlıdır ve her sistem için ayrı değerlendirilmesi gerekmektedir. YSA sadece nümerik bilgiler ile çalışır. Bu nedenle problemlerin nümerik gösterime dönüştürülmesi gereklidir. Ayrıca problemin nümerik gösterimi mümkün olsa bile bunun yapı gösteriliş şekli problemin başarıyla çözümlenmesini etkiler. Ayrıca eğitim sürecinin ne zaman bitirileceğine karar vermek için geliştirilmiş bir yöntem yoktur.

Belki de en önemli sorun yapı davranışlarının açıklanamamasıdır. Herhangi bir probleme çözüm üretildiği zaman bunun nasıl ve neden üretildiği konusunda YSA bir bilgi vermez. Bu ise yapı sonucuna olan güveni azaltmaktadır (Demirel, 2009).

4.9. Bulanık Mantık

Bazı sistemlerin matematiksel modellenmesi mümkün olmayabilir. Sistemin denetim kenarları matematiksel modelleme yapılabilecek kadar kesin olarak bilinmeyebilir veya bu denetim kenarları zaman içinde değişiklik gösterebilir (Cüder, 2005). Bazı sistemlerde modelleme doğrudan şekilde yapılsa bile elde edilen modelin denetleyici tasarlama, karmaşık problemlere ve oldukça yüksek maliyete neden olabilir. Bu nedenle, bazı denetim algoritmaları belirsiz, doğrudan olmayan, iyi tanımlanmamış, zamanla değişen ve karmaşık sistemlere uygulanması mümkün olmayabilir. Bu durumda ya hiç çözüm üretilememekte ya da elde edilen denetleyicinin performans yeterince iyi olmamaktadır.

Bu gibi durumlarda genellikle bir uzman kiinin bilgi ve deneyimlerinden yararlanır, ama yoluna gidilir. Uzman ki i az, çok, pek az, pek çok, biraz az, biraz çok gibi günlük hayatta sıkça kullanılan dilsel niteleyiciler doğrultusunda bir denetim gerçekleştirilir. Bu dilsel ifadeler doğru bir şekilde bilgisayara aktarırsa hem uzman ki iye ihtiyaç kalmamakta hem de uzman kiiler arasındaki denetim farkı ortadan kalkmaktadır.

Böylece denetim mekanizması, esnek bir yapıya kavuşmaktadır. Temeli insanın herhangi bir sistemi denetlemedeki düşünce ve sezgilerine bağlı davranışın benzetimine dayanmaktadır. Dolayısıyla bir insan bir sistemin bulunduğu gerçek durumdan, istenilen duruma götürmek için sezgilerine ve deneyimlerine bağlı olarak bir denetim stratejisi uygulayarak amaca ulaşmaktadır. Temel olarak denetim bu tür mantık ilikileri üzerine kurulmuştur. Bulanık mantık için, matematiğin gerçek dünyaya uygulanması denilebilir. Çünkü gerçek dünyada her an değişen durumlarda değişik sonuçlar çıkarılabilir.

Bulanık mantık (Fuzzy Logic) denetleyicinin temeli bu tür sözlü ifadeler ve bunlar arasındaki mantıksal ilikiler üzerine kurulmuştur. Bulanık mantık denetleyici uygulanırken sistemin matematiksel modellenmesi artıdır. Sözel ifadelerin bilgisayara aktarılması, matematiksel bir temele dayanmaktadır.

Bu matematiksel temel, bulanık kümeler kuramı ve bulanık mantık olarak adlandırılır. Bulanık mantık bilinen klasik mantık gibi (0 ve 1) olmak üzere iki seviyeli değil (0 - 1) aralığında çok seviyeli değerleri ifade etmektedir.

Bulanık sistem yaklaşımları, yük tahmininde sıkça kullanılan tipik (tatil, iş günü, ...) gibi yük değişim faktörleri içeren günlere ait yükün tahmin edilmesinde iyi sonuçlar vermektedir. Bununla birlikte YSA ve bulanık mantık tekniklerinin beraber kullanılması ile oluşturulan Uzman Sistemler ile daha etkin tahminler oluşturmak mümkündür.

4.10. Uzman sistemler (US)

Bilgisayar bilimleri alanında yaygınlaşmakta olan hızlı gelişen istemez bilgisayar tabanlı sistemlerle çalışan kiiler ve kuruluşları, etkilemekte ve gelişime ayak uydurmayı zorunlu kılmaktadır. Bilginin önemini artması ile o bilgiye ulaşabilmeyi ve bilgiyi iletme ve farklı sonuçlar çıkarabilen karar mekanizmalarına duyulan ihtiyaçlar da artmaktadır.

Uzman sistemler (US), belirli bir alanda sadece o alan ile ilgili bilgilerle donatılm, ve problemlere, o alanda uzman bir kişinin getirdi i ekilde çözümler getirebilen bilgisayar programlarıdır. Bu sistemler belirli problemlerin çözümünde, uzman insanların düşünme metodolojilerini taklit ederler. Sistemin bir veya daha fazla uzmanın bilgilerini barındırmasından dolayı, uzman sistem adını almıştır.

Bu üstünlüklerin yanında, US'ların gerçekleştirilmesinde bazı güçlükler vardır. Örneğin; insanlardan sisteme uygulanabilecek bilgi almak zordur ve alınan bilgiler her zaman okunabilir uygunlukta olmayabilir, US'ların çalışmaları alanlar, sınırlı olabilir. Sistemi oluşturacak ve kuracak uzmanların azlığı, ve yüksek ücret talepleri sistemin maliyetini yükseltebilir, Farklı uzman bilgilerinde çelişkilerle karşılaşılabilir.

US'lar, modern bilgi sistemleri olmasına rağmen, ancak karar verme kurallarının çok açık ve bilginin güvenilir olduğu problemlerde başarıyla uygulanabilmektedir. Son yıllarda problemlerin çözümünde bulanık kümeler (Fuzzy Sets) ve YSA gibi yapay zeka teknikleriyle beraber kullanılmaktadır. US'lar, bilgisayar destekli tasarım, hastalık teşhisine, arıza ve üretim hatalarının tespitinden, endüstriyel robotlara, iş ve süreç planlamadan, ekonomik analizlere, askeri uygulamalardan uzay çalışmalarına kadar birçok alanda başarıyla kullanılmaktadır (Cener, 2005).

Bulanık mantık ve yapay zeka uygulamalarının birlikte kullanılması ile oluşturulan sistemlerden en önde gelenlerinden bir tanesi de ANFIS olarak bilinen tahmin ve analiz sistemidir. Klasik ANFIS Adaptif A Tabanlı Bulanık Çıkarma Sistemi (Adaptive-Network Based Fuzzy Inference Systems-ANFIS), YSA'nın paralel hesaplayabilme ve öğrenme kabiliyeti ile bulanık mantığın çıkarım özelliğini kullanan melez bir yapay zeka yöntemidir.

5. VERİLERİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ VE TAHMİN

Yapılan uygulama için kullanılacak veriler ve bu verilerin grafik olarak yıllara göre değerleri Bölüm 5.1’de verilmiştir. Modelin oluşturulmasında kullanılacak başlıca veriler Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından geçmiş 11 yıl için (1999-2009) elde edilen Türkiye genelindeki Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla (GSYH) verileri, genel nüfus sayım verileridir. Başlıca veri ise TEA tarafından kayıtlanan geçmiş 11 yıllık puant günde tüketilen enerji değeri ve toplam enerji tüketim değerleridir. Tahmin elde etmek için kullanılacak diğer veriler ise TÜİK’in önümüzdeki 16 yıl için verdiği toplam nüfus tahmini ve üç farklı senaryoya göre elde edilmiş Türkiye geneli GSYH verileri olacaktır. Bu senaryolar, Türkiye’deki ekonomik büyümenin oranı ile ilgili değerlendirilmiş ve ortalama olarak %3, %6 ve %10 büyümeye paralel olarak GSYH değerleri elde edilmiştir. Oluşturulacak matematiksel modeller ile öncelikle 2010-2025 yılları arasındaki puant günde tüketilen enerji miktarı tahmin edilmeye çalışılacaktır. Elde edilecek bu veri Türkiye’nin enerji talepleri için hazırlanmış bulunan, gereken kurulu güç miktarının belirlenmesi için kullanılacaktır. İkinci olarak 2010-2025 yılları arasında her yıl için tüketilen toplam enerji miktarları tahmin edilecektir. Yapılan bu tahminler farklı modeller kullanılarak yapılan diğer tahminlerle karşılaştırılacaktır. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli nokta karşılaştırılacak verilerin tam olarak neyi içerdiğinin doğru tespit edilmesidir. Örneğin bir yılda tüketilen toplam enerji miktarı, TEA’nın kullandığı MAED modülü ile hesaplanırken (Türkiye genelindeki üretim miktarı + Toplam dış alımlar - Toplam Dış satımlar) formülü kullanılmaktadır. Diğer taraftan yıllık toplam enerji miktarı TEDA verilerinden hesaplanırken kullanılan sayaçlardan okunan kWh değerlerini dikkate alınmaktadır. Bu iki veri arasındaki en temel fark ise ortalama %20 civarındaki dağıtım kayıpları ile ortalama %3 civarındaki iletim kayıplarıdır.

Matematiksel modeller ile yapılacak toplam enerji talep tahmini TEA tarafından 2009 yılında MAED modülü kullanılarak yapılan tahminle, Ünler (2008) tarafından Particle Swarm Optimization (PSO) modeli kullanılarak yapılan tahminle ve son olarak Hamzaçebi (2007) tarafından YSA modeli kullanılarak yapılan tahminle karşılaştırılacaktır. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda modüller arasındaki benzerlikler ve farklılıklar ortaya konularak geleceğe dönük yapılacak tahminlerde hangi modelin daha işlevsel olduğu ortaya konulabilecektir.

5.1. Kullanılacak Veriler ve Elde Edilecek Değerler

Kullanılacak veriler:

- Yıllara Göre Puant Günde Tüketilen Enerji Miktar, (1999-2009)
- Yıllara Göre Tüketilen Toplam Enerji Miktar, (1999-2009)
- Yıllara Göre Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla Değerleri (1999-2009)
- Yıllara Göre Nüfus Değerleri (1999-2009)
- Yıllara Göre Türkiye Geneli Kurulu Güç Miktar, (1999-2009)
- Yıllara Göre Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla Projeksiyonu (2010-2025)
- Yıllara Göre Nüfus Projeksiyonu (2010-2025)

Elde edilecek değerler

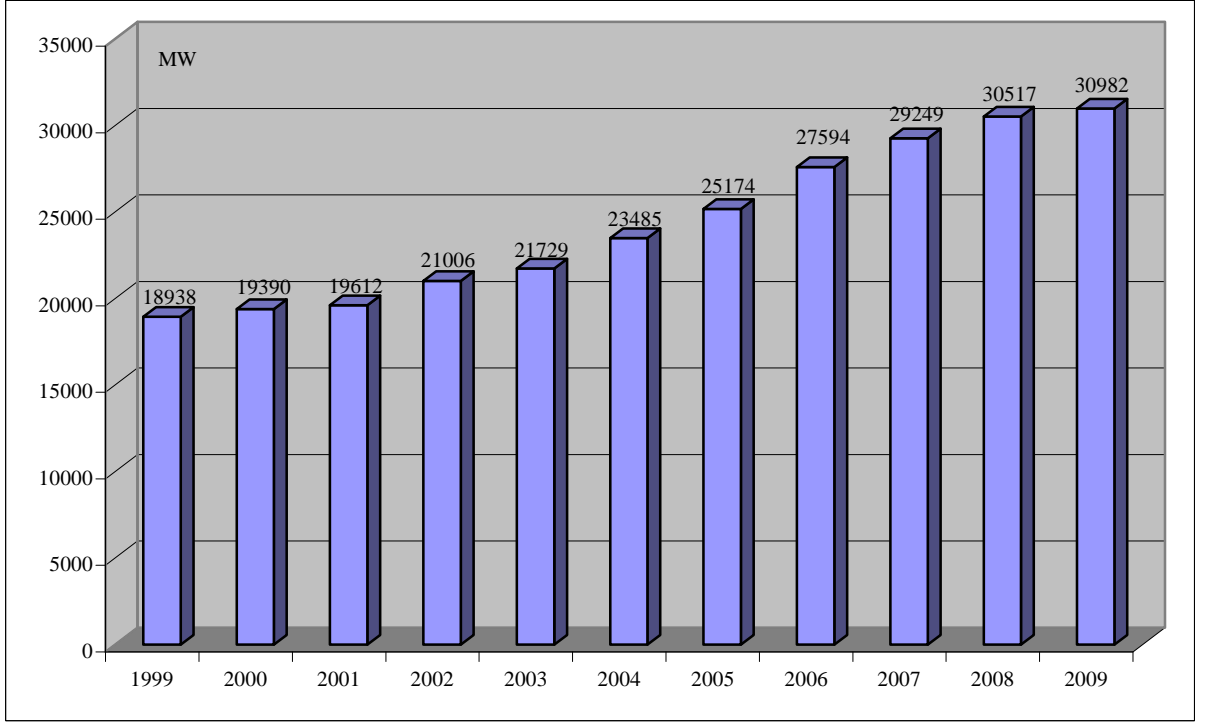
- Puant Günde Tüketilen Enerji Miktar, Talep Tahmini (2010-2025)
- Tüketilen Toplam Enerji Miktar, Talep Tahmini (2010-2025)

Karşılaştırma

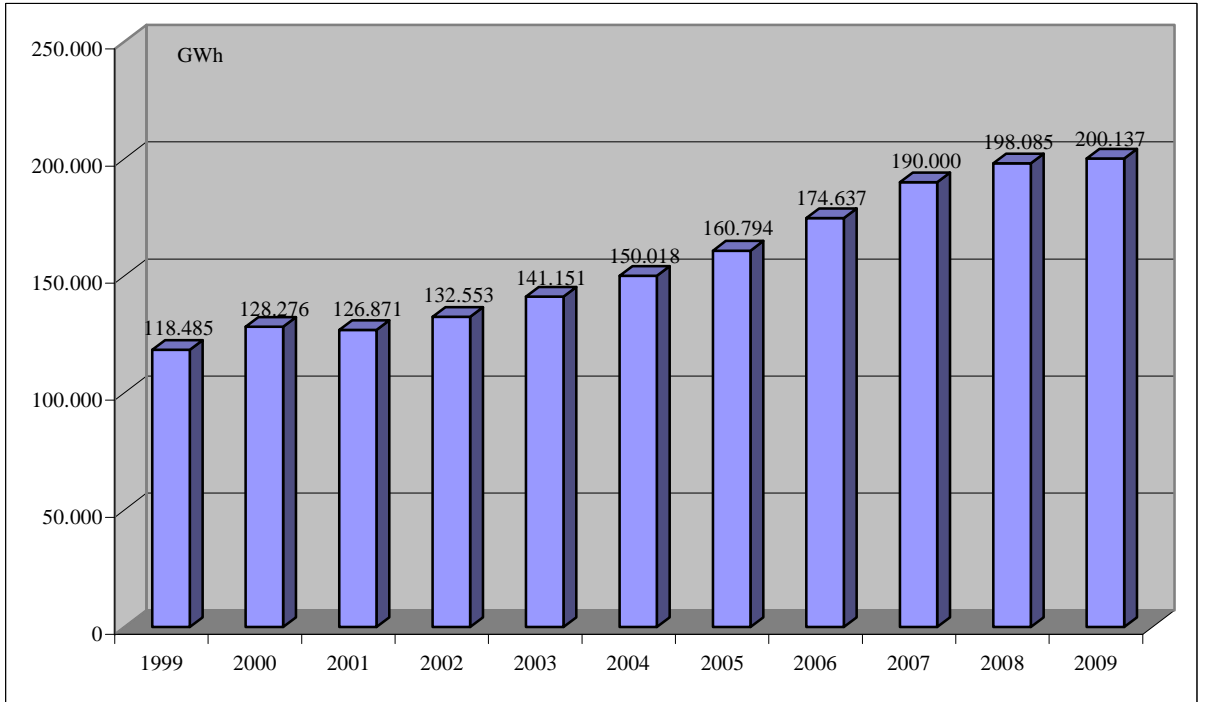
- MAED Modeli ile yapılan tahmin (TEA, 2009) (2009-2018)
- PSO Modeli ile yapılan tahmin (Ünler, 2008) (2008-2025)
- YSA Modeli ile yapılan tahmin (Hamzaçebi, 2007) (2007-2020)

Yukarıda belirtilen şekilde listelenen verilerin belirtilen tarihler arasındaki değerleri kullanarak matematiksel modeller oluşturulacak ve iki farklı veri tahmin edilmeye çalışılacaktır. Bunlar puant günde tüketilen enerji miktarı ve yıl boyunca tüketilen enerji miktarıdır. Matematiksel modelin bir kez ortaya çıkarılması ardından başlangıçta veri için ne kadar süreyle tahmin verileri elde edilebilmi ise başlangıçta veri için o kadar süre için tahminler yapılabilir. Ancak ekonomik kriz, doğal afet ya da teknolojiye yapabilecek çok ani ve etkin bir değişim bütün tahmin sonuçlarını geçersiz kılabilir. Bununla beraber çok fazla beklenmeyen değişimlerin olmadıkları durumlarda tahmin sonuçları gerçeğe oldukça yakın değerler verecektir.

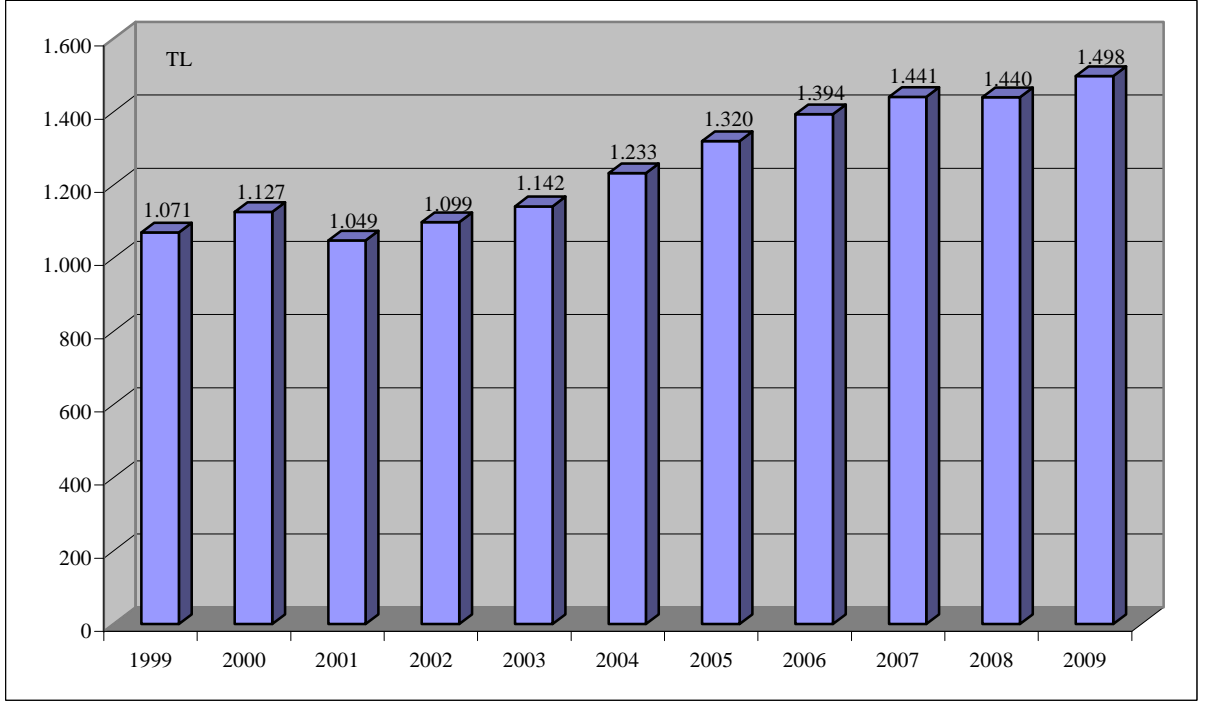
Matematiksel modelin oluşturulmasında yardımcı olacak verilerin yıllara göre değişimi Grafik 5.1, Grafik 5.2, Grafik 5.3, Grafik 5.4, Grafik 5.5 ve Grafik 5.6'da gösterilmektedir.



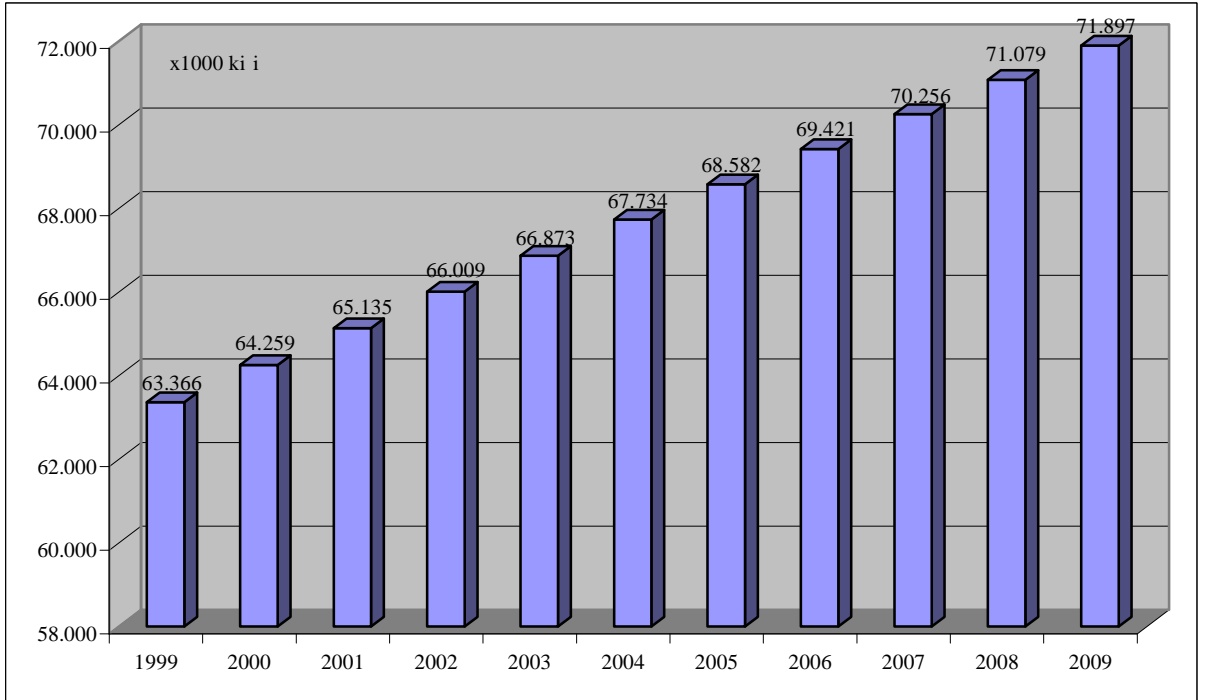
Grafik 5.1: Yıllara Göre Puant Günde Tüketilen Enerji Miktarı, (Türkiye Geneli)



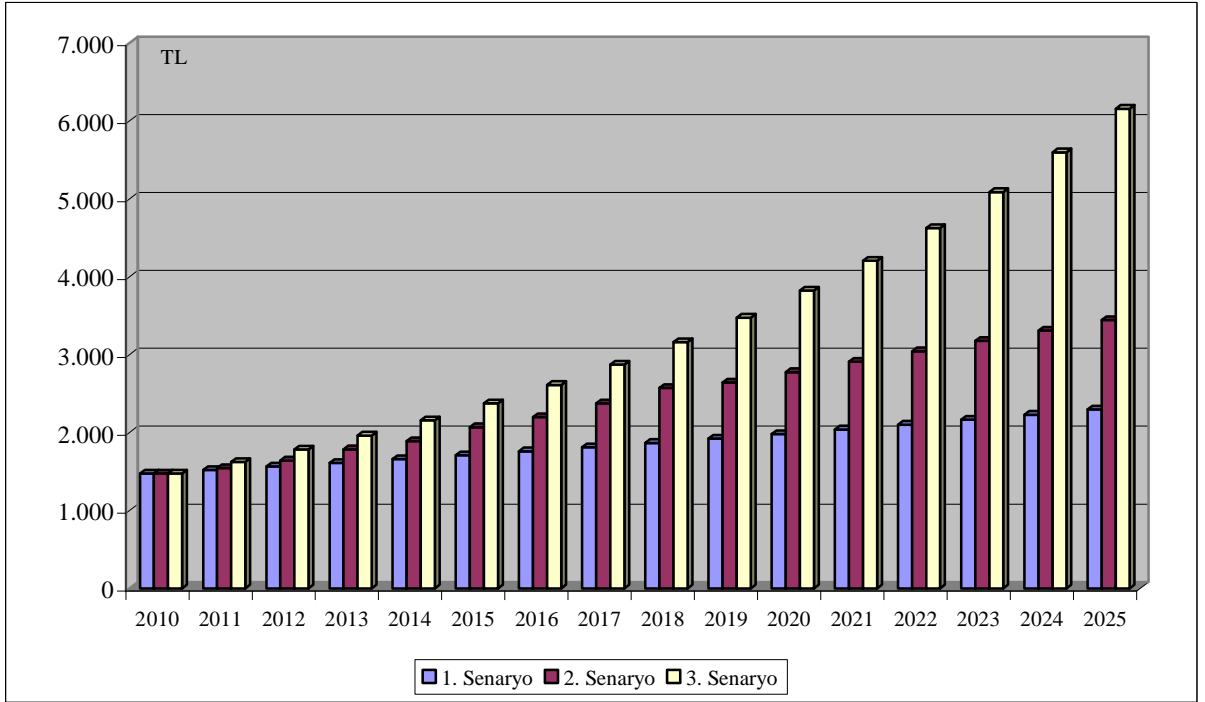
Grafik 5.2: Yıllara Göre Tüketilen Toplam Enerji Miktarı, (Türkiye Geneli)



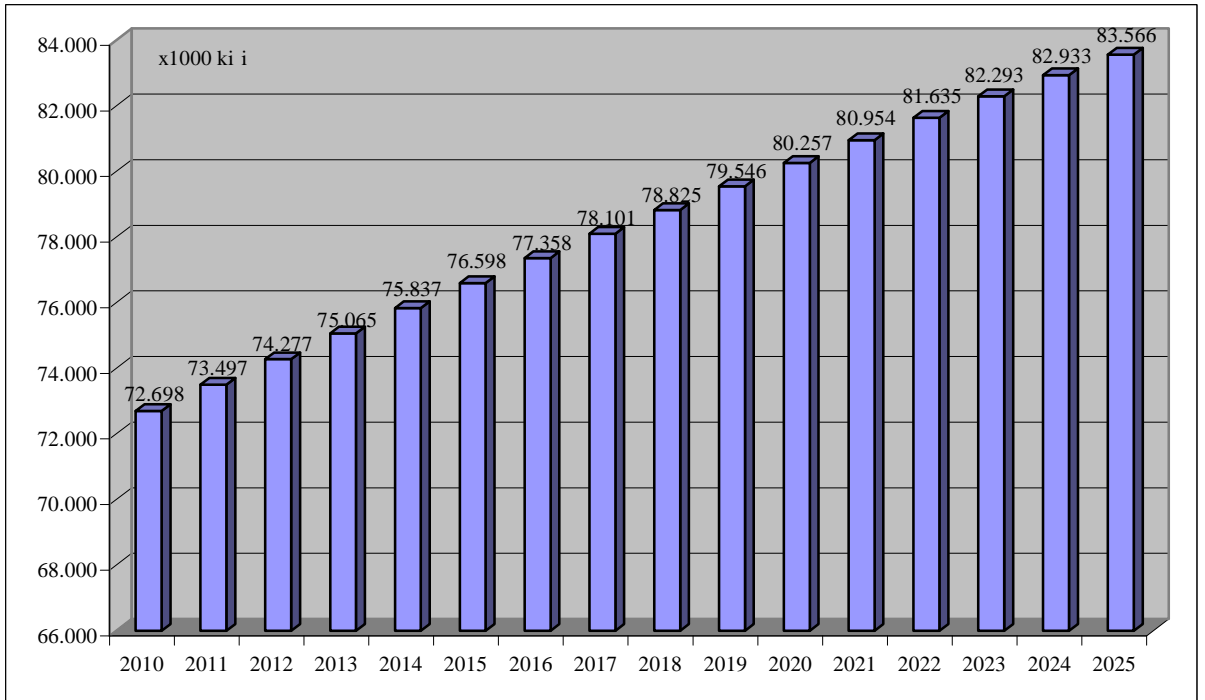
Grafik 5.3: Yıllara Göre Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla Değeri (Türkiye Geneli)



Grafik 5.4: Yıllara Göre Nüfus Sayıları, (Türkiye Geneli)



Grafik 5.5: Yıllara Göre Gayri Safi Yurtiçi Hâs,la Projeksiyonu (Türkiye Geneli)



Grafik 5.6: Yıllara Göre Türkiye Nüfus Say,lar, Projeksiyonu (Türkiye Geneli)

5.2. Puant Yük Talep Tahmini

Öncelikle, yalnızca geçmiş yıllara ait kişi başına düşen GSY H de eri dikkate alınarak oluşturulacak matematiksel model ile puant yük talebi tahmini yapılarak talebin yıllara göre değişimi incelenecektir. Bunun için Tablo 5.1'de listelenen veri serileri kullanılacaktır.

Tablo 5.1: Kişi Başına Düşen GSY H ve Puant Yükün Yıllara Göre Değişimi

Yıllar	Puant Yük Talebi (MW)	Kişi Başına GSY H (TL)
1999	18.938	1.071
2000	19.390	1.127
2001	19.612	1.049
2002	21.006	1.099
2003	21.729	1.142
2004	23.485	1.233
2005	25.174	1.320
2006	27.594	1.394
2007	29.249	1.441
2008	30.517	1.440
2009	30.982	1.498

Tablo 5.1'deki değerler ile oluşturulan matematiksel model aşağıda verilmiştir.

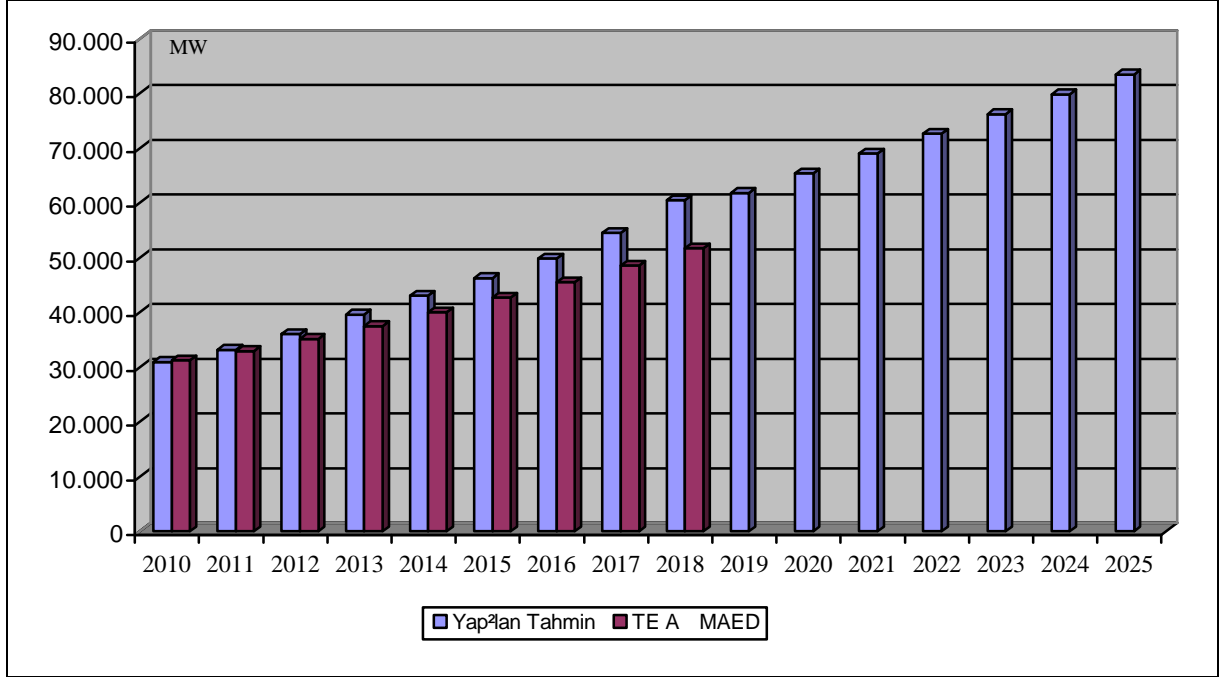
$$F(x) = -9602,648 + 27,0237 x (\text{GSY H}) \quad (5.1)$$

Denklem 5.1'e göre;

Yıllar	Kişi Başına GSY H (TL)	Puant Yük Talep Tahmini (MW)
2010	1.474	30.230
2011	1.543	32.095
2012	1.640	34.716
2013	1.785	38.635
2014	1.890	41.472
2015	2.068	46.282
2016	2.199	49.822
2017	2.374	54.552
2018	2.571	59.875
2019	2.643	61.821
2020	2.776	65.415
2021	2.910	69.036
2022	3.043	72.630
2023	3.177	76.252
2024	3.310	79.846
2025	3.444	83.467

olarak hesaplanmıştır.

Elde edilen bu değerlere göre çizilen tahmin grafiği ile TE A için MAED modülünü kullanarak yapılan, olduğu talep projeksiyonu grafiği ile karşılaştırıldı, aşağıdaki Grafik 5.7 ortaya çıkmaktadır.



Grafik 5.7: Yalnızca Kırsal Bölge, Üçüncü GSYİH Değeri ile Puant Yük Talep Tahmini.

Yapılan tahminin TE A talep projeksiyonu ile karşılaştırılması, durumunda ortaya çıkan farklılıklar aşağıda tablo halinde verilmiştir.

Tablo 5.2: Yalnızca Kırsal Bölge, Üçüncü GSYİH Değeri ile Puant Yük Talep Tahmini.

Yıllar	Puant Yük Talep Tahmini (MW)	TE A Talep Projeksiyonu (MW)	Hata Oran, %
2010	30.230	31.246	3,25%
2011	32.095	32.964	2,64%
2012	34.716	35.173	1,30%
2013	38.635	37.529	-2,95%
2014	41.472	40.044	-3,57%
2015	46.282	42.727	-8,32%
2016	49.822	45.546	-9,39%
2017	54.552	48.553	-12,35%
2018	59.875	51.757	-15,69%

Yapılan iki tahmin arasındaki ortalama hata oranı, % 5,01 seviyesindedir. Aradaki farkın büyük olması, nedeni TE A tarafından gerçekleştirilen tahmin değerlerinin içerisinde bulunan verilerin sayısal olarak fazla olması, kaynaklanmaktadır. GSY H verileri ile birlikte nüfus değerini de matematiksel model oluşturmak için dikkate alacak olursak Tablo 5.3 ortaya çıkmaktadır.

Tablo 5.3: Puant Yük Talebi, GSY H ve Nüfus Değerlerinin Yıllara Göre Değeri

Yıllar	Puant Yük Talebi (MW)	GSY H (TL)	Nüfus (x1000)
1999	18.938	1.071	63.366
2000	19.390	1.127	64.259
2001	19.612	1.049	65.135
2002	21.006	1.099	66.009
2003	21.729	1.142	66.873
2004	23.485	1.233	67.734
2005	25.174	1.320	68.582
2006	27.594	1.394	69.421
2007	29.249	1.441	70.256
2008	30.517	1.440	71.079
2009	30.982	1.498	71.897

Tablo 5.3'e göre oluşturulan matematiksel model aşağıda verilmiştir.

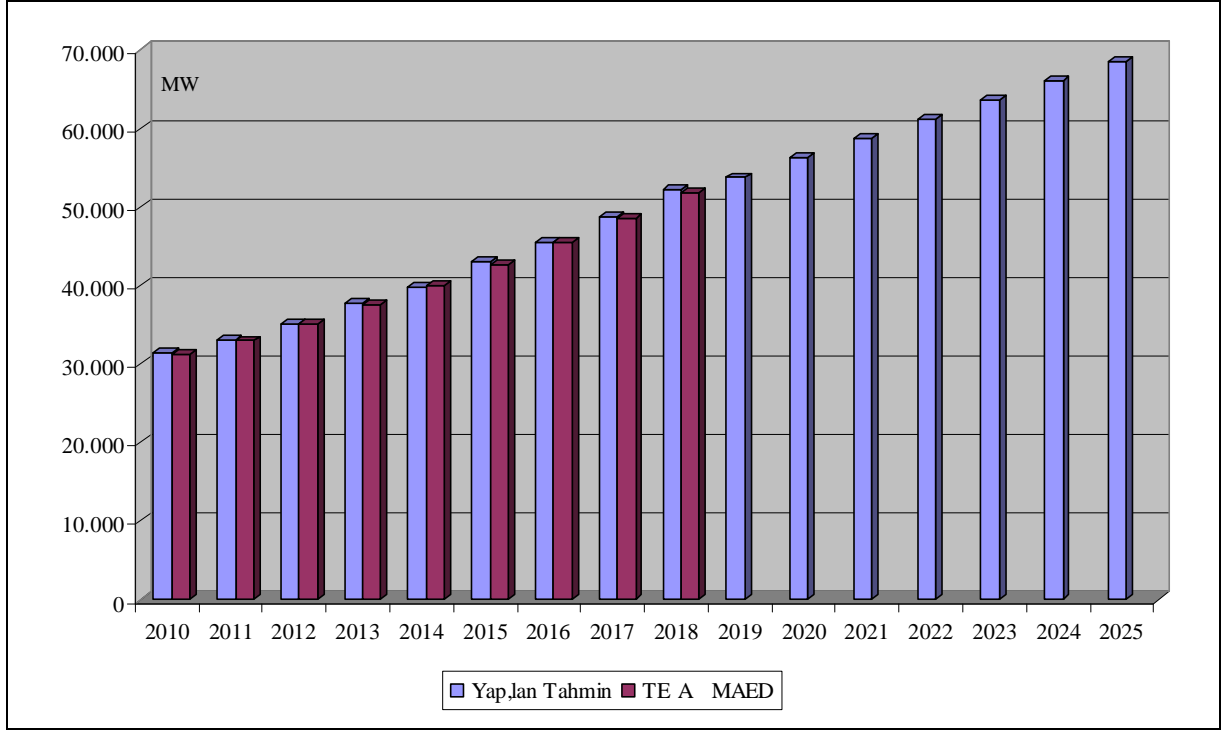
$$F(x) = -46074,77 + 14,6298 x(\text{GSY H}) + 0,7687 x(\text{Nüfus}) \quad (5.2)$$

Denklem 5.2'ye göre hesap yapırsa;

Yıllar	GSY H (TL)	Nüfus (x1000)	Puant Yük Talep Tahmini (MW)
2010	1.474	72.698	31.373
2011	1.543	73.497	32.996
2012	1.640	74.277	35.015
2013	1.785	75.065	37.742
2014	1.890	75.837	39.871
2015	2.068	76.598	43.061
2016	2.199	77.358	45.561
2017	2.374	78.101	48.693
2018	2.571	78.825	52.131
2019	2.643	79.546	53.739
2020	2.776	80.257	56.231
2021	2.910	80.954	58.727
2022	3.043	81.635	61.197
2023	3.177	82.293	63.663
2024	3.310	82.933	66.100
2025	3.444	83.566	68.547

değerleri elde edilir.

Ortaya ç,kan yeni de erler, TE A tarafından MAED modülü kullan,larak yap,lan talep projeksiyonu sonuçlar, ile kar ,la t,r,ld, ,nda a a ,daki Grafik 5.8 elde edilmektedir.



Grafik 5.8: Ki i Ba ,na Dü en GSY H ve Nüfus De erleri ile Puant Güç Talep Tahmini.

Ki i ba ,na dü en GSY H de eri ile birlikte nüfus say,m,lar,ndan elde edilen de erlerinde tahmin denklemine ilave edilmesi ile TE A øn MAED modülü ile yapt, , tahmine çok yak,n de erler elde edilmi tir. Bu durum Tablo 5.4te hata oranlar, ile de gösterilmektedir.

Tablo 5.4: Ki i Ba ,na Dü en GSY H ve Nüfus De erleri ile Puant Güç Talep Tahmini.

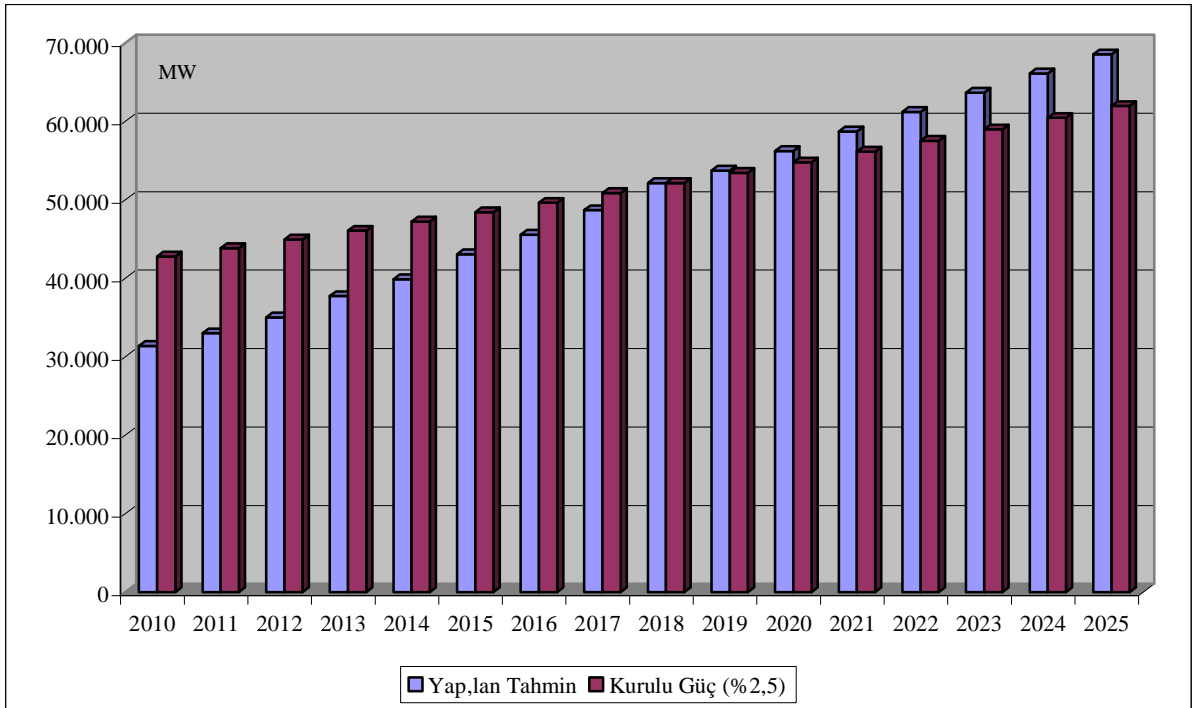
Y,lar	Puant Yük Talep Tahmini (MW)	TE A Talep Projeksiyonu (MW)	Hata Oran, %
2010	31.373	31.246	0,40%
2011	32.996	32.964	0,10%
2012	35.015	35.173	-0,45%
2013	37.742	37.529	0,56%
2014	39.871	40.044	-0,43%
2015	43.061	42.727	0,77%
2016	45.561	45.548	0,03%
2017	48.693	48.553	0,29%
2018	52.131	51.757	0,72%

Tablo 5.4 ve Grafik 5.8'den anlaşıldığı gibi ki i bağına düşen GSY H ve nüfus de erleri birlikte de erlendirildi inde gerçe e oldukça yakın bir tahmin sonucu ortaya çıkmaktadır. Hata oranı yapılan son tahmin modeli için ortalama %0,22 seviyesine kadar gerilemiştir. Tahmin için kullanılacak enerji tüketimi ile bağlantılı olan verilerin sayısı artırıldı, bu da tahminin gerçe e çok daha yakın veriler ortaya koymasına yardımcı olmuştur.

EÜA'nın kayıtlarına alındığı, 1999-2009 yılları arasındaki kurulu güç verileri ile bu yıllarda gerçekleşen puant yük talep de erleri Tablo 5.5'te verilmiştir. Sonraki yıllar için hazırlanacak kurulu güç miktarının belirlenebilmesi için yapılan puant yük talep tahmini ile kurulu güç projeksiyonu aynı grafik üzerinde incelenerek gelecekte ihtiyaç duyulacak kurulu güç miktarı için de erlendirme yapılabilecektir. Buna göre yapılan çalışmaya Grafik 5.9'da verilmiştir.

Tablo 5.5: Türkiye Geneli Kurulu Gücü ile Puant Enerji Talep Tahmini Karşılaştırılması,

Yıllar	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Kurulu Güç (MW)	26.125	27.264	28.332	31.752	35.564	36.824	38.820	40.519	40.755	41.744	44.556
Puant Talep (MW)	18.938	19.390	19.612	21.006	21.729	23.485	25.174	27.594	29.249	30.517	30.982



Grafik 5.9: Türkiye Geneli Kurulu Gücü ile Puant Enerji Talep Tahmini Karşılaştırılması,

Grafik 5.9'a göre Türkiye genelinde yapılan elektrik enerjisi üretim tesislerine 2010 yılı ve daha sonrasında her yıl için %2,5 düzeyinde bir ilave yapılması durumunda 2020 yılına kadar kurulu güç, puant günde talep edilen enerji miktarı için yeterli düzeyde görünmektedir. Ancak bu yıldan sonra belirtilen düzeyden daha yüksek bir artış sağlanamazsa enerji talebinin karşılanamaması, sonucu ortaya çıkabilecektir.

5.3. Toplam Enerji Talep Tahmini

Bu bölümde öncelikle yine sadece kişi başına düşen GSYH değerleri ile toplam enerji talep tahmini yapılacaktır. Üç farklı senaryo halinde veriler hazırlanan GSYH verileri için hesaplamalarda ve karşılaştırmalarda öncelikli olarak 2. senaryo kullanılacaktır. Daha sonra yapılacak genel karşılaştırmalarda 1. ve 3. senaryo ile elde edilen tahmin değerleri de incelenecektir. Sadece bir adet veriye dayandırılarak yapılacak olan tahminden gerçeğe yakın sonuçlar elde edilemeyeceğini vurgulamak için Tablo 5.6'daki veriler ile matematiksel model oluşturulacaktır.

Tablo 5.6: Toplam Enerji Talebi ve GSYH Değerlerinin Yıllara Göre Değişimi

Yıllar	Toplam Enerji Talebi (GWh)	Kişi Başına GSYH (TL)
1999	118.485	1.071
2000	128.276	1.127
2001	126.871	1.049
2002	132.553	1.099
2003	141.151	1.142
2004	150.018	1.233
2005	160.794	1.320
2006	174.637	1.394
2007	190.000	1.441
2008	198.085	1.440
2009	200.137	1.498

Tablo 5.6'ya göre oluşturulan matematiksel model aşağıda verilmiştir.

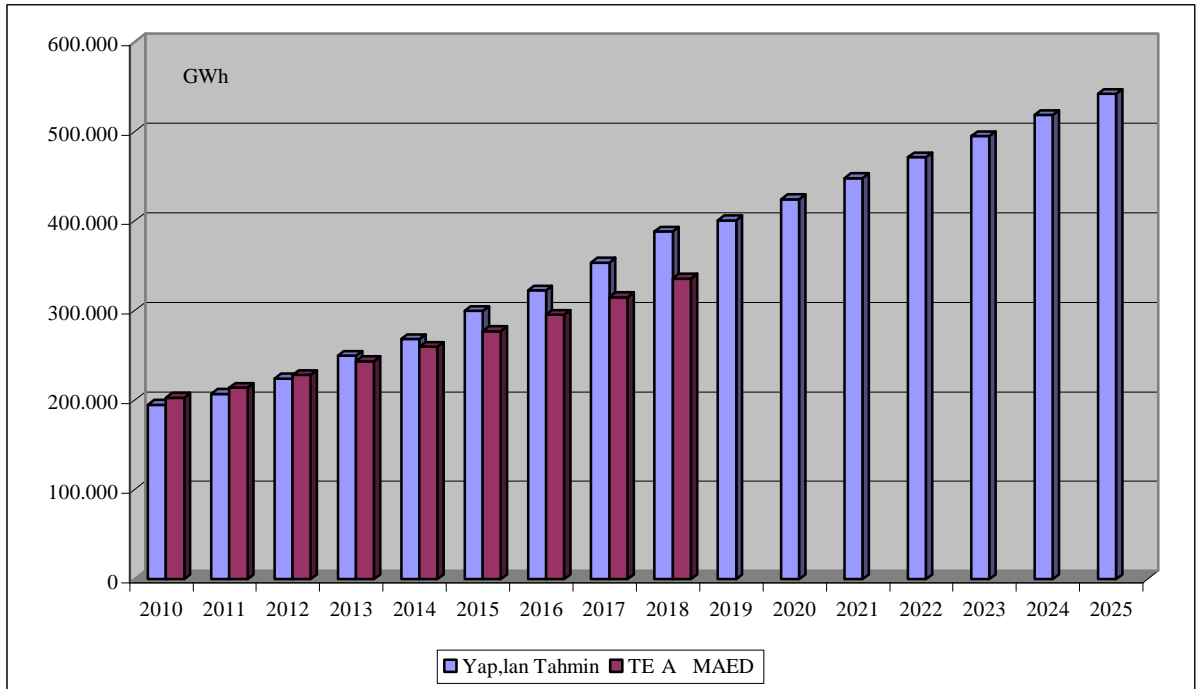
$$F(x) = -64915,52 + 176,2764 x(\text{GSYH}) \quad (5.3)$$

Denklem 5.3'e göre hesap yapılacak olursa;

Yıllar	Ki i Ba ,na GSY H (TL)	Toplam Enerji Talep Tahmini (GWh)
2010	1.501	199.675
2011	1.584	214.306
2012	1.689	232.815
2013	1.821	256.084
2014	1.948	278.471
2015	2.068	299.624
2016	2.199	322.716
2017	2.374	353.565
2018	2.594	392.345
2019	2.643	400.983
2020	2.776	424.428
2021	2.910	448.049
2022	3.043	471.494
2023	3.177	495.115
2024	3.310	518.559
2025	3.444	542.180

de erleri elde edilir.

Elde edilen bu yeni de erler, MAED modeli ile kar ,la t,r,ld, ,nda Grafik 5.10 ortaya ç,kmaktadır;



Grafik 5.10: Sadece Ki i Ba ,na Dü en GSY H De eri ile Toplam Enerji Talep Tahmini.

Sadece ki i ba ,na dü en GSY H verileri dikkate al,nd, ,nda toplam elektrik enerjisi talep tahmininde TE A talep projeksiyonuna göre oldukça büyük farklılıklar olduğu gözlenmektedir. A a ,da bu farklılıklar yüzde oranlar, ile Tablo 5.7’de verilmiştir.

Tablo 5.7: Ki i Ba ,na Dü en GSY H De eri ile Toplam Enerji Talep Tahmini.

Y,llar	Toplam Enerji Talep Tahmini (GWh)	TE A Talep Projeksiyonu (GWh)	Hata Oran, %
2010	194.916	202.730	-4,01%
2011	207.079	213.880	-3,28%
2012	224.178	228.210	-1,80%
2013	249.738	243.500	2,50%
2014	268.247	259.815	3,14%
2015	299.624	277.222	7,48%
2016	322.716	295.519	8,43%
2017	353.565	315.023	10,90%
2018	388.291	335.815	13,51%

Ortalama hata oran, % 4,1 seviyesindedir. ki tahmin sonucu aras,ndaki fark, bu şekilde büyük olması, nedeni kullanılan verilerin sayısı, az olmasıdır. Üç farklı senaryo için hazırlanan ki i ba ,na dü en GSY H verilerinden ikinci senaryodan elde edilen değerler ve aynı zamanda nüfus verileri de matematiksel model için kullanılacak olursa daha gerçekçi tahmin sonuçları, elde edilebilecektir. Bunun için kullanılacak veriler Tablo 5.8’de verilmiştir.

Tablo 5.8: Toplam Enerji Talebi, GSY H ve Nüfus De erlerinin Y,llara Göre De i imi.

Y,llar	Toplam Enerji Talebi (GWh)	Ki i Ba ,na GSY H (TL)	Nüfus (x1000)
1999	118.485	1.071	63.366
2000	128.276	1.127	64.259
2001	126.871	1.049	65.135
2002	132.553	1.099	66.009
2003	141.151	1.142	66.873
2004	150.018	1.233	67.734
2005	160.794	1.320	68.582
2006	174.637	1.394	69.421
2007	190.000	1.441	70.256
2008	198.085	1.440	71.079
2009	200.137	1.498	71.897

Tablo 5.8'deki veriler ile oluşturulan matematiksel model aşağıda verilmiştir.

$$F(x) = -305337,3 + 94,5993x(\text{GSY H}) + 5,0657 x(\text{Nüfus}) \quad (5.4)$$

Denklem 5.4'e göre hesaplama yapılmış;

Yıllar	Ki i Ba ,na GSY H (TL)	Nüfus (x1000)	Toplam Enerji Talebi (GWh)
2010	1.474	72.698	205.312
2011	1.543	73.497	217.252
2012	1.640	74.277	231.178
2013	1.785	75.065	247.703
2014	1.890	75.837	263.672
2015	2.068	76.598	278.923
2016	2.199	77.358	295.210
2017	2.374	78.101	315.578
2018	2.571	78.825	340.112
2019	2.643	79.546	348.409
2020	2.776	80.257	364.682
2021	2.910	80.954	380.883
2022	3.043	81.635	397.002
2023	3.177	82.293	413.004
2024	3.310	82.933	428.914
2025	3.444	83.566	444.788

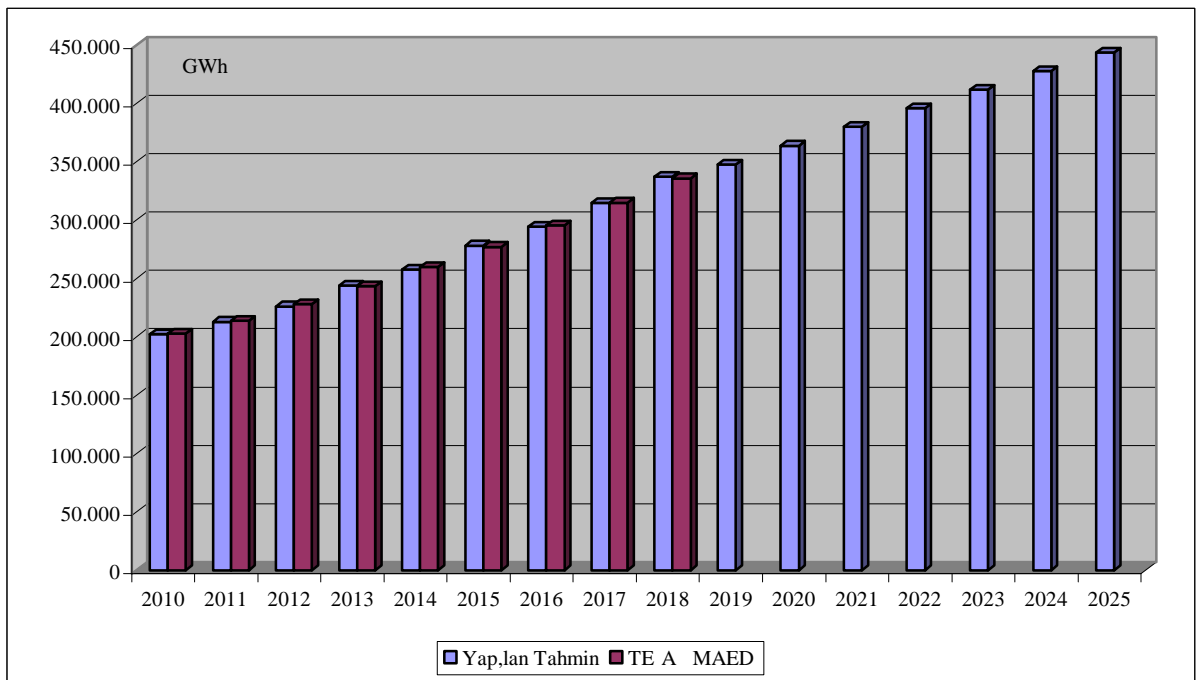
sonuçlar, elde edilir. Ki i ba ,na dü en GSY H verilerinin yanı sıra nüfus verileri de dikkate alınarak yapılan toplam enerji talep tahmininde bir önceki modele göre daha gerçekçi veriler elde edilmiştir. Elde edilen bu değerlerin TE A tarafından MAED modülü kullanılarak yapılan talep tahmini ile aralarındaki fark Tablo 5.9'de yüzde oranlar halinde verilmiştir.

Tablo 5.9: Ki i Ba ,na Dü en GSY H ve Nüfus De ğerleri ile Toplam Enerji Talep Tahmini.

Yıllar	Toplam Enerji Talep Tahmini (GWh)	TE A Talep Projeksiyonu (GWh)	Hata Oran, %
2010	202.368	202.730	-0,18%
2011	212.943	213.880	-0,44%
2012	226.071	228.210	-0,95%
2013	243.779	243.500	0,11%
2014	257.623	259.815	-0,85%
2015	278.317	277.222	0,39%
2016	294.559	295.519	-0,33%
2017	314.878	315.023	-0,05%
2018	337.181	335.815	0,41%

GSY H ve nüfus verilerinin de matematiksel modele dâhil edilmesi ile yapılan tahmin TE A ın MAED modülü ile gerçekleştirildiği tahmin modeline çok daha yakın değerler ortaya koymuştur. Ortalama hata oranı, yaklaşık olarak % 0,21 seviyesine kadar gerilemiştir. Bu durum kullanılan verilerin elde edilmek istenen değer ile olan ilgisinin ve uygun sayıda veri kullanılması, gerçeğe yakın değerler elde edilmesi için çok önemli olduğu sonucunu ortaya çıkarmaktadır.

Yapılan son tahmin ile MAED modülünün karşılaştırılması, sonucunda Grafik 5.11 elde edilmektedir. Grafikten de anlaşılacağı gibi oluşturulan matematiksel model, MAED modeli ile orantılı biçimde ilerlemektedir.



Grafik 5.11: Kişisel ve Kurumsal Enerji Talep Tahmini ile Toplam Enerji Talep Tahmini.

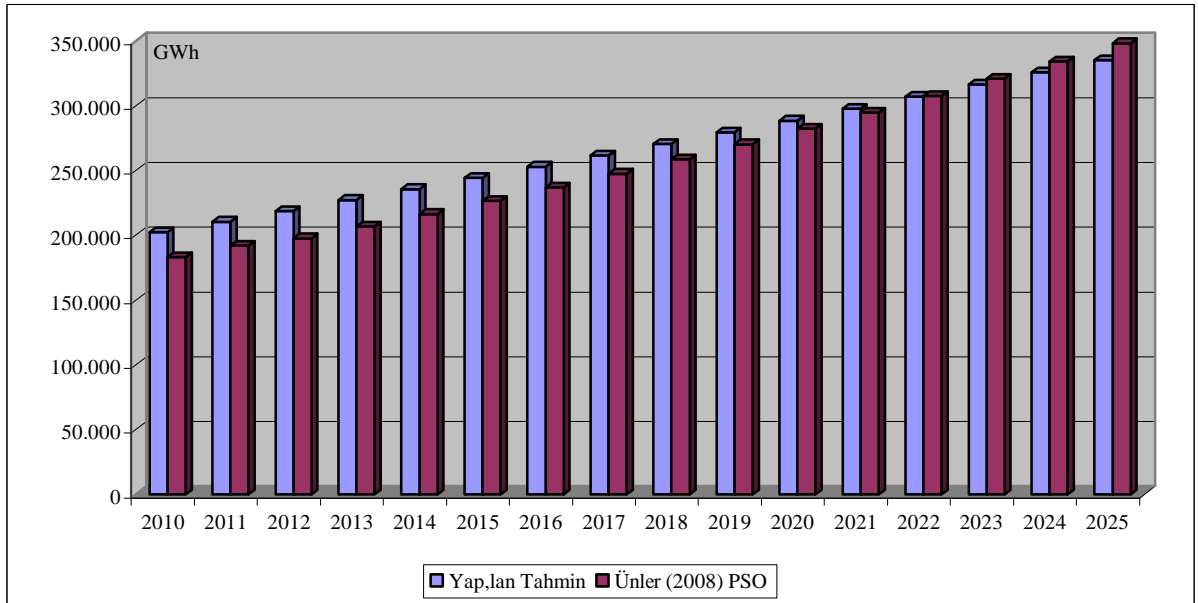
5.4. Modellerin Karşılaştırılması,

Bu bölümde ise elde edilen toplam enerji talep tahmin sonuçları, üç farklı senaryo için ayrı ayrı karşılaştırılmaktadır. İlk olarak Ünler (2008) tarafından PSO modeli kullanılarak tahmin çalışması,ındaki sonuçlarla ve ikinci olarak Hamzaçebi (2007) tarafından YSA modeli kullanılarak yapılan tahmin çalışması,ındaki sonuçlarla karşılaştırılmaktadır. Kişisel ve Kurumsal Enerji Talep Tahmini ile Ünler (2008) tarafından yapılan çalışması,ındaki sonuçları karşılaştırıldığında Tablo 5.10 elde edilmektedir.

Ünler (2008) çal, mas,nda kulland, , toplam elektrik enerjisi tüketim de erleri TEDA verilerinden; yani son kullan,c,lar,n sayaçlar,ndan okunan verilerden elde edildi inden iletim ve da ,t,m kay,plar,n,n da ilave edilmesi gerekmektedir. Da ,t,m kay,plar, ortalama %20 ve iletim kay,plar, da ortalama %3 seviyesinde oldu una göre e it veriler aras,nda do ru k,yaslama yap,labilmesi için PSO modeli ile yap,lan tahmin sonuçlar,na ortalama %23 ilave edilmelidir.

Tablo 5.10: Yap,lan Tahmin ile PSO Modelinin Kar ,la t,r,lmas,.

Y,llar	Yap,lan Tahmin (Senaryo 1) (GWh)	(Ünler, 2008) PSO Modeli (GWh)	Hata oran, (%)
2010	202.368	183.301	9,42%
2011	210.599	191.884	8,89%
2012	218.859	197.725	9,66%
2013	227.289	206.902	8,97%
2014	235.770	216.528	8,16%
2015	244.334	226.513	7,29%
2016	253.033	236.876	6,39%
2017	261.792	247.607	5,42%
2018	270.604	258.788	4,37%
2019	279.556	270.338	3,30%
2020	288.615	282.328	2,18%
2021	297.768	294.757	1,01%
2022	307.008	307.544	-0,17%
2023	316.306	320.741	-1,40%
2024	325.691	334.337	-2,65%
2025	335.225	348.301	-3,90%



Grafik 5.12: Yap,lan Toplam Enerji Talep Tahmini ile PSO Modelinin Kar ,la t,r,lmas,.

Tablo 5.10 ve Grafik 5.12'den gözlemlendiği gibi yapılan tahmin Ünlü'nün (2008) çalışması ile yapılan değerler vermektedir. Bu tahmin çalışmasında sonraki yıllar için hazırlanan GSYH değerlerinden birinci senaryodaki veriler kullanılmış ve hata oranı, ortalama % 4,18 seviyesinde olduğu gözlemlenmiştir. Farklı yöntemle yapılan iki ayrı tahmin çalışması bu kadar yakın sonuçlar ortaya koymasına hazırlanan matematiksel modelin gerçeğe yakın sonuçlar verdiğini doğrulamaktadır.

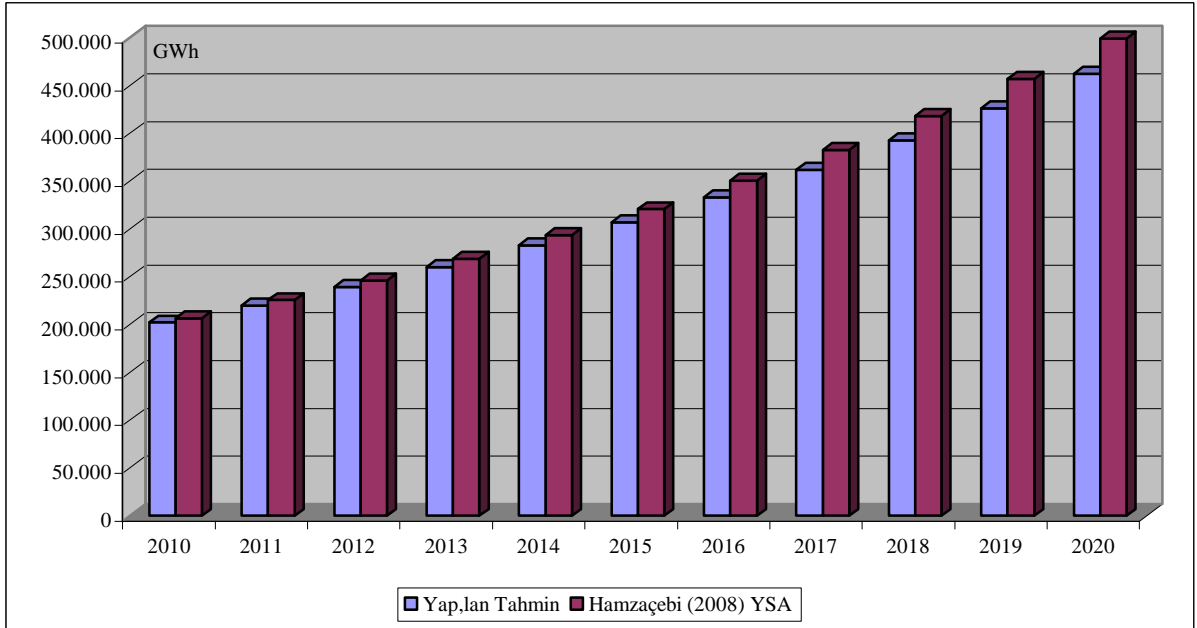
Bu bölümde yapılacak çalışmada ise oluşturulan matematiksel model, ki i başına düşen GSYH verileri ile elde edilen üçüncü senaryoya uygulanacaktır. Elde edilen sonuçlar Hamzaçebi (2007) tarafından YSA kullanılarak yapılan toplam enerji talep tahmini sonuçları ile karşılaştırılacaktır.

Hamzaçebi'nin (2007) çalışması 2020 yılına kadar olduğu için karşılaştırma da bu yılı kadar yapılabilecektir. Buna göre yapılan tahmin ve YSA modeli ile elde edilen sonuçlar arasındaki fark Tablo 5.11'de verilmiştir.

Tablo 5.11: Yapılan Tahmin ile YSA Modelinin Karşılaştırılması.

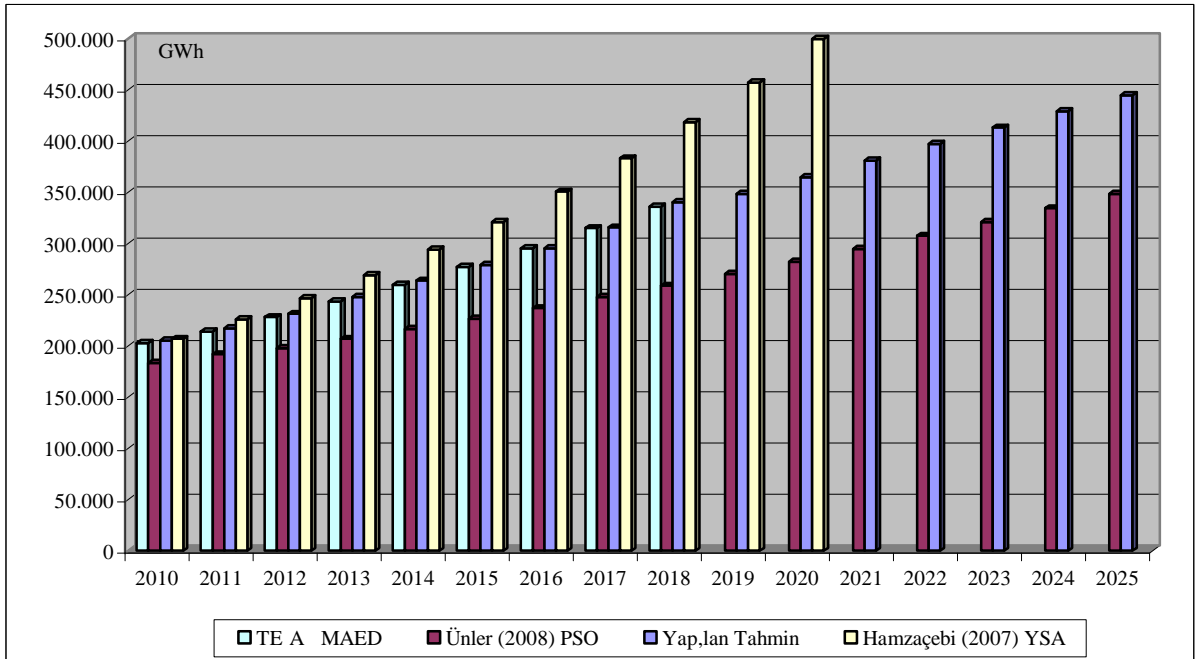
Yıllar	Yapılan Tahmin (Senaryo 3) (GWh)	(Hamzaçebi, 2007) YSA Modeli (GWh)	Hata oran, (%)
2010	202.368	206.832	-2,21%
2011	220.360	225.798	-2,47%
2012	239.649	246.522	-2,87%
2013	260.513	269.194	-3,33%
2014	282.983	293.961	-3,88%
2015	307.254	321.054	-4,49%
2016	333.560	350.663	-5,13%
2017	362.027	383.061	-5,81%
2018	392.867	418.479	-6,52%
2019	426.410	457.223	-7,23%
2020	462.890	499.588	-7,93%

Yukarıdaki tabloda verilen değerlere göre yapılan tahmin için kullanılan üçüncü senaryo ile Hamzaçebi'nin (2007) çalışmasıdaki sonuçlar birbirine daha yakındır. Yapılan tahmin çalışmasında bu kez üçüncü senaryodan elde edilen sonuçlar kullanılarak karşılaştırma yapılmıştır. Bu durumda da hata oranı, ortalama % 4,71 seviyesinde olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar Grafik 5.13'de daha ayrıntılı olarak incelenebilmektedir.



Grafik 5.13: Yapılan Toplam Enerji Talep Tahmini ile YSA Modelinin Karşılaştırılması.

Son olarak, matematiksel modelleme kullanılarak yapılan tahminin, TE A tarafından MAED modülü ile hazırlanan talep tahminin (düşük senaryo), Ünler (2008) tarafından PSO modülü ile hazırlanan talep tahminin ve Hamzaçebi (2007) tarafından YSA modülü kullanılarak hazırlanan talep tahminin sonuçları aynı grafik üzerinde gösterilecek olursa aşağıdaki grafik ortaya çıkacaktır.



Grafik 5.14: Yapılan Toplam Enerji Talep Tahmininin MAED, PSO ve YSA Modülleri ile Karşılaştırılması.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Elektrik enerjisinin kaliteli sürekli ve hesaplı biçimde son kullanıcılar, hizmetine sunulabilmesi için görev yapan kurum ve kuruluşlar, en önemli sorumluluklarından birisi de geleceğe yönelik taleplerin önceden tahmin edilerek gerekli yatırımların bakım ve yenilemelerin yapılmasıdır. Bu tahminlerden en önemli ikisi, yıl içinde puant gün olarak tanımlanan sistemden en fazla elektrik enerjisinin çekildiği gündeki puant talep derisi ve yıllık tüketilen toplam enerji talebidir.

Bu derislerin tahmin edilebilmesi için çok çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemler birbirinden kesin olarak ayrılamamakla beraber hepsinin kendine özgü değerlendirme yöntemleri vardır. Yapay zekâ, bulanık mantık ya da uzman sistemler olarak bilinen tahmin yöntemleri, girdi olarak kullanılan verilerden öğrenme yoluyla yada mantıksal çıkarımlar yaparak elde ettikleri tahminleri ortaya koymaktadır. Diğer birçok tahmin yöntemi ise geçmiş yıllara ait elde edilen verilerin artı katsayıların benzetimi yoluyla sonraki yıllar için tahminler oluşturmaktadır.

Elektrik enerjisinin kullanım, sosyal hayatın her alanında, sanayide, ulaşımda, soğutmada, üretim süreçlerinde, evsel kullanımda yaygın olduğu için; aynı zamanda kullanılan elektrikli eşyaların artması, sosyal alanlar, derisiminden, nüfusun artması,ndan etkilendiği için yapılacak tahminlerde geçmiş yıllara ait birçok veri kullanılabilmektedir. Korelasyon katsayısı olarak tanımlanan ve herhangi bir verinin enerji talep derisi ile olan ilişkisini ortaya koyan katsayının derisine göre bu veriler talep tahminlerinde göz önüne alınabilmektedir. Yapılan talepleri etkileyen birçok verinin bulunması, nedeniyle ülkemizde ve diğer birçok ülkede enerji talep tahmini için ENPEP modeli kullanılmaktadır. Bu modelin alt modüllerinden biri olan MAED modülünde yaklaşık 170 farklı veri kullanılmaktadır. Ancak bu verilerden en önemli olanlar, ülkede yaşayan insanların sosyal alanlar, ve dolayısıyla elektrik kullanımının, en çok etkileyen öki itibarıyla en GSY HÖ derisi ile ülkede yaşayan insanların sayıca çokluğudur. Bu iki veri doğrudan biçimde değerlendirilip yapılacak olan talep tahminleri için uygun denklemler oluşturulduğunda sonraki yıllar için gerçekçi tahminler yapılabilmektedir.

Bu çalışmada da 1999 yılından 2009 yılına kadar olan dönem için TE A Genel Müdürlüğü ve TÜİK verileri dikkate alınarak 2010 yılından 2025 yılına kadar olan süre için puant yük ve toplam enerji talep tahminleri gerçekleştirilmiştir. MAED modeli ile bu çalışmada yapılan tahmin kararlaştırıldığı puant yük talep tahmini için

aradaki hata oran,n,n ortalama % 0,22 ve toplam enerji talep tahmini için ise hata oran,n,n % 0,21 oldu u belirlenmi tir. Literatürde bulunan di er çal, malar ile kar ,la t,r,ld, ,nda birbirine oldukça yak,n de erler elde edildi i görülmü tür. Bu sonuçlara göre, ki i ba ,na dü en GSY H ve nüfus de erleri matematiksel model için uygun ekilde kullan,ld, ,nda sonraki y,llar,n elektrik enerjisi tüketim de erlerinin tahmin edilmesinde oldukça gerçekçi sonuçlar elde edildi i gözlemlenmi tir.

En basit tan,m, ile yap,lan çal, mada ekonomik veriler ve elektrik enerjisi kullan,c,lar,n,n say,s, dikkate al,narak elektrik enerjisi tüketimi tahmin edilmi ve bu iki verinin tahmin sonuçlar, üzerinde belirleyici oldu u gözlemlenmi tir. Di er tahmin çal, malar,nda kullan,lan birçok farklı verinin de tahmin sonuçlar,n, etkileyece i kabul edilmekle beraber yap,lan bu tez çal, mas, için seçilen de erler gerçe e yak,n tahminler yap,labilmesi için yeterli oldu u gözlenmi tir. Sonuca ula mak için oldukça pratik bir yöntem olmas, aç,s,ndan matematiksel model ile yük tahmini yap,lmas, yönteminin kullan, l, ve uygulanabilir oldu u belirlenmi tir.

7. EKLER

F(x) Fonksiyonlar,n,n Hesaplanmas,

Tez çal, mas,nda kullan,lan matematiksel modellerin nas,l elde edildi i ile ilgili detayl, hesaplamalar bu bölümde verilmi tir. Bu bölümde yap,lan hesaplamalar için WinQSB program, kullan,lm, t,r. Regresyon denklemlerinin olu turulmas, için kullan,lan bu program Bölüm 4.7de detaylar, verilen formülleri kullanarak matematiksel modeli ortaya ç,karmaktad,r. Ba ,ms,z de i kenlerin ve bir ba ,ml, de i kenin y,llara göre de i iminin tablo halinde verilmesi ile WinQSB program, matematiksel modeli olu turmaktad,r. Bu program,n kullan,lm,as,ndaki amaç yap,lan hesaplamalardaki matris ve k,smi türev i lemlerinin daha kolay gerçekte tirilebilmesidir.

Denklem 5.1:

Observation	GSYIH	Puant
1	1071	18938
2	1127	19390
3	1049	19612
4	1099	21006
5	1142	21729
6	1233	23485
7	1320	25174
8	1394	27594
9	1441	29249
10	1440	30517
11	1498	30982

ekil 7.1: Puant Yük Talep Tahmini için Kullan,lacak De erlerin Programa Giri i.

12-09-2010	Variable	Variable	Correlation
1	GSYIH	Puant	0,9842

ekil 7.2: Puant Yük Talep Tahmini için Girilen De erlerin Aras,ndaki Korelasyon Katsay,s,.

12-09-2010	Variable	Mean	Standard	Regression	Standard	t value	Probability
17:21:00	Name		Deviation	Coefficient	Error		> t
Dependent	Puant	24334,1800	4608,2050				
Y-intercept	Constant			-9602,6480	2050,9550	-4,6820	0,0011
1	GSYIH	1255,8180	167,8309	27,0237	1,6201	16,6807	0
	Se =	859,8138	R-square =	0,9687	R-adjusted =	0,9652	

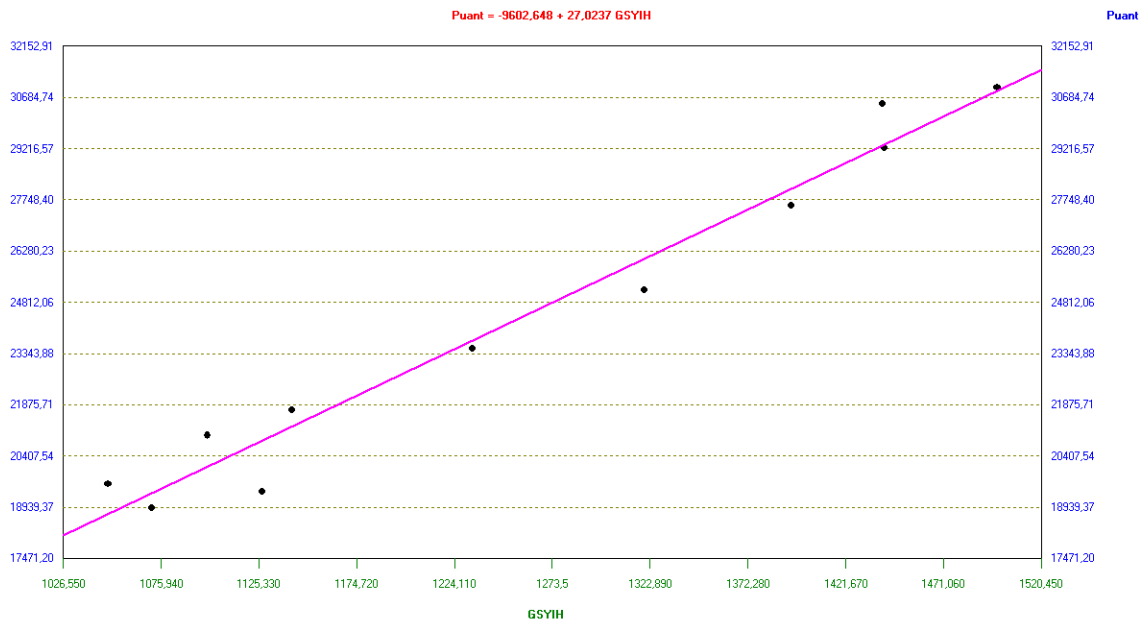
ekil 7.3: Puant Yük Talep Tahmini için Olu turulacak Matematiksel Modelin Sabitleri ve Çarpanlar,.

12-09-2010 17:23:59	Actual Puant	Prediction	Std. Dev. of Prediction	Residual	% Residual	Standardized Residual
1	18938,0000	19339,7500	396,0530	-401,7539	-2,0773	-0,4925
2	19390,0000	20853,0800	332,8068	-1463,0820	-7,0161	-1,7937
3	19612,0000	18745,2300	423,6408	866,7676	4,6239	1,0626
4	21006,0000	20096,4200	362,9759	909,5820	4,5261	1,1151
5	21729,0000	21258,4400	318,1320	470,5625	2,2135	0,5769
6	23485,0000	23717,6000	261,8662	-232,5957	-0,9807	-0,2852
7	25174,0000	26068,6600	279,3186	-894,6582	-3,4319	-1,0968
8	27594,0000	28068,4100	342,5231	-474,4141	-1,6902	-0,5816
9	29249,0000	29338,5300	396,4985	-89,5293	-0,3052	-0,1098
10	30517,0000	29311,5100	395,2741	1205,4940	4,1127	1,4779
11	30982,0000	30878,8800	470,2613	103,1191	0,3339	0,1264

ekil 7.4: Puant Yük Talep Tahmini için Olu turulan Matematiksel Modelde Kullan,lan Di er Veriler.

12-09-2010 17:23:23	Dependent Variable	Independent Variable
Equation:	Puant =	- 9602,6480 + 27,0237 GSYIH

ekil 7.5: Puant Yük Talep Tahmini için Olu turulan Matematiksel Model.



ekil 7.6: Puant Yük Talep Tahmini için Kullan,lan ki Veri Aras,nda Olu turulan Regresyon Do rusu. (GSY H ve Puant Enerji Talebi)

Denklem 5.2:

Observation	GSYIH	Puant	Nufus
1	1071	18938	63366
2	1127	19390	64259
3	1049	19612	65135
4	1099	21006	66009
5	1142	21729	66873
6	1233	23485	67734
7	1320	25174	68582
8	1394	27594	69421
9	1441	29249	70256
10	1440	30517	71079
11	1498	30982	71897

ekil 7.7: Puant Yük Talep Tahmini için Kullanılacak Değerlerin Programa Girişi.

12-09-2010	Variable	Variable	Correlation
1	GSYIH	Puant	0,9842
2	GSYIH	Nufus	0,9561
3	Puant	Nufus	0,9815

ekil 7.8: Puant Yük Talep Tahmini için Girilen Değerlerin Arasındaki Korelasyon Katsayısı.

12-09-2010 17:25:19	Variable Name	Mean	Standard Deviation	Regression Coefficient	Standard Error	t value	Probability > t
Dependent	Puant	24334,1800	4608,2050				
Y-intercept	Constant			-46074,7700	10383,7600	-4,4372	0,0022
1	GSYIH	1255,8180	167,8309	14,6298	3,6574	4,0001	0,0039
2	Nufus	67691,9100	2829,3330	0,7687	0,2170	3,5432	0,0076
	Se =	568,9642	R-square =	0,9878	R-adjusted =	0,9848	

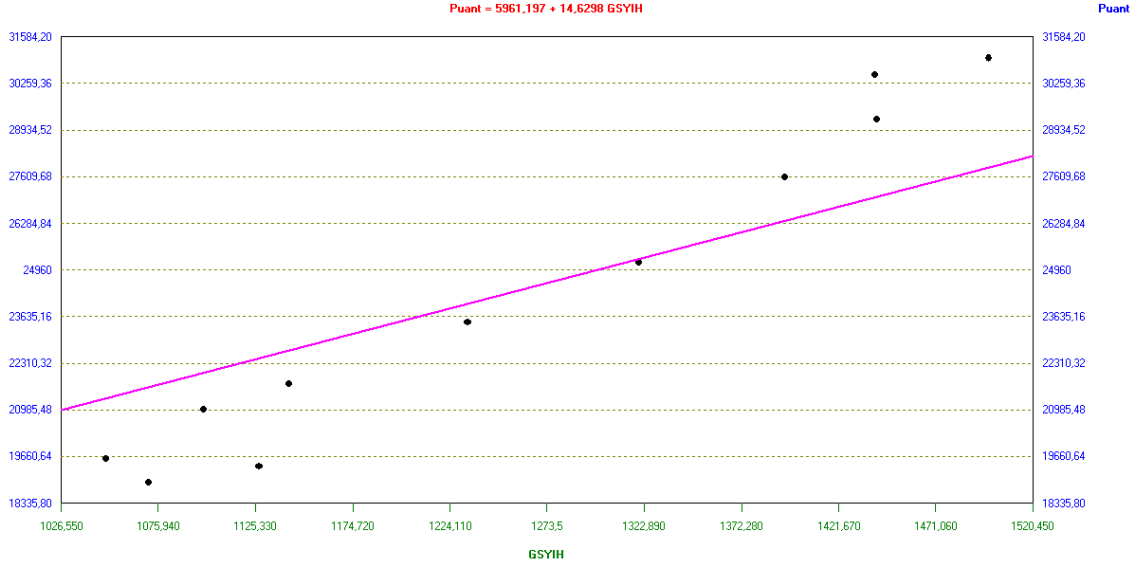
ekil 7.9: Puant Yük Talep Tahmini için Oluşturulacak Matematiksel Modelin Sabitleri ve Çarpanları.

12-09-2010 17:28:15	Actual Puant	Prediction	Std. Dev. of Prediction	Residual	% Residual	Standardized Residual
1	18938,0000	18304,3000	392,5628	633,7031	3,4620	1,2452
2	19390,0000	19810,0300	367,6016	-420,0293	-2,1203	-0,8254
3	19612,0000	19342,3000	327,0407	269,6973	1,3943	0,5300
4	21006,0000	20745,6500	302,0905	260,3477	1,2550	0,5116
5	21729,0000	22038,9000	304,7360	-309,9043	-1,4062	-0,6090
6	23485,0000	24032,0800	194,7660	-547,0801	-2,2765	-1,0750
7	25174,0000	25956,7400	187,4895	-782,7441	-3,0156	-1,5381
8	27594,0000	27684,3000	251,0857	-90,3047	-0,3262	-0,1775
9	29249,0000	29013,7800	277,7907	235,2168	0,8107	0,4622
10	30517,0000	29631,8100	276,8817	885,1934	2,9873	1,7394
11	30982,0000	31109,1400	317,9967	-127,1445	-0,4087	-0,2498

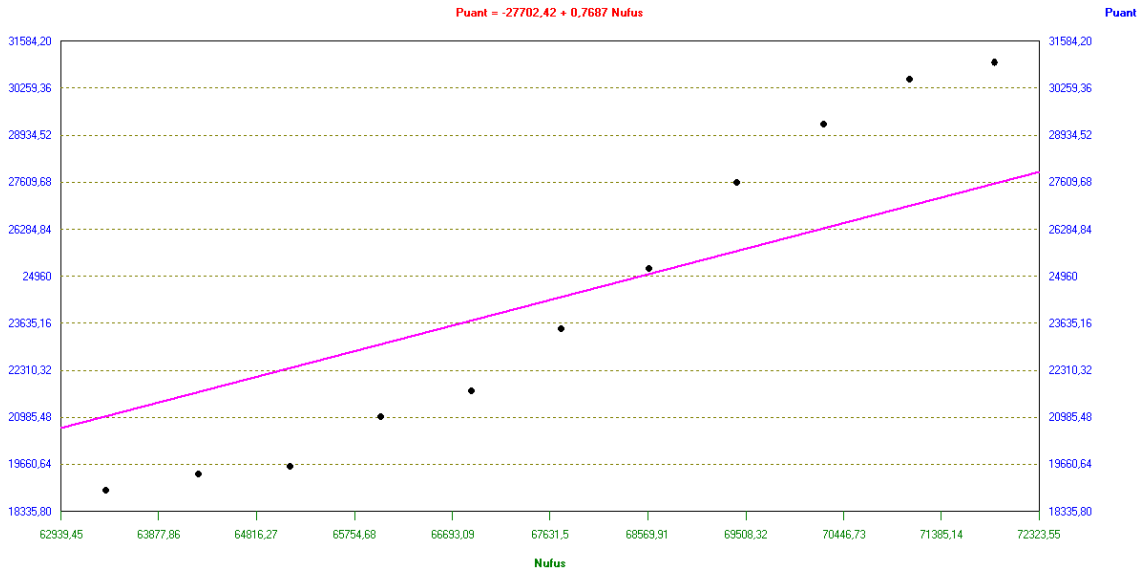
ekil 7.10: Puant Yük Talep Tahmini için Oluşturulan Matematiksel Modelde Kullanılan Diğer Veriler.

12-09-2010 17:26:05	Dependent Variable	Independent Variable
Equation:	Puant =	- 46074,7700 + 14,6298 GSYIH + 0,7687 Nufus

ekil 7.11: Puant Yük Talep Tahmini için Oluşturulan Matematiksel Model.



ekil 7.12: Puant Yük Talep Tahmini için Kullanılan ki Veri Arasında Oluşturulan Regresyon Denklemi.
(GSYIH ve Puant Enerji Talebi)



ekil 7.13: Puant Yük Talep Tahmini için Kullanılan ki Veri Arasında Oluşturulan Regresyon Denklemi.
(Nüfus ve Puant Enerji Talebi)

Denklem 5.3:

Observation	GSYIH	Toplam
1	1071	118485
2	1127	128276
3	1049	126871
4	1099	132553
5	1142	141151
6	1233	150018
7	1320	160794
8	1394	174637
9	1441	190000
10	1440	198085
11	1498	200137

ekil 7.14: Toplam Enerji Talep Tahmini için Kullanılacak Değerlerin Programı Girişleri.

12-09-2010	Variable	Variable	Correlation
1	GSYIH	Toplam	0,9821

ekil 7.15: Toplam Enerji Talep Tahmini için Girilen Değerlerin Arasındaki Korelasyon Katsayısı.

12-09-2010 17:30:03	Variable Name	Mean	Standard Deviation	Regression Coefficient	Standard Error	t value	Probability > t
Dependent	Toplam	156455,2000	30122,7400				
Y-intercept	Constant			-64915,5200	14251,6500	-4,5549	0,0014
1	GSYIH	1255,8180	167,8309	176,2764	11,2575	15,6586	0,0000
	Se =	5974,6630	R-square =	0,9646	R-adjusted =	0,9607	

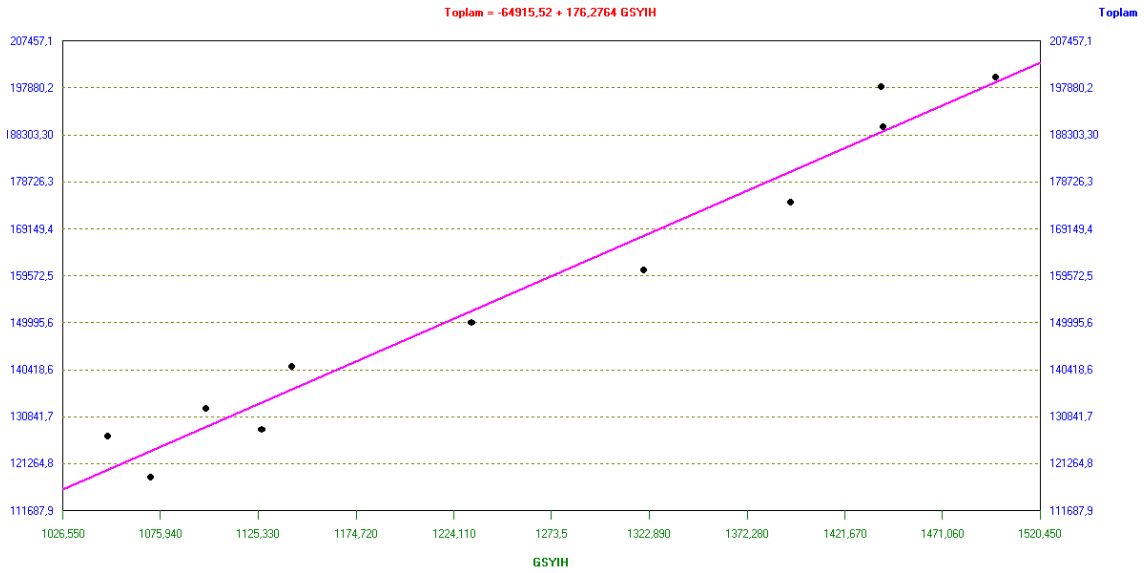
ekil 7.16: Toplam Enerji Talep Tahmini için Oluşturulan Matematiksel Modelin Sabitleri ve Çarpanları,

12-09-2010 17:31:14	Actual Toplam	Prediction	Std. Dev. of Prediction	Residual	% Residual	Standardized Residual
1	118485,0000	123876,5000	2752,0880	-5391,5160	-4,3523	-0,9512
2	128276,0000	133748,0000	2312,6040	-5472,0000	-4,0913	-0,9654
3	126871,0000	119998,4000	2943,7900	6872,5630	5,7272	1,2125
4	132553,0000	128812,3000	2522,2420	3740,7420	2,9040	0,6600
5	141151,0000	136392,1000	2210,6320	4758,8590	3,4891	0,8396
6	150018,0000	152433,3000	1819,6520	-2415,2970	-1,5845	-0,4261
7	160794,0000	167769,3000	1940,9260	-6975,3440	-4,1577	-1,2306
8	174637,0000	180813,8000	2380,1200	-6176,7970	-3,4161	-1,0898
9	190000,0000	189098,8000	2755,1840	901,2031	0,4766	0,1590
10	198085,0000	188922,5000	2746,6760	9162,4840	4,8499	1,6165
11	200137,0000	199146,5000	3267,7460	990,4531	0,4973	0,1747

ekil 7.17: Toplam Enerji Talep Tahmini için Oluşturulan Matematiksel Modelde Kullanılan Diğer Veriler

12-09-2010 17:30:37	Dependent Variable	Independent Variable
Equation:	Toplam =	- 64915,5200 + 176,2764 GSYIH

ekil 7.18: Toplam Enerji Talep Tahmini için Oluşturulan Matematiksel Model.



ekil 7.19: Toplam Enerji Talep Tahmini için Kullanılan Verinin Regresyon Doğrusu. (GSYIH ve Toplam Enerji Talebi)

Denklem 5.4:

Observation	GSYIH	Toplam	Nufus
1	1071	118485	63366
2	1127	128276	64259
3	1049	126871	65135
4	1099	132553	66009
5	1142	141151	66873
6	1233	150018	67734
7	1320	160794	68582
8	1394	174637	69421
9	1441	190000	70256
10	1440	198085	71079
11	1498	200137	71897

ekil 7.20: Toplam Enerji Talep Tahmini için Kullanılacak Değerlerin Programa Girişi.

12-09-2010	Variable	Variable	Correlation
1	GSYIH	Toplam	0,9821
2	GSYIH	Nufus	0,9561
3	Toplam	Nufus	0,9799

ekil 7.21: Toplam Enerji Talep Tahmini için Girilen Değerlerin Arasındaki Korelasyon Katsayısı.

12-09-2010 17:31:56	Variable Name	Mean	Standard Deviation	Regression Coefficient	Standard Error	t value	Probability > t
Dependent	Toplam	156455,2000	30122,7400				
Y-intercept	Constant			-305337,3000	77632,0100	-3,9331	0,0043
1	GSYIH	1255,8180	167,8309	94,5993	27,3437	3,4596	0,0086
2	Nufus	67691,9100	2829,3330	5,0657	1,6220	3,1231	0,0142
	Se =	4253,7430	R-square =	0,9840	R-adjusted =	0,9801	

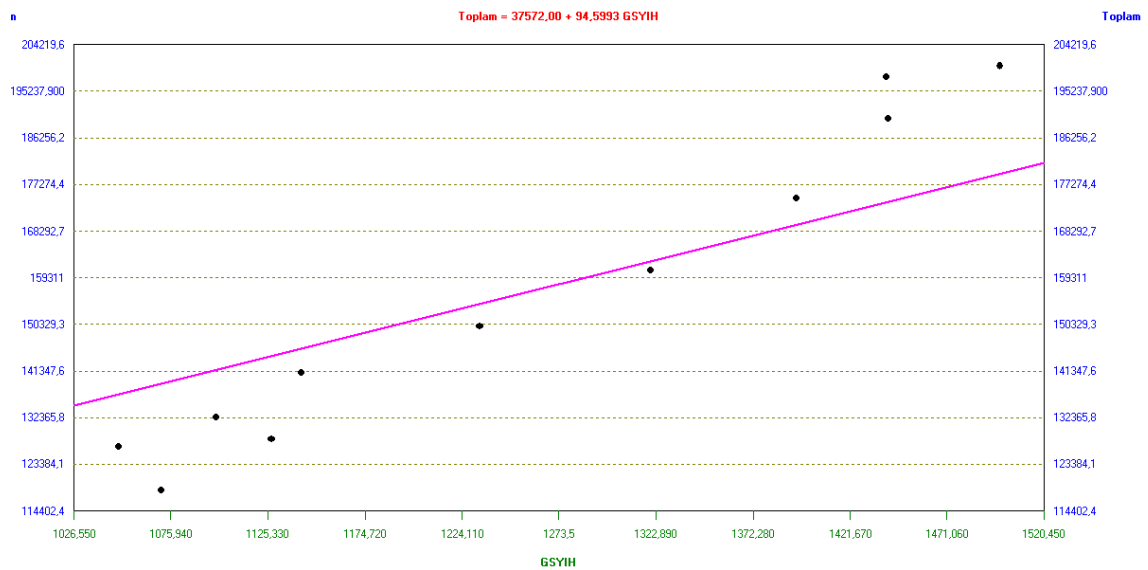
ekil 7.22: Toplam Enerji Talep Tahmini için Olu turulan Matematiksel Modelin Sabitleri ve Çarpanlar,.

12-09-2010 17:33:50	Actual Toplam	Prediction	Std. Dev. of Prediction	Residual	% Residual	Standardized Residual
1	118485,0000	116973,9000	2934,9140	1511,1020	1,2918	0,3972
2	128276,0000	126795,2000	2748,2970	1480,8360	1,1679	0,3892
3	126871,0000	123854,0000	2445,0520	3017,0000	2,4359	0,7930
4	132553,0000	133011,4000	2258,5160	-458,4219	-0,3446	-0,1205
5	141151,0000	141456,0000	2278,2950	-304,9844	-0,2156	-0,0802
6	150018,0000	154426,1000	1456,1270	-4408,1090	-2,8545	-1,1586
7	160794,0000	166952,0000	1401,7260	-6158,0000	-3,6885	-1,6185
8	174637,0000	178202,5000	1877,1900	-3565,5000	-2,0008	-0,9371
9	190000,0000	186878,5000	2076,8450	3121,4530	1,6703	0,8204
10	198085,0000	190953,0000	2070,0490	7131,9530	3,7349	1,8745
11	200137,0000	200583,6000	2377,4360	-446,5781	-0,2226	-0,1174

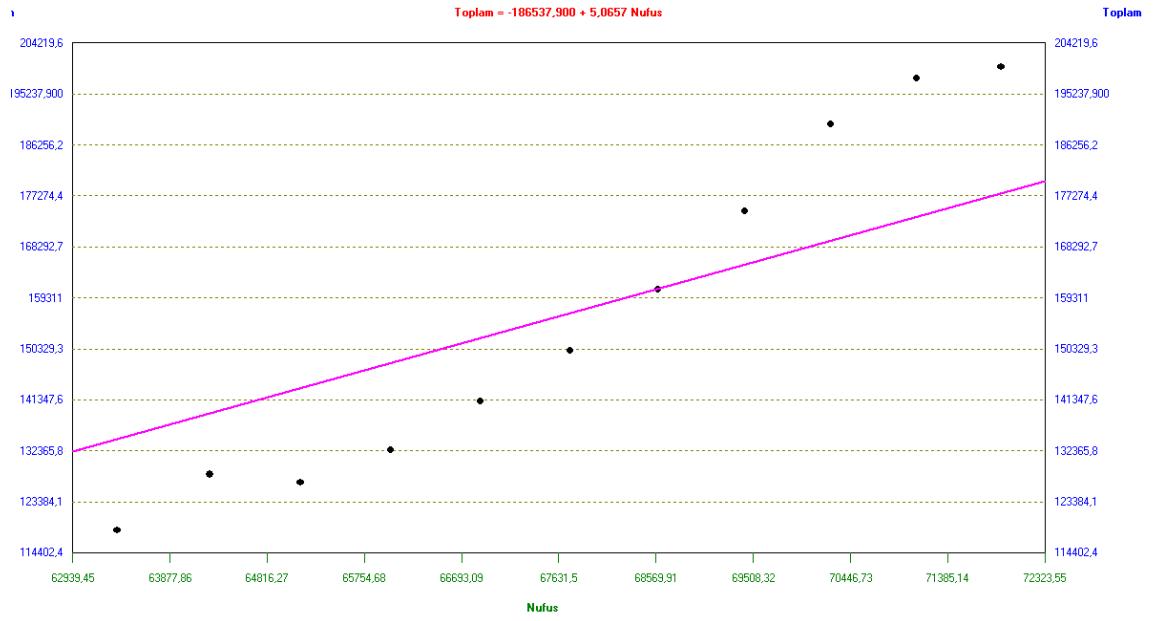
ekil 7.23: Toplam Enerji Talep Tahmini için Olu turulan Matematiksel Modelde Kullan,lan Di er Veriler.

12-09-2010 17:32:30	Dependent Variable	Independent Variable
Equation:	Toplam =	- 305337,3000 + 94,5993 GSYIH + 5,0657 Nufus

ekil 7.24: Toplam Enerji Talep Tahmini için Olu turulan Matematiksel Model.



ekil 7.25: Toplam Enerji Talep Tahmini için Kullan,lan ki Verinin Regresyon Do rusu. (GSY H ve Toplam Enerji Talebi)



ekil 7.26: Toplam Enerji Talep Tahmini için Kullanılan Verinin Regresyon Doğrusu.
(Nüfus ve Toplam Enerji Talebi)

KAYNAKLAR

- Akar H.A., 2005, "Dağıtım Sisteminin Özelleştirilmesi ve Yapay Sinir Ağları ile Yük Tahmini", *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 43-45,61.
- Akçollu, F.Y., 2003, "Elektrik Sektöründe Rekabet ve Regülasyon", Ankara 3-4,59-66.
- Bayraktar, B.N. ve Öner Ö.D., 1994 "Elektrik Enerjisi Talep ve Arz Planlamasının Değerlendirilmesi", *Türkiye 6. Enerji Kongresi: Teknik Oturum Tebliğleri-Cilt 4*, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Ankara.
- Ceylan G., Demirören A., 2004 "Yapay Sinir Ağları ile Gölbaşı Bölgesinin Kısa Dönem Yük Tahmini", *İstanbul Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fakültesi Yayınları*, İstanbul, 1-2.
- Çilliyüz Y., 2006, "Yapay Sinir Ağları ile Çevrekoşulları Etkili Bölgesel Yük Kestirimi", *Yüksek Lisans Tezi*, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 42.
- Çunka M, Altun A. A., 2010, "Long Term Electricity Demand Forecasting in Turkey Using Artificial Neural Networks", *Energy Sources Part B, Taylor & Francis Group*, Konya.
- Eliyok E., Hocaolu A. T., Dumanlı M., 1995 "Güç Sistemlerinde Yapay Sinir Ağları ile Yük Tahmin Analizi", *Elektrik Mühendisliği 6. Ulusal Kongresi*, Bursa, 69-72.
- F. Aksel, 2000, "Regresyon Analizi ve Yapay Sinir Ağları, Yöntemleri ile Uzun dönem Yük Tahmini", *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans tezi*, İstanbul.
- Günay, S., Erioğlu, E. ve Aladağ, Ç., 2007, "Tek Değişkenli Zaman Serileri Analizine Giriş", *Hacettepe Üniversitesi Yayınları*, Ankara, 68-77.
- Güneş, O., 2002, "Elektrik Enerjisinde Yeni Dönem", *DPT Planlama Dergisi, Özel Sayı*, Ankara, 225.
- Hamzaçebi C., Kutay F. 2004 "Yapay Sinir Ağları ile Türkiye Elektrik Enerjisi Tüketiminin 2010 Yılına Kadar Tahmini", *Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Gazi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Ankara, 227-233.
- Hamzaçebi, C., 2007, "Forecasting of Turkey's Net Electricity Energy Consumption On Sectoral Bases", *Energy Policy* 35, 2009-2016.

- Hengirmen M.O., Kabak S., 1999, "Gaziantep ve Yöresinde 5 Yıllık Elektrik Enerjisi İhtiyaç Tahminleri", *Elektrik Elektronik Bilgisayar Mühendisliği 8. Ulusal Kongresi*, Gaziantep, 333-335.
- Hengirmen M.O., 1999, "Comparison of Three Forecast Methods for Power Demand in Gaziantep", *Eleco'99 International Conference on Electrical and Electronics Engineering*, Bursa, 185-188.
- Kakilli A., 1993, "Elektrik Enerjisi İletimi ve Tüketiminin Optimal Planlanması", *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 49.
- Kalpsız, A., 1994, "İstatistik Yöntemleri", İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, İstanbul.
- Kaymaz, H., 1985, "İstatistiksel Ön Tahmin Yöntemleri", *Hacettepe Üniversitesi Yayınları*, Ankara.
- Keleş M.S., 2005 "Elektrik Enerjisi Talep Tahminleri ve Türkiye Ekonomisine Olan Etkileri", *Hazine Uzmanlık Tezi*, Hazine Müsteşarlığı, Kamu İktisadi Teşebbüsleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 7-20.
- Kener F., 2005, "Yük Tahmin Yöntemleri ve Ankara Merkez Metropol Alanı İçin Regresyon Analizi Yöntemi Kullanılarak Uygulanması", *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 26-43.
- Tutu, A., 2005, "Türkiye'de Elektrik Enerjisinin Tarihsel Gelişimi ve Yeni Piyasa Düzeni Çerçevesinde Hidroelektrik Enerjinin Yeri", *TMMOB Su Politikalar Kongresi*, Ankara, 220,318.
- Türkbal, A., 1987, "Bilimsel Araştırma Metotları ve Uygulamaları", İstatistik, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Ünler, A., 2008, "Improvement of Energy Demand Forecasts Using Swarm Intelligence: The Case of Turkey With Projections to 2025", *Energy Policy* 36, 1937-1944.
- Yalçınöz T., Herdem S. ve Eminolu U., 2000, "Yapay Sinir Ağları ile Niğde Bölgesinin Elektrik Yük Tahmini", *Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Yayınları*, Niğde Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Niğde, 3.
- Yalçınöz T., Karadeniz Y. and Yücel, 2000, "Niğde Bölgesi İçin Elektrik Yük Tahmini", *Eleco'2000 Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu (Elektrik)*, Bursa, 43-47.
- Yoldaş U.C., 2006 "Elektrik Enerjisinde Yük Tahmini Yöntemleri ve Türkiye'nin 2005-2020 Yılları Arasındaki Elektrik Enerjisi Talep Gelişimi ve Arz Planlanması", *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1-16.

ÖZGEÇM

KİŞİSEL BİLGİLER

Ad, Soyad, : Hayri OGURLU
Uyru u : TC
Do um Yeri ve Tarihi : Kad,nhan, 1982
Telefon : 0 532 206 3744
Faks : 0 332 265 0972
e-mail : hayriogurlu@hotmail.com

EĞİTİM

Derece	Ad,, İçe, l	Bitirme Y,l,
Lise	: Halide Edip Lisesi Yenimahalle ANKARA	1998
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi Selçuklu KONYA	2004
Yüksek Lisans :		
Doktora :		

DENEY MLER

Y,l	Kurum	Görevi
2004-2007	Meram Elektrik Da ,t,m A.	Elektrik Mühendisi
2007-	Türkiye Elektrik letim A. .	Elektrik Mühendisi

UZMANLIK ALANI

YABANCI D LLER

İngilizce

YAYINLAR