



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ELEKTRİK ENERJİ SİSTEMLERİNDE TALEP TAHMİN
YÖNTEMLERİ VE YAPAY SİNİR AĞLARI UYGULAMASI**

**Elektrik-Elektronik Müh. Mete PINARBAŞI
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman
Yrd. Doç. Dr. Erkan ATMACA**

Ekim, 2009

İSTANBUL

Bu çalışma 10/11/2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Elektrik Elektronik Mühendisliği programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Yrd. Doç. Dr. Erkan ATMACA (Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Doç. Dr. Özcan KALENDERLİ
İstanbul Teknik Üniversitesi
Elektrik Elektronik Fakültesi

Doç. Dr. Mukden UĞUR
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Prof. Dr. İlhan KOCAARSLAN
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Prof. Dr. Ayten KUNTMAN
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

ÖNSÖZ

Bu yüksek lisans tezinin temelini, 2000 yılından beri geride bıraktığım ve sürdürmekte olduğum Elektrik–Elektronik Mühendisliği eğitimi, Makine Mühendisliği Sistem Dinamiği ve Kontrol eğitimi, İşletme Fakültesi eğitimi ve iş yaşantımda edindiğim tecrübeler oluşturmaktadır. İlerleyen dönemde özellikle lisans sahibi elektrik dağıtım şirketlerince gerek duyulacağına inandığım bu konu ile ilgili çalışmamın faydalı olacağını umut ediyorum.

Lisans eğitimimden beri benden yardımlarını ve bilgisini esirgemeyen tez danışmanım Dr. Erkan ATMACA'ya, beni yetiştiren aileme ve üniversite lisans yıllarımdan beri gece geç saatlere kadar olan çalışmalarımda benden hiçbir zaman desteğini ve sevgisini esirgemeyen hayat arkadaşım, eşim Özge PINARBAŞI'na teşekkürlerimi bir borç biliyorum.

Bizler evlerimizde otururken soğuk, sıcak, yağmur, kar dinlemeden, evlerimize aydınlığı taşımak için, adı “Arıza” olan teknolojinin hatasıyla, neyle karşılaşacağını bilmeden, canları pahasına gece gündüz mücadele veren bu uğurda yaralan, sakat kalan ve ölen bütün dünyadaki elektrik şebekesi çalışanlarına ithaf edilmiştir.

Ekim, 2009

Mete PINARBAŞI

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
TABLO LİSTESİ	x
SEMBOL LİSTESİ	xii
ÖZET	xiii
SUMMARY	xiv
1. GİRİŞ	1
2. TALEP TAHMİNLERİ VE EKONOMİ	6
2.1. TALEP TAHMİNLERİNİN TÜRKİYE EKONOMİSİNE OLAN ETKİLERİ.....	6
2.2. TALEP TAHMİNİ VE ELEKTRİK SİSTEMİNİN PLANLANMASI.....	9
2.3. ELEKTRİK TALEBİ VE TALEBİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER	11
3. TALEP TAHMİNLERİNE ESAS YASAL DÜZENLEMELER.....	23
4. TALEP TAHMİNİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER	26
4.1. EĞRİ UYDURMA YÖNTEMİ.....	26
4.2. ORTALAMA YILLIK ARTIŞ YÜZDESİ KULLANIMI.....	27

4.3. SON KULLANIM YÖNTEMİ	27
4.4. YÜZEYSEL YÜK TAHMİNİ.....	29
4.4.1. Yer Renklendirme Yöntemi	29
4.4.2. Arazi Kullanım Yöntemi	31
4.5. GAYRİ SAFİ MİLLİ HASILAYA (GSMH) DAYALI YAPILAN TAHMİN.....	33
4.6. EKONOMETRİK YÖNTEMLER	33
4.6.1. Regresyon Analizi	34
4.6.2. Regresyondaki Tahmin Hataları ve Korelasyon.....	38
4.6.3. Tahminin Standart Hatası	38
4.6.4. Standart Sapma ve Korelasyon Katsayısı	39
5. YAPAY SİNİR AĞLARI	41
5.1. NİÇİN YAPAY SİNİR AĞI?	42
5.1.1. Doğrusal Olmayan Yapı.....	42
5.1.2. Öğrenme.....	42
5.1.3. Yerel İşlem ve Esneklik	43
5.1.4. Gerçek Zamanlı İşlem	43
5.1.5. Genelleme.....	43
5.1.6. Bellek.....	43
5.1.7. Kendi İlişkisini Oluşturma.....	43
5.1.8. Sınırsız Sayıda Değişken ve Parametre	44
5.1.9. Yapay Sinir Ağlarında Bilginin Depolanması ve Geri Alınması	44

5.2. YAPAY SİNİR AĞLARININ ÜSTÜNLÜKLERİ VE SAKINCALARI	45
5.3. BİR YAPAY SİNİRİN ANA ÖĞELERİ	45
5.3.1. Girişler	46
5.3.2. Ağırlıklar.....	46
5.3.3. Toplama İşlevi.....	47
5.3.4. Etkinlik İşlevi.....	47
5.3.5. Ölçekleme ve Sınırlama.....	47
5.3.6. Çıkış İşlevi.....	48
5.4. ÖĞRENME.....	49
5.5. YAPAY SİNİR HÜCRESİNİN ÇALIŞMA PRENSİBİ	49
5.6. YAPAY SİNİR AĞININ YAPISI	50
5.7. YAPAY SİNİR AĞLARININ ÇALIŞMASI (KARA KUTU YAKIŞTIRMASI)	52
5.8. YAPAY SİNİR AĞLARINDA ÖĞRENME, ADAPTİF ÖĞRENME VE SINAMA	53
5.9. GERİ YAYILIM ALGORİTMASI VE İLERİ BESLEMELİ AĞLAR.....	54
6. MALZEME VE YÖNTEM.....	56
6.1. REGRESYON ANALİZİ.....	56
6.1.1. Çok Değişkenli Regresyon Analizi.....	56
6.1.2. Çok Değişkenli Regresyon Analizinde Hata Analizi.....	57
6.1.3. Bilgisayar Destekli Regresyon Analizi.....	59
6.2. YAPAY SİNİR AĞI KULLANIMI	60

6.2.1. İki Gizli Katmanlı Geriye Yayınım Ağı.....	60
6.2.2. Ağırlıkların Ayarlanması	62
6.2.3. Bilgisayar Destekli Yapay Sinir Ağı Analizi	65
6.2.4. Kullanılan Veri Kümeleri.....	67
6.2.4.1. TEİAŞ (Türkiye Elektrik İletim A.Ş.) Elektrik Enerji Verileri	69
6.2.4.2. Türkiye Ekonomik Göstergeleri ve Tahminleri	71
6.2.4.3. Yıllık Döviz Petrol Fiyatları Üretim Endeksleri	73
6.2.4.4. Türkiye Yıllık İthalat İhracat Turizm Gelirleri ve Tahminleri	75
6.2.4.5. Çeşitli Sektörlerin Üretim Rakamları ve Tahminleri	77
7. BULGULAR.....	79
7.1. REGRESYON YÖNTEMİNİN GÜVENİLİRLİĞİNİN TESTİ...	79
7.1.1. Türkiye Ekonomik Göstergelerinin Elektrik Tüketimi Üzerindeki Etkisinin Regresyon Yöntemi İle İncelenmesi	79
7.1.2. Döviz Kuru,Petrol Fiyatı, Sanayi ve İmalat Endekslerinin Elektrik Tüketimi Üzerindeki Etkisinin Regresyon Yöntemi İle İncelenmesi	82
7.1.3. İthalat İhracat ve Turizm Rakamlarının Elektrik Tüketimi Üzerindeki Etkisinin Regresyon Yöntemi İle İncelenmesi	85
7.1.4. Üretim Rakamlarının Elektrik Tüketimi Üzerindeki Etkisi	88
7.1.5. Regresyon Analizinde Çeşitli Verilerin Kullanılması Halinde Elektrik Tüketimi Tahminindeki Hata Yüzdeleri	90

7.2. YAPAY SİNİR AĞLARI YÖNTEMİNİN GÜVENİLİRLİĞİNİN TESTİ.....	91
7.2.1. Türkiye Ekonomik Göstergelerinin Elektrik Tüketimi Üzerindeki Etkisinin Yapay Sinir Ağı İle İncelenmesi.....	91
7.2.2. Döviz Kuru,Petrol Fiyatı, Sanayi ve İmalat Endekslerinin Elektrik Tüketimi Üzerindeki Etkisinin Yapay Sinir Ağı İle İncelenmesi	94
7.2.3. İthalat İhracat ve Turizm Rakamlarının Elektrik Tüketimi Üzerindeki Etkisinin Yapay Sinir Ağı İle İncelenmesi.....	97
7.2.4. Üretim Rakamlarının Elektrik Tüketimi Üzerindeki Etkisinin Yapay Sinir Ağı İle İncelenmesi	100
7.2.5. Yapay Sinir Ağında Çeşitli Verilerin Kullanılması Halinde Elektrik Tüketimi Tahminindeki Hata Yüzdeleri.....	102
7.2.6. Regresyon Analizi ve Yapay Sinir Ağı Sonuçlarının Karşılaştırılması	103
8. TARTIŞMA VE SONUÇ	104
8.1. REGRESYON ANALİZİ İLE ÇOKLU VERİ KÜMESİ SONUÇLARI.....	104
8.2. YAPAY SİNİR AĞI İLE ÇOKLU VERİ KÜMESİ SONUÇLARI	105
8.3.YAPAY SİNİR AĞI İLE REGRESYON ANALİZİNİN GENİŞLETİLMİŞ VERİ KÜMESİNDE BİLİNER VERİLER IŞIĞINDA KARŞILAŞTIRILMASI.....	107
8.4. REGRESYON ANALİZİ KULLANILARAK 2009-2012 YILLARI ARASI DÖRT YILLIK ELEKTRİK ENERJİSİ TALEP TAHMİNİN YAPILMASI.....	111

8.5. YAPAY SİNİR AĞI KULLANILARAK 2009-2012 YILLARI ARASI DÖRT YILLIK ELEKTRİK ENERJİSİ TALEP TAHMİNİN YAPILMASI.....	112
8.6. ELDE EDİLEN SONUÇLARIN RESMİ PROJEKSİYON İLE KARŞILAŞTIRILMASI.....	113
KAYNAKLAR.....	115
ÖZGEÇMİŞ.....	117

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 : Talep tahmin süreleri, elektrik enerji sistemi tesisi ilişkisi	3
Şekil 2.1 : Elektrik sistem planlaması	10
Şekil 2.2 : Türkiye elektrik enerjisi talep artışının GSYİH büyümesine olan esnekliği	19
Şekil 2.3 : Elektrik enerjisi talep tahmin modeli	22
Şekil 4.1 : Konut tüketicilerinin puant yük ve enerji tüketim değerlerinin elektrikli donanım gruplarının kullanılarak elde edilmesi	28
Şekil 4.2 : Tüm tüketicilerin puant yük ve enerji tüketim değerlerinin alt tüketici gruplarından elde edilmesi	28
Şekil 4.3 : Yer renklendirme yöntemi	30
Şekil 4.4 : (x_i, y_i) Değişkenlerin dağılım diyagramı	34
Şekil 5.1 : Yapay sinir hücresi	46
Şekil 5.2 : Yapay sinir ağlarında kullanılan etkinlik işlevleri.....	48
Şekil 5.3 : Bir yapay sinir hücresinin çalışma örneği.....	50
Şekil 5.4 : Yapay sinir ağı katmanları ve birbiriyle ilişkisi	51
Şekil 5.5 : Bir yapay sinir ağı örneği.....	51
Şekil 5.6 : Yapay sinir ağı girdi çıktı ilişkisi	52
Şekil 5.7 : Öğrenme ve sınama	54
Şekil 6.1 : Lojistik Transfer Fonksiyonu	61
Şekil 6.2 : Türkiye maksimum günlük tüketiminin yıllara göre değişimi.....	70
Şekil 6.3 : Türkiye minimum günlük tüketiminin yıllara göre değişimi.....	70
Şekil 6.4 : Türkiye brüt elektrik enerjisi talep miktarının yıllara göre değişimi.....	70
Şekil 6.5 : Türkiye anlık puantının yıllara göre değişimi	70
Şekil 6.6 : Türkiye nüfusunun yıllara göre değişimi	72
Şekil 6.7 : Türkiye’de kişi başına düşen milli gelirin yıllara göre değişimi.....	72
Şekil 6.8 : Türkiye gayri safi milli hasılasının yıllara göre değişimi	72
Şekil 6.9 : Türkiye büyüme hızının yıllara göre değişimi	72
Şekil 6.10 : Türkiye yıl ortası dolar kurunun yıllara göre değişimi	74
Şekil 6.11 : Türkiye sanayi üretim endeksinin yıllara göre değişimi.....	74
Şekil 6.12 : Türkiye imalat üretim endeksinin yıllara göre değişimi	74
Şekil 6.13 : Dünya petrol varil fiyatlarının yıllara göre değişimi	74
Şekil 6.14 : Türkiye ithalat rakamlarının yıllara göre değişimi	76
Şekil 6.15 : Türkiye ihracat rakamlarının yıllara göre değişimi	76
Şekil 6.16 : Türkiye turizm gelir rakamlarının yıllara göre değişimi.....	76
Şekil 6.17 : Türkiye sıvı çelik üretiminin yıllara göre değişimi	78
Şekil 6.18 : Türkiye çimento üretiminin yıllara göre değişimi.....	78
Şekil 6.19 : Türkiye renkli televizyon üretiminin yıllara göre değişimi	78
Şekil 7.1 : Ekonomik veriler doğrultusunda regresyon yöntemi ile yük tahmini sonuçları	79

Şekil 7.2 : Regresyon yöntemi ile türkiye ekonomik verileri doğrultusunda talebin yıllara göre yüzde hata dağılımı	81
Şekil 7.3 : Döviz, petrol, sanayi ve imalat endeksleri doğrultusunda regresyon yöntemi ile yük tahmini sonuçları	82
Şekil 7.4 : Regresyon yöntemi ile döviz, petrol, sanayi ve imalat endeksleri doğrultusunda talebin yıllara göre yüzde hata dağılımı	84
Şekil 7.5 : İthalat ihracat ve turizm rakamlarının regresyon yöntemi ile yük tahmini sonuçları	85
Şekil 7.6 : Regresyon yöntemi ile ithalat ihracat turizm rakamları doğrultusunda talebin yıllara göre yüzde hata dağılımı	87
Şekil 7.7 : Üretim rakamları ile regresyon analizi sonuçları	88
Şekil 7.8 : Regresyon yöntemi ile üretim rakamları doğrultusunda talebin yıllara göre yüzde hata dağılımı	90
Şekil 7.9 : Türkiye ekonomik göstergeleri kullanılarak elektrik tüketiminin yapay sinir ağları ile incelenmesi sonuçları	91
Şekil 7.10 : Yapay sinir ağı ile Türkiye'nin ekonomik verileri doğrultusunda talebin yıllara göre yüzde hata dağılımı	93
Şekil 7.11 : Döviz kuru, petrol fiyatı, üretim endeksleri verileri kullanılarak yapay sinir ağları ile tüketimlerin analiz sonuçları.....	94
Şekil 7.12 : Yapay sinir ağı ile döviz, petrol ve endeks verileri doğrultusunda talebin yıllara göre yüzde hata dağılımı	96
Şekil 7.13 : İthalat ihracat ve turizm rakamlarının elektrik tüketimine etkilerinin yapay sinir ağı ile incelenmesi sonuçları	97
Şekil 7.14 : Yapay sinir ağı ile ithalat ihracat turizm rakamları doğrultusunda talebin yıllara göre yüzde hata dağılımı	99
Şekil 7.15 : Üretim rakamlarının elektrik tüketimine etkilerinin yapay sinir ağı ile incelenmesi sonuçları.....	100
Şekil 7.16 : Yapay sinir ağı ile üretim rakamları doğrultusunda talebin yıllara göre yüzde hata dağılımı	102
Şekil 8.1 : Genişletilmiş veri seti ile regresyon analizi tahmin sonuçları	104
Şekil 8.2 : Genişletilmiş veri seti ile yapay sinir ağı kullanılarak tahmin sonuçları...	105
Şekil 8.3 : Regresyon analizi ve yapay sinir ağı sonuçlarının genişletilmiş veri kümesinde bilinen veriler ışığında karşılaştırmalı sonuçları.....	108
Şekil 8.4 : Regresyon analizi ve yapay sinir ağı sonuçlarının genişletilmiş veri kümesinde bilinen veriler ışığında karşılaştırmalı hata durumları	108
Şekil 8.5 : Gerçek değeri bilinen yılların sistem tahmin sonuçları	109
Şekil 8.6 : Gerçek değeri bilinen yılların sistem tahmin hata yüzdeleri	109

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 : Türkiye elektrik arzında zorunlu tasarruf uygulamaları	11
Tablo 2.2 : OECD World Energy Outlook 2004 te yer alan ekonomik büyüme varsayımları.....	13
Tablo 2.3 : OECD World Energy Outlook 2004 te yer alan nüfus artış oranları	13
Tablo 2.4 : OECD World Energy Outlook 2004 te yer alan birincil enerji talebi, nihai enerji tüketimi tahminleri.....	14
Tablo 2.5 : OECD ve AB ülkelerinde kişi başına kurulu güç, brüt üretim ve tüketim değerleri.....	15
Tablo 2.6 : OECD ve AB ülkelerinde iç tüketim, kayıp ve net tüketim değerleri.....	16
Tablo 2.7 : OECD, AB ve Türkiye'deki birincil enerji talebi, elektrik talebi ve GSYİH gerçekleştirmelerine ilişkin veriler.....	17
Tablo 2.8 : Türkiye elektrik enerjisi talep artışının GSYİH büyümesine olan esnekliği	18
Tablo 2.9 : OECD ülkelerinde elektrik satış fiyatları	19
Tablo 5.1 : Yapay sinir ağlarının üstünlük ve sakıncaları.....	45
Tablo 5.2 : Biyolojik sinir ağı ile yapay sinir ağının karşılaştırılması.....	49
Tablo 6.1 : 2002 yılı referans (100) alınarak gerçek döviz kuru değerleri	68
Tablo 6.2 : 1980 sonrası Türkiye elektrik enerji verileri	69
Tablo 6.3 : 1980 sonrası Türkiye ekonomik göstergeleri ve tahminleri	71
Tablo 6.4 : 1980 sonrası döviz kurları petrol fiyatları üretim endeksleri ve tahminleri	73
Tablo 6.5 : 1980 sonrası ithalat ihracat turizm gelirleri ve tahminleri	75
Tablo 6.6 : 1980 sonrası çimento, çelik, elektronik üretim miktarları ve tahminleri	77
Tablo 7.1 : Ekonomik veriler doğrultusunda regresyon yöntemi sonuçları	80
Tablo 7.2 : Ekonomik veriler doğrultusunda değeri bilinen deneme amaçlı kullanılan yılların sonuçları	81
Tablo 7.3 : Döviz, petrol, sanayi ve imalat endeksleri doğrultusunda yıllar bazında regresyon yöntemi sonuçları	83
Tablo 7.4 : Döviz, petrol, sanayi ve imalat endeksleri doğrultusunda değeri bilinen deneme amaçlı kullanılan yılların tahmin sonuçları.....	84
Tablo 7.5 : İthalat ihracat ve turizm rakamlarının regresyon yöntemi ile yük tahmini sonuçları	86
Tablo 7.6 : İthalat, ihracat, turizm rakamları doğrultusunda değeri bilinen deneme amaçlı kullanılan yılların tahmin sonuçları.....	87
Tablo 7.7 : Üretim rakamları ile regresyon analizi sonuçları.....	89
Tablo 7.8 : Üretim endeksleri doğrultusunda değeri bilinen deneme amaçlı kullanılan yılların tahmin sonuçları	90
Tablo 7.9 : Regresyon analizinde çeşitli verilerin kullanılması halinde elde edilen hata yüzdeleri.....	90

Tablo 7.10 : Türkiye ekonomik göstergeleri kullanılarak elektrik tüketiminin yapay sinir ağı ile incelenmesi sonuçları	92
Tablo 7.11 : Türkiye ekonomik verileri yapay sinir ağlarında kullanılarak değeri bilinen deneme amaçlı kullanılan yılların tahmin sonuçları	93
Tablo 7.12 : Döviz kuru, petrol fiyatı, üretim endeksleri verileri kullanılarak yapay sinir ağı ile tüketimlerin analiz sonuçları.....	95
Tablo 7.13 : Döviz kuru, petrol fiyatı, üretim endeksleri verileri kullanılarak değeri bilinen deneme amaçlı kullanılan yılların tahmin sonuçları	96
Tablo 7.14 : İthalat ihracat ve turizm rakamlarının elektrik tüketimine etkilerinin yapay sinir ağı ile incelenmesi sonuçları	98
Tablo 7.15 : İthalat, ihracat ve turizm verileri kullanılarak değeri bilinen deneme amaçlı kullanılan yılların tahmin sonuçları.....	99
Tablo 7.16 : Üretim rakamlarının elektrik tüketimine etkilerinin yapay sinir ağı ile incelenmesi sonuçları.....	101
Tablo 7.17 : Üretim rakamları kullanılarak değeri bilinen deneme amaçlı kullanılan yılların tahmin sonuçları	102
Tablo 7.18 : Çeşitli veriler kullanıldığında yapay sinir ağı ile önceden değeri bilinen tahmin yıllarının hata yüzdeleri.....	102
Tablo 7.19 : Regresyon analizi ve yapay sinir ağı sonuçlarının hata oranlarının karşılaştırılması.....	103
Tablo 8.1 : Genişletilmiş veri seti ile regresyon analizi tahmin sonuçları	105
Tablo 8.2 : Genişletilmiş veri seti ile yapay sinir ağı kullanılarak tahmin sonuçları	106
Tablo 8.3 : Regresyon analizi ve yapay sinir ağı sonuçlarının genişletilmiş veri kümesinde bilinen veriler ışığında karşılaştırmalı sonuçları.....	107
Tablo 8.4 : Regresyon analizi ve yapay sinir ağı sonuçlarının genişletilmiş veri kümesinde bilinen veriler ışığında değeri bilinen yıllar karşılaştırmalı sonuçları	108
Tablo 8.5 : Devlet planlama teşkilatınca açıklanmış nüfus ve ekonomik hedefler	111
Tablo 8.6 : Devlet planlama teşkilatınca açıklanmış döviz kuru, petrol fiyatı ve endeks tahminleri	111
Tablo 8.7 : Dört yıllık hedefler doğrultusunda regresyon analizi ile elde edilen elektrik enerji tüketimi tahmin değerleri	112
Tablo 8.8 : Dört yıllık hedefler doğrultusunda yapay sinir ağı ile elde edilen elektrik enerji tüketimi tahmin değerleri	112
Tablo 8.9 : Türkiye Elektrik İletim A.Ş. tarafından hazırlanmış talep tahminleri	113
Tablo 8.10 : Tez çalışma sonuçlarının TEİAŞ verileri ile karşılaştırılması.....	114

SEMBOL LİSTESİ

E_t	: t yılındaki enerji tüketimi
E_0	: en son yıldaki enerji tüketimi
ε	: Enerji tüketimi ortalama yıllık artış yüzdesi
χ_i	: bağımsız değişken
y_i	: bağımlı değişken
χ_i'	: regresyon sonucu hesaplanan bağımsız değişken
y_i'	: regresyon sonucu hesaplanan bağımlı değişken
S	: tahmini standart hata
σ	: standart sapma
r	: korelasyon katsayısı

ÖZET

ELEKTRİK ENERJİ SİSTEMLERİNDE TALEP TAHMİN YÖNTEMLERİ VE YAPAY SİNİR AĞLARI UYGULAMASI

Dünyada ardı ardına meydana gelen petrol krizlerinden sonra, yeni enerji kaynakları arayışı artmış olup, bulunan enerji kaynaklarının da sınırsız olmaması ve bir gün biteceği gerçeği üzerine iktisatın temel ilkesi olan arz talep dengesi işlemeye başlamıştır. Sürekli artan elektrik enerjisi talebine karşı, arz güvenilirliğinin sağlanması günümüzün en büyük sorunlarından biridir.

Ülkemizde özellikle geçmiş yıllarda alışlagelmiş düşünce yapısı artık değişmekte olup, elektrik enerjisinin sınırsız, sosyal bir hizmet olmadığı anlaşılmaktadır. Bir varil petrol ve bir MWh elektrik enerjisinin hemen hemen aynı olduğunun öğrenilmesi, elektrik enerjisinin de bir ticari mal olarak kabul edilmesi gerekmektedir.

1994 yılından beri çalışmaları süren elektrik piyasasının oluşumu, özellikle 2001 yılında 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu'nun çıkarılması ve düzenleyici kurum olan Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) 'nın kurulması ile elektrik enerjisine ve sistemlerine gereken önem verilmeye başlanmıştır. Özellikle özelleştirmeler ile daha önceleri siyasi rant kapısı olarak görülen elektrik sisteminde, artık fiyatları piyasa belirleyecek ve devlet çapraz sübvansiyonlara gitmeyecek, devletin ve milletin üzerindeki yük kalkacaktır.

Bilindiği üzere dağıtım, iletim ve üretim şirketlerinin en öncelikli hedefleri arasında meydana gelebilecek olan enerji talebini karşılamak yatmaktadır. Bu talebin karşılanabilmesi için elektrik üretiminden, dağıtımına her aşamada taleplerin önceden tahmin edilmesi gerekmektedir. Eğer tahmin edilen talep meydana gelen talebin altında kalır ise sistemde kısıtlamalar ve arızalar meydana gelebilecektir. Diğer türlü talep tahmini meydana gelenin üzerinde olursa da bu defa ölü yatırımlar ve yüksek fiyatlı gereksiz anlaşmalar yapılacak maddi kaynaklar doğru değerlendirilemeyecektir.

Geçmiş yıllarda talep tahminlerinin yerinde yapılamaması, devletin sürekli üretime yönelmesi dağıtım ve iletimde yetersiz yatırımdan dolayı sıkıntılar da görülmüştür. Bu kapsamda kurulan Enerji Piyasası ve Düzenleme Kurumu tarafından 2006 yılında yayımlanan Elektrik Enerjisi Talep Tahminleri Hakkında Yönetmelik'le talep tahminine verilen önem yasalarla sabitlenmiştir. Ancak çoğu halen devlet elinde bulunan dağıtım şirketleri talep tahminlerini yaparken yetersiz kalmakta bilimsel yöntemlerden uzak yanlış tahminlerde bulunmaktadır. Bu sebeple, bu tez çalışmasında dağıtım şirketlerine talep tahminlerinde yol gösterecek tahmin hata oranlarını azalatacak, ve yardımcı olacak teknik veriler ve yöntemler sunulmuştur.

SUMMARY

THE METHODS FOR DEMAND FORECASTING IN ELECTRIC POWER SYSTEMS AND APPLICATION OF NEURAL NETWORKS

After the consecutive world petrol crises, the people aimed to find new energy sources. But the sources are not infinite, and one day humanity will run out them. And then the fundamental theorem of the economy will start. Everyday the demand is increasing and across the demand, supply is increasing slow or decreasing. The price is everytime increasing. This problem is the one of the biggest problems of the humanity.

In Turkey, the opinion about the electricity is changing. Now the people learnt that there is no difference between one barrel of petrol and one MegaWatt-hour electric energy. The electrical energy is not infinite and is not a social good, it is commercial.

Since 1994, establishing the Turkish electricity market continued and recent years it is growing faster. Especially decelerating the 4628 numbered Electricity Market Law and establishing the Electricity Market Regulatory Authority in 2001 increased the attention to the electricity energy and the market.

After the privatizations, electricity system will not be a political one, it will be commercial. The government will stop paying money for subventions and the load on the citizens will decrease.

It is known that the major aim of the distribution, transmission and production companies is to supply the demand. To supply the demand every time, needs to know the future demands. If the forecast of electricity demand isn't successful, and if it is over the demand, it will cause dead investments, high price energy buying deals etc... The other side if the forecasts are under the demand, the system will be limited or it will cause faults in cables, transformers etc...

In past, because of the inadvisable forecasts the government made investments in electricity production sector, but the distribution and transmission part of the electricity system lived crises. In 2006, a legislation was published by Electricity Market Regulatory Authority and the distribution companies are forced to make forecasts with low error rates for the next year and the next ten years. After the forecast values of distribution companies, the transmission and production companies will use the data in their investment programs. But still the distribution companies in Turkey which are especially operated by government are not ready to forecast the electricity demand in scientific methods.

1. GİRİŞ

Elektrik enerjisi, üretim yerinden çok uzaklara iletim ve dağıtım şebekeleri ile kolayca taşınabilen, dağıtımı 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. Tüketicilere ekonomik, güvenilir ve kaliteli enerji sunmak için, iyi bir yük tahminine dayalı planlama yapılmalıdır. Elektrik enerjisi tüketimine yönelik tahminler, yük tahmini olarak da isimlendirilebilir. Yük tahmini, geçmişteki koşulların incelenerek gelecekteki durumun tahmin edilmesine dayanır. Etkili bir sistem planlaması için, puant yük ve enerji ihtiyacının tahmin edilmesi gereklidir. Elektrik enerjisinin depolanamaması, talep tahminindeki doğruluk derecesinin önemini artırmaktadır. Yapılacak tahminler ne kadar doğru olursa, yapılan planlama çalışmalarının da o kadar başarılı olacağı açıktır.

Enerji sistemlerinin geleceğe dönük olarak planlanması uzun bir dönemi kapsayabilir. Bu nedenle yük kestiriminde birçok parametre etkili olabilmektedir. Geleceğe dönük kestirim yapan kişi, gelecekteki talebin büyüklüğünü etkileyecek olan az bilgiye sahip ise verilecek kararlar daha çok önem taşır. İletim hatlarının planlanması sırasında bölgesel yük kestiriminin iyimser yaklaşım ile yapılması durumunda ileriki yıllarda hattın çekilebilecek olan yük kapasitesinin çok üstünde olabilecektir. Bu durumda sisteme bağlı olan yeraltı kabloları ve güç transformatörleri gibi işletme araçları zarar görebilir. Yük kestiriminin kötümser yaklaşım ile yapılması durumunda ise hattın yüklenme akımı, izin verilebilir değerin çok altında kalacaktır. Bu durumda tesis edilen hat için öngörülen sınır değere ulaşılmayacak ve sistem gereksiz yere yüksek kapasitede tasarlanmış olacağından tesis ve yatırım maliyeti önemli ölçüde artacaktır. [1]

Yukarıda sözü edilen iki durum için de maliyet çok yüksek olacaktır. Bu nedenle hattın yüklenmesinin geleceğe dönük olarak nasıl artacağı, yanıtı aranan bir soru olarak karşımıza çıkmaktadır. Ülkemizde, enerji iletim sistemi için yapılan akım taşıma kapasitesi hesaplamalarında %65'lik yük faktörü dikkate alınarak işletme araçları

seçilmekte ve tesis edilmektedir. Genellikle sistem, bu yük faktörünün altında işletilmekte ise de aşırı yüklenme ve puant saatlerinde %100' e yakın değerler alabildiği gibi, yanlış planlama durumunda kısa süre sonra buna yakın değerlerde işletilebilmektedir. Sorunun çözümü için, sağlıklı bir planlama ve hassas bir yük kestirimi yapılması gereklidir. Bu amaçla analiz edilen yüklerin özellikleri ve büyüklüklerinin, günlük, aylık vb. dönemsel değişimleri, bölgesel dağılımları çok önem taşımaktadır. Geçmişe ait yük verileri incelenerek bu yüklerin büyüme şekli geleceğe dönük yük kestirimi yaparken en önemli parametreyi temsil etmektedir. Bunun dışında önemli diğer bir nokta olan endüstriyel alanların sisteme girişinin de göz önünde tutulması, yük artışındaki can alıcı noktayı teşkil etmektedir. Bu nedenle yük kestirim çalışmaları önemli yargı ve sonuçları içermektedir. [2]

Yük kestirimi elektrik enerji piyasasının arz, talep, üretim, iletim, dağıtım ve ücretlendirme gibi konularında çok büyük önem taşımaktadır. Güç sistemlerinin planlanması gelecekte sisteme ilave edilebilecek yüklerin kestirimiyle başlar. Yük kestiriminin, enerji üretim, iletim ve dağıtım sistemlerinin geleceğe yönelik talepleri karşılayabilecek şekilde yapılması gereklidir. Planlama çalışmalarının daha sağlıklı yapılabilmesi için kullanılacak olan talep verileri gerçeğe yakın olarak kestirilmelidir. Etkili bir sistem planlaması için gerek duyulan enerji ihtiyacının ve puant yük miktarının kestirilmesi gerekmektedir. [3]

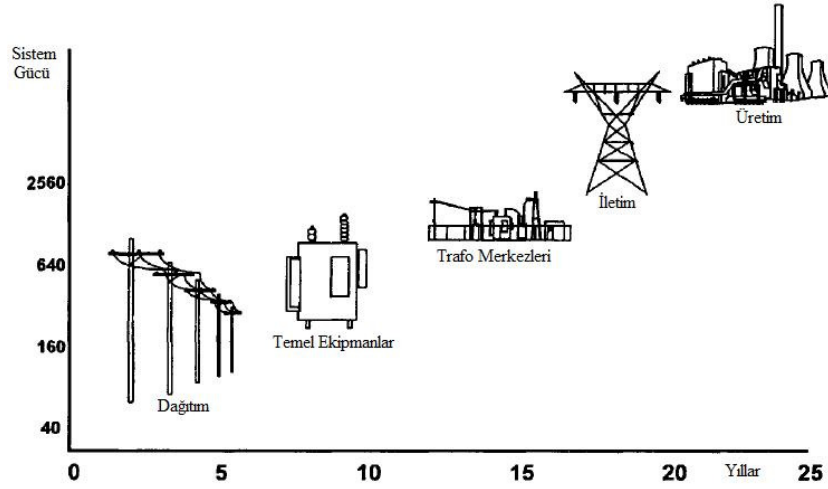
Elektrik enerjisi tüketimi tahminine yönelik çalışmalar genellikle üç sınıfta değerlendirilebilir:

1. Kısa dönemli tahmin: saatlik, günlük veya haftalık.
2. Orta dönemli tahmin: aylık, üç aylık.
3. Uzun dönemli tahmin: yıllık veya daha uzun dönemler.

Kısa dönem yük tahminleri, birkaç dakika ile bir günlük veya haftalık zaman dilimini kapsarlar. Güç santralleri arasında yük paylaşımı ile jeneratörlerin devreye girip çıkması kısa dönem yük tahminleri ile belirlenir. Genellikle, günlük yük eğrisindeki puant yük değerleri gerçek zamanlı olarak önceden görülmeye çalışılır. Bu tahmin yönteminde en önemli veri zaman ve hava koşullarıdır.

Orta dönem yük tahminleri, bir ay ile bir yıllık zaman aralığını kapsar. Bu tahminlerde amaç; satış tarifelerini, bakım periyotlarını ve yakıt kaynaklarını belirleyerek iletim, dağıtım sistemleri ile kısa sürede devreye alınabilecek santralleri planlamaktır.

Uzun dönem yük tahminleri, bir yıldan daha uzun süreyi kapsamaktadır. Yeni enerji santralleri kurmak ve üretilen enerjiyi tüketiciye ulaştırmak, uzun süre gerektirdiği için gelecekteki enerji tüketim değerlerinin tahmin edilmesi bu grupta incelenir.



Şekil 1.1 : Talep tahmin süreleri, elektrik enerji sistemi tesisi ilişkisi [4]

Enerji talep tahminleri için çeşitli kişiler ve kurumlar araştırmalarında, çok farklı yöntemler kullanmışlardır. Detayları ilerleyen bölümlerde anlatılacak olan bu yöntemlerin bir çoğu talep tahminlerini düşük hata ile bulabilmektedir. Ancak enerji talep gücünün bir çok değişkene bağlı olması ve gün içerisinde dahi rastgele süreçler izlemesi sebebiyle talep tahmini yapılmak üzere tam olarak bir sistem modeli kurulamamaktadır. Bulunan verilerin hata payları kısa dönemli tahminlerde az olmakla birlikte, uzun dönem talep tahminlerinde bu hatalar artabilmektedir. Sistemin modellenmesinin zor olması ve sistemin bir çok parametreden etkilenmesi sebebiyle eski yöntemlerin işlem yükleri çok fazla olmakla birlikte hata payları yeterli gelmemektedir.

Dünyada ve ülkemizde, özellikle Avrupa Birliği'ne uyum sürecinde elektrik piyasa yapılanmasının öneminin artması ile, 4628 sayılı “Elektrik Piyasası Kanunu” ile piyasalarda dengeyi, işletmeyi ve denetlemeyi yapmak üzere “Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu (EPDK)” kurulmuştur.

EPDK tarafından talep tahminlerine özel önem verilmekte olup, konuyla ilgili “Elektrik Enerjisi Talep Tahminleri Hakkındaki Yönetmelik” 2006 yılında yayımlanmıştır. Bu yönetmelikte talep tahmininde tümevarım ilkesi ile dağıtım şirketlerinin talep tahminleri esas alınmıştır. Bu sebeple lisans sahibi her dağıtım şirketinin yıllık ve 10 yıllık olarak talep tahminlerini yaparak kuruma bildirmesi zorunlu kılınmıştır. Yine aynı yönetmelikte talep tahmininde hangi kriterlere uyulacağı, tahminlerin ne şekilde yapılacağı ve kısıtları hakkında bilgi verilmiştir. Yönetmelik detaylı incelendiğinde dağıtım şirketlerinin talep tahminlerinin kararlı olması gerektiği özellikle belirtilmiş olup, ilerleyen dönemlerde yanlış talep tahminlerinde bu konuyla ilgili dağıtım şirketlerine ağır yaptırım uygulanacağı da düşünülmektedir. Yönetmelikte, talep tahminleri yapılırken geleneksel yöntemlerden uzak bilimsel yöntemlerin uygulanması istenmektedir. Bu yöntemlerle ilgili olarak ise hata payının belli değer aralığında kalması, talep tahmin yönteminin güncellenebilir olması gibi çeşitli kısıtlar koyulmuştur. Yönetmelik incelendiğinde bir çok eski talep tahmin yönteminin istenileni veremeyeceği açıktır. Bu sebeple dünyada ve özellikle ülkemizde yeni talep tahmin yöntemleri çalışmaları sürmektedir. [11]

Son yıllarda Türkiye de yük tahmini analizinde birçok çalışmalar yapılmıştır. Yapay sinir ağlarını kullanarak İstanbul'un bazı bölgeleri için yük tahmin analizini gerçekleştirilmiştir. [6] Gaziantep yöresi için yük tahmin analizi en küçük kareler yöntemi ile gerçekleştirmiştir. [7] Brezilya'nın endüstriye ait elektrik tüketiminin tahmin edilmesi aylık veriler kullanılarak zaman serisi ile gerçekleştirmişlerdir. Zaman serisi analizi yöntemleri ile aylık verilere göre yük tahmin analizi yapılmakta ve elde edilen sonuçlara göre kısa dönem planlarının yapılmasına imkan sağlanmaktadır. [8]

Yapılan bir çok çalışma geleceğe yönelik tahminde, yapay sinir ağlarının (YSA) en az geleneksel yöntemler kadar, hatta daha iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir. YSA'nın özellikle doğrusal olmayan zaman serilerinde gösterdiği başarı, bir tahmin aracı olarak tercih edilmesini sağlamıştır. Kısa dönemli elektrik enerjisi talep tahmini için YSA'nın kullanıldığı bir çok çalışma mevcuttur. Park ve Sandberg çalışmalarında YSA'nın, kısa dönemli yük tahmininde, regresyon tabanlı tahmin tekniklerinden daha iyi sonuç verdiğini belirtmektedir. Peng vd. kısa dönemli yük tahmini için değişik ağ alternatiflerini karşılaştırmışlardır. Liang ve Cheng, Tamimi ve Egbert, Dash vd., kısa dönemli yük tahmini için bulanık sinir ağlarını kullanmışlardır. Srinivasan, genetik algoritma ile geliştirilmiş YSA yardımı ile haftalık tahminde bulunmuştur. Kodogiannis ve Anagnostakis, Radyal Tabanlı Sinir Ağları, Dinamik Sinir Ağları, Bulanık Sinir Ağları ile Otoregresif (Auto Regressive- AR) modelleri karşılaştırmıştır. [9]

Uzun dönemli elektrik enerjisi tüketimi tahmini için yapılmış bazı çalışmalar mevcuttur. Kermanshahi ve Iwamiya, Japonya için 2020 yılına kadar elektrik enerjisi tüketiminin tahmininde geri yayımlı sinir ağlarını (backpropagation networks) ve Jordan geri yayımlı sinir ağını kullanmışlardır. Al-Saba ve El-Amin, Suudi Arabistan için 1997-2006 tarihleri arasında gerçekleşecek en yüksek yük talebini tahmin etmeye çalışmışlardır. Parlos vd., uzun dönemli yük tahmini için YSA, genetik algoritma (GA) ve bulanık mantığın (BM) beraber kullanıldığı melez bir model geliştirmişlerdir. Padmakumari vd. uzun dönemli yük tahmini için, bulanık sinir ağları ile tahminde bulunmaya çalışmışlardır. C.Hamzaçebi ve F.Kutay çalışmalarında, Türkiye elektrik enerjisi tüketimi için günümüzden, 2010 yılına kadar uzun dönemli bir tahmin yapmaya çalışılmıştır. Bu çalışmalarında zaman serileri analizi teknikleri, regresyon tekniği ve yapay sinir ağları tahmin için kullanılmış ve hangi yöntemin daha iyi olduğu sonuçlarına varılarak yapay sinir ağlarının uzun dönemli yük tahmininde kullanılabilirliği gösterilmiştir. [9]

Yapay Sinir Ağlarının (YSA), özellikle lineer olmayan problem çözümlemelerinde geleneksel yöntemlere göre gösterdikleri performans ve eğitim için kullanılan sınırlı sayıdaki değerlerden hareketle genelleme yapabilme yetenekleri bu tekniğin yaygın kullanımını doğurmuştur. Yapay sinir ağları değişik araştırma grupları tarafından yük tahmin analizi problemini çözmek amacıyla kullanılmıştır. [5]

2. TALEP TAHMİNLERİ VE EKONOMİ

2.1. TALEP TAHMİNLERİNİN TÜRKİYE EKONOMİSİNE OLAN ETKİLERİ

Enerji üretimindeki payı sürekli yükselen yegane enerji kaynağı olan elektrik enerjisine yönelik talep, küresel ekonomik büyümeye paralel olarak, her geçen gün hızlı bir şekilde artmaya devam ederken, oluşan talebin en düşük maliyetle ve en kaliteli biçimde karşılanması, arz ve çevre güvenliğinin sağlanması, günümüz çağdaş elektrik sistemleri tasarım ve kaynak planlamalarında temel hedefler haline gelmiştir.

Söz konusu hedeflere ulaşılmasında en önemli ön koşulun elektrik enerjisi talep tahminlerinin doğru yapılabilmesi olduğu değerlendirilmektedir. Bunun gerçekleşmemesi halinde ise;

- Elektrik üretim, iletim ve dağıtım sistemlerine yönelik hangi temel yatırımların ne şekilde yapılacağı,
- Bu sistemlerin birbirleri ile nasıl entegre edileceği,
- Kısa-orta-uzun vadede hangi santralde, ne zaman ve ne kadar enerji üretilmesi gerektiği,
- Üretilen enerjinin hangi şebekeler üzerinden tüketiciye nasıl ulaştırılacağı,
- Acil durumlarda hangi ek tedbirlerin alınması gerektiği,
- Komşu ülkelerle enerji alış-verişinin nasıl olması gerektiği,
- Ülkelerin dış şoklara karşı nasıl bağışıklık kazanabileceği

gibi karmaşık bir dizi tasarım ve planlama kararı ile stratejinin yukarıda belirtilen hedeflere uygun olarak kurgulanması mümkün olmayacağı gibi, aşağıda özetlendiği şekilde, ciddi ekonomik ağır kayıplar da ortaya çıkabilecektir.

1. Elektrik enerjisi talebinin olması gerekenden düşük tahmin edilmesi ve buna bağılı olarak yanlış kurgulanmış sistem tasarımı ve planlamasına sahip olunması halinde; zorunlu elektrik kesintileri ve zorlama elektrik tasarrufları gibi pek çok sıkıntının ortaya çıkması hatta ekonomik büyüme ve bireysel refah artışının sektöre uğraması gündeme gelecektir.

2. Talebin olması gerekenin çok üzerinde tahmin edilmesi ve özellikle orta uzun vadeli yatırım kararlarının bu şekilde belirlenen iyimser projeksiyonlar üzerine alelacele bir biçimde tesis edilmesi durumunda ise; ciddi miktarda arz kapasitesinin atıl hale gelmesi, yatırım ödeneklerinin ihtiyaç duyulan diğer alanlara tahsis edilememesi nedeniyle kaynak dağılımının rasyonel yapılamaması ve kaynak israfı kaçınılmaz olacaktır.

Nitekim günümüzde Türkiye elektrik piyasasında yaşanmakta olan aşağıda özetlenmiş sorunların başlıca sebebinin, geçmişte elektrik talep tahminlerinin rasyonel bir biçimde yapılmamış ve sistem tasarımının gerçekçi olmayan bu tahminler üzerine tesis edilmiş olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

- Elektrik fiyatlarının yerli sanayinin uluslararası alanda rekabet etmesine engel olacak düzeyde seyretmesi,
- Geçmişte elektrik arz açığı oluşacağı öngörüsüyle imzalanan yüksek miktar ve fiyat garantili pahalı elektrik alım sözleşmeleri nedeniyle hal-i hazırda yasal alt yapı hazır olmasına rağmen, pratikte serbest piyasa yapısına geçilememesi ve aşırı yüksek koşullu yükümlülükler nedeniyle kamu maliyesi üzerinde önemli riskler bulunması,
- Başta kamu santralleri olmak üzere elektrik üretiminde atıl kapasite oranlarının vahim boyutlara ulaşması; bu durumun ciddi kaynak israfına yol açması, yerel birincil enerji kaynaklarının yeterince değerlendirilmemesi, birincil enerji kaynakları yönünden dışa bağımlılığın artması,
- Uygulanmakta olan ekonomik programın önemli bir ayağı olan özelleştirme sürecinin yukarıdaki nedenlerle aksaması,
- Yatırımların sürekli olarak üretim alanında yoğunlaşmış olması sebebiyle iletim ve dağıtım sistemlerinin ihmal edilmesi

Tüm bu sorunların kaynağı olarak görülen geçmiş dönem elektrik enerjisi talep tahmin çalışmalarının rasyonel olup olmadığı, ya da Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) tarafından üretilen tahminlerin doğru matematiksel modellere dayandırılıp dayandırılmadığına ilişkin çeşitli sözel tartışmalar yapıla gelmişse de, bunların sistematik ve bütünsel bir biçimde değerlendirildiği herhangi bir çalışma yapılmadığı görülmektedir. [10]

Bilindiği gibi, Türkiye’de 2001 yılında yapılan bir dizi reform çalışması ile;

- Tamamıyla kamu tekeline dayalı, elektrik üretim-iletim ve toptan ticaretinin tek elde toplandığı TEAŞ ve buralardaki yapısal sorunların, alt faaliyetler arasında çapraz sübvansiyonlar ya da hazineden ilgili KİT’e kaynak aktarılması suretiyle gizlendiği, elektriğin çoğu zaman devletçe sağlanması zorunlu olan bir tür sosyal yardım aracı gibi görülmesi nedeniyle bunun nihai tüketiciye ulaştırılmasından sorumlu KİT’in (TEDAŞ) basiretli tüccar davranışı sergileyemediği, ülkenin geleceğini etkileyecek talep tahmini ve yatırım kararları gibi çalışmaların şeffaf bir biçimde yapılmadığı, yatırım kararlarının merkezi olarak alındığı, yetki-sorumluluk dengesinin kurulmaması nedeniyle, ortaya çıkan bahse konu yanlışlıkların denetlenemediği ve sorumlularının hesap vermediği bir piyasa yapısından

- Tam rekabetçi, her türlü faaliyetin birbirinden net bir biçimde ayrıldığı ve çapraz sübvansiyonların mümkün kılınmadığı, kuralların şeffaf ve her oyuncu için eşit olduğu, düzenleme ve denetiminin bağımsız bir kurumca (EPDK) yapıldığı, ilgili bakanlığın (ETKB) görevinin sadece sektörel stratejileri belirlemeye indirgendiği, piyasa oyuncularının faaliyetlerine devam edebilmelerinin ekonomik açıdan rasyonel davranmalarına bağlı olduğu, iletim dışındaki tüm faaliyetlerin özel sektör katılımı ile gerçekleştirilmesinin amaçlandığı, yatırımlar gibi konularda temel kararların tamamen piyasa oyuncularınca alındığı, nihai tüketicilerin korunduğu, küresel gelişmelerin yakından takip edildiği, piyasa aktörleri açısından gelişmiş teknik altyapı ve nitelikli insan kaynaklarının en önemli unsurlar haline geldiği bir piyasa yapısına geçilmesi hedeflenmiştir.

Bu çerçevede, geçmişteki bahse konu yanlış uygulamalardan ders çıkarılarak piyasa düzenleme ve denetleme çerçevesinin dikkatli bir biçimde tesis edilmesi ve öngörülen

yeni piyasa yapısına tam olarak ulaşılması halinde; talep tahmin projeksiyonlarının daha rasyonel hale geleceği, dolayısıyla mevcut ve potansiyel piyasa oyuncularının sağlıklı politikalar oluşturmalarının olanaklı hale geleceği düşünülmektedir. [10]

2.2. TALEP TAHMİNİ VE ELEKTRİK SİSTEMİNİN PLANLANMASI

Enerji kullanım oranlarının sürekli bir yükseliş içinde olması, enerji kaynaklarının önemli bir bölümünün tükenme sürecine girmesi, enerji fiyatlarının konjonktürel gelişmelere bağlı olarak büyük dalgalanmalar gösterebilmesi nedeniyle enerjiye bağımlılığı yüksek ülkelerin dış kaynaklı ekonomik şoklara daha açık olması, enerji üretiminden ve kullanımından kaynaklanan çevre sorunlarının insan sağlığını ve günlük yaşamı tehdit eder noktaya gelmesi ve sürdürülebilir kalkınma arayışları, enerjinin etkin ve verimli kullanımının ve enerji planlamasının önemini giderek daha çok artırmaktadır.

Özellikle de 1973-1974 yıllarında petrol fiyatlarının beş katına çıkmasıyla başlayan ve 1978-1979 yıllarında tekrarlanan petrol krizlerinin ve fosil yakıtların yakın bir gelecekte tükeneceği beklentisinin yaygınlaşmasının etkisiyle, tüm dünyada enerji kaynaklarının ucuz ve sınırsız olduğu varsayımına dayanan politikalar terk edilmeye ve enerji planlamasına verilen önem artmaya başlamıştır. Bu kapsamda, yeni rezervlerinin araştırılması, dışa bağımlılığının azaltılması, kaynak çeşitliliğinin artırılması, en ekonomik seçeneklerin ortaya konulması, enerjinin verimli kullanılması, enerji verimliliğinin artırıcı yeni teknolojilerin geliştirilmesi ve arz talep dengelerinin en optimum biçimde kısa, orta ve uzun vadeli olarak kurulmasına yönelik çalışmalar hız kazanmıştır.

Planlama, inşa ve entegrasyon süreleri oldukça uzun olan elektrik enerjisi projeleri, aynı zamanda yüksek finansman ihtiyacı gerektiren projelerdir. Bu bağlamda, elektrik enerjisi üretimi, iletimi ve dağıtımı için gereken kaynak, tesis ve sistemlerin geniş bir perspektif içerisinde ele alınması, elektrik sektörü için kritik öneme sahiptir.

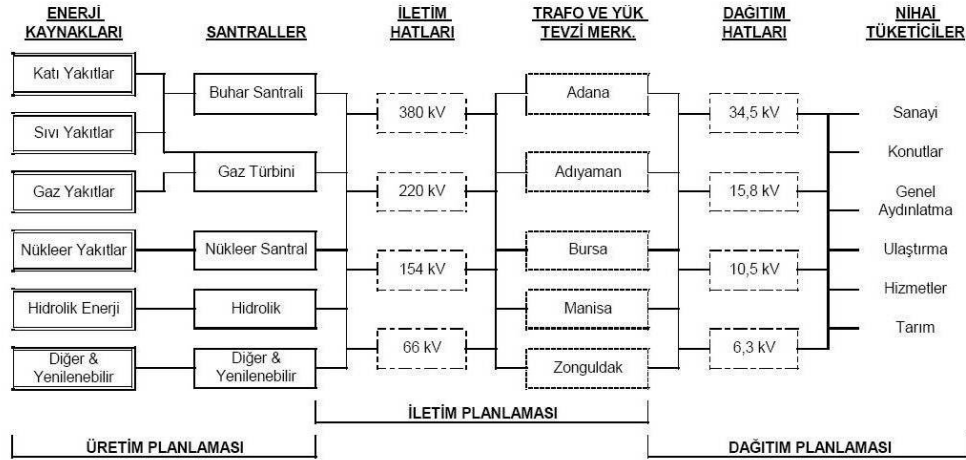
Elektrik enerjisinin depolanamaması ve üretiminin yüksek maliyetler gerektirmesi nedeniyle, talebin her an kaliteli bir biçimde karşılanabildiği bir sistem kurgusunun tesis

edilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, talep tahminleri ve üretim planlama çalışmaları elektrik sistem planlamasının en önemli ayaklarını oluşturmaktadır.

Şekil 2.1 de detayları görüldüğü üzere elektrik sistemi, elektrik üretiminde kullanılan yakıtların temininden başlayarak, elektriğin üretiminden tüketiciye ulaştırılmasına kadar bir dizi teknik ve ekonomik faaliyeti gerekli kılmaktadır. Bu çerçevede, elektrik sistem planlamasında; üretim, iletim, dağıtım ve tüketim aşamaları için, kısa, orta ve uzun vadeli çalışmalar ayrıntılı olarak yapılmaktadır.

Elektrik enerjisi talep analizi, bölgesel veya sektörel bazda yapılarak, üretim planlama faaliyetlerinden yatırım kararlarına kadar bir çok süreçte temel teşkil etmektedir. Üretim sistemi planlamasında, tahmin edilen talebin en düşük maliyetle ve en uygun şekilde karşılanmasında yararlanılacak santraller ve bunların çalışma programları belirlenmektedir.

İletim ve dağıtım sistemlerine yönelik planlamada ise; üretilen enerjinin nihai tüketicilere asgari kayıpla, en güvenilir, ekonomik, kesintisiz ve kaliteli bir biçimde ulaştırılmasını sağlayacak iletim ve dağıtım tesis ve şebekelerinin kurulması ve korunması amaçlanmaktadır. [10]



Şekil 2.1 : Elektrik sistem planlaması (ŞAHİN, V. (1993), “Türkiye Bölgesel Elektrik Talebi (1990-2010)”, Türkiye Elektrik Kurumu, Ankara.)

2.3. ELEKTRİK TALEBİ VE TALEBİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Elektrik tüketimi, bölgesel, mevsimsel ve anlık dalgalanmalar göstermektedir. Yıl içinde, en düşük tüketimle en yüksek tüketim miktarları arasında veya aynı gün içinde en düşük yükle en yüksek yük arasında %200'e varan farklar oluşabilmektedir. Elektrik talebinin aşırı değişkenlik özelliği ve elektriğin depolanamayan bir enerji kaynağı olması nedeniyle, elektrik arzının sürekli ve kesintisiz bir şekilde yapılması ve talebin anlık olarak karşılanabilmesi gerekmektedir. Bunun gerçekleştirilememesi halinde ise, Türkiye'de 1971-1983 yıllarında tablo 2.1 de görüldüğü gibi, zorunlu tasarruf ve kesinti uygulamalarına gidilmesi gündeme gelecektir.

Tablo 2.1 : Türkiye elektrik arzında zorunlu tasarruf uygulamaları (GWh)
(DEK-TMK - Türkiye 6. Enerji Kongresi Enerji İstatistikleri - 1994.)

YIL	Kısıntı ve Kesinti	İleri Saat Rejimi	Frekans ve Gerilim Düşümü	TOPLAM TASARRUF KESİNTİSİ
1970				0
1971	6		16	22
1972			5	5
1973	60	50	80	190
1974	130	80	40	250
1975	65	110		175
1976		140		140
1977	637	140		777
1978	1.326			1.326
1979	1.625			1.625
1980	1.753			1.753
1981	1.656			1.656
1982	1.083			1.083
1983	1.335			1.335

Bu durum, ekonomik açıdan son derece olumsuz sonuçlar doğuracağı ve ülkedeki mevcut yatırımların atıl kalmasına neden olacağı gibi, yeni yatırım kararlarının ertelenmesine ve ülkenin uluslararası alandaki ekonomik güvenilirliğinin ciddi anlamda zedelenmesine sebep olacak niteliktedir.

Bu çerçevede, elektrik arz kapasitesinin, maksimum talebi karşılayabilecek bir düzeyde olması ve olası risklere karşı yedek bir kapasitenin hazır bulundurulması şarttır. Bu bakımdan, elektrik sistemi planlanırken, talebin bölgesel ve dönemsel değişkenliği dikkate alınarak, oluşan talebi en düşük kayıp ve maliyetlerle karşılayabilecek optimal

Üretim ve iletim sistem planlarının ortaya konulması gereklidir. Tüm bunların gerçekleştirilebilmesi için, elektrik talebini etkileyen tüm etkenlerin ve elektrik sistemine ilişkin her türlü maliyetin en ince ayrıntısına kadar analiz edilmesi ve tüketim tahminlerinin rasyonel yapılması büyük önem taşımaktadır. Bu şartların sağlanması halinde ise, hem arz güvenliği kaygılarının giderilmesinde, hem de piyasa oyuncularının karar alma ve strateji belirleme aşamalarında sağlıklı sonuçlar alınması mümkün olacaktır. [19]

Elektrik talep analizlerini konu eden pek çok çalışma, elektrik talebi ile ekonomik büyüme arasında doğrudan bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır. Nitekim, 1971-2002 yılları arasında Dünya ekonomisi yıllık reel ortalama %3,3 büyürken, aynı dönemde elektrik talebi yıllık ortalama %3,7 artmıştır. Bir başka anlatımla, ‘talep artış oranının ekonomik büyümeye oranı’ olarak ifade edilen, ‘talebin gayri safi yurt içi hasıla (GSYİH) esnekliği’ ya da ‘Elektrik Talebi Esneklik Katsayısı’nın (ETEK) söz konusu dönemde 1,12 olduğu gözlemlenmiştir.

2002-2030 döneminde ise, dünya ekonomisinin yıllık ortalama %3,2 büyüyeceği, elektrik talebinin ise yıllık ortalama %2,5 artarak, 2030 yılında 2002’deki toplam tüketim miktarının yaklaşık 2 katına çıkacağı tahmin edilmektedir. Kısacası, 2002-2030 döneminde ‘elektrik talebinin GSYİH esnekliği’nin 0,78 olması beklenmektedir. [10]

Tablo 2.2 : OECD World Energy Outlook 2004 te yer alan ekonomik büyüme varsayımları (%)
(OECD IEA World Energy Outlook – 2004)

	1971 - 2002	2002 - 2010	2010 - 2020	2020 - 2030	2002 - 2030
OECD	2,9	2,7	2,2	1,8	2,2
Kuzey Amerika	3,1	3,2	2,4	1,9	2,4
ABD ve Kanada	3,1	3,1	2,3	1,8	2,3
Meksika	3,7	3,7	3,7	3,0	3,5
Avrupa	2,4	2,4	2,2	1,7	2,1
Pasifik Ülkeleri	3,5	2,5	1,9	1,7	2,0
Asya	3,6	2,4	1,9	1,6	1,9
Okyanusya	3,0	3,1	2,3	1,7	2,3
GEÇİŞ EKONOMİLERİ	0,7	4,6	3,7	2,9	3,7
Rusya	-1,1	4,4	3,4	2,8	3,5
Diğer	-0,5	4,8	3,9	3,0	3,8
GELİŞMEKTE OLAN ÜLKELER	4,7	5,1	4,3	3,6	4,3
Çin	8,4	6,4	4,9	4,0	5,0
Uzak Doğu	5,3	4,5	3,9	3,1	3,8
Endonezya	5,9	4,5	4,1	3,3	3,9
Diğer	5,1	4,5	3,8	3,0	3,7
Güney Asya	4,8	5,5	4,8	4,0	4,7
Hindistan	4,9	5,6	4,8	4,0	4,7
Diğer	4,5	5,2	4,7	4,1	4,6
Orta Doğu	2,9	3,5	3,0	2,6	3,0
Afrika	2,7	4,1	3,8	3,4	3,8
Latin Amerika	2,9	3,4	3,2	2,9	3,2
Brezilya	3,8	3,0	3,1	2,8	3,0
Diğer	2,4	3,7	3,3	3,0	3,3
AB Ülkeleri	2,4	2,3	2,1	1,7	2,0
DÜNYA	3,3	3,7	3,2	2,7	3,2

Tablo 2.3 : OECD World Energy Outlook 2004 te yer alan nüfus artış oranları(%)
(OECD World Energy Outlook 2004)

	1971 - 2002	2002 - 2010	2010 - 2020	2020 - 2030	2002 - 2030
OECD	0,8	0,6	0,4	0,3	0,4
Kuzey Amerika	1,3	1,0	0,9	0,7	0,9
ABD ve Kanada	1,1	1,0	0,9	0,7	0,8
Meksika	2,3	1,3	1,0	0,7	1,0
Avrupa	0,5	0,3	0,1	0,0	0,1
Pasifik Ülkeleri	0,8	0,2	0,0	-0,2	0,0
Asya	0,8	0,2	-0,1	-0,3	-0,1
Okyanusya	1,3	0,8	0,7	0,5	0,7
GEÇİŞ EKONOMİLERİ	0,5	-0,2	-0,2	-0,4	-0,3
Rusya	-0,3	-0,6	-0,6	-0,7	-0,7
Diğer	0,0	0,0	0,1	-0,1	0,0
GELİŞMEKTE OLAN ÜLKELER	2,0	1,4	1,2	0,9	1,2
Çin	1,4	0,7	0,5	0,1	0,4
Uzak Doğu	2,0	1,4	1,1	0,8	1,1
Endonezya	1,8	1,2	0,9	0,6	0,9
Diğer	2,0	1,5	1,2	1,0	1,2
Güney Asya	2,1	1,6	1,3	1,0	1,3
Hindistan	2,0	1,4	1,1	0,8	1,1
Diğer	2,4	2,1	1,9	1,5	1,8
Orta Doğu	3,1	2,2	2,0	1,6	1,9
Afrika	2,7	2,1	1,9	1,6	1,9
Latin Amerika	1,9	1,3	1,1	0,8	1,0
Brezilya	1,9	1,1	0,8	0,6	0,8
Diğer	2,0	1,4	1,2	0,9	1,2
AB Ülkeleri	0,3	0,1	0,0	-0,1	0,0
DÜNYA	1,6	1,2	1,0	0,8	1,0

Tablo 2.4 : OECD World Energy Outlook 2004 te yer alan birincil enerji talebi, nihai enerji tüketimi tahminleri (OECD IEA World Energy Outlook – 2004)

Dünya Birincil Enerji Talebi (Milyon TEP)									
Kaynak	1971	2002	2010	2030	1971 - 2002 Ort. Artış	2002 - 2030 Ort. Artış	1971'deki Payı	2002'deki Payı	2030'daki Payı
Kömür	1.407	2.389	2.763	3.601	1,72%	1,48%	25,4%	23,1%	21,8%
Petrol	2.413	3.676	4.308	5.766	1,37%	1,62%	43,6%	35,5%	35,0%
Doğal Gaz	892	2.190	2.703	4.130	2,94%	2,29%	16,1%	21,2%	25,1%
Nükleer	29	692	778	764	10,78%	0,35%	0,5%	6,7%	4,6%
Hidrolik	104	224	276	365	2,51%	1,76%	1,9%	2,2%	2,2%
Biyokütle ve Atıklar	687	1.119	1.264	1.605	1,59%	1,30%	12,4%	10,8%	9,7%
Diğer Yenilenebilir	4	55	101	256	8,82%	5,65%	0,1%	0,5%	1,6%
TOPLAM	5.536	10.345	12.193	16.487	2,04%	1,68%	100,0%	100,0%	100,0%

Dünya Nihai Enerji Tüketimi (Milyon TEP)									
Kaynak	1971	2002	2010	2030	1971 - 2002 Ort. Artış	2002 - 2030 Ort. Artış	1971'deki Payı	2002'deki Payı	2030'daki Payı
Kömür	617	502	516	526	-0,66%	0,17%	14,7%	7,1%	4,7%
Petrol	1.893	3.041	3.610	5.005	1,54%	1,80%	45,1%	43,0%	44,8%
Doğal Gaz	604	1.150	1.336	1.758	2,10%	1,53%	14,4%	16,3%	15,7%
Elektrik	377	1.139	1.436	2.263	3,63%	2,48%	9,0%	16,1%	20,2%
Isı	68	237	254	294	4,11%	0,77%	1,6%	3,3%	2,6%
Biyokütle ve Atıklar	641	999	1.101	1.290	1,44%	0,92%	15,3%	14,1%	11,5%
Diğer Yenilenebilir	0	8	13	41	100,00%	6,01%	0,0%	0,1%	0,4%
TOPLAM	4.200	7.076	8.266	11.177	1,70%	1,65%	100,0%	100,0%	100,0%

Dünya Elektrik Tüketimi (Twh)									
Kaynak	1971	2002	2010	2030	1971 - 2002 Ort. Artış	2002 - 2030 Ort. Artış	1971'deki Payı	2002'deki Payı	2030'daki Payı
Kömür	2.095	6.241	7.692	12.091	3,58%	2,4%	40,1%	38,8%	38,2%
Petrol	1.096	1.181	1.187	1.182	0,24%	0,0%	21,0%	7,3%	3,7%
Doğal Gaz	696	3.070	4.427	9.329	4,90%	4,0%	13,3%	19,1%	29,5%
Nükleer	111	2.654	2.985	2.929	10,78%	0,4%	2,1%	16,5%	9,3%
Hidrolik	1.206	2.610	3.212	4.248	2,52%	1,8%	23,1%	16,2%	13,4%
Biyokütle ve Atıklar	9	207	326	627	10,64%	4,0%	0,2%	1,3%	2,0%
Diğer Yenilenebilir	5	111	356	1.250	10,52%	9,0%	0,1%	0,7%	3,9%
TOPLAM	5.218	16.074	20.185	31.656	3,70%	2,5%	100,0%	100,0%	100,0%

Bu bağlamda, ekonomik büyüme hızı ile elektrik talep artışı arasındaki ilişkiyi tanımlayan ETEK'in, yapılacak analizler için basit ve tutarlı bir gösterge olarak kullanılabildiği görülmektedir. ETEK'in gelişmiş ülkelerde 1,0'ın altında, gelişmekte olan ülkelerde ise 1,0'ın üzerinde olduğu gözlenmektedir. Bu farklılığın en temel sebebi, gelişmekte olan ülkelerde sanayileşmenin ve elektrikli alet kullanımının yaygınlaşma sürecinin halen devam ediyor olması nedeniyle talebin henüz doyuma ulaşmamış olmasıdır.

Tablo 2.5 : OECD ve AB ülkelerinde kişi başına kurulu güç, brüt üretim ve tüketim değerleri (2002) (OECD IEA Statistics - Electricity Information - 2004)

ÜLKELER	NÜFUS	KURULU GÜÇ		BRÜT ÜRETİM		NET TÜKETİM	
	(*1.000)	GW	kW/kişi	Twh	kwh/kişi	Twh	kwh/kişi
İzlanda	290	1,5	5.207	8,4	28.966	7,7	26.552
Norveç	4.540	28,0	6.161	130,6	28.767	109,1	24.031
Kanada	31.410	115,0	3.661	601,5	19.150	512,7	16.323
Finlandiya	5.200	16,6	3.187	74,9	14.404	80,7	15.519
İsveç	8.930	33,2	3.720	146,1	16.361	133,5	14.950
Lüksemburg	450	1,6	3.556	3,7	8.222	5,7	12.667
ABD	287.460	979,6	3.408	4.017,5	13.976	3.609,9	12.558
Avustralya	19.750	48,6	2.462	222,2	11.251	193,6	9.803
Yeni Zelanda	3.980	8,4	2.113	40,3	10.126	34,9	8.769
Japonya	127.440	266,0	2.087	1.097,2	8.610	995,2	7.809
Belçika	10.330	15,6	1.505	82,1	7.948	80,5	7.793
İsviçre	7.290	18,9	2.598	66,6	9.136	53,8	7.380
Avusturya	8.050	18,0	2.240	62,5	7.764	56,1	6.969
Fransa	61.230	116,3	1.900	560,1	9.147	419,3	6.848
Hollanda	16.150	20,9	1.293	96,0	5.944	104,1	6.446
Almanya	82.480	126,3	1.531	571,6	6.930	514,2	6.234
Güney Kore	47.640	59,0	1.237	329,0	6.906	295,8	6.209
Danimarka	5.380	13,3	2.472	39,2	7.286	33,0	6.134
İngiltere	59.210	77,1	1.301	387,1	6.538	343,7	5.805
İrlanda	3.910	5,4	1.389	25,2	6.445	21,9	5.601
İspanya	40.550	60,4	1.490	246,1	6.069	212,9	5.250
Çek Cum.	10.210	16,3	1.597	76,3	7.473	53,5	5.240
İtalya	58.030	76,5	1.318	285,3	4.916	290,9	5.013
Slovakya	5.380	8,1	1.502	32,4	6.022	24,3	4.517
Yunanistan	10.950	11,6	1.058	54,6	4.986	48,6	4.438
Portekiz	10.370	11,2	1.084	46,1	4.446	42,1	4.060
Macaristan	10.160	8,5	838	36,2	3.563	33,4	3.287
Polonya	38.220	30,8	806	144,1	3.770	108,0	2.826
Meksika	100.440	45,8	456	215,2	2.143	173,1	1.723
TÜRKİYE	69.388	31,9	457	129,4	1.858	103,0	1.479
OECD	1.144.818	2.270,3	1.983	9.827,5	8.582	8.695,2	7.593
AB (15 Ülke)	381.220	603,9	1.584	2.680,6	7.032	2.387,2	6.262

Tablo 2.6 : OECD ve AB ülkelerinde iç tüketim, kayıp ve net tüketim değerleri (2002) (OECD IEA Statistics - Electricity Information - 2004)

	BRÜT ARZ	İÇ + DİĞER TÜK.		İLT. + DĞT. KAYBI		İÇ TÜK. + KAYIP		NET TÜKETİM
ÜLKELER	Twh	Twh	%	Twh	%	Twh	%	Twh
Lüksemburg	7,2	1,3	18,1	0,2	2,8	1,5	20,8	5,7
Finlandiya	86,9	3,3	3,8	2,9	3,3	6,2	7,1	80,7
Hollanda	112,4	4,1	3,6	4,2	3,7	8,3	7,4	104,1
Slovakya	28,2	2,8	9,9	1,1	3,9	3,9	13,8	24,3
Belçika	89,7	5,4	6,0	3,8	4,2	9,2	10,3	80,5
Almanya	581,6	41,8	7,2	25,6	4,4	67,4	11,6	514,2
Japonya	1.097,2	52,4	4,8	49,6	4,5	102,0	9,3	995,2
İzlanda	8,4	0,3	3,6	0,4	4,8	0,7	8,3	7,7
Avusturya	63,2	3,9	6,2	3,2	5,1	7,1	11,2	56,1
ABD	4.039,4	192,5	4,8	237,0	5,9	429,5	10,6	3.609,9
İtalya	335,9	25,2	7,5	19,8	5,9	45,0	13,4	290,9
Danimarka	37,1	1,9	5,1	2,2	5,9	4,1	11,1	33,0
Güney Kore	329,0	13,6	4,1	19,6	6,0	33,2	10,1	295,8
İsviçre	62,1	4,4	7,1	3,9	6,3	8,3	13,4	53,8
Avustralya	222,2	13,9	6,3	14,7	6,6	28,6	12,9	193,6
Fransa	483,2	31,7	6,6	32,2	6,7	63,9	13,2	419,3
Yunanistan	57,5	4,9	8,5	4,0	7,0	8,9	15,5	48,6
Portekiz	48,0	2,4	5,0	3,5	7,3	5,9	12,3	42,1
Çek Cum.	64,9	6,5	10,0	4,9	7,6	11,4	17,6	53,5
İspanya	251,4	19,3	7,7	19,2	7,6	38,5	15,3	212,9
İsveç	151,4	6,3	4,2	11,6	7,7	17,9	11,8	133,5
İrlanda	25,7	1,8	7,0	2,0	7,8	3,8	14,8	21,9
İngiltere	395,5	20,9	5,3	30,9	7,8	51,8	13,1	343,7
Norveç	120,9	2,2	1,8	9,6	7,9	11,8	9,8	109,1
Kanada	581,5	19,4	3,3	49,4	8,5	68,8	11,8	512,7
Polonya	137,1	15,0	10,9	14,1	10,3	29,1	21,2	108,0
Yeni Zelanda	40,3	1,2	3,0	4,2	10,4	5,4	13,4	34,9
Macaristan	40,5	2,7	6,7	4,4	10,9	7,1	17,5	33,4
Meksika	215,4	11,0	5,1	31,3	14,5	42,3	19,6	173,1
TÜRKİYE	132,6	5,7	4,3	23,9	18,0	29,6	22,3	103,0
OECD	9.846,4	517,8	5,3	633,4	6,4	1.151,2	11,7	8.695,2
AB (15 Ülke)	2726,7	174,2	6,4	165,3	6,1	339,5	12,5	2387,2

OECD ülkeleri içinde kişi başı net ve brüt elektrik tüketiminin en düşük olduğu (Tablo 2.5) iç tüketim ve kayıp enerji oranları toplamının ise en yüksek olduğu (Tablo 2.6) ülke olan Türkiye’de, diğer gelişmekte olan ülkelerde olduğu gibi, elektrik talebinin hızlı bir biçimde yükselmeye devam edeceğini söylemek mümkündür. Ancak, yaşanan teknolojik gelişmeler çerçevesinde, kişi başına düşen elektrik tüketiminin yüksek boyutlarda artacağına dair beklentiler geçerliliğini yavaş yavaş yitirmektedir. Zira, geçmişte gelişmişlik göstergesi olarak görülen “kişi başına düşen elektrik tüketimi”, yerini, “1 birim katma değer yaratabilmek için gereken enerji miktarı” şeklinde tanımlanan ve olabildiğince düşük tutulmaya çalışılan “enerji yoğunluğu” kavramına bırakmıştır. 1973-2002 döneminde, OECD ve AB ülkelerinde Brüt Elektrik

Talebi/GSYİH oranı sırasıyla 0,35 ve 0,27 düzeylerinde sabit kalmışken, Türkiye’de bu oran aynı dönemde 0,18’den 0,65’e çıkmıştır. (Tablo 2.7)

Tablo 2.7 : OECD, AB ve Türkiye’deki birincil enerji talebi, elektrik talebi ve GSYİH gerçekleştirmelerine ilişkin veriler (1973-2002)
(OECD IEA Statistics - Electricity Information)

OECD TOPLAMI					
	1973	1980	1990	2001	2002
Birincil Enerji Talebi (TEP)	3.763	4.082	4.527	5.296	5.346
GSYİH (1995 Milyar \$)	13.343	16.086	21.753	27.997	28.435
BET / GSYİH	0,28	0,25	0,21	0,19	0,19
Nüfus (Milyon Kişi)	903	965	1.044	1.138	1.145
BET / Nüfus	4,17	4,23	4,34	4,65	4,67
Brüt Elektrik Talebi (Twh)	4.474	5.676	7.643	9.578	9.846
Net Elektrik Talebi (Twh)	3.886	4.918	6.594	8.541	8.695
Brüt Elektrik / GSYİH	0,34	0,35	0,35	0,34	0,35
Brüt Elektrik / Nüfus (kwh/kişi)	4.957	5.883	7.324	8.418	8.599
Net Elektrik / Nüfus (kwh/kişi)	4.306	5.098	6.319	7.507	7.594

AB TOPLAMI (15 ÜLKE)					
	1973	1980	1990	2001	2002
Birincil Enerji Talebi (TEP)	1.167	1.220	1.327	1.500	1.489
GSYİH (1995 Milyar \$)	5.345	6.290	7.970	10.006	10.110
BET / GSYİH	0,22	0,19	0,17	0,15	0,15
Nüfus (Milyon Kişi)	348	357	366	380	381
BET / Nüfus	3,36	3,42	3,63	3,95	3,91
Brüt Elektrik Talebi (Twh)	1.356	1.696	2.186	2.707	2.727
Net Elektrik Talebi (Twh)	1.178	1.480	1.904	2.376	2.387
Brüt Elektrik / GSYİH	0,25	0,27	0,27	0,27	0,27
Brüt Elektrik / Nüfus (kwh/kişi)	3.898	4.753	5.970	7.131	7.152
Net Elektrik / Nüfus (kwh/kişi)	3.387	4.149	5.199	6.259	6.262

TÜRKİYE					
	1973	1980	1990	2001	2002
Birincil Enerji Talebi (TEP)	24	32	53	72	75
GSYİH (1995 Milyar \$)	68	87	145	190	205
BET / GSYİH	0,36	0,36	0,37	0,38	0,37
Nüfus (Milyon Kişi)	38	44	56	69	70
BET / Nüfus	0,63	0,71	0,94	1,04	1,08
Brüt Elektrik Talebi (Twh)	12	25	57	127	133
Net Elektrik Talebi (Twh)	11	20	47	97	103
Brüt Elektrik / GSYİH	0,18	0,28	0,39	0,67	0,65
Brüt Elektrik / Nüfus (kwh/kişi)	322	554	1.011	1.850	1.903
Net Elektrik / Nüfus (kwh/kişi)	273	459	833	1.415	1.477

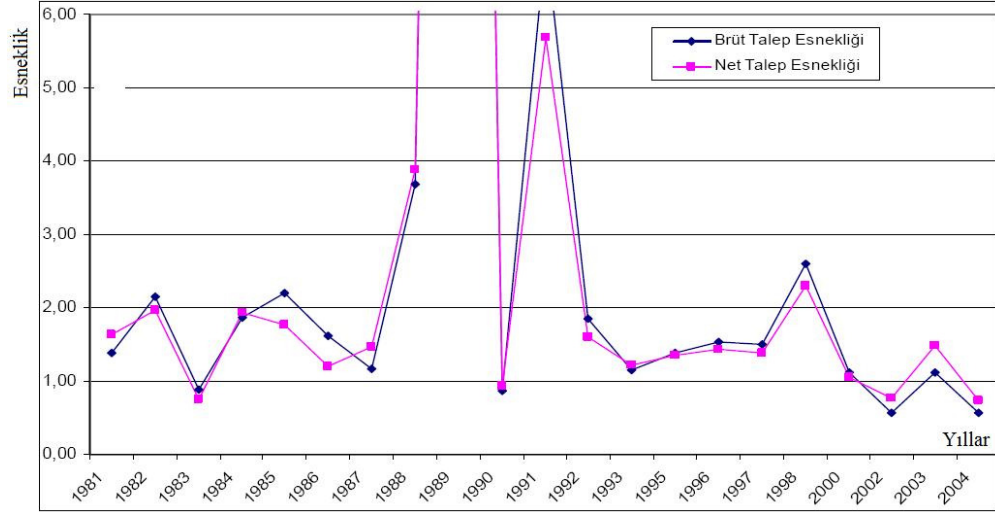
Tablo 2.7 den çıkan bir başka sonuç ise, 2002 yılında bahsi geçen oranın, görel olarak ortalama gelişmişlik seviyesi daha yüksek olan OECD ve AB ülkelerinde, Türkiye'nin yarısı düzeyinde olduğudur. Gelişmiş ülkelerde enerji verimliliği çalışmalarının üst düzeyde olması ve 1 birim katma değer yaratabilmek için gereken enerji ihtiyacının, gelişmekte olan ülkelerdeki miktarın çok daha altına çekilmiş olmasının böyle bir farklılığa yol açtığı düşünülmektedir. Özetle, kişi başına GSYİH seviyeleri (gelişmişlik düzeyi) yüksek olan toplumlarda, elektrik talep artış hızının GSYİH artış hızından daha yavaş gerçekleştiği ve ETEK'in düştüğü sonucuna varmak mümkündür.

Tablo 2.8 : Türkiye elektrik enerjisi talep artışının GSYİH büyümesine olan esnekliği (TEİAŞ ve DPT verileri)

	Brüt Talep (GWh)	Net Talep (GWh)	GSYİH (Milyar TL)	Brüt Talep Artışı	Net Talep Artışı	GSYİH Artışı	Brüt Talep Esnekliği	Net Talep Esnekliği
1981	26.289	22.030		6,8%	8,0%	4,9%	1,39	1,63
1982	28.325	23.587		7,7%	7,1%	3,6%	2,15	1,96
1983	29.568	24.465		4,4%	3,7%	5,0%	0,88	0,74
1984	33.267	27.635		12,5%	13,0%	6,7%	1,87	1,93
1985	36.361	29.709		9,3%	7,5%	4,2%	2,20	1,77
1986	40.471	32.210		11,3%	8,4%	7,0%	1,61	1,20
1987	44.925	36.697	74.722	11,0%	13,9%	9,5%	1,16	1,47
1988	48.430	39.722	76.306	7,8%	8,2%	2,1%	3,68	3,89
1989	52.602	43.120	76.498	8,6%	8,6%	0,3%	34,23	34,00
1990	56.812	46.820	83.578	8,0%	8,6%	9,3%	0,86	0,93
1991	60.499	49.283	84.353	6,5%	5,3%	0,9%	7,01	5,68
1992	67.217	53.985	89.401	11,1%	9,5%	6,0%	1,86	1,59
1993	73.432	59.237	96.590	9,2%	9,7%	8,0%	1,15	1,21
1995	85.552	67.394	97.888	10,0%	9,8%	7,2%	1,39	1,36
1996	94.789	74.157	104.745	10,8%	10,0%	7,0%	1,54	1,43
1997	105.517	81.885	112.631	11,3%	10,4%	7,5%	1,50	1,38
1998	114.023	87.705	116.114	8,1%	7,1%	3,1%	2,61	2,30
2000	128.280	98.296	118.789	8,3%	7,8%	7,4%	1,12	1,06
2002	132.553	102.948	118.612	4,5%	6,1%	7,9%	0,56	0,76
2003	141.151	111.766	125.485	6,5%	8,6%	5,8%	1,12	1,48
2004	149.239	120.000	138.034	5,7%	7,4%	10,0%	0,57	0,74

NOT: 1980, 1994, 1999 ve 2001 yıllarında GSYİH büyümesi eksiye düştüğünden, bu yıllara ait esneklik hesaplaması yapılmamıştır.

Türkiye'de ise, Tablo 2.8 ve Şekil 2.2 'den görüleceği üzere, ETEK son yıllarda düşüş göstermektedir. Bunun nedeni olarak ilk bakışta, elektrik maliyetlerinin özellikle sanayi sektöründe uluslararası ortalamaların çok üzerinde bulunması (Tablo 2.9) nedeniyle tasarruf ve enerji verimliliği çalışmalarına ağırlık verilmeye başlanması gösterilebilir.



Şekil 2.2 : Türkiye elektrik enerjisi talep artışının GSYİH büyümesine olan esnekliği (TEİAŞ ve DPT Verileri)

Tablo 2.9 : OECD ülkelerinde elektrik satış fiyatları (cent/kWh)
(OECD IEA Statistics - Electricity Information – 2004)

ÜLKE ADI	SANAYİ FİYATI								MESKEN FİYATI							
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
ABD	4,6	4,5	4,5	3,9	4,0	5,0	4,8	4,9	8,4	8,4	8,3	8,2	8,2	8,5	8,5	8,7
ALMANYA	8,6	7,2	6,7	5,7	4,1	4,4	4,9	...	18,0	15,9	15,9	15,2	12,1	12,4	13,6	...
AVUSTURALYA	6,3	5,6	...	...	...	...	3,1	3,6	...	8,3	8,0	6,9	7,0	6,3	5,7	6,2
AVUSTURYA	8,1	8,1	7,8	5,9	...	...	...	...	19,4	16,9	16,8	13,5	12,1	11,9	13,0	15,2
BELÇİKA	7,3	6,2	6,1	5,6	4,8	...	...	...	18,7	16,4	16,3	15,2	13,2	...	...	...
ÇEK CUMHURİYETİ	5,9	5,2	5,2	4,8	4,3	4,3	4,9	5,6	3,8	3,7	5,0	5,1	5,4	6,0	7,6	8,5
DANİMARKA	7,3	6,4	6,8	6,6	5,8	6,0	7,0	9,1	21,5	19,5	21,3	20,7	19,7	19,5	20,9	25,6
FINLANDIYA	6,2	5,2	5,0	4,6	3,9	3,8	4,3	6,5	11,1	10,0	9,8	9,1	7,8	7,7	8,5	11,2
FRANSA	5,7	4,9	4,7	4,4	3,6	3,5	3,7	4,5	16,4	13,4	12,9	12,1	10,2	9,8	10,5	12,7
HOLLANDA	7,2	6,3	6,2	6,1	5,7	5,9	...	...	14,8	13,0	12,8	13,2	13,1	14,5	15,5	19,3
İNGİLTERE	6,5	6,5	6,5	6,4	5,5	5,1	5,2	5,5	12,5	12,5	12,1	11,7	10,7	10,1	10,5	11,6
İRLANDA	6,6	6,3	5,9	5,7	4,9	6,0	7,5	9,4	13,5	13,1	12,3	11,7	10,1	9,4	10,7	14,6
İSPANYA	8,0	6,4	5,9	5,6	4,3	4,1	4,8	...	19,0	16,3	15,5	14,1	11,7	10,9	11,4	...
İSVEÇ	4,5	3,4	...	...	...	...	...	...	11,0	10,1	...	...	...	...	...	...
İSVİÇRE	12,0	10,2	10,1	9,0	6,9	6,9	7,3	8,1	15,9	13,6	13,5	13,1	11,1	10,9	11,7	13,3
İTALYA	10,1	9,4	9,5	8,6	8,9	...	11,3	...	17,8	15,9	15,9	14,7	13,5	...	15,6	...
JAPONYA	15,7	14,6	12,8	14,3	...	...	11,5	...	23,0	20,7	18,7	21,3	21,4	...	17,4	...
KANADA	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
KORE	7,4	7,0	4,8	5,6	6,2	5,7	4,7	5,1	11,1	10,1	6,8	8,0	8,3	7,1	7,0	7,4
LÜKSEMBURG	...	...	...	...	...	...	...	...	14,2	12,4	12,3	11,8	9,9	9,8	11,2	...
MACARİSTAN	4,8	5,4	5,6	5,5	4,9	5,1	6,0	7,8	6,0	6,8	7,0	7,3	6,5	6,8	8,0	10,2
MEKSİKA	3,3	4,1	3,8	4,2	5,1	5,3	5,6	6,2	4,8	5,4	5,5	5,9	6,8	7,5	9,2	9,1
NORVEÇ	...	...	...	...	...	3,4	3,0	4,6	8,1	7,8	6,7	6,3	5,7	7,1	4,5	8,2
POLONYA	4,0	3,6	3,7	3,7	3,7	4,5	4,9	5,6	6,5	6,2	6,7	6,5	6,5	7,9	8,4	9,5
PORTEKİZ	10,8	9,4	9,0	7,8	6,7	6,6	6,8	8,3	17,6	15,6	15,4	14,1	12,0	11,8	12,7	15,6
SLOVAKYA	4,9	4,9	4,9	4,1	4,2	4,3	4,7	7,0	3,1	2,9	2,8	3,5	5,0	6,3	6,7	10,4
TÜRKİYE	8,6	7,7	7,5	7,9	8,0	7,9	9,4	8,6	8,8	8,0	7,9	8,4	8,5	8,4	9,9	9,1
YENİ ZELANDA	4,4	4,0	3,5	3,0	2,3	2,8	3,3	4,3	8,3	8,5	7,1	7,0	6,0	5,9	7,1	9,5
YUNANISTAN	5,9	5,4	5,0	5,0	4,2	4,3	4,6	5,6	11,5	10,2	9,9	9,0	7,1	7,0	7,7	9,6
OECD	7,4	6,9	6,5	6,3	4,7	4,8	6,2	...	12,1	11,3	10,9	10,9	10,4	9,0	10,3	...

Ek olarak özellikle 2002 yılından itibaren;

- Kayıp / kaçak hedeflerinin geçmiş döneme oranla daha sağlıklı bir biçimde belirlenmesi,
- Genel aydınlatma tüketimlerinin ölçülür hale getirilerek kontrol altına alınması,
- Elektrik şirketlerinin gelir tavanlarının, projekte ettikleri değerler ile gerçekleşme değerleri arasında oluşabilecek sapmaların asgariye indirilmesini sağlayacak biçimde revize edilmesinin teşvik edilmesini amaçlayan ikincil mevzuat uygulamaları ve yapılacak sağlıklı özelleştirmeler neticesinde, yeterli teknik ve mali altyapıya sahip piyasa oyuncularının ortaya çıkmasının ETEK'in mevcut seviyelerinden daha da düşmesine katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

Ekonomik büyüme ile elektrik talebi arasındaki ilişki tek yönlü olmayıp, enerji kullanımının artması; hem sosyal gelişimi sağlayarak toplumsal refahı artırmakta, hem de klasik ekonomi teorisinde başlıca girdiler olarak sayılan emek ve sermayenin daha etkin ve verimli kullanımını sağlayarak ekonomik gelişime ivme kazandırmaktadır. Diğer taraftan, enerji talebi ile ekonomik büyüme arasındaki nedenselliği inceleyen birçok çalışmada, nedensel ilişkinin boyutlarının ve yönünün, ülkeden ülkeye ve çalışma yöntemine bağlı olarak değiştiği gözlenmektedir. Elektrik talebine etki eden faktörler ekonomik büyüme hızı ile sınırlı bulunmamaktadır. Talebi etkilediği saptanan faktörler, etki derecelerine bağlı olarak elektrik talep tahmin modellerinde 'girdi' olarak kullanılmaktadır. Bunlardan başlıcalarını aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür:

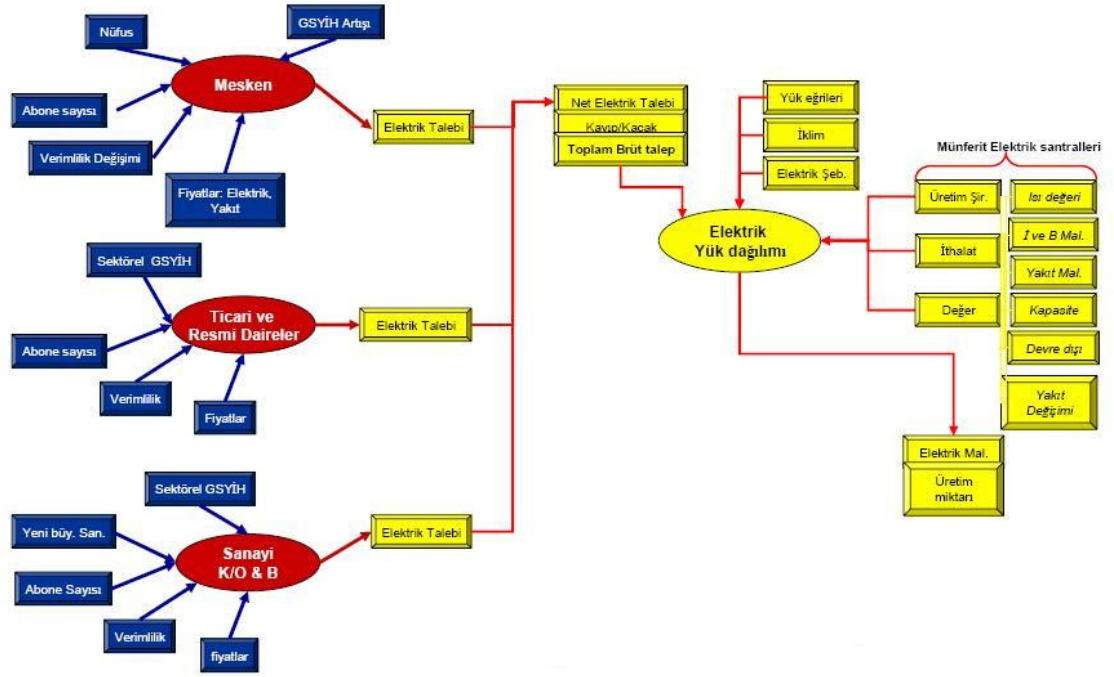
- GSYİH,
- Sektörel katma değerler,
- Kişi başına düşen milli gelir,
- Nüfus ve demografik değişiklikler,
- Hane halkı sayısı ve ortalama hane halkı büyüklüğü,
- Çok odalı konut yüzdesi ve konut sahipliği artış oranı,
- Şehirleşme oranı,
- Şehir ve köy gelirleri,
- Elektrikli hane ve köy oranı,

- Elektrikten yararlanan nüfus oranı,
- İstihdam verileri,
- Teknolojik gelişmeler ve elektrikli iş aletleri kullanımının yaygınlaşma oranları,
- Kişi başına düşen elektrikli alet sayısındaki değişimler,
- Elektrikli aletler ve ilgili ikamelerinin fiyatları,
- Elektrik fiyatı,
- Alternatif enerji kaynaklarının fiyatları,
- Mevsimsel değişiklikler ve iklim koşulları,
- Ülkelerin coğrafi özellikleri,
- Zaman.

Bu değerlendirmeler çerçevesinde, net elektrik talebinin sektörel bazda tahmin edilmesinde en büyük ağırlığa sahip 2 faktörün, sektörel katma değerler ile geçmiş elektrik tüketim verileri olduğu görülmektedir. Tüm dünyada elektrik talebinin sektörel dağılımına bakıldığında, tüketimdeki en büyük payın 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, gelişmiş elektrik talep tahmin modellerinde, yukarıda belirtilen faktörler dikkate alınarak, sektörel bazda net elektrik talepleri tahmin edilerek, bunların toplamına kayıp ve kaçak öngörülürü eklenmek suretiyle brüt talep hesaplanmaktadır. Yukarıda kısaca özetlenen sektörel elektrik talep tahmin modeline ilişkin prosedür, Şekil 2.3 'te yer alan örnek şemada açık bir biçimde gösterilmektedir. [10]



Şekil 2.3 : Elektrik enerjisi talep tahmin modeli (BP (2004), “2004-2020 Türkiye Elektrik Üretim ve Tüketim Projeksiyonu”)

3. TALEP TAHMİNLERİNE ESAS YASAL DÜZENLEMELER

3154 sayılı “Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun”un 2/a maddesinde belirtilen; ‘Ülkenin enerji ve tabii kaynaklara olan kısa ve uzun vadeli ihtiyacını belirlemek, temini için gerekli politikaların tespitine yardımcı olmak, planlamalarını yapmak’ görevi içerisinde ‘elektrik talep tahminlerinin üretilmesi’ açıkça zikredilmemişse de, bu işlev fiilen; ülkenin kalkınma planlarının yapılmasından ve iktisadi koordinasyondan sorumlu DPT ile eşgüdüm içerisinde, anılan Bakanlık (ETKB) tarafından yürütüle gelmiştir.

Elektrik sektöründe 2001 yılından itibaren yaşanan reform sürecinin en önemli adımı olarak çıkarılan ve tamamen rekabetçi bir piyasa yapısını ve AB’ye uyumu hedefleyen 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu ile, talep tahmin çalışmalarının piyasa oyuncuları tarafından belli teknik kriterler (ikincil mevzuat) çerçevesinde yapılması öngörülmüştür. Bir başka anlatımla, kısa vadeli elektrik enerjisi talep tahminlerinin, lisanslarında belirlenen bölgeler bazında ilgili dağıtım şirketlerince hazırlanarak TEİAŞ’ce konsolide edilmesi ve böylece ulusal talep tahmininin elde edilmesi benimsenmiştir. Ayrıca, TEİAŞ, söz konusu talep tahminlerini esas alarak elektrik enerjisi arz güvenliği için gereken üretim kapasitesini içeren elektrik arz projeksiyonunu hazırlamakla görevli kılınmıştır. Bu projeksiyonda yer alacak bilgilerin, piyasaya girmek isteyen yatırımcılar için karar verme sürecini belirleyen en önemli unsurlardan biri olacağı düşünülmektedir.

EPDK tarafından 04 Nisan 2006 tarihinde yayınlanarak yürürlüğe giren; “Elektrik Enerjisi Talep Tahminleri Hakkındaki Yönetmelik” ile, elektrik piyasasında üretim kapasite projeksiyonu ile iletim sistemi on yıllık gelişim raporu ve dağıtım şirketlerinin yatırım planı ile dağıtım sistemi on yıllık gelişim raporuna esas teşkil eden elektrik enerjisi talep tahminlerinin oluşturulmasına ilişkin usul ve esaslar belirlenmiştir. Bu yönetmelikte dağıtım şirketinin dağıtım bölgesine ilişkin talep tahminlerini, bilimsel ve teknik geçerliliği olan yöntemlerle, dağıtım bölgesine özgü şartları dikkate alarak,

yayınlanmış resmi makroekonomik hedefleri göz önünde bulundurarak ve gerek duyulması halinde ilgili kamu ya da özel sektör kurum ve kuruluşlarının görüşlerini de alarak yapacağı veya yaptıracığı belirtilmektedir. [11]

Yönetmelikte yine talep tahminlerinin yıllık olarak 10 yıllık bir dönem için düşük, baz ve yüksek tüketim senaryoları temelinde yapılacağı, TEİAŞ tarafından yapılacak olan üretim kapasite projeksiyonu ve iletim sistemi on yıllık gelişim raporunda dağıtım şirketleri tarafından yapılan on yıllık gelişim raporları senaryosu baz alınacağı belirtilmiştir.

Yönetmelikte talep tahmininde kullanılacak veri seti;

- Ekonomik, sosyal, demografik, iklimsel, çevresel veriler ve tahmin edilmeye çalışılan değişkenin geçmiş değerleri ile talep tahmin modelinin gerektirdiği bölgesel verilerden oluşturulabilecektir.
- İlgili kurum ve kuruluşlar tarafından yayınlanmış resmi veriler ile dağıtım şirketinin kendi bölgesine ilişkin olarak kayıt altına aldığı veriler kullanılacaktır.
- Talep tahmin modelinde gereken veri setinin tahmin sonucunu nasıl etkilediği (elastikiyeti), bilimsel, mantıksal yaklaşımlarla gerçekleştirilecektir.

İlgili yönetmelikte talep tahminine esas teşkil edecek modelin oluşturulmasında modelin;

- Matematiksel ifadesinin değişkenler arasındaki ilişkiyi yansıtması,
- Kullanılan açıklayıcı değişken veya değişkenler ile tahmin edilecek değişken veya değişkenler arasında ekonomik olarak anlamlı bir ilişkiyi barındırması,
- Belirlilik katsayılarının açıklama gücü açısından yüksekliği,
- Tasarımın basit ve anlaşılabilir olması,
- Ekonomik ve ekonometri teorisiyle tutarlılık sergilemesi,
- Geriye dönük olarak çalıştırılması durumunda, tahmin edilmeye çalışılan değişken veya değişkenlere ilişkin elde edilen tahminlerle, bu değişken veya değişkenlerin gerçek değerlerinin uyum göstermesi,

Yönetmelikte Talep tahmin modelinin oluşturulmasını takiben modelin;

- Bir bütün olarak istatistiksel açıdan anlamlı olup olmadığına,
- Çalıştırılması sonucu tahmin edilen açıklayıcı değişken veya değişkenlere ait parametre veya parametrelerin istatistiksel açıdan anlamlı olup olmadığına,
- Yapısal açıdan süreklilik arz etmesine,
- Çoklu doğrusallık, değişen varyans ve ardışık bağımlılık sergilemesine,
- Uygulanacak testlerde seçilecek güven aralığının yüzde 10 'u geçmemesine,
- Gerekli bir değişkenin dışlanmasına, gereksiz değişkenlerin içerilenmesi ve fonksiyonel kalıbın doğruluğuna ilişkin ekonometri ve istatistik literatüründe genel kabul görmüş testler ile, seçilen farklı yöntemler çerçevesinde oluşturulan, modelin uygunluğuna yönelik gerekli diğer testler yapılarak, bu testler sonucunda gerekli görülen düzeltme ve değişiklikler yapılır.

4. TALEP TAHMİNİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

Elektrik talebi aynı zamanda çekilen yük olması sebebiyle de yük tahmini yöntemleri talep tahminlerine referans olmaktadır. Yük ve talep tahmininde sık kullanılan yöntemler aşağıdaki gibidir;

- Eğri Uydurma Yöntemi
- Ortalama Artış Yüzdesi Kullanımı
- Son Kullanım Yöntemi
- Uzaysal Yük Tahmini
- Regresyon Analizi
- Yapay Sinir Ağı Kullanımı

4.1. EĞRİ UYDURMA YÖNTEMİ

Bu yöntemde, geçmişe ait puant güç ya da enerji tüketim değerlerinin zamana göre değişimleri kullanılarak gelecekteki yük değerleri için tahmin yapılır. Eğri uydurma yönteminde kullanılan fonksiyonlardan bazıları:

$$\text{Doğru} \quad y = a + bt \quad (4.1)$$

$$\text{Parabol} \quad y = a + bt + ct^2 \quad (4.2)$$

$$\text{S Eğrisi} \quad y = a + bt + ct^2 + dt^3 \quad (4.3)$$

$$\text{Eksponansiyel} \quad y = c.e^{dt} \quad (4.4)$$

$$\text{Gompertz} \quad y = a.e^{be^{ct}} \quad (4.5)$$

biçimindedir.

Bu fonksiyonlarda y, güç ya da enerji tüketimini, t zamanı, a, b, c ve d sabitleri ifade eder. Sabitleri hesaplamak için genellikle en küçük kareler yönteminden faydalanılır.

Eğri uydurma yöntemi sadece geçmiş yük veya enerji verilerine dayandığı için yapılan tahminde belirsizlik oldukça fazladır. [12,13,14]

4.2. ORTALAMA YILLIK ARTIŞ YÜZDESİ KULLANIMI

Geçmişe ait yıllık bazda örnek değerlerin ortalama artış oranının gelecekte devam edeceği düşünülerek yapılan tahmindir. Bu yöntem için kullanılan genel formül aşağıda verilmiştir.

$$y = y_0 \cdot (1 + \varepsilon)^t \quad (4.6)$$

Burada y_0 , son örnek yıldaki değeri ε , yıllık yüzde artış oranını y , y_0 dan t süre kadar sonraki tahmin değerini ifade eder.

Bu yöntemde göre Türkiye'nin yıllık enerji talebinin ortalama %10-12 arttığı düşünülürse, 6-7 yılda bir enerji talebinin iki kat arttığı hesaplanabilir. Amerika Birleşik Devletlerinde ise enerji ihtiyacı yılda yaklaşık olarak %6 oranında arttığından ancak 10 yılda enerji talebi iki kat artmaktadır.

Bu yöntem yaklaşık sonuç verdiği için çok uzun süreli tahminlerde kullanılmaz, daha çok planlamaya ilişkin ön çalışmalarda kullanılır. [12,13,14]

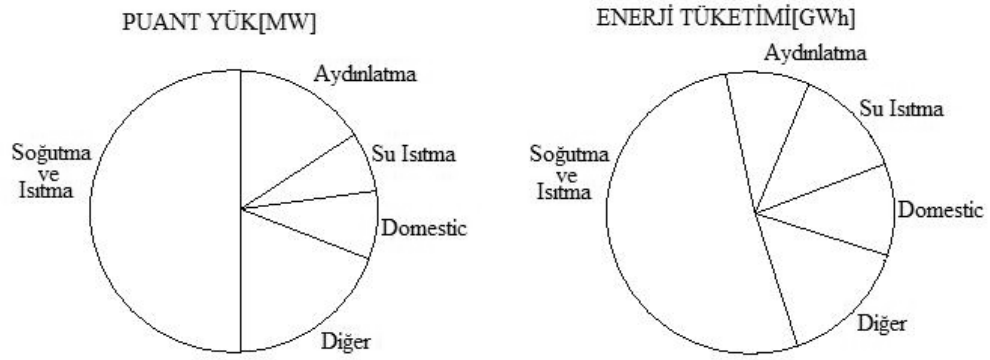
4.3. SON KULLANIM YÖNTEMİ

Bu yöntemde, tüketici guruplarına ait tüm elektrik donanımlarının sayıları, güçleri, kullanım süreleri (enerji tüketimleri) bilgilerinden yola çıkılarak, bu donanımların eskimesi, satışları, mevcut durumları, verimlilik değişimi geçmiş ve gelecek için incelenmekte ve bu verilere dayanılarak tahmin yapılmaktadır. Daha sonra tüm donanımlar için enerji tüketim ve puant yük tahminleri toplanarak sonuca gidilmektedir. [4,12]

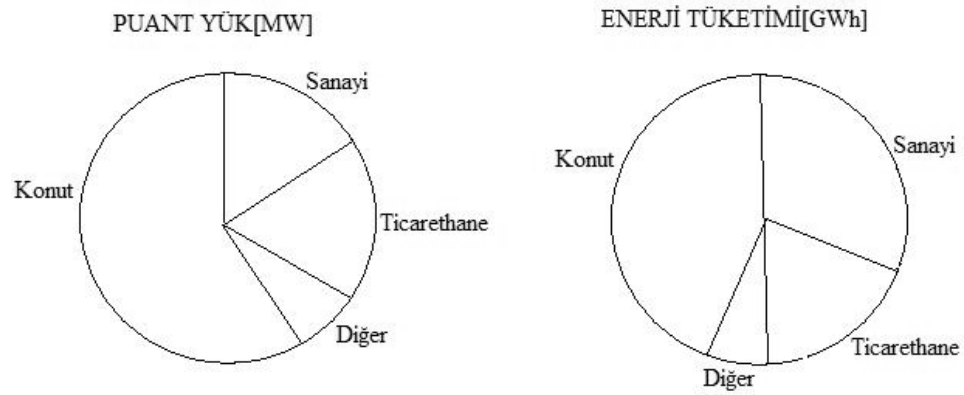
Örnek olarak konut enerji tüketim ve puant yük tahminini alalım. Söz konusu yöntem için yapılan işlemler;

1. Konut sayısının tahmini,
2. Mevcut elektrikli donanımların belirlenmesi,
3. Yeni donanımların tahmini,
4. Eskime, değişim ve yeni satışların tahmini
(yeni kullanım oranı=yeni cihaz / yeni konut oranının elde edilmesi.)
5. Mevcut donanımların güç değerlerinin ve kullanım süresinin belirlenmesi,
6. Her donanımın gelecekteki verimlilik artış tahmini,
7. Enerji tüketim ve puant yük tahmini

Şekillerde konutlar için son kullanım kategorilerinden genel değerlere ulaşılması gösterilmektedir.



Şekil 4.1 : Konut tüketicilerinin puant yük ve enerji tüketim değerlerinin elektrikli donanım gruplarının kullanılarak elde edilmesi [4,12]



Şekil 4.2 : Tüm tüketicilerin puant yük ve enerji tüketim değerlerinin alt tüketici gruplarından elde edilmesi [4,12]

Son kullanım yönteminde gerekli veriler sağlıklı olarak elde edildiğinde sonuçlar da tatmin edici olmaktadır. Ancak son derece ayrıntılı olan veriler gerektirmektedir. Bu verilerin sağlıklı elde edilmesi son derece güç olduğu için tahmin sonuçları da yeterince güvenilir olmayacaktır.

4.4. YÜZEYSEL YÜK TAHMİNİ

Bu yöntemde önemli olan iki unsur yük tahmini ve büyüme karakteristiğidir. Belirtilen unsurlara ulaşmak için yerleşim yeri alanı aşağıdaki şekilde, tüketici çalışma sınıflarına ayrılmıştır;

1. Yerleşim yeri 1: Kırsal yerleşim yerleri(çiftlikler)
2. Yerleşim yeri 2: Tek katlı müstakil evler
3. Apartmanlar: Apartmanlar,dubleks evler,villalar
4. Ticarethaneler: Dükkanlar, marketler
5. Ofisler: Ofisler ve serbest meslek gruplarına ait bürolar,
6. Yüksek binalar: Plazalar, gökdelenler
7. Küçük Sanayi: Küçük iş yerleri ve küçük ölçekli fabrikalar
8. Depolar: Depolar
9. Ağır Sanayi: Büyük ölçekli fabrikalar
10. Resmi Daireler: İdari kurumlar, okullar,hastaneler

Küçük ve orta ölçekli yerleşim yerlerinde yük tahmini için kullanılan sınıflandırma biçimlerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

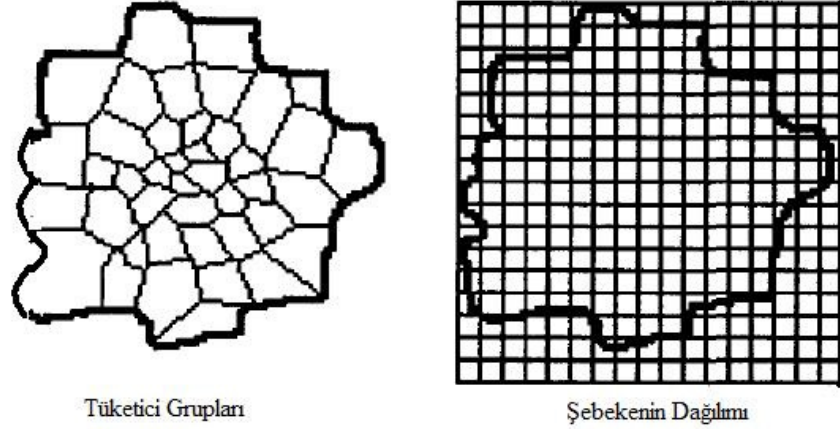
1. Yer renklendirme yöntemi
2. Arazi kullanım yöntemi

4.4.1. Yer Renklendirme Yöntemi

Bu yönteme, yüzeysel yük tahmininde “yer renklendirme yöntemi” denir. Bu yöntemle yük tahmini yapmak için aşağıdaki aşamalar kullanılır:

- a) Tüketici bazlı sınıflandırma ile ileriye dönük yük tahmini,
- b) Ele alınan bölgenin yükünün yıllara göre artışı,
- c) Yeni yerleşim yerleri veya yapısal karakter değişimi olacak yerlerin haritalarının çıkarılması ve bu yerlerin ileriye dönük yük tahminin yapılması,

d) Sistem alanı içerisindeki değişik bölgelerdeki kullanıma açılacak yeni yerleşim yerlerinin her bir tüketici sınıfına göre yük artışının hesaplanması. [4]



Şekil 4.3 : Yer renklendirme yöntemi

Yer renklendirme yöntemi basit gibi görünse de, hataları en aza indirgeyen bir yöntemdir. Bu yöntem küçük ve orta ölçekli yerleşim yerlerine uygulandığında çok iyi sonuçlar verebilir. Bu yöntemde ilk olarak her bir tüketici sınıfının yerleşim yerleri belirlenir ve bunun için ele alınan bölge Şekil 4.3' te görüldüğü gibi küçük eşit parçalara bölünerek tüketici guruplarına karşı düşen alan hesaplanır. Ayrıca incelenen bölgenin ölçekli bir haritası kullanılır. [4]

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

- 1- Yük tahminini yapanın yargısı (sistemi çok iyi bilen birinin yapması)
- 2- İncelenen bölgenin uzaydan çekilmiş fotoğrafı,
- 3- Yerleşim yerinin imar iskan planı(belediye nazım planı)

Yukarıdaki verilerden en önemlisi yük tahmini yapan kişinin yargısı, eldeki verilerin yerinde mevcut olup olmadığının tespitidir. Her bir tüketici grubunun yerinde tespiti yapılarak bulunduğu yer, eşit parçalara bölünmüş olan haritaya işlenir. Bunun sonucunda tüketici gruplarının ölçekli haritadaki kapladığı toplam alan bulunur.

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

Yukarıda belirtilen tepe yük değeri kVA'yı bulmak için dört farklı bilgi kaynağından yararlanılır;

- 1- Tahmini yapanın yargısı
- 2- Tüketici gruplarına göre örnek abonelerin seçimi,
- 3- Ele alınan yerleşim yerinin tükettiği enerji kWh'i tepe yük değeri kVA'ya dönüştüren ilgili yerleşim yerinin yük tevzi merkezinin kullandığı formül,
- 4- İndirici merkezlerin beslediği alandaki tüketici gruplarını yaz ve kış puant değerleri.

Yukarıdaki dört ayrı yaklaşımda bulunan değerlerin ağırlıklı ortalamaları ile tüketici grubuna karşı düşen tepe yük değeri (kVA/tüketici sayısı) bulunur. Bulunan bu değer haritaya işlenmesi için kVA/alan şekline çevrilmesi gerekir. Daha önce anlatıldığı üzere haritadan tüketici grubuna düşen alan ve abone grubu başına tepe yük değeri bilindiğinden, alan başına tepe yük değeri kVA/alan bulunur. [4,13]

4.4.2. Arazi Kullanım Yöntemi

Yük tahmini yapmak için değişik yollar vardır. Arazi kullanım yöntemi bunlardan bir tanesidir. Arazi kullanım yöntemi bir çok yöntemi içerir. Bu yöntemle geçmiş yük dağılım bilgilerinin regresyon analiziyle karşılaştırması yapılır. Geçerli olan coğrafik (GIS) sistemdir. Bu yöntem veri tabanını oluşturmada mükemmel bir yük tahmini sağlamaktadır. Güncelleştirilmiş coğrafik verileri toplamak için harcanacak binlerce saati (süreyi) tasarruf eder. Sonuçta yük tahmini daha önceki yöntemlere göre daha kullanışlıdır. Ayrıca yük tahmin sonuçları da yaklaşık olur. [13]

Yük tahmini için birkaç aşaması vardır. Proses bilgi toplama, toplanan bilgilere dayalı olarak arazinin kullanımını ve gelecekteki yük artışını gerektirir. Gelecekteki yük artışı ve arazi durumu daha sonra araziler üzerindeki değişken sabitlere bağlı olarak ayarlanabilir. Sistem yük artışını, mümkün olan bütçe, arazinin gelecekteki ekonomik değerinin artışında sabitler içerir.

Yüksek sentez yapabilme ve GIS verilerindeki çeşitliliklerin artması, bilgisayar hızının artması bunun sonucu olarak maliyetin düşmesi, dağıtım sistemlerinin yük tahmininde daha iyi yaklaşıklık sağlar. Ancak yinede insanların tek başına yapamayacakları çok sayıda veriyle karşı karşıya kalınacaktır. Bulanık mantık yapay sinir ağları ile dağılmış veri tabanı gibi değişik teknolojiler, çok sayıdaki verileri yönetmek için geliştirilmişlerdir. Arazi kullanım yöntemi (arazinin ne şekilde kullanılacağını kararını vermek) dağıtım sistemi planlaması için en önemli kısımdır.

Bulanık mantık teknolojilerini kullanmak için birkaç ana konu belirlenmelidir:

- 1- Arazi kullanımının seçiminde, yük tahmini ve otomasyon kararı için bilgisayarla yük tahmininde özel terimler nasıl gerçekleşecek,
- 2- Karar vermede uygun bilgi nasıl toplanacak.

Abonelik işlemleri ve centroid kuralı ile belirtilen sorunlar giderilmeye çalışılır, bu bilgisayar açısından da uygundur. Centroid kuralı, bulanık kontrol alanında netleştirmeyi sağlamada, güncel popüler yöntemdir. Giriş verilerini toplamada ve bulanık kuralları her alternatif için referans değerlere çevirmede kullanılacaktır.

Bulanık küme aboneliğin değişme derecesini içerir. Değişken olarak bu fonksiyonlar ve kümeler kullanılabilir. Ana yoldan uzaklık (toplu konut arazisi, yerleşim yeri vb.) belirlemede önemli bir faktördür. Bunların derecesi rölatif olduğundan belirlememiz gerekir. Bunu yaparken 0 (sıfır) ile 1 (bir) arasında normalize eder. 0 (sıfır) abonenin olmadığını, 1 (bir) ise tamamen abone fonksiyonu olduğunu gösterir. Çok yakın, oldukça yakın, uzak ana arterlerden olan uzaklığı gösterir. [13]

Yukarıda belirtilen kriterlerden yararlanılarak yeni yerleşim yerlerinin artış değerleri tahmin edilir. Yer renklendirme ve arazi kullanım yöntemiyle hem tüketici grubundaki yıllık artış değerleri hem de yeni yerleşim yerlerinin artış değerlerinden yararlanılarak tepe yük değerleri tahmin edilir. Tahmin edilen bu değerler ile küçük ve orta ölçekli yerleşim yerlerinin yük tahmini yapılır. [4,13]

4.5. GAYRİ SAFİ MİLLİ HASILAYA (GSMH) DAYALI YAPILAN TAHMİN

Türkiye’de uzun dönemli tahminler yapılırken kullanılan yöntemlerden biride GSMH büyüme hızıyla elektrik büyüme hızı arasındaki ilişkiyi, bir katsayı ile belirlemek ve kalkınma planı ile hedeflenen büyüme hızlarına göre, elektrik enerjisi tahminini bulunan bu katsayıya göre saptamaktır. Bu yöntemde belli bir döneme ait GSMH ’nın ortalama büyüme hızı ile elektrik tüketiminin ortalama büyüme hızı bulunur. Bu iki büyüme hızının büyüme oranı milli gelir ile elektrik enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi gösteren katsayıdır. Bu yöntem ekonomik ve siyasi açıdan istikrara sahip ülkelerde geçerli olabilir, ülkemiz gibi henüz gelişmekte olan ülkeler için olumlu sonuçlar vermeyebilir. Bu yöntemin detayları daha önceki bölümlerde anlatılmış olduğundan burada sadece yöntem olarak değinmek üzere bahsi geçmiştir. [13]

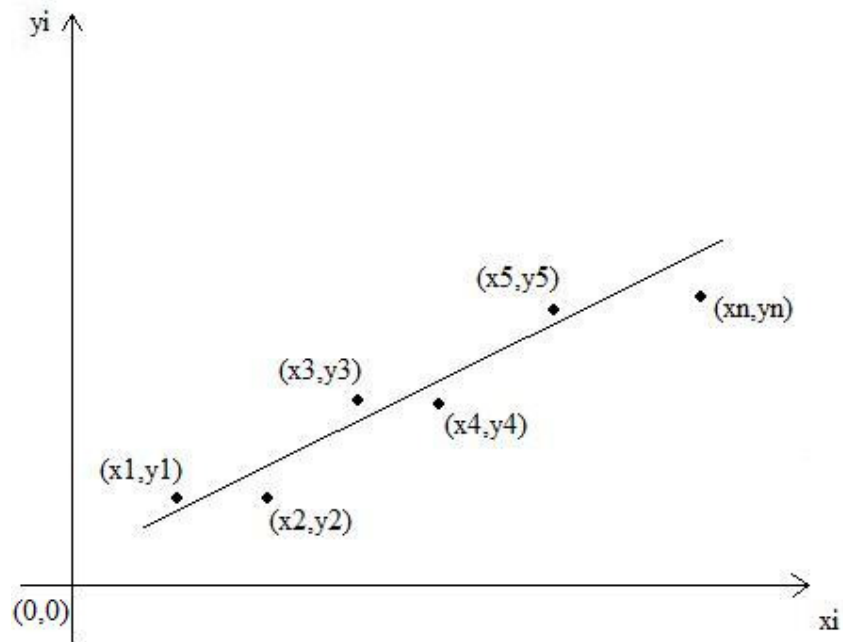
4.6. EKONOMETRİK YÖNTEMLER

Ekonometrik yöntemler değişkenler arasında bağlantı kurarak bunlardan matematiksel bir fonksiyon elde edilmesini sağlar. Özellikle regresyon analizi bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında bağlantı kurarak bunların meydana getirdiği fonksiyonu tespit edilmesine yardımcı olmaktadır. Elektrik enerjisi talebi sadece zamanın bir fonksiyonu olmayıp, ekonomik ve sosyal değişimlerden, teknolojik gelişmelerden ve çevre şartlarından da etkilenmektedir. Bununla birlikte sanayi sektörünün daha fazla elektrik enerjisi tüketir hale gelmesi, hayat standartının yükselmesine bağlı olarak daha modern, elektrikle çalışan cihazların fazlalaşması da elektrik enerji talebinin artmasına sebep olmaktadır. Bahsedilen değişkenler ile elektrik enerjisi talebi arasındaki ilişkiyi tanımlayabilmek için regresyon analizinden faydalanılır. Bağımsız değişken sayısına bağlı olarak regresyon analizi değişmektedir. Eğer bağımsız değişken sayısı bir ise bağımlı ve bağımsız değişken arasındaki ilişki doğrusal regresyon denklemi ile açıklanmaya çalışılır. Bağımsız değişken sayısı birden fazla ise bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişki çoklu regresyon analizi ile açıklanır. Bu kez ilişki doğru denklemi, parabol, üstel ifade veya logaritmik fonksiyon olabilir. [14]

4.6.1. Regresyon Analizi

Regresyon analizinde x_i serbest değişkenleri ile y_i bağımlı değişkenleri arasındaki ilişki matematiksel bir fonksiyon olarak elde edilir. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki dağılım diagramının çizilmesi ile iki değişken arasında bir bağlantının kurulup kurulamayacağına, eğer kuruluyorsa nasıl bir fonksiyonun ele alınacağına karar verilebilir. Ayrıca fonksiyonun kaçınıcı dereceden olacağına karar verilebilir.

Regresyon analizinde kullanılacak fonksiyonun katsayılarını tespit etmek için en küçük kareler yöntemi kullanılır. n tane x serbest değişkeninin $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ değerlerine karşılık gelen n tane y değişkeninin $(y_1, y_2, \dots, y_n)$ değerlerinin olduğunu varsayalım. Bu durum şekil 4.4'teki gibi dağılım diagramında n adet nokta belirtir. [15]



Şekil 4.4 : (x_i, y_i) Değişkenlerin dağılım diyagramı

Değişkenlerin dağılımı yaklaşık olarak bir doğruya benzediğinden doğrusal regresyonu göz önüne alacağız. Noktalar arasından geçen doğrunun denklemi aşağıdaki gibidir;

$$y = f(x) = a + bx \quad (4.7)$$

Doğrunun her x_i değerine karşılık gelen noktası $f(x_i)$ dir. Böylece her bir gerçek y_i değerine doğru üzerinde $f(x_i)$ teorik değeri karşılık gelecektir. Noktalar arasından geçirilen doğrunun iki değişken arasındaki ilişkiyi en iyi şekilde temsil etmesi için a ve b katsayılarını; n nokta için gerçek ve teorik ordinatlarını aralarındaki farkların karelerinin toplamı minimum olacak şekilde seçilmesi gerekmektedir. [15]

$$Q = \sum [y_i - f(x)]^2 \quad (4.8)$$

Değeri minimum olmalıdır. Bu Q fonksiyonu minimum olacak şekilde a ve b katsayılarının belirlenmesi gerekir.

$$Q = \sum [y_i - (a + bx_i)]^2 = \text{minimum olmalı} \quad (4.9)$$

bunu gerçekleştirmek için Q fonksiyonunun a ve b ye göre kısmi türevlerini alarak sıfıra eşitlenirse

$$dQ / da = -2\sum (y_i - a - bx_i) = 0 \quad (4.10)$$

$$dQ / db = -2\sum (y_i - a - bx_i)x_i = 0 \quad (4.11)$$

olur.

Denklemler düzenlendiğinde

$$na + \sum bx_i = \sum y_i \quad (4.12)$$

$$a\sum x_i + \sum bx_i^2 = \sum x_i y_i \quad (4.13)$$

$$y'' = \sum y_i / n \quad (4.14)$$

$$x'' = \sum x_i / n \quad (4.15)$$

Burada n toplam gözlem sayısı olmak üzere

$$a = y'' - bx'' \quad (4.16)$$

$$b = (\sum x_i y_i - y'' \sum x_i) / (\sum x_i^2 - x'' \sum x_i) \quad (4.17)$$

bulunur.

Eğer regresyon denklemi üssel bir ifade ise yani iki değişken arasındaki ilişki üssel bir fonksiyon ise bu $y = a.b.exp(x)$ olarak yazılabilir. Bu denklemin logaritması alınır

$$\log y = \log a + x \log b \text{ olur.} \quad (4.18)$$

$$Y = \log y \quad A = \log a \quad B = \log b \text{ olarak ifade edilirse;} \quad (4.19)$$

$$Y = A + Bx \text{ doğru denklemi elde edilir.} \quad (4.20)$$

Doğrusal regresyondaki özellikler aynen burada da geçerlidir.

Noktaların genel durumuna göre değişkenler arası ilişki parabolle gösteriliyorsa

$$f(x) = a + bx + cx^2 \quad (4.21)$$

$$Q = \sum [y_i - f(x_i)]^2 = \sum [y_i - (a + bx_i + cx_i^2)]^2 = \text{minimum} \quad (4.22)$$

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

$$dQ / da = -2\sum (y_i - a - bx_i - cx_i^2) = 0 \quad (4.23)$$

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

$$dQ / dc = -2\sum x_i^2 (y_i - a - bx_i - cx_i^2) = 0 \quad (4.25)$$

bulunur. Denklemler düzenlenirse

$$na + \sum bx_i + c\sum x_i^2 = \sum y_i \quad (4.26)$$

$$a\sum x_i + \sum bx_i^2 + c\sum x_i^3 = \sum x_i y_i \quad (4.27)$$

$$a\sum x_i^2 + \sum bx_i^3 + c\sum x_i^4 = \sum x_i^2 y_i \quad (4.28)$$

yazılır.

Üç denklemin çözülmesi ile a, b ve c katsayıları bulunur. Böylelikle değişkenler arasındaki parabol denklemi elde edilmiş olur.

Eğer bağımsız değişken sayısı birden fazla ise yani elektrik enerjisi talebinin artışına birden fazla etken etkiyorsa, çoklu regresyon analizi yapılır. Bu durumda fonksiyonumuz şu şekli alır;

$$y_i = f(x_i) = a_0 + a_1x_{i1} + a_2x_{i2} + a_3x_{i3} + \dots + a_nx_{in} \quad (4.29)$$

Yukarıdaki denklemde y_i bağımlı değişken $(x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \dots, x_{in})$ bağımsız değişkenlerdir.

Modeli matrisel olarak ifade edersek

$$[Y]=[X][A] \quad (4.30)$$

[Y]: Bağımlı değişken vektörü $n \times 1$ boyutludur. (n gözlem sayısı)

[X]: Bağımsız değişken matrisi $n \times (m+1)$ boyutundadır. (Satır sayısı gözlem sayısını, sütun sayısı ise bağımlı değişken sayısının bir fazlasını gösterir.)

[A]: Katsayılar matrisi $(m+1) \times 1$ boyutundadır.

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & X_{12} & X_{13} & \dots & \dots & X_{1m} \\ 1 & X_{21} & X_{22} & X_{23} & \dots & \dots & X_{2m} \\ 1 & X_{31} & X_{32} & X_{33} & \dots & \dots & X_{3m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & & & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & & & & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & & & & \vdots \\ 1 & X_{n1} & X_{n2} & X_{n3} & \dots & \dots & X_{nm} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ a_m \end{bmatrix} \quad (4.31)$$

türevlerini alıp eşitlersek

$$\begin{bmatrix} \Sigma Y_i \\ \Sigma X_{i1} X_{im} \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \Sigma X_{im} Y_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n & \Sigma X_{i1} & \dots & \dots & \dots & \dots & \Sigma X_{im} \\ \Sigma X_{i1} & \Sigma X_{i1}^2 & \dots & \dots & \dots & \dots & \Sigma X_{i1} X_{im} \\ \vdots & \vdots & & & & & \vdots \\ \vdots & \vdots & & & & & \vdots \\ \vdots & \vdots & & & & & \vdots \\ \vdots & \vdots & & & & & \vdots \\ \Sigma X_{im} & \Sigma X_{im} X_{i1} & \dots & \dots & \dots & \dots & \Sigma X_{im}^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ a_m \end{bmatrix} \quad (4.32)$$

elde edilir.

4.6.2. Regresyondaki Tahmin Hataları ve Korelasyon

Regresyon denklemleri bize bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki gerçek ilişkiyi değil de, noktaların dağılımına göre teorik ortalama bir ilişkiyi gösterir. Bu yüzden gerçek değer olan bir x değerine karşılık tahmin edilen $f(x_i)$ değeri regresyon fonksiyonunun üzerinde olacaktır. Ancak pratikte gerçekleşen değerler regresyon fonksiyonunun civarında dağılmışlardır. Bu yüzden bulacağımız tahmin değerlerinde hatalar meydana gelecektir. Hata payının küçülmesi bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin kuvvetlilik derecesine bağlıdır. Bu ilişki ne kadar kuvvetli ise regresyon analizi ile bulacağımız tahmin değerindeki hata o oranda azalacaktır. Bağımlı veya bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin derecesini ve önemini inceleyen teknik, korelasyon tekniğidir. [15]

4.6.3. Tahminin Standart Hatası

Regresyon analizindeki tahmin hataları gözlemler sonucu elde edilen gerçek değerler ile regresyon sonucu hesaplanan teorik değerler arasındaki sapmalardır. Hatayı sıfırlamak için gerçek değerler ile teorik değerler arasındaki farkların toplamının sıfır olması gerekmektedir. Gerçek değerler (x_i, y_i) regresyon sonucu hesaplanan teorik değerler (x'_i, y'_i) olmak üzere;

$$\Sigma[y_i - y'_i] = 0 \quad (4.33)$$

$$\Sigma[x_i - x'_i] = 0 \quad (4.34)$$

olmalıdır. Bununla birlikte gerçek ve teorik değerler arasındaki farkın karelerinin toplamı minimum olmalıdır.

$$\Sigma[y_i - y'_i]^2 = \text{minimum} \quad (4.35)$$

$$\Sigma[x_i - x'_i]^2 = \text{minimum} \quad (4.36)$$

Bulunan bu farkların gözlem sayısına bölünmesi ile tahminin standart hatası elde edilir.

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum (y_i - y_i')^2}{n}} \quad (4.37)$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x_i')^2}{n}} \quad (4.38)$$

4.6.4. Standart Sapma ve Korelasyon Katsayısı

Standart hata gerçek dağılım değerlerinin regresyon doğrusundan sapmalarının bir ölçüsüdür. Gerçek dağılım değerlerinin aritmetik ortalamalarından sapma değerleri de standart sapmayı verir.

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum (y_i - y_i'')^2}{n}} \quad (4.39)$$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x_i'')^2}{n}} \quad (4.40)$$

Standart hatanın karesinin standart sapmanın karesine oranı belirsizlik katsayısı olarak tanımlanır. y bağımlı değişkeninde belirli ve belirsiz nedenlerden meydana gelen değişmelerin toplamı 1 olacağından bundan belirsizlik katsayısı çıkarılırsa belirlilik katsayısı elde edilir. Bu da belirli x değişkenine bağlı olan değişmelerin oranını gösterir.

$$1 - S^2 / \sigma^2 \quad (4.41)$$

$$r_{y^2} = 1 - S_{y^2} / \sigma_{y^2} = 1 - [\sum (y_i - y_i')^2] / [\sum (y_i - y_i'')^2] \quad (4.42)$$

$$r_{x^2} = 1 - S_{x^2} / \sigma_{x^2} = 1 - [\sum (x_i - x_i')^2] / [\sum (x_i - x_i'')^2] \quad (4.43)$$

Katsayı ne kadar büyükse ilişki o kadar güçlüdür. Belirlilik katsayısının karekökü de korelasyon katsayısını verir. x'in belli değerlerine karşılık y değerleri tayin ediliyorsa korelasyon katsayısı, sadece y değişkenlerinin gerçek değerleri ile tahmin edilen değerleri arasındaki ilişkinin gücünü ölçer.

$$r = \pm \sqrt{1 - S_y^2 / \sigma_y^2} = \pm \sqrt{1 - [\Sigma(y_i - y_i'')^2] / [\Sigma(y_i - y_i''')^2]} \quad (4.44)$$

ile gösterilen korelasyon katsayısına “Pearson Korelasyon Katsayısı” denilmektedir.

$r > 0$ ise x ile y değişkeni arasında pozitif bir korelasyon vardır. $r = 1$ olduğunda değişkenler arasında tam ve pozitif korelasyon bulunur. y nin ölçülen değerleri regresyon denkleminde göre bulunan değerlere tamamen uyar. x artırıldıkça y de artar.

$r < 0$ olduğu zaman ise değişkenler arasında negatif korelasyon vardır. x ile y ters orantılı olarak değişir.

x ile y arasında çift yönlü ilişki varsa, yani x de y ye göre değişim gösteriyorsa

$(x = \alpha + \beta y)$ korelasyon katsayısı

$$r = \Sigma(y_i - y_i'')(x_i - x_i'') / \sqrt{[\Sigma(y_i - y_i'')^2] \cdot [\Sigma(x_i - x_i'')^2]} \quad (4.45)$$

$$r = (n \Sigma x_i y_i - \Sigma x_i \Sigma y_i) / \sqrt{[n \Sigma x_i^2 - (\Sigma x_i)^2][n \Sigma y_i^2 - (\Sigma y_i)^2]} \quad (4.46)$$

Bir ilişkinin kuvvetli olabilmesi için $r^2 = 0.50$, $r = \pm 0.71$ olmalıdır. [14,15]

5. YAPAY SİNİR AĞLARI

Yapay sinir ağı (YSA), insan beyninden esinlenerek geliştirilmiş, ağırlıklı bağlantılar aracılığıyla birbirine bağlanan ve her biri kendi belleğine sahip işlem elemanlarından oluşan paralel ve dağıtılmış bilgi işleme yapılarıdır. Yapay sinir ağı, bir başka deyişle, biyolojik sinir ağını taklit eden bilgisayar programlarıdır. Yapay sinir ağı zaman zaman bağlantıcılık (connectionism), paralel dağıtılmış işlem, sinirsel-işlem, doğal zeka sistemleri ve makine öğrenme algoritmaları gibi isimlerle de anılmaktadır.

Yapay sinir ağı bir programcının geleneksel yeteneklerini gerektirmeyen, kendi kendine öğrenme düzenekleridir. Bu ağı öğrenmenin yanı sıra, ezberleme ve bilgiler arasında ilişkiler oluşturma yeteneğine de sahiptir. Yapay sinir ağı insan beyninin bazı organizasyon ilkelerine benzeyen özellikleri kullanmaktadırlar. Yapay sinir ağı bilgi işleme sistemlerinin yeni neslini temsil ederler. Genel olarak yapay sinir ağı model seçimi ve sınıflandırılması, işlev tahmini, en uygun değeri bulma ve veri sınıflandırılması gibi işlerde başarılıdır. Geleneksel bilgisayarlar ise özellikle model seçme işinde verimsizdir ve sadece algoritmaya dayalı hesaplama işlemleri ile kesin aritmetik işlemlerde hızlıdır. [18]

Birçok yapay sinir ağı tipi bulunmakla birlikte bazılarının kullanımı diğerlerinden daha yaygındır. En çok kullanılan yapay sinir ağı ki tez çalışmada kullanılan tip de budur, geri yayımlı yapay sinir ağı olarak bilinendir. Bu tip yapay sinir ağı tahmin ve sınıflandırma işlemlerinde çok iyi sonuçlar vermektedir. Bir başkası Kohonen Öz Örgütlemeli Harita'dır. Bu tip sinir ağı, karışık bilgi kümeleri arasında ilişki bulma konusunda başarılı sonuçlar vermektedir. Belirsiz, gürültülü ve eksik bilgilerin işlenmesinde yapay sinir ağı başarıyla kullanılmaktadır.

5.1. NİÇİN YAPAY SİNİR AĞI?

Teknolojik gelişme olarak da görülmesi gereken yapay sinir ağları metodolojisi, özellikleri ve yapabildikleri sayesinde önemli avantajlar sunmaktadır. Bu bölümde, YSA'ların farklılık ve avantaj sağladığı noktalar incelenmektedir.

5.1.1. Doğrusal Olmayan Yapı

YSA'ların en önemli özelliklerinden birisi gerçek hayattaki olası doğrusal olmayan yapıları da dikkate alabilmesidir. White (1991) YSA'ların doğrusal olmayan modeller olarak görülebileceğine dair bulgular ortaya koymuştur. "...Doğrusal olmayan modellerde kullanılan belirli fonksiyonel yapılar, veriyi üreten fonksiyonun genellikle YSA'ların ima ettiğinden farklı olduğu ve bu yüzden YSA'ların kullanılması için gerekli ekonometrik teoremin eksik tanımlı doğrusal olmayan modeller için olduğunu ima etmektedir. Bunların ön tanımlı yapıları dayanıksızken, YSA'lar herhangi bir sürekli fonksiyona veya türevlerine yakınsama yeteneğine sahiptir ve bu yüzden Evrensel Fonksiyon Yakınsayıcı Yöntem (Universal Function Approximators) olarak tanımlanmaktadırlar." [16]

Doğrusal olmayan yapıları dikkate alabilme özelliği talep tahmin çalışmasının içeriği açısından da ayrıca önem taşımaktadır. Çünkü, yapıları gereği ekonomik verilerin ve yük durumunun da doğrusal olmayan bir yapıda olmaları normaldir fakat tahmin zorlukları nedeniyle analizler genellikle lineer yöntemlerle gerçekleştirilmektedir. Halbuki bu durum, muhtemel bir doğrusal olmayan yapı içerilmesi durumunda yanlış sonuçlara yol açabilmektedir; ya da en azından analizi yapılan sistemde açıklanamayan bileşenler kalabilmektedir. Sonuç olarak, analiz konusunun içerdiği veri setinin doğrusal veya doğrusal olmayan yapı içeriyor olması, analiz sonuçlarını etkileyecek önemli bir faktördür. Bu yüzden, doğrusal olmayan yapıları dikkate alabilmesi YSA'ların önemli bir özelliğidir.

5.1.2. Öğrenme

YSA'ların diğer bir önemli avantajı en önemli özelliğinden kaynaklanmaktadır. Esin kaynağı insan beyninin çalışma sistemi olan bu yöntem, eğitime veya başlangıç tecrübesi sayesinde veriyi kullanarak öğrenme yeteneğine sahiptir. Bu özelliği sayesinde ise

geleneksel teknikler için çok karmaşık kalan problemlere çözüm sağlayabilmektedirler. Ayrıca, insanların kolayca yapabildiği ama geleneksel metotların uygulanamadığı basit işlemler için de oldukça uygundurlar.

5.1.3. Yerel İşlem ve Esneklik

YSA'lar, geleneksel işlemcilerden farklı şekilde işlem yapmaktadırlar. Geleneksel işlemcilerde, tek bir merkezi işlem elemanı her hareketi sırasıyla gerçekleştirir. YSA modelleri, her biri büyük bir problemin bir parçası ile ilgilenen çok sayıda basit işlem elemanlarından oluşma ve bağlantı ağırlıklarının ayarlanabilmesi gibi özelliklerinden dolayı önemli derecede esnek bir yapıya sahiptirler. Bu esnek yapı sayesinde ağırlık kısmının zarar görmesi modelde sadece performans düşüklüğü yaratır. Modelin işlevini tamamen yitirmesi söz konusu olmaz. Ayrıca, toplam işlem yükünü paylaşan işlem elemanlarının birbirleri arasındaki yoğun bağlantı yapısı sinirsel hesaplamanın temel güç kaynağıdır. Bu yerel işlem yapısı sayesinde, YSA yöntemi en karmaşık problemlere bile uygulanabilmekte ve tatminkar çözümler sağlayabilmektedir.

5.1.4. Gerçek Zamanlı İşlem

YSA hesaplamaları paralel olarak yürütülebildiğinden gerçek zamanlı işlem yapabilir.

5.1.5. Genelleme

Yine öğrenme yeteneği sayesinde bilinen örnekleri kullanarak daha önce karşılaşılmamış durumlarda genelleme yapabilmektedir. Yani, hatalı (noisy) veya kayıp veriler için çözüm üretebilmektedir. YSA'lar, tanımlanmamış girdi veriler hakkında karar verirken genelleme yapabildikleri için iyi birer girdi tanımlayıcısı (pattern recognition engine) ve sağlam sınıflandırıcıdır (robust classifier).

5.1.6. Bellek

Bunlara ek olarak, işlem elemanları arasındaki ağırlıklı bağlantılar sayesinde dağıtılmış bellekte bilgi saklayabildikleri söylenebilir.

5.1.7. Kendi İlişkisini Oluşturma

Yapay sinir ağları, bilgilere (verilere) göre kendi ilişkilerini oluştururlar, denklem içermezler.

5.1.8. Sınırsız Sayıda Değişken ve Parametre

Diğer taraftan, YSA modelleri sınırsız sayıda değişken ve parametre ile çalışabilmektedir. Bu sayede mükemmel bir öngörü doğruluğu ile genel çözümler sağlanabilmektedir. Karmaşık veya sorunlu veriden bile anlam çıkarabilmek gibi dikkate değer yetenekleriyle YSA'lar, insanlar veya bilgisayarlar tarafından anlaşılması zor trendleri belirlemek veya yapıları (pattern) çıkartmak için kullanılabilirler. Tam eğitilmiş bir Yapay Sinir Ağı modeli, analiz ettiği bilgi kümesi (veri tabanı) için uzman olarak düşünülebilir. Bu uzman, değişik durumlar ve '... olsa ne olur?' türünde simülasyon problemlerine projeksiyonlar sağlamak için kullanılabilir.

Bununla birlikte, YSA'ların kullanımında göz önünde bulundurulması gereken bazı dezavantajlar da bulunmaktadır. Bunlar arasında en önemlisi geniş veri seti gereksinimidir. Sinir ağlarının eğitilebilmesine ve test edilebilmesine yetecek genişlikte veri setine ihtiyaç duyulmaktadır. Yine de, yeterli veri seti genişliği için kesin bir kriter yoktur; bir noktada uygulamaya bağlıdır. Dezavantaj sayılabilecek diğer bir nokta ise basit olarak görülebilecek modelleme yapılarına rağmen uygulamanın zor ve karmaşık olabilmesidir. Bazı durumlarda, bir yakınsama sağlamak bile imkansız olabilmektedir fakat bu durum da uygulama alanına bağlıdır ve genellikle çok karmaşık problemlerde ortaya çıkmaktadır.

5.1.9. Yapay Sinir Ağlarında Bilginin Depolanması ve Geri Alınması

Yapay sinir ağlarına herhangi bir örnek giriş verisinin tanınabilmesi ve bunun daha sonra kullanılabilmesi için verinin ağda nasıl temsil edildiğini, nerede saklandığını ve nasıl geri alındığının bilinmesi gerekmektedir. Klasik bilgisayarlarda bilgi 1 ve 0 serileri ile temsil edilirken, sinir ağlarında matematiksel işlev ile temsil edilir. İşlem elemanları arasındaki bağlantının ağırlıkları bu işlevin değişkenleri olarak görev yaparlar. Burada ağırlıklar saklanan bilginin ne olduğuna karar verir, fakat kendilerinin bir anlamı yoktur. Sinir ağlarındaki bilgi, ağ içinde ki bağlantılarda ve birçok ağırlıklar yoluyla dağıtılmaktadır. Klasik bilgisayar bilgiyi belleğinde belirli bir yerde saklar, sinir ağları ise bilgiyi tüm ağ boyunca dağıtır. Bu durum dağıtılmış bellek olarak bilinir. Klasik bilgisayarda bilgi, belirli bellek bölgesine ulaşılarak alınır. Sinir ağlarında ise, bilgi muhtemelen gürültülü ya da tamamlanmamış giriş örneği olarak ağa sunulur. Ağ, girişile tüm ihtimalleri birleştirerek en iyi ve en uygun örneği çıkış olarak seçer. Bu

çıkış örneği, ağ tarafından giriş örneği hakkında eldeki bilgi olarak temsil edilir. Bu durum ise birleştirilmiş bellek olarak bilinir.

5.2. YAPAY SİNİR AĞLARININ ÜSTÜNLÜKLERİ VE SAKINCALARI

Yapay sinir ağlarının en büyük üstünlükleri, öğrenme kabiliyeti olması ve farklı öğrenme algoritmaları kullanabilmesidir. Bunun yanı sıra en sık belirtilen sakıncaları ise sistemin çalışmasının analiz edilememesi ve öğrenme işleminde başarılı olunamama riski olmasıdır. Yapay sinir ağlarının üstünlükleri ve sakıncaları Tablo 5.1. de verilmiştir.

Tablo 5.1 : Yapay sinir ağlarının üstünlük ve sakıncaları

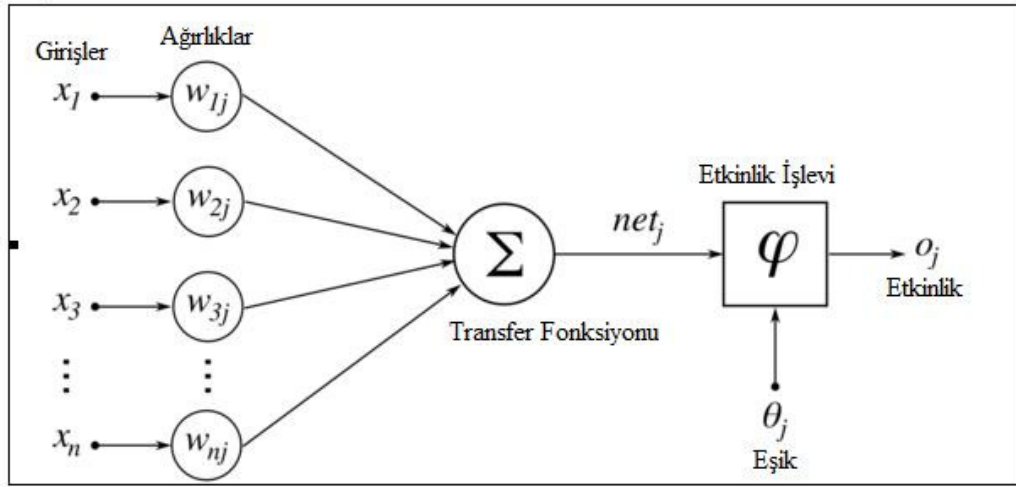
ÜSTÜNLÜKLER	SAKINCALAR
Matematiksel modele ihtiyaç duymazlar.	Sistem içerisinde ne olduğu bilinemez.
Kural tabanı kullanımı gerektirmezler.	Bazı ağlar hariç kararlılık analizleri yapılamaz.
Öğrenme kabiliyeti vardır ve farklı öğrenme algoritmalarıyla öğrenebilirler.	Farklı sistemlere uyarlanması zor olabilir.

5.3. BİR YAPAY SİNİRİN ANA ÖĞELERİ

Yapay sinir ağları, birbirine bağlı çok sayıda işlem elemanlarından oluşmuş, genellikle paralel işleyen yapılar olarak adlandırılabilir. Yapay sinir ağlarındaki işlem elemanları (düğümler) basit sinirler olarak adlandırılır. Bir yapay sinir ağı, birbirleriyle bağlantılı, çok sayıda düğümlerinden oluşur. Yapay sinir ağları, insan beyni gibi, öğrenme hatırlama ve genelleme yeteneğine sahiptirler. İnsan beyninde öğrenme 3 şekilde olur;

- Yeni aksonlar üreterek,
- Aksonların uyarılmasıyla,
- Mevcut aksonların güçlerini değiştirerek.

Her aksonun, üzerinden geçen işaretleri değerlendirebilecek yetenekte olduğu savunulmaktadır. Aksonun bu özelliği, bir işaretin belli bir sinir için ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Yapay sinir ağlarının temel birimi işlem elemanı ya da düğüm olarak adlandırılan yapay bir sinirdir. Bir yapay sinir, biyolojik sinirlere göre daha basit olmasına karşın, biyolojik sinirlerin 4 temel işlevini taklit ederler. Şekil 5.3' te yapay bir sinir (düğüm) gösterilmiştir.



Şekil 5.1 : Yapay sinir hücresi

Girişler x_i sembolüyle gösterilmiştir. Bu girişlerin her biri ağırlık w ile çarpılır. Basitçe, bu ürünler eşik değeri θ_j ile toplanır ve sonucu oluşturmak için etkinlik işlevi ile işlem yapılır ve y_i çıkışı alınır. Tüm yapay sinir ağları bu temel yapıdan türetilmiştir. Bu yapıdaki farklılıklar yapay sinir ağlarının farklı sınıflandırılmalarını sağlar. Bir yapay sinirin öğrenme yeteneği, seçilen öğrenme algoritması içerisinde ağırlıkların uygun bir şekilde ayarlanmasına bağlıdır.

5.3.1. Girişler

Girişler ($x_1, x_2, \dots, x_n$) çevreden aldığı bilgiyi sinire getirir. Girişler, kendinden önceki sinirlerden veya dış dünyadan sinir ağına gelebilir. Bir sinir genellikle gelişmiş bir çok girdileri alır.

5.3.2. Ağırlıklar

Ağırlıklar ($w_1, w_2, \dots, w_i$), yapay sinir tarafından alınan girişlerin sinir üzerindeki etkisini belirleyen uygun katsayılarıdır. Her bir giriş kendine ait bir ağırlığa sahiptir. Bir

ağırlığın değeri büyük olması, o girişin yapay sinire güçlü bağlanması ya da önemli olması, küçük olması zayıf bağlanması ya da önemli olmaması anlamına gelmektedir.

5.3.3. Toplama İşlevi

Toplama işlevi v_i , sinirde her bir ağırlığın ait olduğu girişlerle çarpımının toplamalarını eşik θ_j değeri ile toplayarak etkinlik işlevine gönderir. Bazı durumlarda toplama işlevi bu kadar basit bir işlem yerine, en az (min), en çok (max), çoğunluk veya birkaç normalleştirme algoritması gibi çok daha karmaşık olabilir.

5.3.4. Etkinlik İşlevi

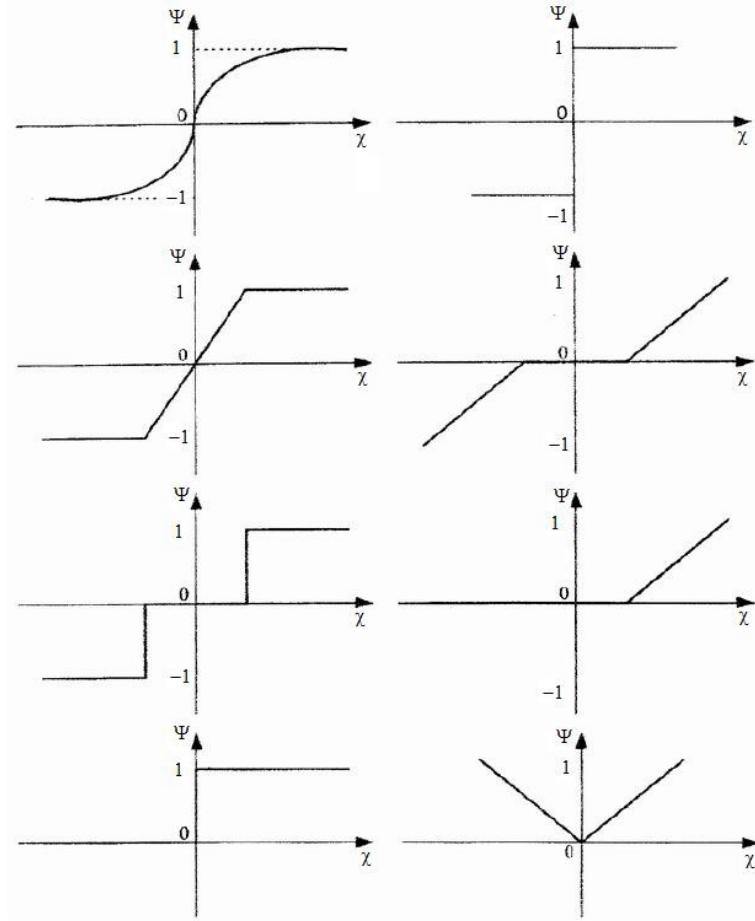
Toplama işlevinin sonucu, etkinlik işlevinden f (etkinlik) geçirilip çıkışa iletilir. Bir etkinlik işlevinin kullanım amacı, zaman söz konusu olduğunda toplama işlevinin çıkışının değişmesine izin vermektir. Etkinlik işlevi, Şekil 5.2 'te gösterilen eğrilerin biri şeklinde olabilmektedir.

Bu eğrilerden eşik veya basamak işlevleri etkinlik işlevinin nasıl çalıştığını basit bir şekilde açıklamaktadır. Sinir, etkinlik işlevinin eşik seviyesinin altında çıkış üretmez. Sinir, etkinlik işlevinin eşik seviyesinin üzerinde çıkış üretir. Etkinlik işlevinin çıkışı Y_i , giriş vektörleri X_i tarafından uyarıldığında denklem (5.1) 'deki gibi tanımlanır :

İkili girişlerin bir örneği verildiğinde, etkinlik işlevi ya sıfır ya da 1 çıkış verecektir.

5.3.5. Ölçekleme ve Sınırlama

Düğümelerde, etkinlik işlevinin sonuçları ölçek veya sınır işlemlerinden geçebilir. Bu ölçeklendirme basitçe bir ölçek etmeni ile etkinlik değerinin çarpımının sonucudur. Sınırlandırma ise, ölçeklenmiş sonuçların en az ve en çok sınırlarını aşmamasını sağlamaktır.



Şekil 5.2 : Yapay sinir ağlarında kullanılan etkinlik işlevleri

$$y_i = \begin{cases} 1 & \text{eger } w_1x_1 + w_2x_2 + \dots + w_nx_n \geq T \\ 0 & \text{eger } w_1x_1 + w_2x_2 + \dots + w_nx_n < T \end{cases} \quad (5.1)$$

5.3.6. Çıkış İşlevi

Çıkış $y_i = f(s)$, etkinlik işlevi sonucunun dış dünyaya veya diğer sinirlere gönderildiği yerdir. Bir sinirin bir tek çıkışı vardır. Sinirin bu çıkışı, kendinden sonra gelen herhangi bir sayıdaki diğer sinirlere giriş olabilir. Her bir düğümde bir çıkış işaretine izin verilir. Bu işaret diğer yüzlerce sinir hücresinin girişi olabilir. Bu durum biyolojik sinirde olduğu gibidir. Biyolojik sinirde de birçok giriş varken sadece bir çıkış etkinliği vardır. Düğüm çıkışı etkinlik işlevinin sonucuna eşdeğerdir. Fakat bazı ağ yapıları, komşu düğümler arasında yarışma oluşturmak için etkinlik sonuçlarını düzenleyebilir. Böylece yarışmacı girişler hangi düğümün öğrenme ya da uyma işlemine katılacağına karar

verilmesinde yardımcı olur. Bütün bu anlatılanların ışığında yapay sinir ile biyolojik sinirler arasındaki benzerlik Tablo 5.2'teki gibi gösterilebilir.

Tablo 5.2 : Biyolojik sinir ağı ile yapay sinir ağının karşılaştırılması

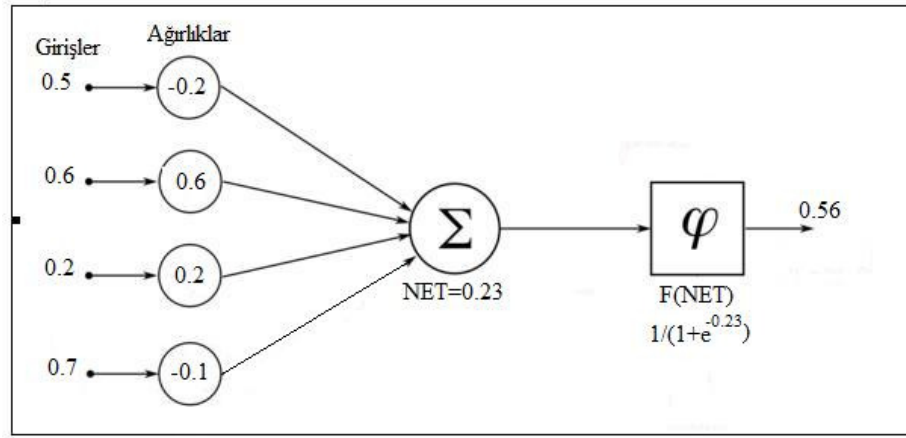
Biyolojik Sinir Ağı	Yapay Sinir Ağı
Sinir Sistemi	Sinirsel Hesaplama Sistemi
Sinir	Düğüm (Sinir, İşlem Elemanı)
Sinaps	Sinirler Arası Bağlantı Aralıkları
Dentrit	Toplama İşlevi
Hücre Gövdesi	Etkinlik İşlevi
Akson	Sinir Çıkışı

5.4. ÖĞRENME

Öğrenme kuralı Hebbian öğrenme kuralı denilen basit bir modele dayanır. Hebbian öğrenme kuralı temel olarak "Eğer iki düğüm aynı zamanda etkin ise aralarındaki bağ gücü artar". kuramına dayanmaktadır. Öğrenmenin amacı, her bir düğümün girişlerindeki değişken bağlantı ağırlıklarını derlemektir. İstenen bazı sonuçları elde etmek için, giriş bağlantılarının ağırlıklarını değiştirme işlemi uyma işlevi olarak adlandırabildiği gibi öğrenme kipi olarak ta adlandırılabilir. Danışmanlı ve danışmansız olmak üzere iki tip öğrenme türü vardır. Danışmanlı öğrenmede bir öğretmene ihtiyaç vardır. Öğretmen, bir veri alıştırma kümesi veya ağ sonuçlarının performansını derecelendiren bir gözlemci olabilir. Danışmanlı öğrenmede eğitilmiş sinirlere öğretme işaretini göndererek sinirler eğitilir. Bu işaretin bağlantısındaki ağırlıkları ayarlamakta kullanılır.

5.5. YAPAY SİNİR HÜCRESİNİN ÇALIŞMA PRENSİBİ

Bir yapay sinir hücrecini (proses elemanını) nasıl çalıştığını daha kolay anlamak için bir örnek vermek yararlı olur. Bir proses elemanına gelen bilgiler ve ağırlıklar Şekil 5.3'te verildiği gibi varsayalım. Görüldüğü gibi proses elemanının 4 girdisi ve 4 ağırlık değeri vardır.



Şekil 5.3 : Bir yapay sinir hücresinin çalışma örneği

Hücreye gelen NET bilgi, ağırlıklı toplam alınarak şu şekilde hesaplanır.

$$NET = 0,5 \cdot (0,2) + 0,6 \cdot (0,6) + 0,2 \cdot (0,2) + 0,7 \cdot (-0,1) \quad (5.2)$$

$$NET = -0,1 + 0,36 + 0,04 - 0,07 \quad (5.3)$$

$$NET = 0,23 \quad (5.4)$$

Hücresinin *sigmoid* fonksiyonuna göre çıktısı (Ç) hesap edilir ise;

$$\text{Ç} = 1 / (1 + e^{-0,23}) \quad (5.6)$$

$$\text{Ç} = 0,56 \quad (5.7)$$

Bir ağdaki bütün proses elemanlarının çıktılarının bu şekilde hesaplanması sonucu ağın girdilere karşılık çıktıları nasıl ürettiği görülür.

5.6. YAPAY SİNİR AĞININ YAPISI

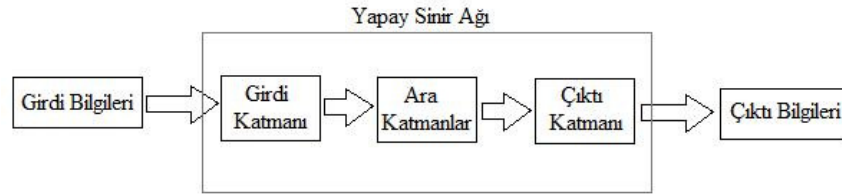
Daha önce belirtildiği gibi, yapay sinir hücreleri bir araya gelerek yapay sinir ağını oluştururlar. Sinir hücrelerinin bir araya gelmesi rastgele olmaz. Genel olarak hücreler 3 katman halinde ve her katman içinde paralel olarak bir araya gelerek ağ oluştururlar.

Bu katmanlar:

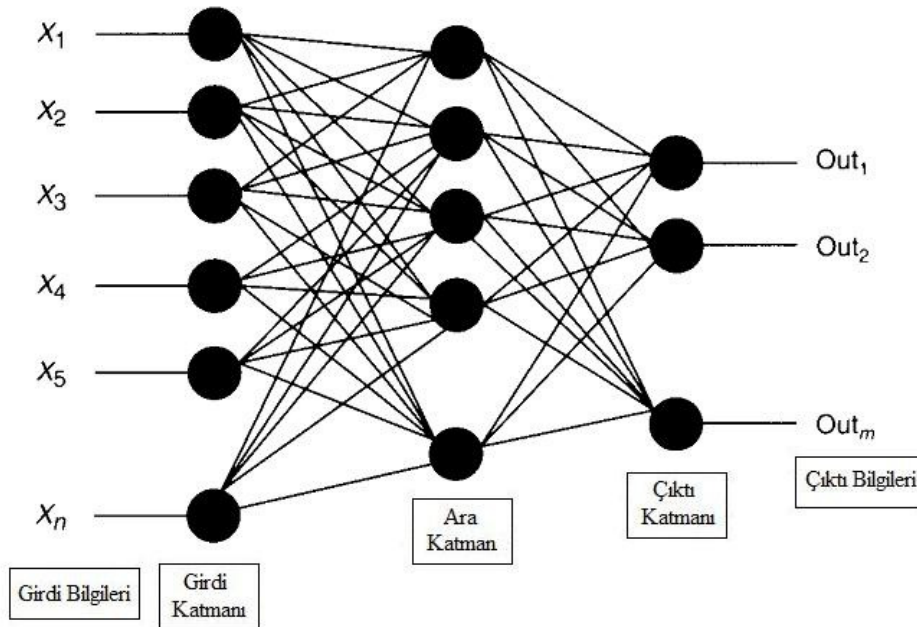
Girdi katmanı: Bu katmandaki proses elemanları dış dünyadan bilgileri alarak ara katmanlara transfer etmekle sorumludurlar. Bazı ağlarda girdi katmanında herhangi bir bilgi işleme olmaz.

Ara katmanlar: Girdi katmanından gelen bilgiler işlenerek çıktı katmanına gönderirler. Bu bilgilerin işlenmesi ara katmanlarda gerçekleştirilir. Bir ağ için birden fazla ara katmanı olabilir.

Çıktı katmanı: Bu katmandaki proses elemanları ara katmandan gelen bilgileri işleyerek ağın girdi katmanından sunulan girdi seti (örnek) için üretmesi gereken çıktıyı üretirler. Üretilen çıktı dış dünyaya gönderilir.



Şekil 5.4 : Yapay sinir ağı katmanları ve birbiriyle ilişkisi



Şekil 5.5 : Bir yapay sinir ağı örneği

Bu üç katmanın her birinde bulunan proses elemanları ve katmanlar arası ilişkileri şematik olarak Şekil 5.5 'de gösterilmektedir. Şekildeki yuvarlak şekiller proses elemanlarını göstermektedir. Her katmanda birbirine paralel elemanlar söz konusudur. Proses elemanlarını birbirlerine bağlayan çizgiler ise ağıın bağlantılarını göstermektedir. Proses elemanları ve bağlantıları bir yapay sinir ağını oluştururlar. Bu bağlantıların ağırlık değerleri öğrenme sırasında belirlenmektedir.

5.7. YAPAY SİNİR AĞLARININ ÇALIŞMASI (KARA KUTU YAKIŞTIRMASI)

Şekil 5.6' da gösterildiği gibi yapay sinir ağlarının genel çalışma prensibi, bir girdi setini (örnekleri) alarak onları çıktı setine çevirmek olarak açıklanabilir. Bunun için ağıın kendisine gösterilen girdiler için doğru çıktıları üretecek hale gelmesi (yani eğitilmesi) gerekmektedir. Ağa gösterilecek örnekler öncelikle bir vektör haline getirilir. Bu vektör ağa gösterilir ve ağ bu vektör için gerekli çıktı vektörünü üretir. Ağıın parametre değerleri doğru çıktıyı üretecek şekilde düzenlenir. Girdi vektörü, haftanın günlerini gösteren sayısal (nümerik) değerler, bir resmin gri tonları, bir parmak izini gösteren nümerik değerler, borsada bir kağıdın haftalık veya günlük borsa değerleri, bir ürünün satış miktarı vb. gibi değişik olayları gösteren nümerik değerlerden oluşan vektörler olabilirler. Benzer şekilde çıktı vektörü de girdi vektörünün sınıfını gösterebilir. Bir değer tahmin edilmesi olabilir. Bir resmin gri tonları olabilir. Girdi ve çıktı vektörlerinin tasarımı ağı geliştiren kişi tarafından belirlenir ve örnekler (girdiler) belirlenen formatta toplanarak eğitim esnasında ağa gösterilirler.

$$\text{GİRDİ VEKTÖRÜ} \quad X=(X_1,X_2,X_3,X_4,X_5,X_6,\dots)^T \quad (5.8)$$

$$\text{ÇIKTI VEKTÖRÜ} \quad Y=(Y_1,Y_2,Y_3,Y_4,Y_5,Y_6,\dots)^T \quad (5.9)$$



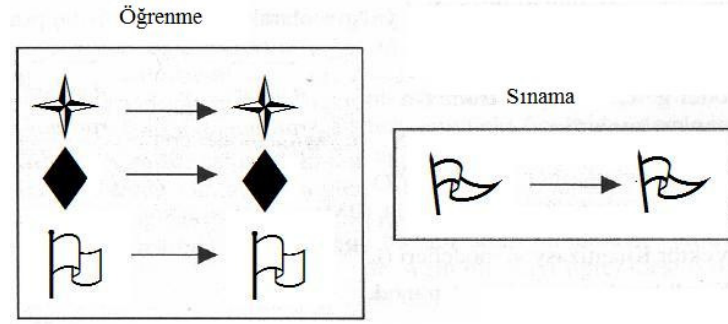
Şekil 5.6 : Yapay sinir ağı girdi çıktı ilişkisi

Burada bir noktaya dikkatleri çekmekte yarar vardır. Bir yapay sinir ağı, herhangi bir girdi vektörünü çıktı vektörüne nasıl dönüştürdüğü konusunda bir bilgi vermez. Mühendislik açısından bakıldığında yapay sinir ağları "Kara Kutu" gibi görülebilirler. Kara kutu, dışarıdan bilgileri alıp, dışarıya ürettiği çıktıları vermektedir. İçeride neler olduğu ise bilinmemektedir. Diğer bir deyişle, yapay sinir ağının sonuçları nasıl oluşturduğunu açıklama yeteneği yoktur. Bu ağa olan güveni sarsmakla birlikte başarılı uygulamalar yapay sinir ağlarına olan ilgiyi sürekli artırmaktadır.

5.8. YAPAY SİNİR AĞLARINDA ÖĞRENME, ADAPTİF ÖĞRENME VE SINAMA

Yukarıda belirtildiği gibi yapay sinir ağlarında proses elemanlarının bağlantılarının ağırlık değerlerinin belirlenmesi işlemine *"ağın eğitilmesi"* denir. Başlangıçta bu ağırlık değerleri rastgele olarak atanır. Yapay sinir ağları kendilerine örnekler gösterildikçe bu ağırlık değerlerini değiştirirler. Amaç ağa gösterilen örnekler için doğru çıktıları üretecek ağırlık değerlerini bulmaktır. Örnekler ağa defalarca gösterilerek en doğru ağırlık değerleri bulunmaya çalışılır. Ağın doğru ağırlık değerlerine ulaşması örneklerin temsil ettiği olay hakkında genellemeler yapabilme yeteneğine kavuşması demektir. Bu genelleştirme özelliğine kavuşması işlemine *ağın öğrenmesi* denir. Ağırlıkların değerlerinin değişmesi belirli kurallara göre yürütülmektedir. Bu kurallara *öğrenme kuralları* denir. Daha önce belirtildiği gibi, Kullanılan öğrenme stratejisine göre değişik öğrenme kuralları geliştirilmiştir. İlerideki bölümlerde değişik modelleri anlatırken her model için geliştirilmiş olan öğrenme kuralları ayrıntılı olarak anlatılacaktır.

Yapay sinir ağlarında öğrenme olayının iki aşaması vardır. Birinci aşamada ağa gösterilen örnek için ağın üreteceği çıktı belirlenir. Bu çıktı değerinin doğruluk derecesine göre ikinci aşamada ağın bağlantılarının sahip olduğu ağırlıklar değiştirilir. Ağın çıktısının belirlenmesi ve ağırlıkların değiştirilmesi öğrenme kuralına bağlı olarak farklı şekillerde olmaktadır.



Şekil 5.7 : Öğrenme ve sınaama

Ağın eğitimi tamamlandıktan sonra öğrenip öğrenmediğini (performansını) ölçmek için yapılan denemelere ise *ağın test edilmesi* denmektedir. Test etmek için ağın öğrenme sırasında görmediği örnekler kullanılır. Test etme sırasında ağın ağırlık değerleri değiştirilmez. Test örnekleri ağa gösterilir. Ağ eğitim sırasında belirlenen bağlantı ağırlıklarını kullanarak görmediği bu örnekleri için çıktılar üretir. Elde edilen çıktıların doğruluk değerleri ağın öğrenmesi hakkında bilgiler verir. Sonuçlar ne kadar iyi olursa eğitimin performansı da o kadar iyi demektir. Eğitimde kullanılan örnek setine *eğitim seti*, test için kullanılan sete ise *test seti* adı verilmektedir. Yapay sinir ağlarının bu şekilde bilinen örneklerden belirli bilgileri çıkartarak bilinmeyen örnekler hakkında yorumlar yapabilme (genelleme yapabilme) yeteneğine *Adaptif öğrenme* denir. Şekil 5.7’da öğrenme ve sınaama olayı şematik olarak gösterilmektedir. [17]

5.9. GERİ YAYILIM ALGORİTMASI VE İLERİ BESLEMELİ AĞLAR

Geri yayılım ağları (Back Propagation Networks-BPN) sıklıkla kullanılan bir ağ yapısıdır. Standart geri yayılım algoritması, ağ ağırlıklarının, performans fonksiyonunun negatif gradyanı yönünde ilerlediği gradyan iniş algoritmasıdır. Bir çok çeşidi olan geri yayılım algoritması, gradyan iniş ve Newton metodu gibi standart optimizasyon tekniklerine dayanmaktadır. Geri yayılım algoritması, birbirinden bağımsız olarak ilk defa Werbos ve daha sonra Rumelhart tarafından önerilmiştir. 1986 yılında Rumelhart ve arkadaşlarının geri yayılım algoritmasını yeniden keşfetmeleri, algoritmanın tanınmasını ve yaygın kullanılmasını sağlamıştır. Geri yayılım algoritması, en çok kullanılan öğreticili öğrenme algoritmasıdır.

İleri beslemeli ağlar girdiden çıktıya doğru tek yönde ilerlemeye müsaade etmektedir. Bu geri beslemelerin olmadığı anlamına gelmektedir. Tipik bir ileri beslemeli YSA, girdi katmanı, genellikle bir veya iki ara katman (gizli katman) ve çıktı katmanından oluşmaktadır. Her katmanda ilgilenilen probleme göre değişen sayıda nöronlar (sinir hücreleri) bulunmaktadır. Girdi katmanında n , gizli katmanda p ve çıktı katmanında m adet nöron bulunmaktadır. Her bir katmandaki nöronlar arasındaki bağlantıların ağırlıklarının düzenlenmesi ile ağın eğitimi gerçekleştirilir. Ağırlıkların düzenlenmesi işlemi,

$$E = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^m (y_k - t_k)^2 \quad (5.10)$$

hata fonksiyonunun minimize edilmesi ile sağlanmaktadır. Hata fonksiyonundaki, y_k , ağın ürettiği çıktıyı, t_k , arzu edilen çıktı değerini göstermektedir. $1/2$ sabit bir katsayıdır ve fonksiyon türevini kolaylaştırmak için eklenmektedir. Geri yayılım algoritması ismini, çıktı katmanında oluşan hatayı minimize etmek için geriye doğru ağırlıkların düzenlenmesi işleminden almaktadır. [17]

6. MALZEME VE YÖNTEM

6.1. REGRESYON ANALİZİ

Regresyon analizi, istatistik biliminde çok yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Tezde kullanılan çok değişkenli regresyon analizi olup, bu analizin matrisel yaklaşımından bahsedilecektir.

6.1.1. Çok Değişkenli Regresyon Analizi

Bu yöntemde, giriş ile çıkış arasında $T = X*B$ şeklinde bir bağıntı kurulmaktadır. Burada X matrisi $[1 \ P]$ matrisidir. P matrisi de bağımsız değişkenlerin oluşturduğu giriş matrisidir. B matrisi ise B çarpanlarının oluşturduğu matristir. T , P girişine karşılık elde edilmesi gerekli gerçek çıktıdır, diğer bir deyişle bağımlı değişkenlerdir. T matrisi, yıllık talep edilen enerji miktarı (GWh), P matrisi de yıllık nüfus, gelişim hızı, sanayi üretim endeksi, kişi başına düşen gayri safi milli hasıla vb. değerlerden oluşan matristir. Amaç P ile T arasındaki ilişkiyi sağlayacak B matrisini hesaplamaktır. Ancak, B matrisi hesaplanarak yerine konulduğunda T değerleriyle, bulunan değerler arasında ε kadar hata olduğu görülecektir. [13,14]

Bu sebeple bağıntı $T = X*B + \varepsilon$ şeklinde yazılabilir. Matrisel biçimde;

$$\begin{bmatrix} T_{11} & T_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & T_{1t} \\ T_{21} & T_{22} & \cdot & \cdot & \cdot & T_{2t} \\ \cdot & \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & & & \cdot \\ T_{y1} & T_{y2} & \cdot & \cdot & \cdot & T_{yt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1P_{11} & P_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & P_{1p} \\ 1P_{21} & P_{22} & \cdot & \cdot & \cdot & P_{2p} \\ \cdot & \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & & & \cdot \\ 1P_{y1} & P_{y2} & \cdot & \cdot & \cdot & P_{yp} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & B_{1t} \\ B_{21} & B_{22} & \cdot & \cdot & \cdot & B_{2t} \\ \cdot & \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & & & \cdot \\ B_{(p+1)1} & B_{(p+1)2} & \cdot & \cdot & \cdot & B_{(p+1)t} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{11} & \varepsilon_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & \varepsilon_{1t} \\ \varepsilon_{21} & \varepsilon_{22} & \cdot & \cdot & \cdot & \varepsilon_{2t} \\ \cdot & \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & & & \cdot \\ \varepsilon_{y1} & \varepsilon_{y2} & \cdot & \cdot & \cdot & \varepsilon_{yt} \end{bmatrix} \quad (6.1)$$

Yukarıdaki B katsayılarının oluşturduğu matriste B_{11} , B_{21} ,..... $B_{(p+1)1}$ değerleri durdurucu (intercept) diğerleri eğim (slope) katsayılarıdır. Buradan;

$$W = X^T * X \quad (6.2)$$

$$B = W^{-1} * X^T * T \quad (6.3)$$

eşitliğinden B matrisi elde edilir.

6.1.2. Çok Değişkenli Regresyon Analizinde Hata Analizi

Regresyon analizinde amaç bağımsız değişkenleri kullanarak, bağımlı değişkenleri minimum hata ile bulmaktır. Tahminlerde, aynı ilişkinin gelecekte de süreceği temel düşüncedir. Hatanın düşük olması, tahminin doğruluğu için en önemli ölçüt kabul edilir. Bu sebeple hata analizi yapılır. Ayrıca, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenleri bulmada ne derecede önemli olduğu da belirtilir.

Yukarıda belirtildiği gibi B matrisi kullanılarak yapılan hesaplama ile gerçek değerler arasında ϵ kadar hata vardır. B matrisi ile bulunan değerlere T_f diyelim,

$$\epsilon = T - T_f = T - X * B \quad (6.4)$$

olacaktır. Hataların kareleri toplamı E ile ifade edilirse,

$$E = \sum \epsilon^2 = \text{diag}(\epsilon^T * \epsilon) = \text{diag}(T^T * T B^T * X^T * T) \quad (6.5)$$

eşitliği elde edilir.

$$df = y - p - 1 \quad (6.6)$$

df (serbestlik derecesi) : P giriş matrisinin satır sayısından (y), sütun sayısı (p)+1 çıkarılarak bulunur.

$$\text{var}(E) = \sigma^2 = E / df \quad (6.7)$$

Varyans-kovaryans matrisi,

$$\text{var-cov}(B) = \sigma_e^2 * W^{-1} = \begin{bmatrix} \text{var}(B_1) & \text{cov}(B_1, B_2) & . & . & . & \text{cov}(B_1, B_{(p+1)}) \\ \text{cov}(B_2, B_1) & \text{var}(B_2) & . & . & . & \text{cov}(B_2, B_{(p+1)}) \\ . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . \\ \text{cov}(B_{(p+1)}, B_1) & \text{cov}(B_{(p+1)}, B_2) & . & . & . & \text{var}(B_{(p+1)}) \end{bmatrix} \quad (6.8)$$

$$\text{var}(B) = \text{diag}(\text{var-cov}(B)) = \sigma_B^2 \quad (6.9)$$

T matrisinin her bir sütunundaki elemanların ortalamaları,

$$\text{mean}(T) = (\sum_{i=1}^y T_i) / y \quad (6.10)$$

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

$$ESS = \sum_{i=1}^y (T_{fi} - \text{mean}(T))^2 = (\text{diag}(B^T * X^T * T))^T - y * (\text{mean}(T))^2 \quad (6.11)$$

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

$$TSS = \sum_{i=1}^y (T_i - T)^2 = (\text{diag}(T^T * T))^T - y * (\text{mean}(T))^2 \quad (6.12)$$

Buradan kararlılık sabiti (coefficient of determination),

$$R^2 = ESS / TSS \quad (6.13)$$

olarak elde edilir. R^2 kararlılık sabiti [0,1] aralığındadır. Bu sabitin 1'e yakın olması istenir. Sabitin 1 olması T_f ile T nin aynı olması anlamına gelir ki bu da hatanın sıfır olmasıdır ve pek olası değildir t katsayıları,

$$t = B. / \sigma_B \quad (6.14)$$

eşitliği ile elde edilir. t katsayıları, X matrisindeki bağımsız değişkenlerin, T matrisinin bulunması için hangi oranda katkısının olduğunu gösteren bir referanstır. Genel olarak $t \geq 2$ ise o değişken, T nin bulunması için etkin kabul edilir.

6.1.3. Bilgisayar Destekli Regresyon Analizi

Yukarıda bahsedilen denklemlerin el yordamı ile çıkartılması ve bir sisteme uygulanarak çözülmesi zor olmakta olup, istenmeyen bir durumdur. Tez çalışması esnasında yukarıda bahsedilen denklemler MATLAB programında çözülmüş ve regresyon analizi için kod yazılmış ve .m dosyasına çevrilmiştir. MATLAB de yazılmış regressionxtf1.m dosyası aşağıdaki gibidir;

```
function[forregr]=regressionxtf1(Yearp,Yearf,P,T,Pg);
%[forregr]=regressionxtf1(Yearp,Yearf,P,T,Pg);
disp('!!!Yearp:Gecmiş Veri Yılları,Yearf=Tahmin Yılları,P:Girdi Verileri,T: Geçmiş
Çıkış(İstenen)Verileri,Pg:Gelecek Girdi Verileri !!!')
[nrowsP,ncolsP]=size(P);
[nrowsT,ncolsT]=size(T);
[nrowsPg,ncolsPg]=size(Pg);
X=[ones(nrowsP,1) P];
W=X'*X;
B=inv(W)*X'*T
sumSU=[diag(T'*T-B'*X'*T)]';
df=nrowsP-ncolsP-1;
varE=sumSU/df;
sigmaE=(varE).^(1/2);
varB=diag(inv(W))*varE;
ESS=[diag(B'*X'*T)]'-nrowsP*(mean(T)).^2 %ESS:Explained sum of
squares(Açıklanmış Kareler Toplamı)
TSS=[diag(T'*T)]'-nrowsP*(mean(T)).^2 %TSS:Total Sum of squares(Toplam Kareler
Toplamı)
SR=ESS./TSS %R^2:The multiple coefficient of determination(Kararlılık sabiti)
sigmaB=(varB).^(1/2)
t=B./sigmaB %Etkililik katsayısı
test=X*B
Xg=[ones(nrowsPg,1) Pg];
forregr=Xg*B
error=T-test
```

```

err_in_percent=100*error./T
mean_error=sum(err_in_percent)./nrowsT
mean_abs_error=sum(abs(err_in_percent)./nrowsT)
figure;
plot(Yearp,T,'ro-')
hold on
plot([Yearp;Yearf],[test;forregr],'b*:')
xlabel('Zaman(Yillar)')
ylabel('Yillik Brut Talep(GWh)')
title('o : Gercek Degerler *:Tahmin Degerleri')

```

6.2. YAPAY SINIR AĞI KULLANIMI

Yük tahmini konusunda geriye yayılım (backpropagation) ağı ve yenilenen (recurrent) ağ algoritmalarının uygulamaları sıkça kullanılmaktadır. Ayrıca bu uygulamalar, bulanık mantık (fuzzy logic) uygulamaları ile de desteklenmektedir. Tez çalışmasında kullanılan geri yayılım algoritması aşağıda detaylandırılmıştır.

6.2.1. İki Gizli Katmanlı Geriye Yayılım Ağı

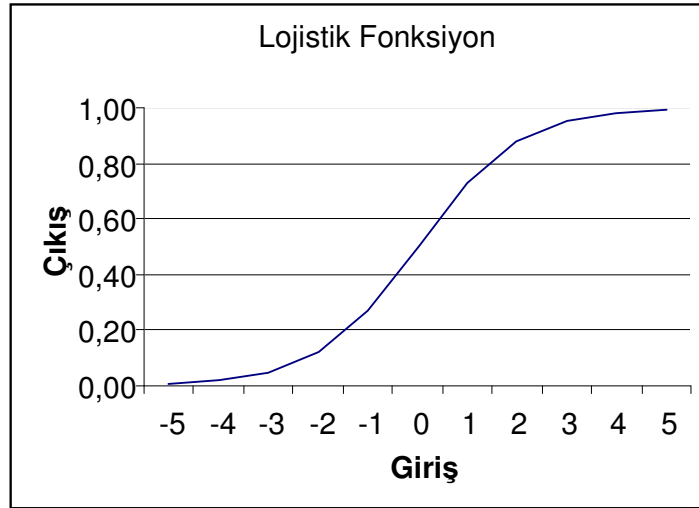
Geriye yayılım (backpropagation) ağı, ileri beslemeli (feed-forward), hedef değerli (supervised) bir yapay sinir ağı modelidir. Örnek girişlere karşılık çıkışların hedef değerler ile arasındaki farkın(hata) sürekli azaltılması için ağırlıkların (weights) ve biasların ayarlanması ilkesine dayanır. [12]

Ağırlıklar, hatanın karesinin negatif gradyentiyle orantılı olarak değişir. Gizli katmanların çıkışları için hedef değerler olmadığından zincir kuralından yararlanılarak çıkışların hataları geriye aktararak, ara ağırlıklar da hatayı minimize etmek için ayarlanır. I girişine ϕ çıkışını veren fonksiyona transfer fonksiyonu denir. Bu fonksiyon giriş katmanı hariç tüm katmanlardaki nöronlarda bulunur. Bu fonksiyon treshold, signum, tansig, logistic(sigmoid,logsig) fonksiyonlarından biri olabilir. Çalışmalarda transfer fonksiyonu olarak en çok kullanılan logsig fonksiyonu kullanılmıştır.

Logsig fonksiyona göre giriş ile çıkış arasında;

$$\Phi = \frac{1}{1 + e^{(-\alpha * I)}} \quad (6.15)$$

bağıntısı vardır. (α = eğim sabiti)



Şekil 6.1 : Lojistik Transfer Fonksiyonu

Şekilde görüldüğü gibi fonksiyon 0'dan önce ve 1'den sonra doyuma girmektedir. Bu sebeple ağ giriş ve çıkışları lineer olan [0.1 , 0.9] aralığında tutulur. Bu işleme normalizasyon denir. Burada normalizasyon için MATLAB'da yazılan scale komutundan (scale.m) yararlanılmıştır. Scale komutu x girişlerini büyüklüklerine göre 0,1 ile 0,9 arasındaki sayılara dönüştürerek transfer fonksiyonları için kullanılır kılar. [12]

Kullanılan scale.m dosyası;

```
function[y,slope,int]=scale(x,slope,int)
```

```
%[x,m,b]=scale(x,m,b)
```

```
%Linear scale the data between 1 and 9
```

```
%y=m*x+b
```

```
%x=data
```

```

% m=slope
% b=y intercept
[nrows,ncols]=size(x);
if nargin==1
    del=max(x)-min(x); % calculate slope and intercept
    slope=.8./del;
    int=.1-slope.*min(x);
end
y=(ones(nrows,1)*slope).*x+ones(nrows,1)*int;

```

6.2.2. Ağırlıkların Ayarlanması

Her döngüde yapay sinir ağının ağırlık değerinin ΔW kadar değiştiğini varsayarsak.

$$new_W = old_W + \Delta W \quad (6.16)$$

Geriye yayılım algoritmasında, isimden de anlaşılacağı üzere, hatanın azaltılması için ağırlıklar çıkış tarafından giriş tarafına doğru ayarlanır. Bu sebeple öncelikle 2. gizli katman ile çıkış katmanı arasındaki ağırlıklar ayarlanır. Delta kuralından;

$$\Delta W_{2-3} = -\eta * \frac{\partial \mathcal{E}^2}{\partial W_{2-3}} \quad (6.17)$$

Hata değişimi ile ağırlıkların değişimi arasında ilişki kurmak için zincir kuralından yararlanılır.

$$\frac{\partial \mathcal{E}^2}{\partial W_{2-3}} = \frac{\partial \mathcal{E}^2}{\partial \Phi_3} * \frac{\partial \Phi_3}{\partial I_3} * \frac{\partial I_3}{\partial W_{2-3}} \quad (6.18)$$

Her döngüdeki hata,

$$\mathcal{E} = T - \Phi_3 \quad (6.19)$$

$$E = \mathcal{E}^2 = (T - \Phi_3)^2 \Rightarrow \frac{\partial \mathcal{E}^2}{\partial \Phi_3} = -2 * (T - \Phi_3) \quad (6.20)$$

Transfer fonksiyonu olarak lojistik fonksiyonu kullanıldığından,

$$\Phi_3 = \frac{1}{(1 + e^{(-\alpha * I_3)})} \Rightarrow \frac{\partial \Phi_3}{\partial I_3} = \frac{\alpha * e^{(-\alpha * I_3)}}{(1 + e^{(-\alpha * I_3)})^2} = \alpha * \Phi_3 * (1 - \Phi_3) \quad (6.21)$$

$$I_3 = \sum_{q=1}^k W_{2-3} * \Phi_2 \Rightarrow \frac{\partial I_3}{\partial W_{2-3}} = \Phi_2 \quad (6.22)$$

$$\Delta W_{2-3} = -\eta * \left(\frac{\partial \varepsilon^2}{\partial W_{2-3}} \right) = -\eta * -2 * (T - \Phi_3) * \alpha * \Phi_3 * (1 - \Phi_3) * \Phi_2 \quad (6.23)$$

$$\delta_3 = -2 * (T - \Phi_3) * \alpha * \Phi_3 * (1 - \Phi_3) = 2 * \varepsilon * \frac{\partial \Phi_3}{\partial I_3} \quad (6.24)$$

Olarak alınır ve (6.23) denkleminde yerine yazılırsa,

$$\Delta W_{2-3} = -\eta * \delta_3 * \Phi_2 \quad (6.25)$$

Buradan (6.16) ya göre;

$$new_W_{2-3} = old_W_{2-3} + \Delta W_{2-3} = old_W_{2-3} - \eta * \delta_3 * \Phi_2 \quad (6.26)$$

elde edilir. 1. gizli katman ile 2. gizli katman arasındaki ağırlıkların da hataya göre ayarlanacağı için hata ile bu ağırlıklar arasında yine zincir kuralı ile ilişki kurulur.

$$\Delta W_{1-2} = -\eta * \frac{\partial \varepsilon^2}{\partial W_{1-2}} \quad (6.27)$$

$$\frac{\partial \varepsilon^2}{\partial W_{1-2}} = \sum_{r=1}^t \frac{\partial \varepsilon^2}{\partial \Phi_3} * \frac{\partial \Phi_3}{\partial I_3} * \frac{\partial I_3}{\partial \Phi_2} * \frac{\partial \Phi_2}{\partial I_2} * \frac{\partial I_2}{\partial W_{1-2}} \quad (6.28)$$

$$I_3 = \sum_{q=1}^k W_{2-3} * \Phi_2 \Rightarrow \frac{\partial I_3}{\partial \Phi_2} = W_{2-3} \quad (6.29)$$

$$\frac{\partial \Phi_2}{\partial I_2} = \alpha * \Phi_2 * (1 - \Phi_2) \quad (6.30)$$

$$I_2 = \sum_{m=1}^n W_{1-2} * \Phi_1 \Rightarrow \frac{\partial I_2}{\partial W_{1-2}} = \Phi_1 \quad (6.31)$$

$$\Delta W_{1-2} = -\eta * \sum_{r=1}^t -2 * (T - \Phi_3) * \alpha * \Phi_3 * (1 - \Phi_3) * W_{2-3} * \alpha * \Phi_2 * (1 - \Phi_2) * \Phi_1 \quad (6.32)$$

$$\delta_2 = -2 * (T - \Phi_3) * \alpha * \Phi_3 * (1 - \Phi_3) * W_{2-3} * \alpha * \Phi_2 * (1 - \Phi_2) \quad (6.33)$$

olarak alınırsa (6.24) eşitliğinden;

$$\delta_2 = \delta_3 * W_{2-3} * \frac{\partial \Phi_2}{\partial I_2} \quad (6.34)$$

δ_2 , (6.32) eşitliğinde yerine konulursa,

$$\Delta W_{1-2} = -\eta * \sum_{r=1}^t \delta_2 * \Phi_1 \quad (6.35)$$

$$new_W_{1-2} = old_W_{1-2} + \Delta W_{1-2} = old_W_{1-2} - \eta * \sum_{r=1}^t \delta_2 * \Phi_1 \quad (6.36)$$

elde edilir. Benzer şekilde giriş katmanı ile 1. gizli katman arasındaki ağırlıklar ayarlanır.

$$\Delta W_{0-1} = -\eta * \frac{\partial \mathcal{E}^2}{\partial W_{0-1}} \quad (6.37)$$

$$\frac{\partial \mathcal{E}^2}{\partial W_{0-1}} = \sum_{q=1}^k \sum_{r=1}^t \frac{\partial \mathcal{E}^2}{\partial \Phi_3} * \frac{\partial \Phi_3}{\partial I_3} * \frac{\partial I_3}{\partial \Phi_2} * \frac{\partial \Phi_2}{\partial I_2} * \frac{\partial I_2}{\partial \Phi_1} * \frac{\partial \Phi_1}{\partial I_1} * \frac{\partial I_1}{\partial W_{0-1}} \quad (6.38)$$

$$I_2 = \sum_{m=1}^n W_{1-2} * \Phi_1 \Rightarrow \frac{\partial I_2}{\partial \Phi_1} = W_{1-2} \quad (6.39)$$

$$\frac{\partial \Phi_1}{\partial I_1} = \alpha * \Phi_1 * (1 - \Phi_1) \quad (6.40)$$

$$I_1 = \sum_1^p W_{0-1} * P \Rightarrow \frac{\partial I_1}{\partial W_{0-1}} = P \quad (6.41)$$

$$\frac{\partial \mathcal{E}^2}{\partial W_{0-1}} = \sum_{q=1}^k \sum_{r=1}^t -2 * (T - \Phi_3) * \alpha * \Phi_3 * (1 - \Phi_3) * W_{2-3} * \alpha * \Phi_2 \quad (6.42)$$

$$* (1 - \Phi_2) * W_{1-2} * \alpha * \Phi_1 * (1 - \Phi_1) * P$$

$$\frac{\partial \epsilon^2}{\partial W_{0-1}} = \sum_{q=1}^k \sum_{r=1}^t \delta_2 * W_{1-2} * \alpha * \Phi_1 * (1 - \Phi_1) * P \quad (6.43)$$

$$\delta_1 = \delta_2 * W_{1-2} * \alpha * \Phi_1 * (1 - \Phi_1) = \delta_2 * W_{1-2} * \frac{\partial \Phi_1}{\partial I_1} \quad (6.44)$$

$$\Delta W_{0-1} = -\eta * \sum_{q=1}^k \sum_{r=1}^t \delta_1 * P \quad (6.45)$$

$$new_W_{0-1} = old_W_{0-1} + \Delta W_{0-1} = old_W_{0-1} - \eta * \sum_{q=1}^k \sum_{r=1}^t \delta_1 * P \quad (6.46)$$

elde edilmiş olacağından böylece tüm ağırlıklar ayarlanmış olur.

6.2.3. Bilgisayar Destekli Yapay Sinir Ağı Analizi

Yukarıda bahsedilen denklemlerin de el yordamı ile tek tek çözülmesi zor ve gereksizdir. Akıllı sistemler olarak adlandırılan yapay sinir ağları içinde böyle bir şeye gerek olmamaktadır. Özellikle yapay sinir ağlarının bilgisayar destekli uygulamaları her geçen gün yayılmaktadır. Bu konuyla ilgili MATLAB programı tarafından “Neural Network Toolbox” oluşturulmuş ve yapay sinir ağları uygulamaları için kolaylık sağlanmıştır. Yukarıda bahsedilen denklemler tek bir komut yardımıyla irdelenerek oluşturulan sistem kendi kendini eğitmekte ve hatayı en küçük değere yakınsayarak bias ve ağırlıkları ayarlamaktadır. Bu sebeple yeni bir yazılım yerine MATLAB deki NN Toolbox komutları kullanılarak tez uygulaması için aşağıdaki backprxtf1.m dosyası oluşturulmuş ve çalışmalar bu yazılımla gerçekleştirilmiştir.

backprxtf1.m dosyası;

```
function[forysa]=backprxtf1(Yearp,Yearf,P,T,Pg);
```

```
%[forysa]=backprxtf1,Yearp,Yearf,P,T,Pg)
```

```
[nrowsP,ncolsP]=size(P);
```

```
[nrowsT,ncolsT]=size(T);
```

```
[nrowsPg,ncolsPg]=size(Pg);
```

```
Ph=[P;Pg];
```

```
[Phnor1,slope1,int1]=scale(Ph);
```

```
Pnor2=(ones(nrowsP,1)*slope1).*P+ones(nrowsP,1)*int1;
```

```

Pgnor2=(ones(nrowsPg,1)*slope1).*Pg+ones(nrowsPg,1)*int1;
Th=[T];
[Tnor2,slope2,int2]=scale(Th);
Tnor2=(ones(nrowsT,1)*slope2).*T+ones(nrowsT,1)*int2;
S1=ncolsP+ncolsT+1;
S2=ncolsT+3;
w1=abs(0.1*randn(S1,ncolsP));
b1=abs(0.1*randn(S1,1));
w2=abs(0.1*randn(S2,S1));
b2=abs(0.1*randn(S2,1));
w3=abs(0.1*randn(ncolsT,S2));
b3=abs(0.1*randn(ncolsT,1));
df=1000;
me=50000;
eg=0.001;
Ir=0.9;
tp=[df me eg Ir];
[w1,b1,w2,b2,w3,b3,ep,tr]
trainbp(w1,b1,'logsig',w2,b2,'logsig',w3,b3,'logsig',Pnor2',Tnor2',tp);
f1='logsig';f2='logsig';f3='logsig';
a1=feval(f1,w1*Pnor2',b1);
a2=feval(f2,w2*a1,b2);
a3=feval(f3,w3*a2,b3);
testpbp=(a3'-ones(nrowsP,1)*int2)./(ones(nrowsP,1)*slope2)
a1g=feval(f1,w1*Pgnor2',b1);
a2g=feval(f2,w2*a1g,b2);
a3g=feval(f3,w3*a2g,b3);
forysa=(a3g'-ones(nrowsPg,1)*int2)./(ones(nrowsPg,1)*slope2)
error=T-testpbp;
err_in_percent=100*error./T;
mean_error=sum(err_in_percent)./nrowsT
mean_abs_error=sum(abs(err_in_percent))./nrowsT
plot(Yearp,T,'ro-')

```

```

hold on
plot([Yearp;Yearf],[testpbp;forysa],'b.:')
xlabel('Zaman(Yillar)')
ylabel('Yillik Brut Talep(GWh)')
title('o: Gercek Degerler *:Tahmin Degerleri')

```

Bu yazılımdaki trainbp komutu ile sistem eğitilmekte ve değerler uygun değerlere ayarlanmaktadır. Yazılımdaki tp matrisi sistemin ne şekilde eğitileceği hakkında bilgi içermektedir. tp matrisi df, me, eg, Ir değerlerini içermektedir. Buradaki df sistemin eğitim adım aralığını, me eğitim için kaç deneme yapılacağını, eg ulaşılması istenilen sistem hatasını, Ir ise öğrenme oranını sembolize etmekte olup. Bu yazılımda hepsi ayrı ayrı girilerek tek bir matris ile sisteme tanıtılmıştır. Ayrıca aynı yazılımda daha önce bahsedilen transfer fonksiyonu da girilmiştir. Bu yazılımda eğitim amaçlı logaritmik transfer fonksiyonu kullanılmıştır. Yazılım tahmin edilen verileri vermekte, ve sistemle mevcut verilen veriler arasındaki hata oranlarını hesaplayarak kullanıcıya sunmaktadır.

6.2.4. Kullanılan Veri Kümeleri

Tez çalışması esnasında bir çok veriden faydalanılmış olup, verilerin temininde TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) ve DPT (Devlet Planlama Teşkilatı) den faydalanılmıştır. DPT bilindiği üzere verilerini eski adıyla DİE (Devlet İstatistik Enstitüsü), yeni adıyla TÜİK'ten almaktadır. Ancak özellikle son yıl verilerindeki çok büyük sapmalar olması ve rakamların hissedilen durumla arasında fark olması tez çalışması esnasında çelişki uyandırmıştır. Ancak verilen verilerin resmi veri olması sebebiyle çalışmalarda kullanılmak zorunda kalınmıştır.

GSMH hesabında da yanlışlıklar yapıldığı düşünülmektedir. GSMH hesabında düzeltilmiş kur değerleri alınmadığı için GSMH ve kişi başına GSMH rakamları yüksek ve gerçekten uzak çıkmaktadır. Günümüzde aslında 500-550 milyar dolar olması gereken Türkiye GSMH değeri , 800-900 milyar dolar olarak açıklanmaktadır.

Türkiye'de toplam GSMH'nın 2007 yılı rakamlarına göre 658 Milyar \$ olduğu biliniyor. Ancak kur düzeltmesi yapıp reel kuru 1.71 YTL (2007 yılı GSMH değeri

853,656 Milyar TL) alırsak bu rakamı 500 Milyar \$ olarak buluruz. Bu da bize kurların baskıda tutulduğunu göstermiş olacaktır. TÜİK'in açıklamış olduğu 2007 değerinde %32 sapma olmuştur. 2008 GSMH rakamı 950,000 Milyar \$ olarak açıklandı. Yine 2008 yılı gerçek kuru 1,75 TL alınarak 543,000 Milyar \$ bulunacaktır.

500 Milyar \$ / 73 Milyon Kişi= 6,850 \$/yıl çıkar. (2007 KB GSMH değeri)

543 Milyar \$ / 73 Milyon Kişi = 7,430 \$/yıl çıkar. (2008 KB GSMH değeri)

Gerçek KBGSMH değerini TÜİK'in açıkladığı gibi 798,863 Milyar \$/73 Milyon Kişi = 10.940 \$ değil de 7.430 \$ buluruz. Sapma oranı tam olarak %47'dir.

Bu rakamlardan da görüldüğü üzere veri kullanılan veri setlerinin hatalı olması sebebiyle tahminleri de yanlış yönde etkileyeceği düşünülmektedir.

Tablo 6.1 : 2002 yılı referans(100) alınarak gerçek döviz kuru değerleri (TCMB)

Yıl	Gerçek Döviz Kuru TL/\$
2002	1,5040
2003	1,6670
2004	1,6760
2005	1,6960
2006	1,6970
2007	1,7100
2008	1,7500

6.2.4.1. TEİAŞ (Türkiye Elektrik İletim A.Ş.) Elektrik Enerji Verileri

Tablo 6.2 : 1980 sonrası Türkiye elektrik enerji verileri (TEİAŞ)

	Mak.Gün.Tük.	Min.Gün.Tük.	Brüt Talep	Anlık Puant
YILLAR	A	B	C	D
1980	74666,00	48060,70	24616,60	3947,40
1981	77911,80	51488,00	26288,90	4085,80
1982	86650,80	54811,10	28324,90	4512,60
1983	88646,60	52213,30	29567,60	4730,70
1984	104564,60	62222,20	33266,50	5456,80
1985	109936,20	63065,20	36361,30	5758,40
1986	125187,90	73290,30	40471,40	6434,10
1987	138391,10	80980,20	44925,00	7466,50
1988	145614,90	83028,30	48430,00	7679,40
1989	161639,10	89147,90	52601,70	8556,30
1990	171669,20	94911,40	56811,70	9180,40
1991	180649,60	99521,20	60499,30	9964,90
1992	212495,00	107968,00	67216,80	11113,30
1993	228943,00	118373,00	73431,70	11921,40
1994	244303,00	146331,00	77783,00	12759,70
1995	274704,00	140694,00	85551,50	14164,60
1996	298214,00	153911,00	94788,70	15230,70
1997	340418,00	185927,00	105517,10	16926,10
1998	355486,00	183103,00	114022,70	17799,30
1999	373727,00	238732,00	118484,90	18938,00
2000	400117,00	266905,00	128275,60	19389,90
2001	404828,00	238625,00	126871,30	19612,00
2002	426245,00	264160,00	132552,60	21005,60
2003	435465,00	268151,00	141150,90	21728,90
2004	469439,00	260261,00	150017,50	23485,30
2005	502306,00	300563,00	160794,00	25174,20
2006	548921,00	301498,00	174637,30	27594,40
2007	605875,00	323153,00	190000,21	29248,50
2008	631179,00	309821,00	198085,20	30516,80
2009	?	?	?	?
2010	?	?	?	?
2011	?	?	?	?
2012	?	?	?	?

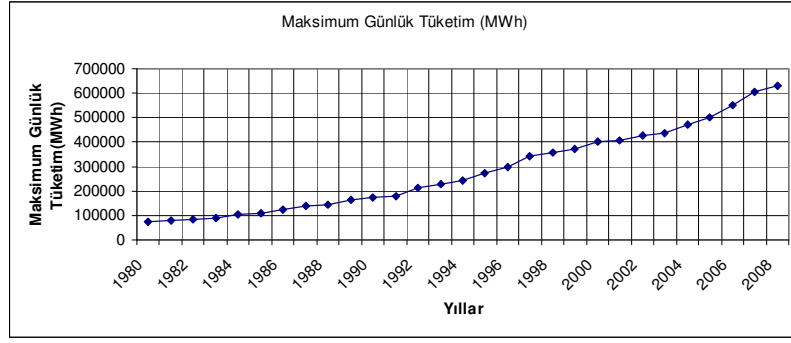
*Kaynak:TEİAŞ(Türkiye Elektrik İletim A.Ş.)

A= Maksimum Günlük Türkiye Tüketimi (MWh)

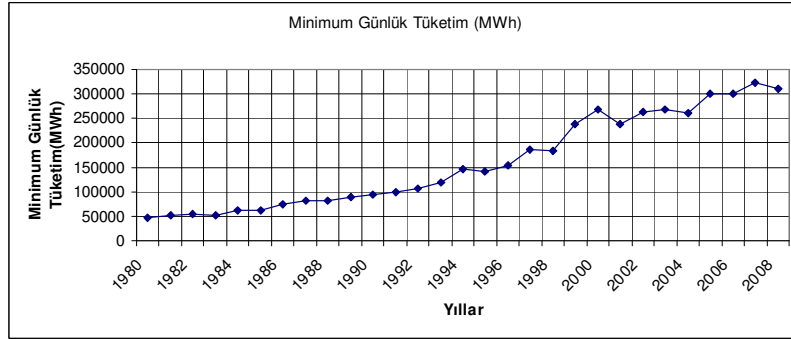
B= Minimum Günlük Türkiye Tüketimi (MWh)

C= Brüt Türkiye Talebi (GWh)=Görünen Tüketim=Brüt Üretim+İthalat-İhracat

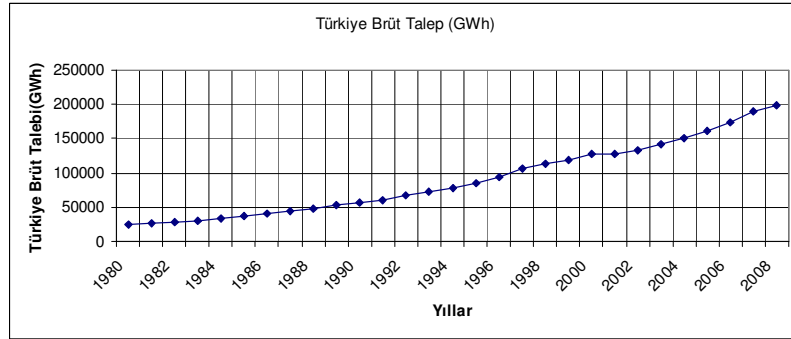
D= Anlık Türkiye Puantı (MW)



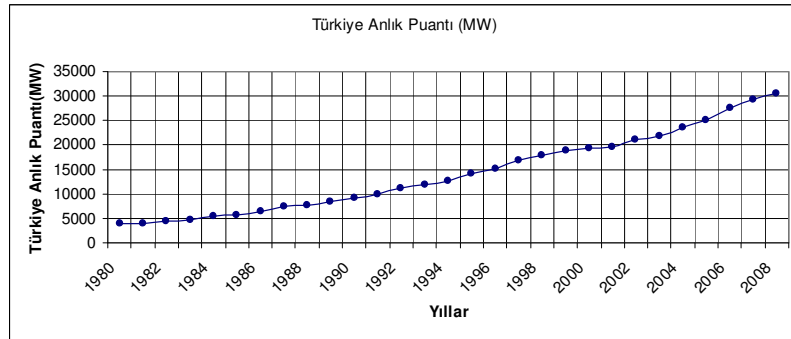
Şekil 6.2 : Türkiye maksimum günlük tüketiminin yıllara göre değişimi



Şekil 6.3 : Türkiye minimum günlük tüketiminin yıllara göre değişimi



Şekil 6.4 : Türkiye brüt elektrik enerjisi talep miktarının yıllara göre değişimi



Şekil 6.5 : Türkiye anlık puantının yıllara göre değişimi

6.2.4.2. Türkiye Ekonomik Göstergeleri ve Tahminleri

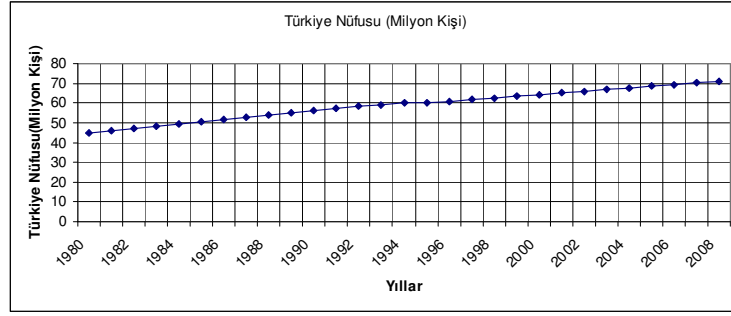
Tablo 6.3 : 1980 sonrası Türkiye ekonomik göstergeleri ve tahminleri (DPT,TÜİK)

	Nüfus	Kişi Baş. GSYH	GSMH	Büyüme Hızı
YILLAR	G	H	I	J
1980	44,70	1518	69,74891817	-2,78
1981	45,90	1546	72,77526581	4,81
1982	47,10	1360	65,93674193	3,09
1983	48,20	1261	62,19259949	4,21
1984	49,40	1195	60,75850312	7,11
1985	50,60	1320	68,19909405	4,30
1986	51,80	1459	76,46363801	6,76
1987	52,90	1629	87,73376531	9,81
1988	54,10	1685	90,97478956	1,45
1989	55,30	1933	108,6794185	1,63
1990	56,40	2655	152,3930933	9,37
1991	57,30	2603	152,3521529	0,35
1992	58,20	2682	160,7481118	6,40
1993	59,20	2981	181,993698	8,14
1994	60,10	2173	131,1368349	-6,08
1995	60,20	2727	171,9792826	7,95
1996	60,70	2801	184,723735	7,12
1997	61,60	2959	194,3596089	8,29
1998	62,50	2997	205,9776944	3,86
1999	63,40	2807	187,6642448	-6,08
2000	64,30	2963	201,4634279	6,34
2001	65,10	2696	144,6068756	-9,54
2002	66,00	2865	182,9287598	7,94
2003	66,90	2984	238,4088702	5,87
2004	67,70	3231	301,6355183	9,86
2005	68,60	3425	362,7692663	7,60
2006	69,40	3589	399,6730	6,90
2007	70,30	5396	658,7860	4,60
2008	71,10	10436	950,0000	1,10
2009**	71,89	8456	608,0000	-6,00
2010**	72,69	8821	641,0000	3,50
2011**	73,49	9096	669,0000	4,00
2012**	74,27	9732	723,0000	5,00

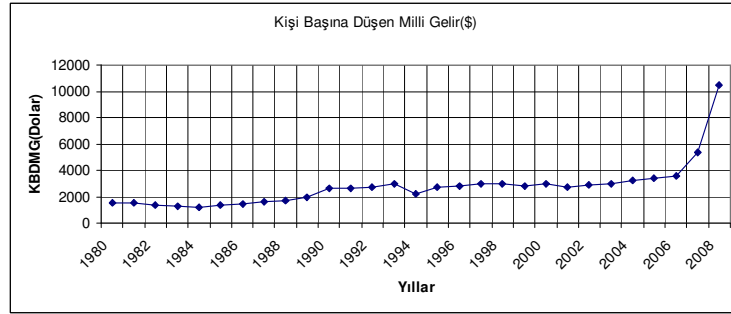
*Kaynak: DPT (Devlet Planlama Teşkilatı), TÜİK(Türkiye İstatistik Kurumu)

**Açıklanan Orta Vadeli Ekonomik Programda Beklenen Değerler

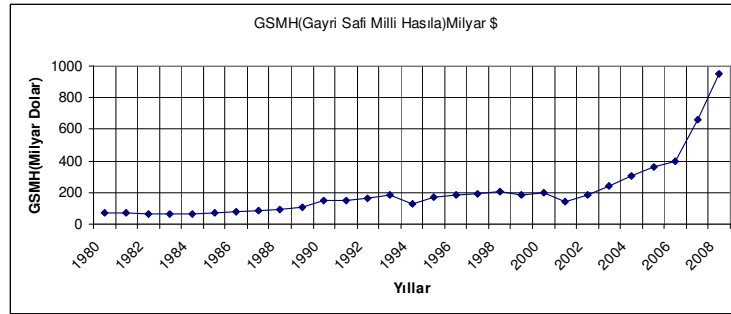
G= Türkiye Nüfusu(Milyon Kişi)
H= Kişi Başına Düşen GSYH(\$)
I= Cari Fiyatlarla GSMH(Milyar \$)
J= Sabit Fiyatlarla Büyüme Hızı(%)



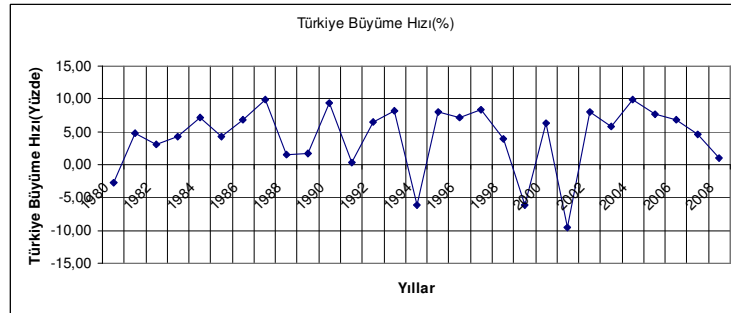
Şekil 6.6 : Türkiye nüfusunun yıllara göre değişimi



Şekil 6.7 : Türkiye’de kişi başına düşen milli gelirin yıllara göre değişimi



Şekil 6.8 : Türkiye gayri safi milli hasılasının yıllara göre değişimi



Şekil 6.9 : Türkiye büyüme hızının yıllara göre değişimi

6.2.4.3. Yıllık Döviz Kurları Petrol Fiyatları Üretim Endeksleri ve Tahminleri

Tablo 6.4 : 1980 sonrası döviz kurları petrol fiyatları üretim endeksleri ve tahminleri (DPT)

	Döviz Kuru	San. Ürt. Endk.	İmalat Ürt. Edk.	Petrol Varil
YILLAR	E	K	L	P
1980	76,00	32,00	34,00	33,0
1981	110,00	34,50	35,90	38,1
1982	161,00	37,30	39,00	34,6
1983	224,00	40,04	42,90	30,7
1984	365,00	44,90	47,70	29,5
1985	518,00	47,50	49,70	29,0
1986	669,00	53,10	55,20	14,6
1987	856,00	58,80	61,10	18,7
1988	1421,00	59,70	61,80	15,2
1989	2121,00	61,90	63,10	17,9
1990	2608,00	67,70	69,10	23,9
1991	4170,00	69,50	70,30	19,0
1992	6869,00	73,00	73,30	18,7
1993	10986,00	78,90	79,70	15,9
1994	29704,00	74,00	73,10	15,6
1995	45705,00	83,40	83,00	16,7
1996	81137,00	89,70	89,20	20,3
1997	151428,00	100,00	100,00	18,6
1998	260040,00	101,30	100,10	12,0
1999	417581,00	97,50	95,90	16,5
2000	623749,00	103,40	102,10	27,0
2001	1222921,00	94,40	92,40	22,7
2002	1504598,00	103,40	102,50	23,4
2003	1495307,00	112,40	112,00	26,9
2004	1422341,00	123,50	123,70	34,5
2005	1340800,00	130,00	129,60	50,1
2006	1431100,00	140,01	139,70	60,9
2007	1301500,00	149,24	149,42	67,9
2008	1292900,00	146,51	148	92,8
2009**	1557565,79	137,71	134,95	62,1
2010**	1605304,21	142,52	139,66	75,2
2011**	1671150,97	148,23	145,26	78,0
2012**	1697095,44	155,64	152,52	80,9

*Kaynak: DPT (Devlet Planlama Teşkilatı), TÜİK(Türkiye İstatistik Kurumu)

**Açıklanan Orta Vadeli Ekonomik Programda Beklenen Değerler

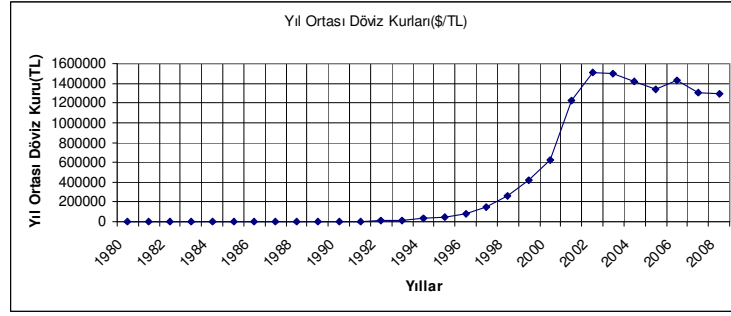
E= Yıllar Ortası Döviz Kurları(1\$)**YTL TL ye çevrilmiş cinsten yazılmıştır.

**YTLye geçişten sonraki kısım TL ye çevrilmiştir.

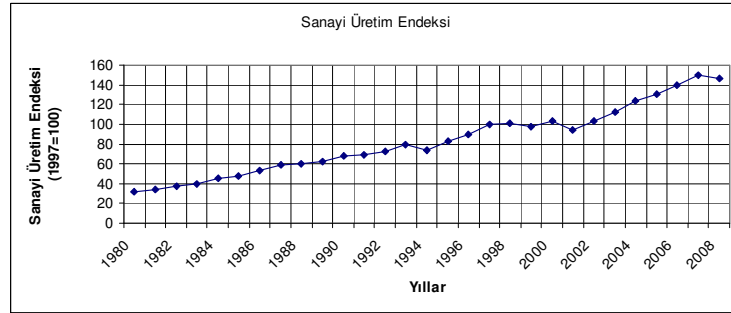
K= Sanayi Üretim Endeksi(1997=100)

L= İmalat Üretim Endeksi(1997=100)

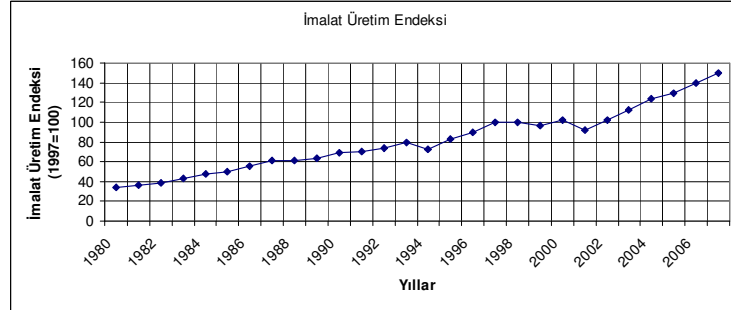
P= Ham Petrol Varil Fiyatı(\$)



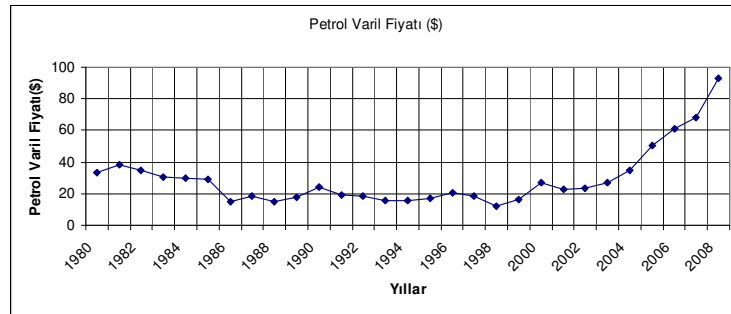
Şekil 6.10 : Türkiye yıl ortası dolar kurunun yıllara göre değişimi



Şekil 6.11 : Türkiye sanayi üretim endeksinin yıllara göre değişimi



Şekil 6.12 : Türkiye imalat üretim endeksinin yıllara göre değişimi



Şekil 6.13 : Dünya petrol varil fiyatlarının yıllara göre değişimi

6.2.4.4. Türkiye Yıllık İthalat İhracat Turizm Gelirleri ve Tahminleri

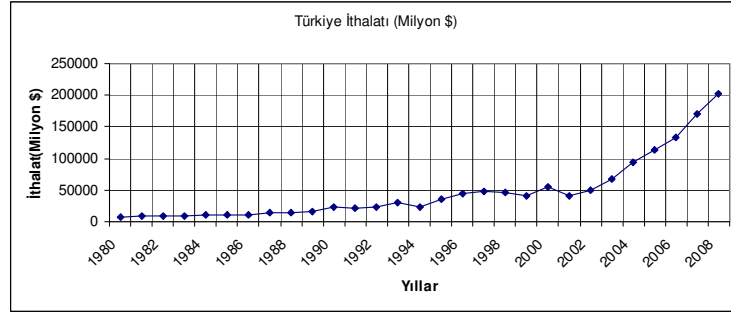
Tablo 6.5 : 1980 sonrası ithalat ihracat turizm gelirleri ve tahminleri (DPT)

	İthalat	İhracat	Turizm
YILLAR	M	N	O
1980	7909	2910	326
1981	8100	4000	350
1982	8900	4500	360
1983	9235	5728	400
1984	10757	7134	548
1985	11343	7958	1094
1986	11105	7457	950
1987	14158	10190	1476
1988	14335	11662	2355
1989	15792	11625	2557
1990	22302	12959	3225
1991	21047	13594	2654
1992	22871	14715	3639
1993	29428	15345	3959
1994	23270	18109	4321
1995	35709	21636	4957
1996	43627	23225	5650
1997	48559	26261	7002
1998	45921	26973	7177
1999	40671	26588	5203
2000	54503	27775	7636
2001	40410	31334	8090
2002	50146	36059	8479
2003	66742	47253	13203
2004	94042	63167	15888
2005	112888	73476	18152
2006	133050	85142	16851
2007	170062	107213	18487
2008	201963	132024	21951
2009**	134000	98500	21000
2010**	153000	107500	22500
2011**	168000	118000	23500
2012**	187000	130000	24500

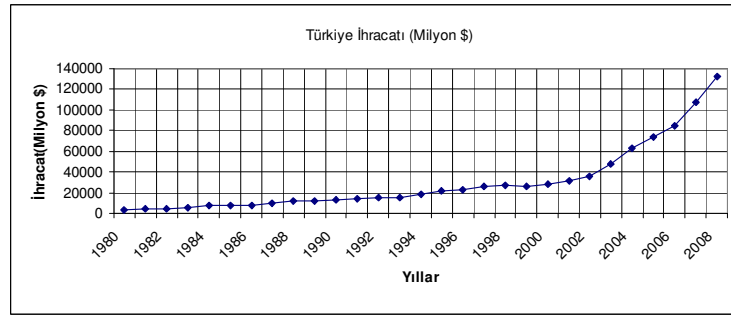
*Kaynak: DPT (Devlet Planlama Teşkilatı), TÜİK(Türkiye İstatistik Kurumu)

**Açıklanan Orta Vadeli Ekonomik Programda Beklenen Değerler

M= İthalat (Milyon \$)
N= İhracat (Milyon \$)
O= Turizm Gelirleri (Milyon \$)



Şekil 6.14 : Türkiye ithalat rakamlarının yıllara göre değişimi



Şekil 6.15 : Türkiye ihracat rakamlarının yıllara göre değişimi



Şekil 6.16 : Türkiye turizm gelir rakamlarının yıllara göre değişimi

6.2.4.5. Çeşitli Sektörlerin Üretim Rakamları ve Tahminleri

Tablo 6.6 : 1980 sonrası çimento, çelik, elektronik üretim miktarları ve tahminleri (DPT)

	Çelik	Çimento	Renkli Televizyon
YILLAR	R	S	T
1980	3282	11344	12,00
1981	3505	12114	32,00
1982	3776	13052	63,50
1983	3940	13595	368,70
1984	4330	15738	847,60
1985	4884	17581	1128,10
1986	5924	20004	879,70
1987	7083	21980	680,00
1988	7910	22675	762,90
1989	7800	23801	1110,00
1990	9322	24416	2130,00
1991	9335	26261	2722,50
1992	10254	28607	2562,00
1993	11414	31366	1922,00
1994	12074	29519	1528,30
1995	12745	33143	1859,30
1996	13382	35233	2700,00
1997	14274	36035	4657,00
1998	14148	37488	5794,70
1999	14309	34817	6941,00
2000	14325	35953	8788,60
2001	14981	29959	8025,10
2002	16472	32758	12535,35
2003	18299	34000	15278,72
2004	20478	38796	20459,29
2005	20965	42787	19571,90
2006	20921	47400	17722,80
2007	21775	49255	12823,73
2008	24299	51431	9303,48
2009**	25312	52500	10504,35
2010**	26329	54000	11251,47
2011**	26967	54600	12576,34
2012**	27647	56000	13924,69

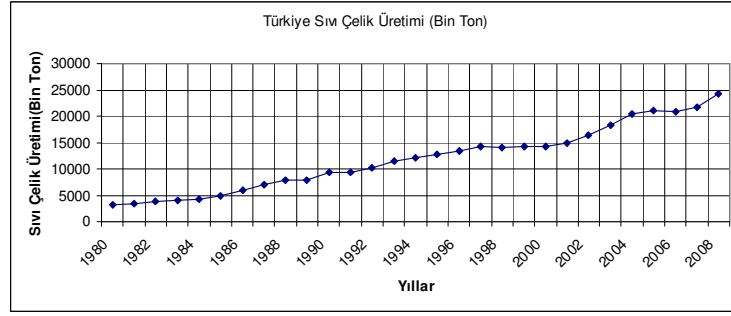
*Kaynak: DPT (Devlet Planlama Teşkilatı), TÜİK(Türkiye İstatistik Kurumu)

**DPT Ortak Çalışma Gruplarının IX. Beş Yıllık Kalkınma Raporlarındaki Rakamlara Göre

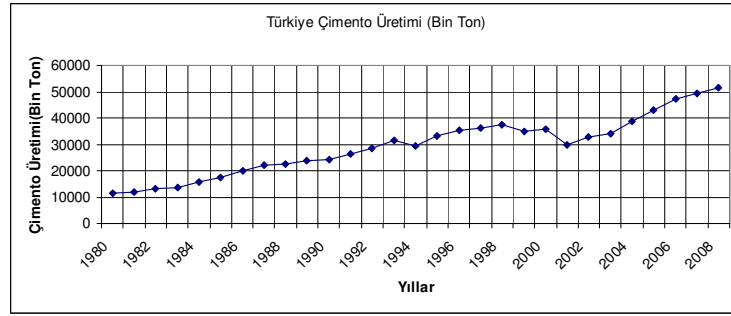
R= Sıvı Çelik Üretimi(Bin Ton)

S= Çimento Üretimi(Bin Ton)

T= Renkli Televizyon Üretimi (Bin Adet)



Şekil 6.17 : Türkiye sıvı çelik üretiminin yıllara göre değişimi



Şekil 6.18 : Türkiye çimento üretiminin yıllara göre değişimi



Şekil 6.19 : Türkiye renkli televizyon üretiminin yıllara göre değişimi

7. BULGULAR

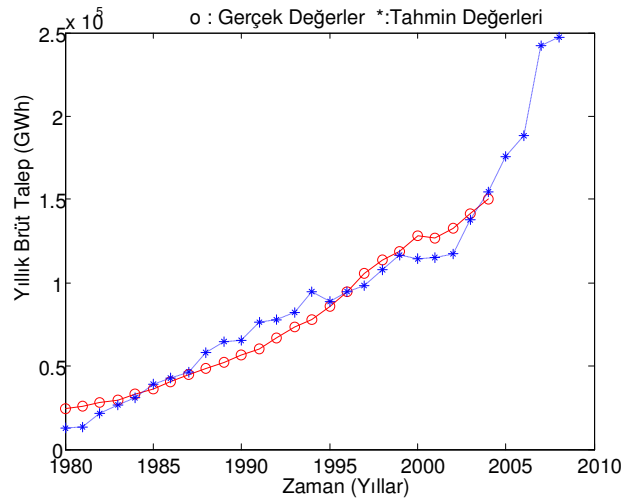
Bu bölümde genel sonuçlar ve daha önce bahsedilen verilerin uygulamalı sonuçları verilecektir.

7.1. REGRESYON YÖNTEMİNİN GÜVENİLİRLİĞİNİN TESTİ

7.1.1. Türkiye Ekonomik Göstergelerinin Elektrik Tüketimi Üzerindeki Etkisinin Regresyon Yöntemi İle İncelenmesi

Regresyon yöntemi için Türkiye'nin ekonomik verileri (Tablo 6.3) ve Türkiye elektrik tüketim verileri (Tablo 6.2) kullanılmıştır. Yöntemin testi için bilinmeyen değer tespiti yapılıyor gibi bilinen bir değere sonuçların ne kadar yakınsadığı tespiti yapılacaktır. 1980-2004 arası veriler kullanılarak, gerçek 2004-2008 verilerine sistemin ne kadar yakınsadığı ve sonuçların hata boyutları hesaplanacaktır. Bu sonuçlar bize Türkiye'nin ekonomik ve sosyal durumunun ekonomi üzerindeki etkisini gösterecektir.

Yukarıda bahsedilen hazır MATLAB dosyasına Tablo 6.3 teki verilerin uygulanması halinde;



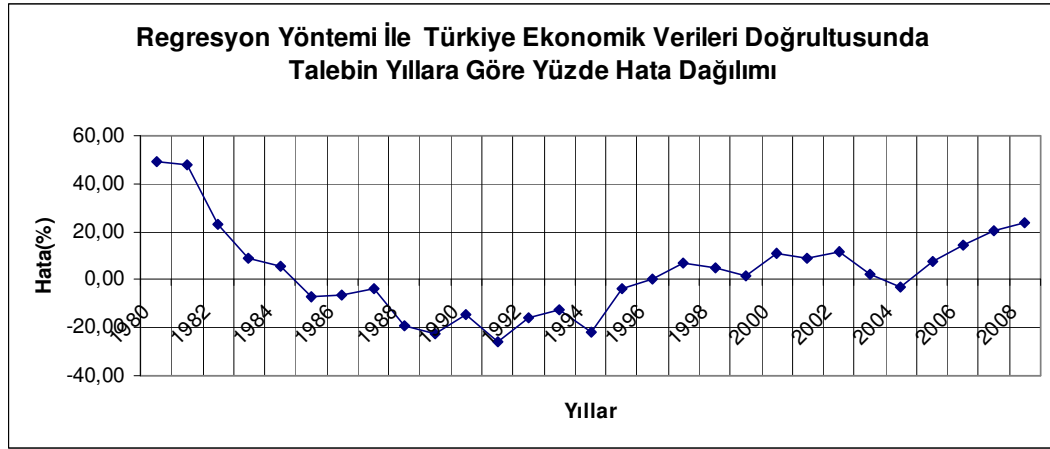
Şekil 7.1 : Ekonomik veriler doğrultusunda regresyon yöntemi ile yük tahmini sonuçları

Tablo 7.1 : Ekonomik veriler doğrultusunda regresyon yöntemi sonuçları yıllar bazında

Yıllar	Gerçek Değer (GWh)	Regresyon Test Değeri(GWh)	Hata (GWh)	Hata(%)
1980	24616,60	12495,28	12121,32	49,24
1981	26288,90	13703,30	12585,60	47,87
1982	28324,90	21727,10	6597,80	23,29
1983	29567,60	26832,08	2735,52	9,25
1984	33266,50	31382,25	1884,25	5,66
1985	36361,30	38927,25	-2565,95	-7,06
1986	40471,40	43071,11	-2599,71	-6,42
1987	44925,00	46735,87	-1810,87	-4,03
1988	48430,00	57807,18	-9377,18	-19,36
1989	52601,70	64390,95	-11789,25	-22,41
1990	56811,70	65137,91	-8326,21	-14,66
1991	60499,30	76149,83	-15650,53	-25,87
1992	67216,80	77683,10	-10466,30	-15,57
1993	73431,70	82492,89	-9061,19	-12,34
1994	77783,00	94722,61	-16939,61	-21,78
1995	85551,50	88824,36	-3272,86	-3,83
1996	94788,70	94355,30	433,40	0,46
1997	105517,10	97996,83	7520,27	7,13
1998	114022,70	108045,99	5976,71	5,24
1999	118484,90	116458,89	2026,01	1,71
2000	128275,60	114166,24	14109,37	11,00
2001	126871,30	115331,23	11540,07	9,10
2002	132552,60	117173,40	15379,20	11,60
2003	141150,90	137894,57	3256,33	2,31
2004	150017,50	154323,69	-4306,19	-2,87
2005	160794,00	148740,29	12053,71	7,50
2006	174637,30	149655,21	24982,09	14,31
2007	190000,21	151186,84	38813,37	20,43
2008	198085,20	151543,59	46541,61	23,50
		ORTALAMA	4220,37	3,22

Tablo 7.2 : Ekonomik veriler doğrultusunda değeri bilinen deneme amaçlı kullanılan yılların sonuçları

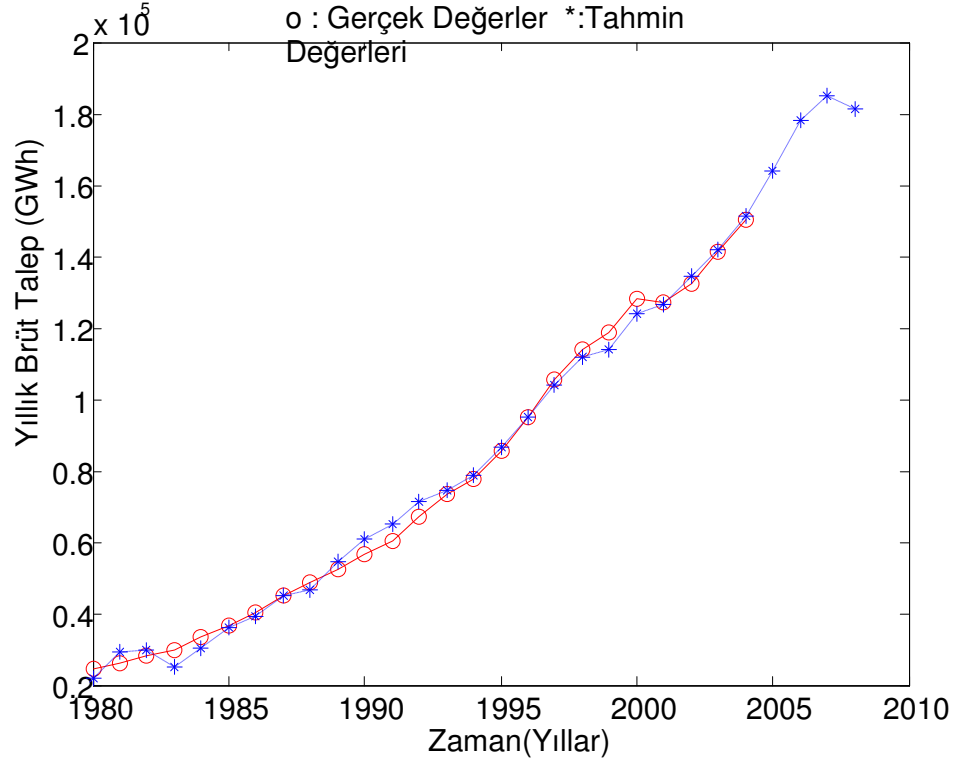
	Gerçek	Regresyon Test		
Yıllar	Değer (GWh)	Değeri(GWh)	Hata (GWh)	Hata(%)
2005	160794,00	148740,29	12053,71	7,50
2006	174637,30	149655,21	24982,09	14,31
2007	190000,21	151186,84	38813,37	20,43
2008	198085,20	151543,59	46541,61	23,50



Şekil 7.2 : Regresyon yöntemi ile Türkiye ekonomik verileri doğrultusunda talebin yıllara göre yüzde hata dağılımı

Yukarıdaki sonuçlardan görüleceği üzere Türkiye'nin Ekonomik verilerinin regresyon analizinde kullanılması halinde ortalama hata düşük çıkmasına rağmen yıllar bazında hata oranları yüksektir. Ve bilinen yıllara göre sistemin tahmin etmesi istendiğinde %7,5-23,50 arasında değişen hata yüzdeleri ile tahmin gerçekleşmektedir.

7.1.2. Döviz Kuru, Petrol Fiyatı, Sanayi ve İmalat Endekslerinin Elektrik Tüketimi Üzerindeki Etkisinin Regresyon Yöntemi İle İncelenmesi



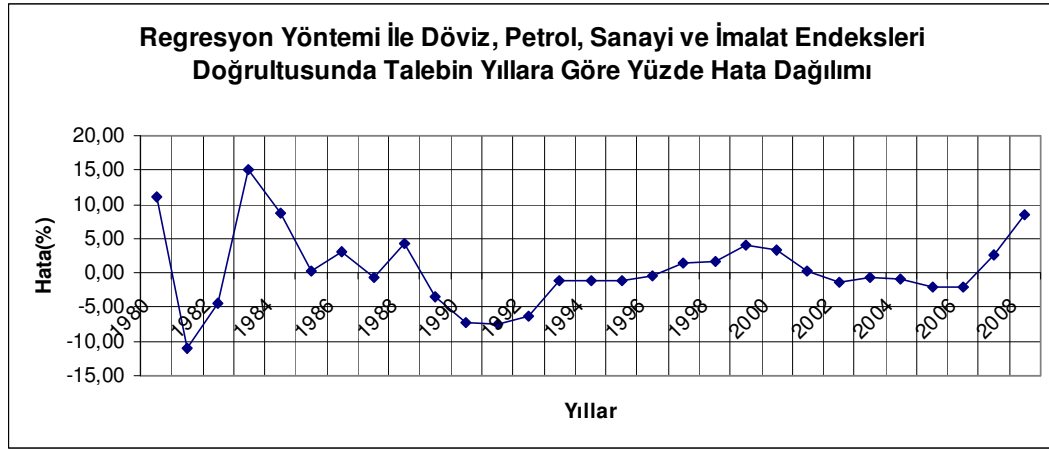
Şekil 7.3 : Döviz, petrol, sanayi ve imalat endeksleri doğrultusunda regresyon yöntemi ile yük tahmini sonuçları

Tablo 7.3 : Döviz, petrol, sanayi ve imalat endeksleri doğrultusunda yıllar bazında regresyon yöntemi sonuçları

Yıllar	Gerçek Değer (GWh)	Regresyon Test Değeri(GWh)	Hata(GWh)	Hata(%)
1980	24616,60	21899,95	2716,65	11,04
1981	26288,90	29155,80	-2866,90	-10,91
1982	28324,90	29601,48	-1276,58	-4,51
1983	29567,60	25123,97	4443,63	15,03
1984	33266,50	30330,26	2936,24	8,83
1985	36361,30	36295,16	66,14	0,18
1986	40471,40	39212,39	1259,01	3,11
1987	44925,00	45198,59	-273,59	-0,61
1988	48430,00	46397,32	2032,68	4,20
1989	52601,70	54404,70	-1803,00	-3,43
1990	56811,70	60976,59	-4164,89	-7,33
1991	60499,30	65012,19	-4512,89	-7,46
1992	67216,80	71470,07	-4253,27	-6,33
1993	73431,70	74344,49	-912,79	-1,24
1994	77783,00	78747,90	-964,90	-1,24
1995	85551,50	86501,94	-950,44	-1,11
1996	94788,70	95197,51	-408,81	-0,43
1997	105517,10	104034,57	1482,53	1,41
1998	114022,70	112060,39	1962,31	1,72
1999	118484,90	113748,16	4736,74	4,00
2000	128275,60	124122,33	4153,27	3,24
2001	126871,30	126447,76	423,54	0,33
2002	132552,60	134392,03	-1839,43	-1,39
2003	141150,90	141935,79	-784,89	-0,56
2004	150017,50	151217,86	-1200,36	-0,80
2005	160794,00	164114,52	-3320,52	-2,07
2006	174637,30	178339,24	-3701,94	-2,12
2007	190000,21	185229,71	4770,50	2,51
2008	198085,20	181165,17	16920,03	8,54
		ORTALAMA	505,80	0,43

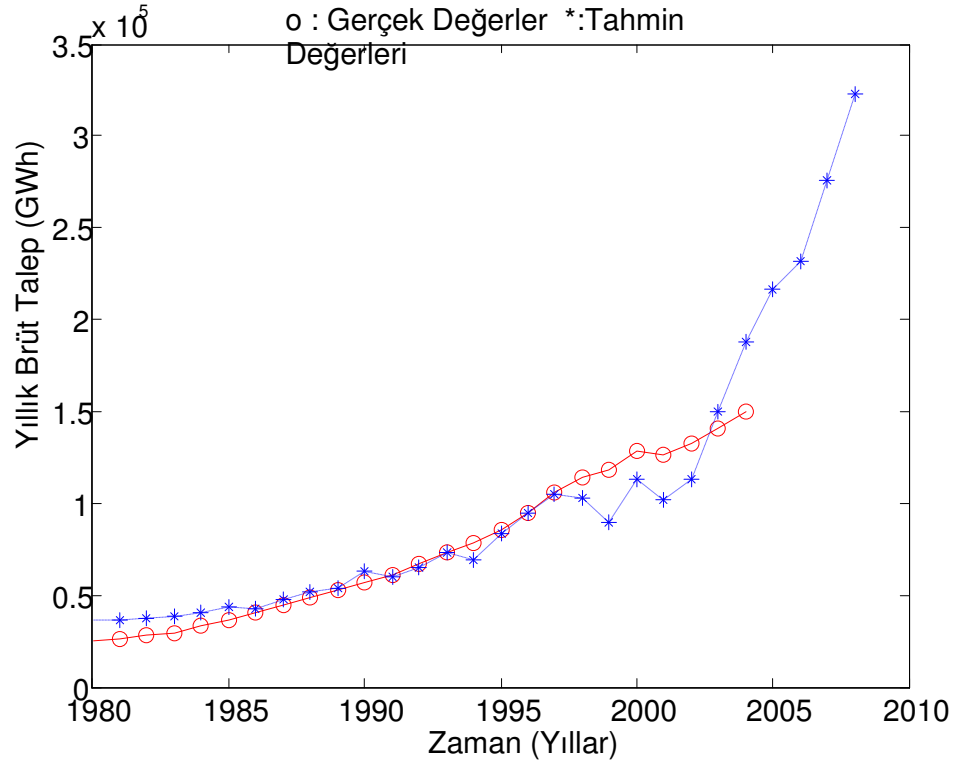
Tablo 7.4 : Döviz, petrol, sanayi ve imalat endeksleri doğrultusunda değeri bilinen deneme amaçlı kullanılan yılların tahmin sonuçları

	Gerçek	Regresyon Test		
Yıllar	Değer (GWh)	Değeri(GWh)	Hata (GWh)	Hata(%)
2005	160794,00	164114,52	-3320,52	-2,07
2006	174637,30	178339,24	-3701,94	-2,12
2007	190000,21	185229,71	4770,50	2,51
2008	198085,20	181165,17	16920,03	8,54



Şekil 7.4 : Regresyon yöntemi ile döviz, petrol, sanayi ve imalat endeksleri doğrultusunda talebin yıllara göre yüzde hata dağılımı

7.1.3. İthalat İhracat ve Turizm Rakamlarının Elektrik Tüketimi Üzerindeki Etkisinin Regresyon Yöntemi İle İncelenmesi



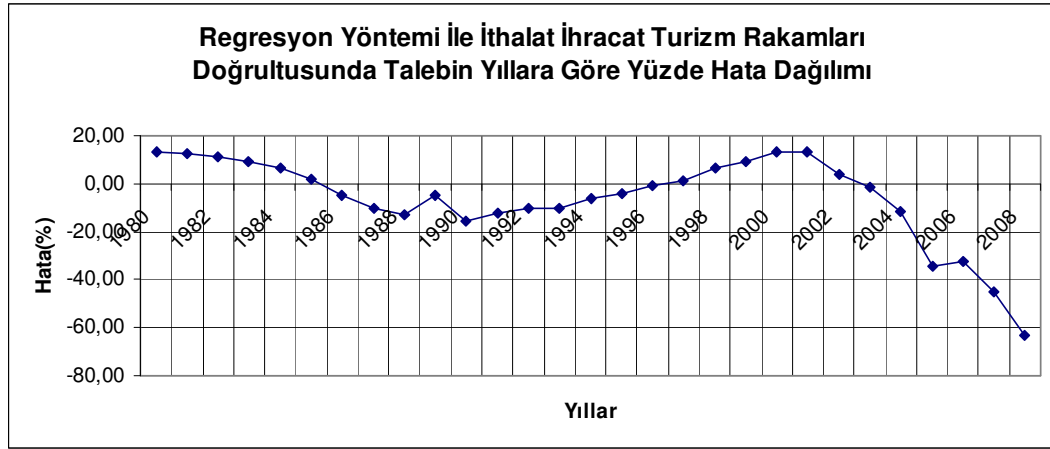
Şekil 7.5 : İthalat ihracat ve turizm rakamlarının regresyon yöntemi ile yük tahmini sonuçları

Tablo 7.5 : İthalat ihracat ve turizm rakamlarının regresyon yöntemi ile yük tahmini sonuçları

Yıllar	Gerçek Değer (GWh)	Regresyon Test Değeri(GWh)	Hata(GWh)	Hata(%)
1980	24616,60	36251,83	-11635,23	-47,27
1981	26288,90	36634,85	-10345,95	-39,35
1982	28324,90	37488,12	-9163,22	-32,35
1983	29567,60	38087,52	-8519,92	-28,82
1984	33266,50	40282,88	-7016,38	-21,09
1985	36361,30	43162,52	-6801,22	-18,70
1986	40471,40	42296,72	-1825,32	-4,51
1987	44925,00	47633,11	-2708,11	-6,03
1988	48430,00	51549,20	-3119,20	-6,44
1989	52601,70	53769,45	-1167,75	-2,22
1990	56811,70	62866,49	-6054,79	-10,66
1991	60499,30	59380,15	1119,15	1,85
1992	67216,80	65274,81	1941,99	2,89
1993	73431,70	72922,17	509,53	0,69
1994	77783,00	68773,75	9009,25	11,58
1995	85551,50	83617,65	1933,85	2,26
1996	94788,70	94188,50	600,20	0,63
1997	105517,10	104742,96	774,14	0,73
1998	114022,70	103003,60	11019,10	9,66
1999	118484,90	89838,13	28646,77	24,18
2000	128275,60	113175,56	15100,04	11,77
2001	126871,30	101885,85	24985,45	19,69
2002	132552,60	113240,72	19311,88	14,57
2003	141150,90	149564,19	-8413,29	-5,96
2004	150017,50	188198,47	-38180,97	-25,45
2005	160794,00	216491,16	-55697,16	-34,64
2006	174637,30	231531,12	-56893,82	-32,58
2007	190000,21	275726,18	-85725,97	-45,12
2008	198085,20	322792,20	-124707,00	-62,96
		ORTALAMA	-11138,76	-11,16

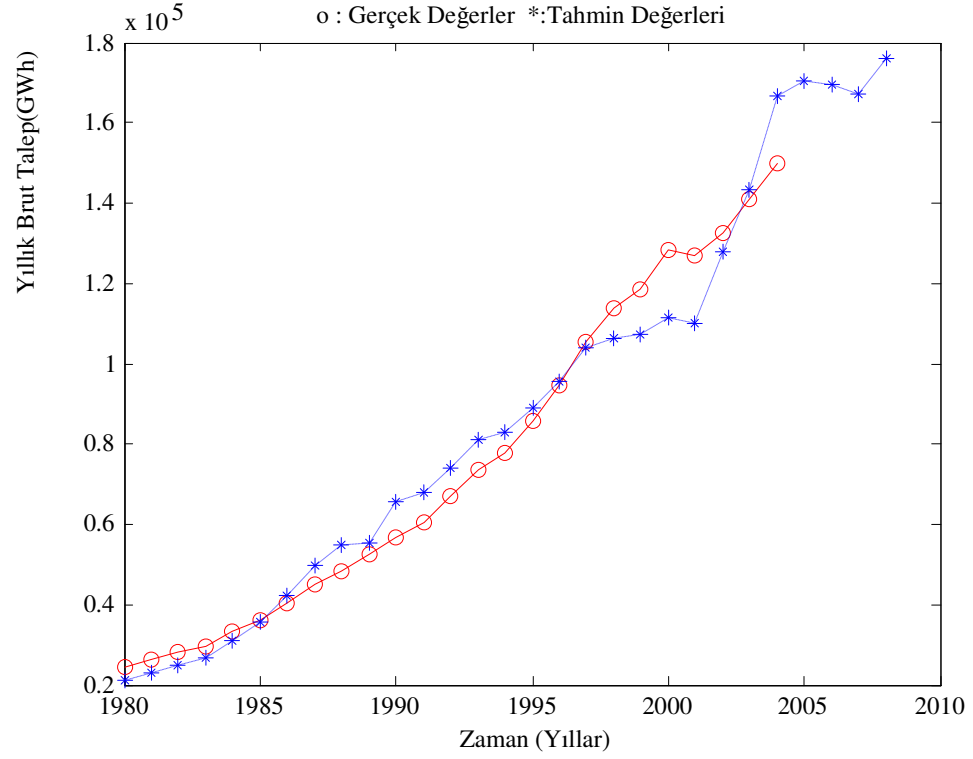
Tablo 7.6 : İthalat, ihracat, turizm rakamları doğrultusunda değeri bilinen deneme amaçlı kullanılan yılların tahmin sonuçları

	Gerçek	Regresyon Test		
Yıllar	Değer (GWh)	Değeri(GWh)	Hata (GWh)	Hata(%)
2005	160794,00	216491,16	-55697,16	-34,64
2006	174637,30	231531,12	-56893,82	-32,58
2007	190000,21	275726,18	-85725,97	-45,12
2008	198085,20	322792,20	-124707,00	-62,96



Şekil 7.6 : Regresyon yöntemi ile ithalat ihracat turizm rakamları doğrultusunda talebin yıllara göre yüzde hata dağılımı

7.1.4. Üretim Rakamlarının Elektrik Tüketimi Üzerindeki Etkisi



Şekil 7.7 : Üretim rakamları ile regresyon analizi sonuçları

Tablo 7.7 : Üretim rakamları ile regresyon analizi sonuçları

Yıllar	Gerçek Değer (GWh)	Regresyon Test Değeri(GWh)	Hata (GWh)	Hata (%)
1980	24616,60	36251,83	-11635,23	-47,27
1981	26288,90	36634,85	-10345,95	-39,35
1982	28324,90	37488,12	-9163,22	-32,35
1983	29567,60	38087,52	-8519,92	-28,82
1984	33266,50	40282,88	-7016,38	-21,09
1985	36361,30	43162,52	-6801,22	-18,70
1986	40471,40	42296,72	-1825,32	-4,51
1987	44925,00	47633,11	-2708,11	-6,03
1988	48430,00	51549,20	-3119,20	-6,44
1989	52601,70	53769,45	-1167,75	-2,22
1990	56811,70	62866,49	-6054,79	-10,66
1991	60499,30	59380,15	1119,15	1,85
1992	67216,80	65274,81	1941,99	2,89
1993	73431,70	72922,17	509,53	0,69
1994	77783,00	68773,75	9009,25	11,58
1995	85551,50	83617,65	1933,85	2,26
1996	94788,70	94188,50	600,20	0,63
1997	105517,10	104742,96	774,14	0,73
1998	114022,70	103003,60	11019,10	9,66
1999	118484,90	89838,13	28646,77	24,18
2000	128275,60	113175,56	15100,04	11,77
2001	126871,30	101885,85	24985,45	19,69
2002	132552,60	113240,72	19311,88	14,57
2003	141150,90	149564,19	-8413,29	-5,96
2004	150017,50	188198,47	-38180,97	-25,45
2005	160794,00	163250,00	-2456,00	-1,53
2006	174637,30	180050,00	-5412,70	-3,10
2007	190000,21	172530,00	17470,21	9,19
2008	198085,20	142720,00	55365,20	27,95
		ORTALAMA	16241,68	8,13

Tablo 7.8 : Üretim endeksleri doğrultusunda değeri bilinen deneme amaçlı kullanılan yılların tahmin sonuçları

	Gerçek	Regresyon Test		
Yıllar	Değer (GWh)	Değeri(GWh)	Hata (GWh)	Hata (%)
2005	160794,00	163250,00	-2456,00	-1,53
2006	174637,30	180050,00	-5412,70	-3,10
2007	190000,21	172530,00	17470,21	9,19
2008	198085,20	142720,00	55365,20	27,95



Şekil 7.8 : Regresyon yöntemi ile üretim rakamları doğrultusunda talebin yıllara göre yüzde hata dağılımı

7.1.5. Regresyon Analizinde Çeşitli Verilerin Kullanılması Halinde Elektrik Tüketimi Tahminindeki Hata Yüzdeleri

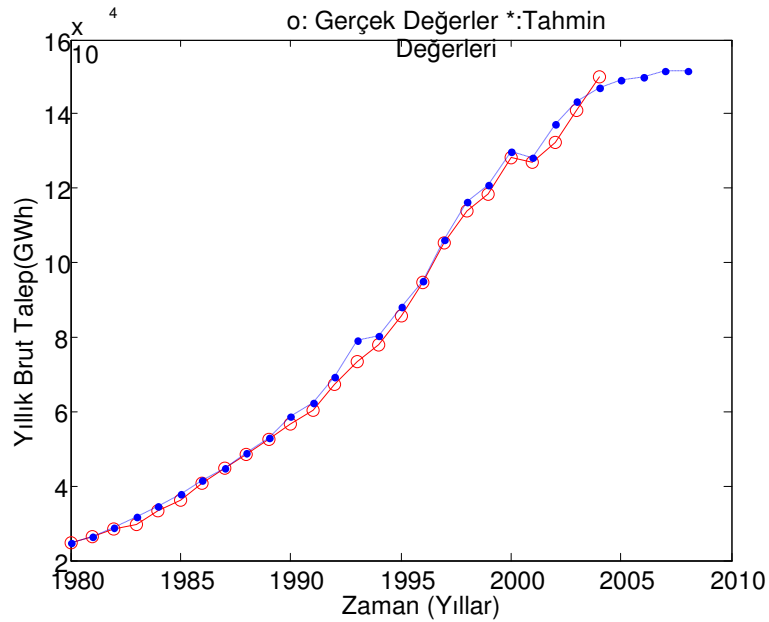
Tablo 7.9 : Regresyon analizinde çeşitli verilerin kullanılması halinde elde edilen hata yüzdeleri

Yıllar	Gerçek Değer (GWh)	Regresyon İle Hata Yüzdeleri			
		Ekonomik	Endeks	İthalat	Üretim
2005	160794,00	7,50	-2,07	-34,64	-1,53
2006	174637,30	14,31	-2,12	-32,58	-3,10
2007	190000,21	20,43	2,51	-45,12	9,19
2008	198085,20	23,50	8,54	-62,96	27,95

7.2. YAPAY SINIR AĞLARI YÖNTEMİNİN GÜVENİLİRLİĞİNİN TESTİ

Yapay sinir ağları yöntemi için Türkiye'nin ekonomik verileri (Tablo 6.3) ve Türkiye Elektrik Tüketim verileri (Tablo 6.2) kullanılmıştır. Yöntemin testi için bilinmeyen değer tespiti yapıyor gibi bilinen bir değere sonuçların ne kadar yakınsadığı tespiti yapılacaktır. 1980-2004 arası veriler kullanılarak, gerçek 2004-2008 verilerine sistemin ne kadar yakınsadığı ve sonuçların hata boyutları hesaplanacaktır. Bu sonuçlar yine bize Türkiye'nin ekonomik ve sosyal durumunun ekonomi üzerindeki etkisini gösterecektir. Yukarıda bahsedilen hazır MATLAB dosyasına ağırlıkların ve biasların deneme aralıklarının 1000 alınması, ayarlama(eğitme) tekrar sayısının 50000 ve hedef hata değerinin 0,001 koyulması halinde, yani programda $df=1000$, $me=50000$ ve $eg=0.001$ olarak girilmesi halinde Tablo 6.3 teki veriler uygulanarak aşağıdaki sonuçlar elde edilecektir;

7.2.1. Türkiye Ekonomik Göstergelerinin Elektrik Tüketimi Üzerindeki Etkisinin Yapay Sinir Ağı İle İncelenmesi



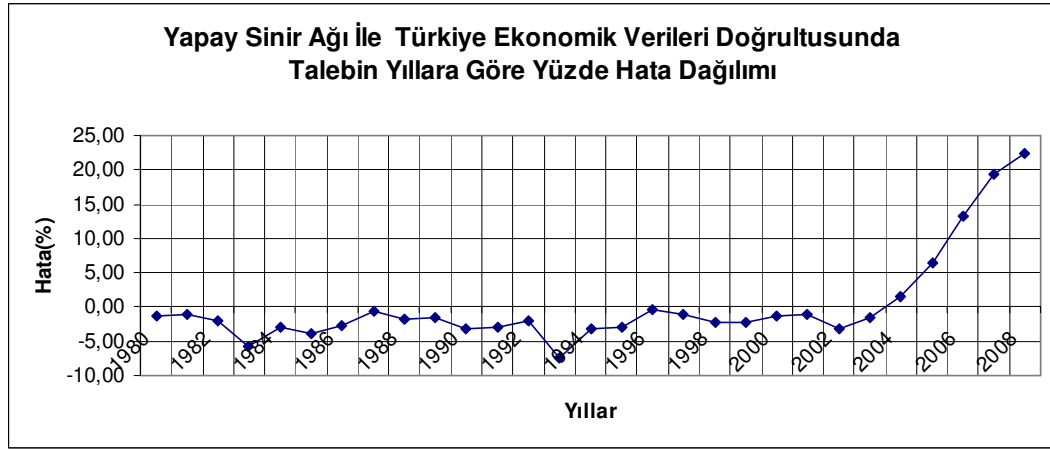
Şekil 7.9 : Türkiye ekonomik göstergeleri kullanarak elektrik tüketiminin yapay sinir ağları ile incelenmesi sonuçları

Tablo 7.10 : Türkiye ekonomik göstergeleri kullanılarak elektrik tüketiminin yapay sinir ağıları ile incelenmesi sonuçları

Yıllar	Gerçek Değer (GWh)	YSA Test Değeri(GWh)	Hata (GWh)	Hata(%)
1980	24616,60	24955,70	-339,10	-1,38
1981	26288,90	26558,39	-269,49	-1,03
1982	28324,90	28871,37	-546,47	-1,93
1983	29567,60	31259,89	-1692,29	-5,72
1984	33266,50	34229,91	-963,41	-2,90
1985	36361,30	37810,55	-1449,25	-3,99
1986	40471,40	41545,82	-1074,42	-2,65
1987	44925,00	45211,68	-286,68	-0,64
1988	48430,00	49272,23	-842,23	-1,74
1989	52601,70	53393,08	-791,38	-1,50
1990	56811,70	58619,65	-1807,95	-3,18
1991	60499,30	62279,27	-1779,97	-2,94
1992	67216,80	68600,99	-1384,19	-2,06
1993	73431,70	78865,57	-5433,87	-7,40
1994	77783,00	80236,35	-2453,35	-3,15
1995	85551,50	88110,64	-2559,14	-2,99
1996	94788,70	95244,41	-455,71	-0,48
1997	105517,10	106577,69	-1060,59	-1,01
1998	114022,70	116614,64	-2591,94	-2,27
1999	118484,90	121077,05	-2592,15	-2,19
2000	128275,60	129905,74	-1630,14	-1,27
2001	126871,30	128109,91	-1238,61	-0,98
2002	132552,60	136848,17	-4295,57	-3,24
2003	141150,90	143271,55	-2120,65	-1,50
2004	150017,50	147681,88	2335,62	1,56
2005	160794,00	150346,28	10447,72	6,50
2006	174637,30	151527,05	23110,25	13,23
2007	190000,21	153380,53	36619,69	19,27
2008	198085,20	153716,07	44369,13	22,40
		ORTALAMA	2662,89	0,17

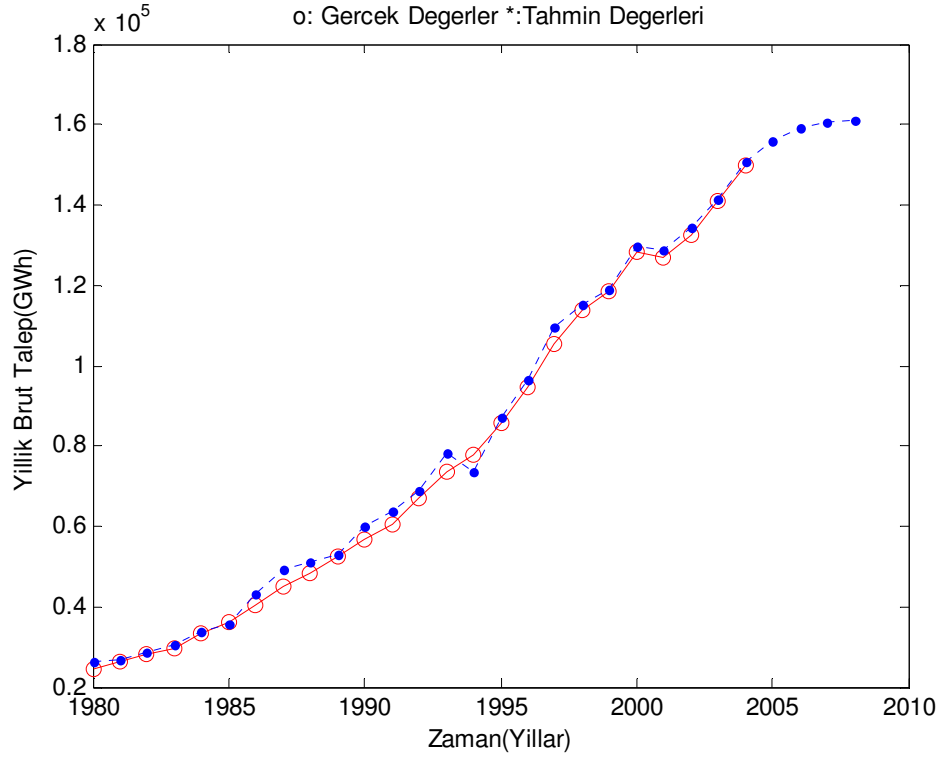
Tablo 7.11 : Türkiye ekonomik verileri yapay sinir ağlarında kullanılarak değeri bilinen deneme amaçlı kullanılan yılların tahmin sonuçları

	Gerçek	YSA Test		
Yıllar	Değer (GWh)	Değeri(GWh)	Hata (GWh)	Hata(%)
2005	160794,00	150346,28	10447,72	6,50
2006	174637,30	151527,05	23110,25	13,23
2007	190000,21	153380,53	36619,69	19,27
2008	198085,20	153716,07	44369,13	22,40



Şekil 7.10 : Yapay sinir ağı ile Türkiye'nin ekonomik verileri doğrultusunda talebin yıllara göre yüzde hata dağılımı

7.2.2. Döviz Kuru, Petrol Fiyatı, Sanayi ve İmalat Endekslerinin Elektrik Tüketimi Üzerindeki Etkisinin Yapay Sinir Ağı İle İncelenmesi



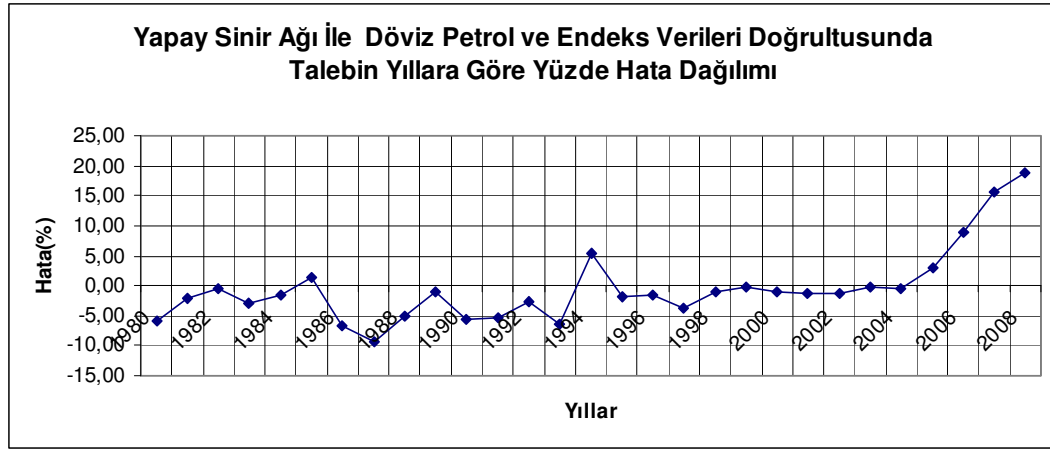
Şekil 7.11 : Döviz kuru, petrol fiyatı, üretim endeksleri verileri kullanılarak yapay sinir ağı ile tüketimlerin analiz sonuçları

Tablo 7.12 : Döviz kuru, petrol fiyatı, üretim endeksleri verileri kullanılarak yapay sinir ağı ile tüketimlerin analiz sonuçları

Yıllar	Gerçek Değer (GWh)	YSA Test Değeri(GWh)	Hata(GWh)	Hata(%)
1980	24616,60	26086,29	-1469,69	-5,97
1981	26288,90	26868,19	-579,29	-2,20
1982	28324,90	28473,89	-148,99	-0,53
1983	29567,60	30401,90	-834,30	-2,82
1984	33266,50	33803,06	-536,56	-1,61
1985	36361,30	35855,34	505,96	1,39
1986	40471,40	43196,30	-2724,90	-6,73
1987	44925,00	49116,00	-4191,00	-9,33
1988	48430,00	50936,70	-2506,70	-5,18
1989	52601,70	53193,80	-592,10	-1,13
1990	56811,70	60069,00	-3257,30	-5,73
1991	60499,30	63655,78	-3156,48	-5,22
1992	67216,80	68950,99	-1734,19	-2,58
1993	73431,70	78221,90	-4790,20	-6,52
1994	77783,00	73580,00	4203,00	5,40
1995	85551,50	87202,88	-1651,38	-1,93
1996	94788,70	96376,19	-1587,49	-1,67
1997	105517,10	109395,27	-3878,17	-3,68
1998	114022,70	115302,74	-1280,04	-1,12
1999	118484,90	118852,52	-367,62	-0,31
2000	128275,60	129480,97	-1205,37	-0,94
2001	126871,30	128578,46	-1707,16	-1,35
2002	132552,60	134438,53	-1885,93	-1,42
2003	141150,90	141541,47	-390,57	-0,28
2004	150017,50	150593,08	-575,58	-0,38
2005	160794,00	155943,64	4850,36	3,02
2006	174637,30	159225,29	15412,01	8,83
2007	190000,21	160398,83	29601,38	15,58
2008	198085,20	160832,86	37252,34	18,81
		ORTALAMA	1750,83	-0,54

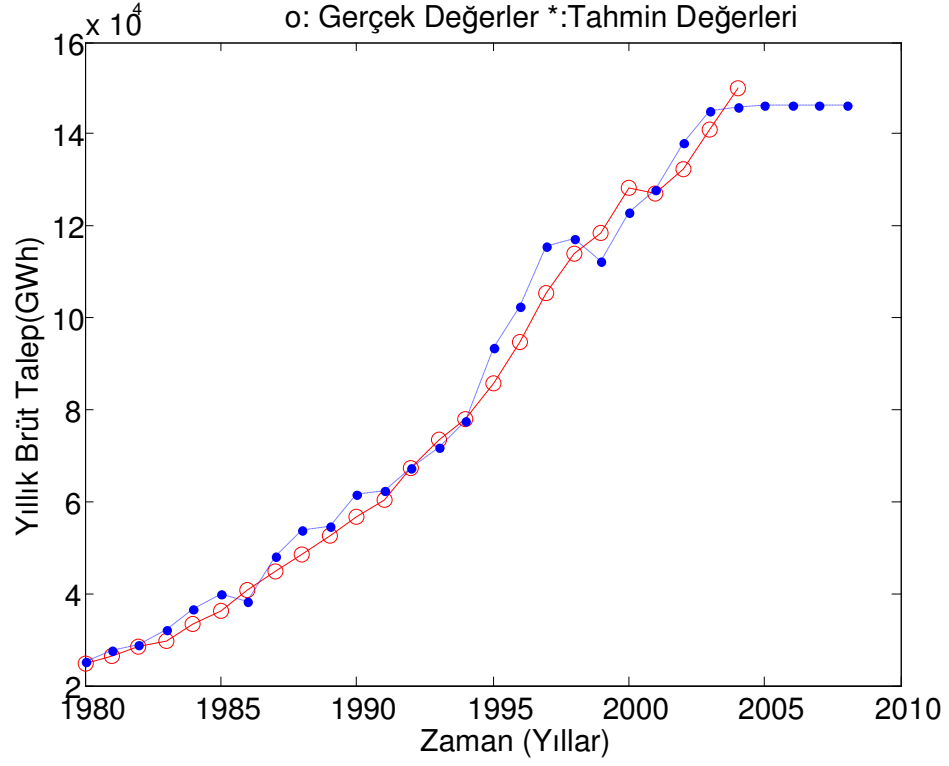
Tablo 7.13 : Döviz kuru, petrol fiyatı, üretim endeksleri verileri kullanılarak değeri bilinen deneme amaçlı kullanılan yılların tahmin sonuçları

	Gerçek	YSA Test		
Yıllar	Değer (GWh)	Değeri(GWh)	Hata (GWh)	Hata(%)
2005	160794,00	155943,64	4850,36	3,02
2006	174637,30	159225,29	15412,01	8,83
2007	190000,21	160398,83	29601,38	15,58
2008	198085,20	160832,86	37252,34	18,81



Şekil 7.12 : Yapay sinir ağı ile döviz, petrol ve endeks verileri doğrultusunda talebin yıllara göre yüzde hata dağılımı

7.2.3. İthalat İhracat ve Turizm Rakamlarının Elektrik Tüketimi Üzerindeki Etkisinin Yapay Sinir Ağı İle İncelenmesi



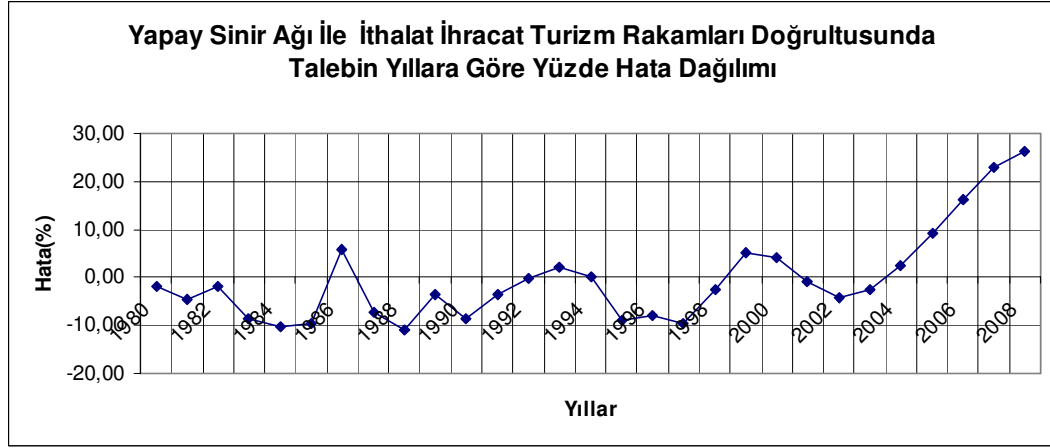
Şekil 7.13 : İthalat ihracat ve turizm rakamlarının elektrik tüketimine etkilerinin yapay sinir ağı ile incelenmesi sonuçları

Tablo 7.14 : İthalat ihracat ve turizm rakamlarının elektrik tüketimine etkilerinin yapay sınır ağı ile incelenmesi sonuçları

Yıllar	Gerçek Değer (GWh)	YSA Test Değeri(GWh)	Hata (GWh)	Hata(%)
1980	24616,60	25058,36	-441,76	-1,79
1981	26288,90	27484,97	-1196,07	-4,55
1982	28324,90	28901,55	-576,65	-2,04
1983	29567,60	32129,57	-2561,97	-8,66
1984	33266,50	36684,55	-3418,05	-10,27
1985	36361,30	39840,35	-3479,05	-9,57
1986	40471,40	38125,97	2345,43	5,80
1987	44925,00	48231,51	-3306,51	-7,36
1988	48430,00	53763,53	-5333,53	-11,01
1989	52601,70	54421,82	-1820,12	-3,46
1990	56811,70	61644,90	-4833,20	-8,51
1991	60499,30	62564,82	-2065,52	-3,41
1992	67216,80	67346,86	-130,06	-0,19
1993	73431,70	71767,19	1664,51	2,27
1994	77783,00	77615,99	167,01	0,21
1995	85551,50	93288,86	-7737,36	-9,04
1996	94788,70	102377,31	-7588,61	-8,01
1997	105517,10	115715,64	-10198,54	-9,67
1998	114022,70	117066,00	-3043,30	-2,67
1999	118484,90	112363,09	6121,81	5,17
2000	128275,60	122993,18	5282,42	4,12
2001	126871,30	127948,50	-1077,20	-0,85
2002	132552,60	138239,10	-5686,50	-4,29
2003	141150,90	144954,99	-3804,09	-2,70
2004	150017,50	146050,70	3966,80	2,64
2005	160794,00	146177,17	14616,83	9,09
2006	174637,30	146225,48	28411,82	16,27
2007	190000,21	146253,97	43746,24	23,02
2008	198085,20	146260,60	51824,60	26,16
		ORTALAMA	3098,26	-0,46

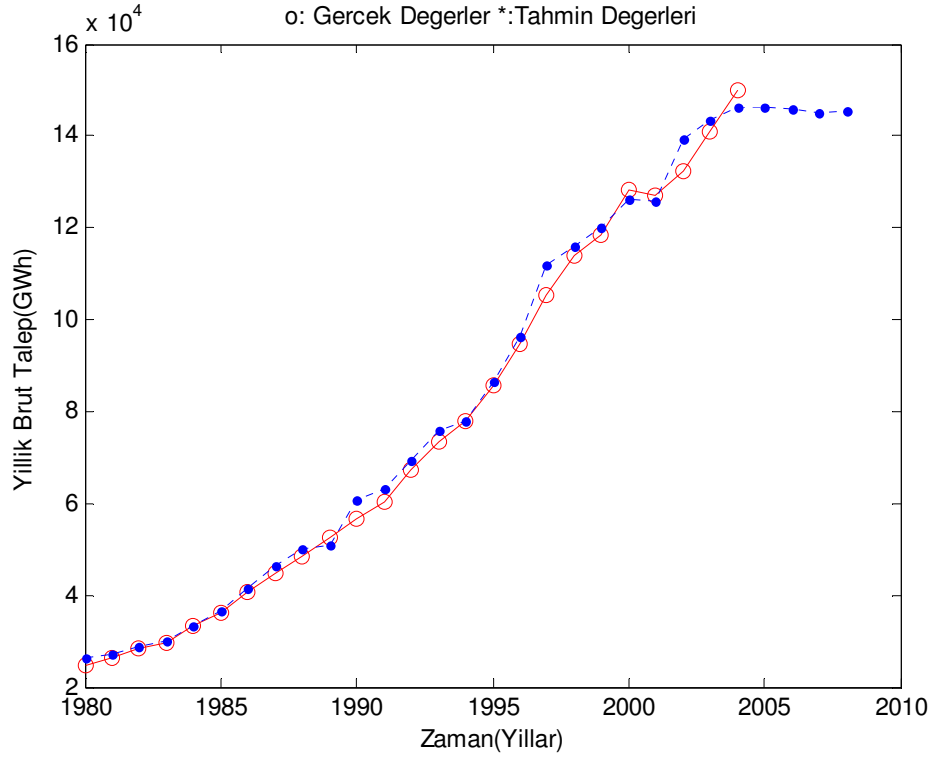
Tablo 7.15 : İthalat, ihracat ve turizm verileri kullanılarak değeri bilinen deneme amaçlı kullanılan yılların tahmin sonuçları

	Gerçek	YSA Test		
Yıllar	Değer (GWh)	Değeri(GWh)	Hata (GWh)	Hata(%)
2005	160794,00	146177,17	14616,83	9,09
2006	174637,30	146225,48	28411,82	16,27
2007	190000,21	146253,97	43746,24	23,02
2008	198085,20	146260,60	51824,60	26,16



Şekil 7.14 : Yapay sinir ağı ile ithalat ihracat turizm rakamları doğrultusunda talebin yıllara göre yüzde hata dağılımı

7.2.4. Üretim Rakamlarının Elektrik Tüketimi Üzerindeki Etkisinin Yapay Sinir Ağı İle İncelenmesi



Şekil 7.15 : Üretim rakamlarının elektrik tüketimine etkilerinin yapay sinir ağı ile incelenmesi sonuçları

Tablo 7.16 : Üretim rakamlarının elektrik tüketimine etkilerinin yapay sinir ağı ile incelenmesi sonuçları

Yıllar	Gerçek Değer (GWh)	YSA Test Değeri(GWh)	Hata (GWh)	Hata(%)
1980	24616,60	26210,81	-1594,21	-6,48
1981	26288,90	27327,06	-1038,16	-3,95
1982	28324,90	28744,78	-419,88	-1,48
1983	29567,60	29961,83	-394,23	-1,33
1984	33266,50	33297,20	-30,70	-0,09
1985	36361,30	36782,53	-421,23	-1,16
1986	40471,40	41533,89	-1062,49	-2,63
1987	44925,00	46504,78	-1579,78	-3,52
1988	48430,00	50173,25	-1743,25	-3,60
1989	52601,70	51067,94	1533,76	2,92
1990	56811,70	60624,78	-3813,08	-6,71
1991	60499,30	63376,20	-2876,90	-4,76
1992	67216,80	69399,13	-2182,33	-3,25
1993	73431,70	76012,18	-2580,48	-3,51
1994	77783,00	78127,76	-344,76	-0,44
1995	85551,50	86375,10	-823,60	-0,96
1996	94788,70	96203,87	-1415,17	-1,49
1997	105517,10	111933,97	-6416,87	-6,08
1998	114022,70	116033,98	-2011,28	-1,76
1999	118484,90	120209,41	-1724,51	-1,46
2000	128275,60	126247,10	2028,51	1,58
2001	126871,30	125753,95	1117,35	0,88
2002	132552,60	139126,42	-6573,82	-4,96
2003	141150,90	143474,22	-2323,32	-1,65
2004	150017,50	146086,36	3931,14	2,62
2005	160794,00	146122,45	14671,55	9,12
2006	174637,30	145854,57	28782,73	16,48
2007	190000,21	145137,07	44863,15	23,61
2008	198085,20	145386,05	52699,15	26,60
		ORTALAMA	3733,01	0,78

Tablo 7.17 : Üretim rakamları kullanılarak değeri bilinen deneme amaçlı kullanılan yılların tahmin sonuçları

	Gerçek	YSA Test		
Yıllar	Değer (GWh)	Değeri(GWh)	Hata (GWh)	Hata(%)
2005	160794,00	146122,45	14671,55	9,12
2006	174637,30	145854,57	28782,73	16,48
2007	190000,21	145137,07	44863,15	23,61
2008	198085,20	145386,05	52699,15	26,60



Şekil 7.16 : Yapay sinir ağı ile üretim rakamları doğrultusunda talebin yıllara göre yüzde hata dağılımı

7.2.5. Yapay Sinir Ağında Çeşitli Verilerin Kullanılması Halinde Elektrik Tüketimi Tahminindeki Hata Yüzdeleri

Tablo 7.18 : Çeşitli veriler kullanıldığında yapay sinir ağları ile önceden değeri bilinen tahmin yıllarının hata yüzdeleri

Yıllar	Gerçek Değer (GWh)	YSA İle Hata Yüzdeleri			
		Ekonomik	Endeks	İthalat	Üretim
2005	160794,00	6,50	3,02	9,09	9,12
2006	174637,30	13,23	8,83	16,27	16,48
2007	190000,21	19,27	15,58	23,02	23,61
2008	198085,20	22,40	18,81	26,16	26,60

7.2.6. Regresyon Analizi ve Yapay Sinir Ağı Sonuçlarının Karşılaştırılması

Tablo 7.19 : Regresyon analizi ve yapay sinir ağı sonuçlarının hata oranlarının karşılaştırılması

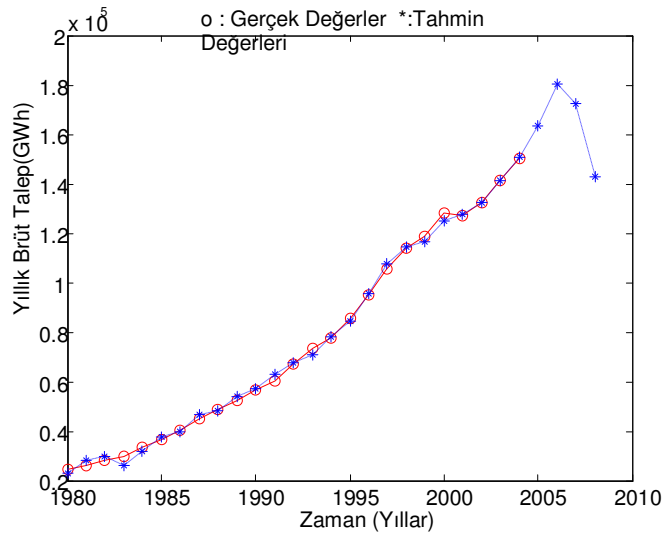
Yıllar	Gerçek Değer (GWh)	Regresyon İle Hata(%)				YSA İle Hata(%)			
		Ekonomik	Endeks	İthalat	Üretim	Ekonomik	Endeks	İthalat	Üretim
2005	160794,00	7,50	-2,07	-34,64	-1,53	6,50	3,02	9,09	9,12
2006	174637,30	14,31	-2,12	-32,58	-3,10	13,23	8,83	16,27	16,48
2007	190000,21	20,43	2,51	-45,12	9,19	19,27	15,58	23,02	23,61
2008	198085,20	23,50	8,54	-62,96	27,95	22,40	18,81	26,16	26,60

8. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bulgular kısmında elde edilen veriler incelendiğinde, daha önceden değeri bilinen 2005, 2006, 2007, 2008 yılı verilerine en çok yakınsamanın regresyon analizinde döviz, imalat endeksi, sanayi üretim endeksi ve ekonomik verilerinin kullanılması ile oluştuğu görülmektedir. Yapay sinir ağında da en düşük hata oranlarının da döviz, imalat endeksi, sanayi üretim endeksi ve ekonomik verilerin kullanılması ile oluştuğu görülmektedir. Bu bilgiler ışığında sistemin daha iyi tahmin sonuçları verebilmesi için veri kümesine; döviz kuru, nüfus, kişi başına düşen GSYH, GSMH, büyüme hızı, sanayi üretim endeksi, imalat üretim endeksi, petrol varil fiyatı verilerinin eklenmesi ile sonuçlar hem regresyon hem de yapay sinir ağında irdelendiğinde aşağıdaki sonuçlar ortaya çıkmaktadır.

8.1. REGRESYON ANALİZİ İLE ÇOKLU VERİ KÜMESİ SONUÇLARI

Yukarıda bahsedilen verileri daha önce yazılmış olan regresyon yazılımına girdiğimizde sonuçlar aşağıdaki gibi bulunmaktadır;



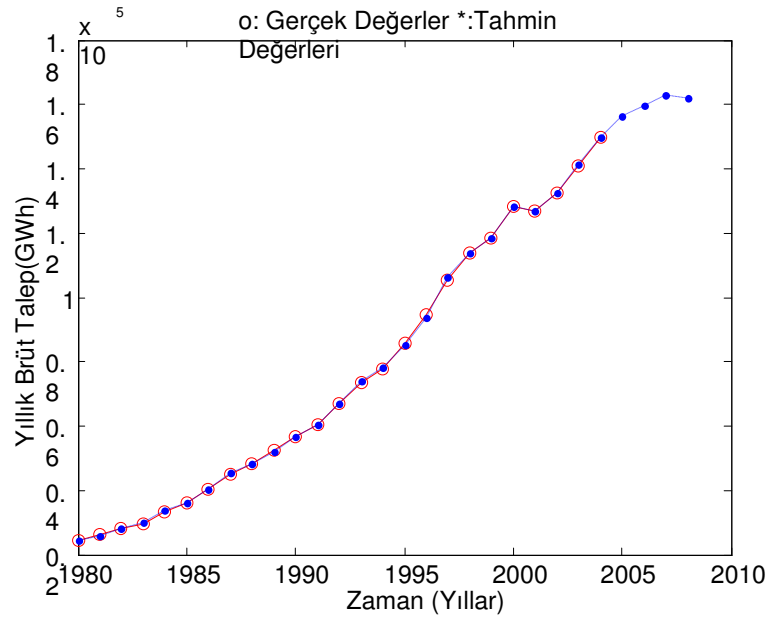
Şekil 8.1 : Genişletilmiş veri seti ile regresyon analizi tahmin sonuçları

Tablo 8.1 : Genişletilmiş veri seti ile regresyon analizi tahmin sonuçları

Yıllar	Gerçek Değer (GWh)	Sonuç	Hata(GWh)	Hata(%)
2005	160794,00	163250,00	-2456,00	-1,53
2006	174637,30	180050,00	-5412,70	-3,10
2007	190000,21	172530,00	17470,21	9,19
2008	198085,20	142720,00	55365,20	27,95
		ORTALAMA	16241,68	8,13

8.2. YAPAY SINIR AğI İLE ÇOKLU VERİ KÜMESİ SONUÇLARI

Yapay Sinir Ağı yazılımını çalıştırdığımızda sistemin öğrenme kapasitesini artırmak adına veri kümesinin artırılmasının yanında, eğitme tekrar sayımızı 100000 ve hedef eğitim hata yzdemizi 0,0001 yaptığımızda alacağımız sonuçlar aşağıdaki gibi olacaktır;



şekil 8.2 : Genişletilmiş veri seti ile yapay sinir ağı kullanılarak tahmin sonuçları

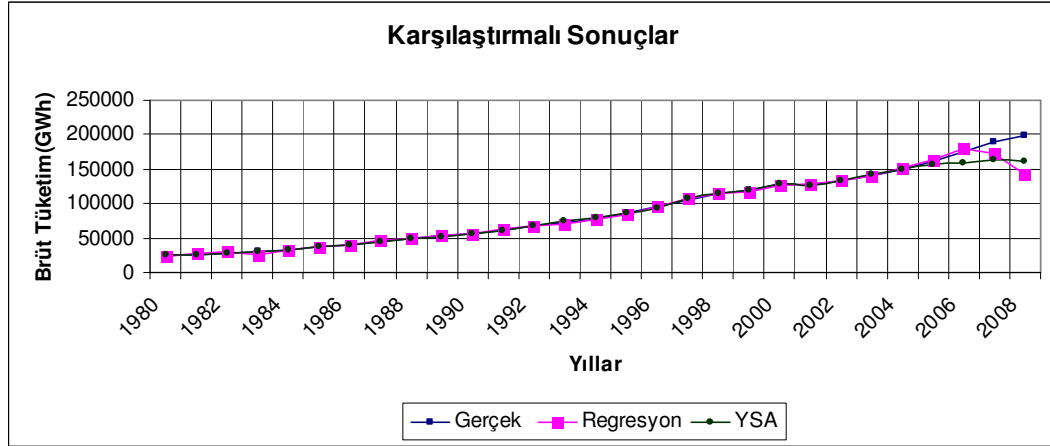
Tablo 8.2 : Genişletilmiş veri seti ile yapay sinir ağı kullanılarak tahmin sonuçları

Yıllar	Gerçek Değer (GWh)	Sonuç	Hata(GWh)	Hata(%)
2005	160794,00	156160,00	4634,00	2,88
2006	174637,30	159660,00	14977,30	8,58
2007	190000,21	162820,00	27180,21	14,31
2008	198085,20	161980,00	36105,20	18,23
		ORTALAMA	20724,18	11,00

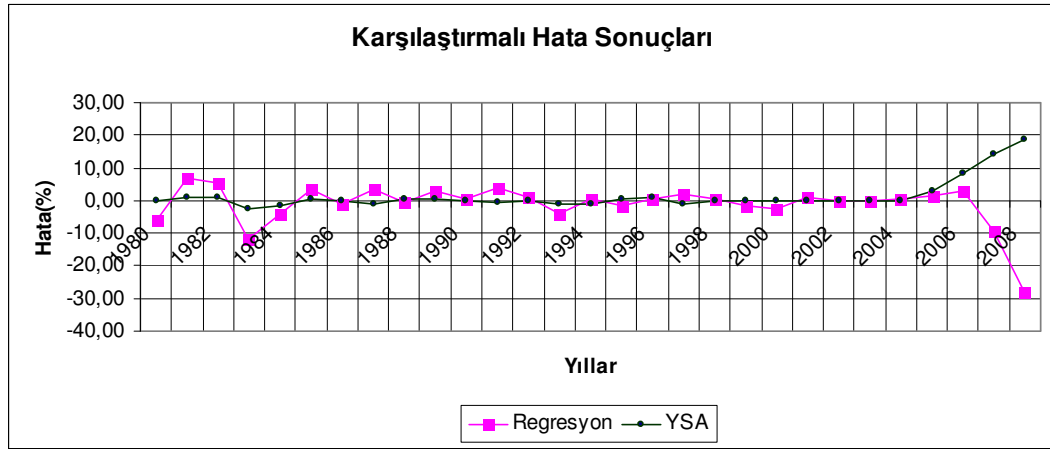
8.3.YAPAY SINIR AĞI İLE REGRESYON ANALİZİNİN GENİŞLETİLMİŞ VERİ KÜMESİNDE BİLİNER VERİLER IŞIĞINDA KARŞILAŞTIRILMASI

Tablo 8.3 : Regresyon analizi ve yapay sinir ağı sonuçlarının genişletilmiş veri kümesinde bilinen veriler ışığında karşılaştırmalı sonuçları

Yıllar	Gerçek Değer (GWh)	YSA Tahmin Değer(GWh)	YSA Hata (%)	Regr. Tahmin Değer(GWh)	Regr. Hata (%)
1980	24616,60	24582,48	0,14	23092,22	-6,19
1981	26288,90	26098,47	0,72	28068,47	6,77
1982	28324,90	28108,38	0,76	29777,24	5,13
1983	29567,60	30287,15	-2,43	26090,43	-11,76
1984	33266,50	33717,95	-1,36	31935,12	-4,00
1985	36361,30	36221,54	0,38	37591,95	3,38
1986	40471,40	40466,70	0,01	39990,45	-1,19
1987	44925,00	45433,15	-1,13	46452,25	3,40
1988	48430,00	48246,60	0,38	48244,73	-0,38
1989	52601,70	52299,09	0,58	54095,80	2,84
1990	56811,70	56910,82	-0,17	57187,16	0,66
1991	60499,30	60722,25	-0,37	62894,08	3,96
1992	67216,80	67257,36	-0,06	67705,92	0,73
1993	73431,70	74386,15	-1,30	70557,94	-3,91
1994	77783,00	78477,89	-0,89	78192,04	0,53
1995	85551,50	85400,25	0,18	84363,16	-1,39
1996	94788,70	93992,05	0,84	95315,43	0,56
1997	105517,10	106629,10	-1,05	107764,56	2,13
1998	114022,70	113839,33	0,16	114405,25	0,34
1999	118484,90	118546,57	-0,05	116573,13	-1,61
2000	128275,60	128609,82	-0,26	125188,62	-2,41
2001	126871,30	127042,04	-0,13	127799,40	0,73
2002	132552,60	132623,18	-0,05	132493,97	-0,04
2003	141150,90	141462,66	-0,22	141103,83	-0,03
2004	150017,50	149929,19	0,06	150946,06	0,62
2005	160794,00	156410,09	2,73	163251,43	1,53
2006	174637,30	159704,75	8,55	180049,53	3,10
2007	190000,21	162706,31	14,37	172527,67	-9,20
2008	198085,20	160694,37	18,88	142721,48	-27,95



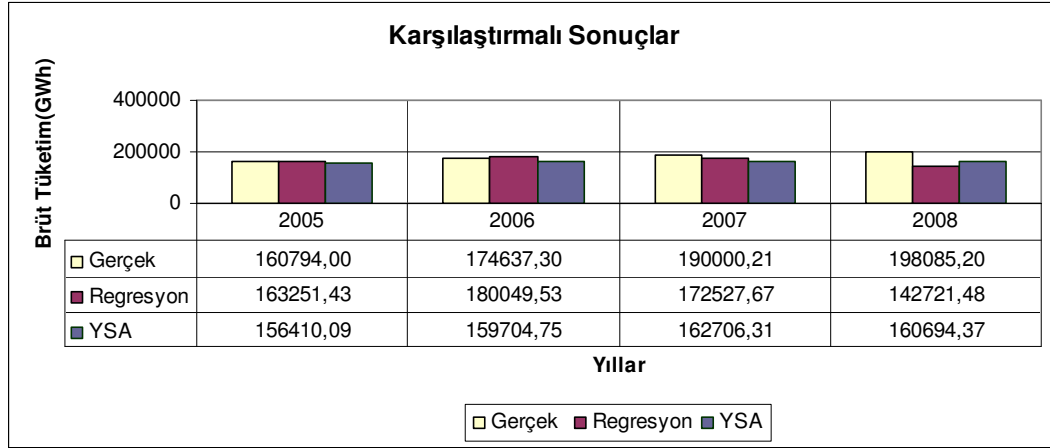
Şekil 8.3 : Regresyon analizi ve yapay sinir ağı sonuçlarının genişletilmiş veri kümesinde bilinen veriler ışığında karşılaştırmalı sonuçları



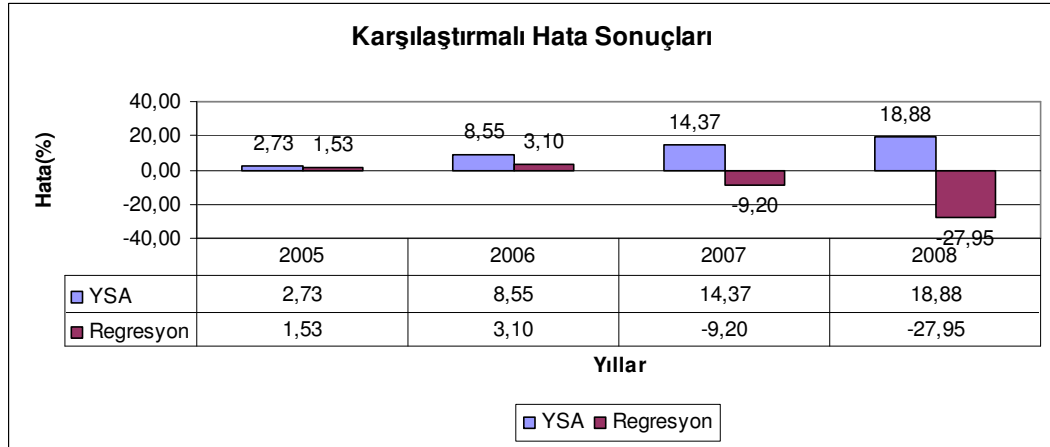
Şekil 8.4 : Regresyon analizi ve yapay sinir ağı sonuçlarının genişletilmiş veri kümesinde bilinen veriler ışığında karşılaştırmalı hata durumları

Tablo 8.4 : Regresyon analizi ve yapay sinir ağı sonuçlarının genişletilmiş veri kümesinde bilinen veriler ışığında değeri bilinen yıllar karşılaştırmalı sonuçları

	Gerçek	YSA Tahmin	YSA Hata	Regr. Tahmin	Regr. Hata
Yıllar	Değer (GWh)	Değer(GWh)	(%)	Değer(GWh)	(%)
2005	160794,00	156410,09	2,73	163251,43	1,53
2006	174637,30	159704,75	8,55	180049,53	3,10
2007	190000,21	162706,31	14,37	172527,67	-9,20
2008	198085,20	160694,37	18,88	142721,48	-27,95



Şekil 8.5 : Gerçek değeri bilinen yılların sistem tahmin sonuçları (MWh)



Şekil 8.6 : Gerçek değeri bilinen yılların sistem tahmin hata yüzdeleri (%)

Yukarıda elde edilen sonuçlar incelendiğinde, gerçek değeri bilinen 2005, 2006, 2007 ve 2008 yıllarının talep tahminleri yapılmak istendiğinde her iki sistemin hata oranının yıllara göre oransız olduğu görülmektedir. Örneğin 2005 yılını her iki sistemde düşük hata oranıyla tahmin etmiş olmasına ve birbirine yakın hata rakamları olmasına rağmen ilerleyen yıllar için iki sistemin hata oranları arasındaki fark açılmaktadır. Genel olarak regresyon analizi sonuçlarının gerçek değere daha çok yakınsadığı görülmektedir. Hata oranların yüksek olması büyük çoğunlukla bölüm 6.2.4. te detaylı anlatıldığı üzere kaynak verilerinin güvenli olmamasından kaynaklanmakta olup bunun yanında meteorolojik etkenlerden, teknoloji kullanımının değişiminden (klima, doğalgaz kullanımı vb.) kaynaklandığı düşünülmektedir. Bunun yanında kullanılan cihazların

artması ve bu cihazların enerji tüketim değerlerinin düşümü sebebiyle de tahminler sağlıklı yapılamamaktadır. A sınıfı beyaz eşyalar, tasarruflu ampüller bu duruma örnek gösterilebilmektedir. Kullanılan cihazların çeşitliliklerinin artması, ülke ekonomisinin kriz havasına girmesine rağmen üretimin ihracata yönelik artması gibi olağan dışı olaylarda tahminlerin sağlıklı yapılabilmesini olumsuz etkileyebilmektedir.

Elektrik talep tahminlerde görülen şudur ki, tahminin %100 doğru olarak yapılabilmesi neredeyse olanaksızdır. Ancak hata oranının azaltılabilmesi adına birden çok yöntem kullanılarak tahmin değerlerinin maksimum, minimum ve optimum değerleri bulunabilir. Mesela geçtiğimiz bölüm başlıklarında yaptığımız analizlerde regresyon ve yapay sinir ağı yöntemleri farklı sonuçlar vermiştir. Bu durumda her iki değer maksimum olanları seçilerek maksimum tahmini, her iki değer minimum değeri alınarakta minimum tahmin yapılabilir. Her iki yöntemde ilk iki yıl tahmininde Talep tahminleri yönetmeliğinde belirtilen hata değer aralığını tutturmaktadır, ancak ilerleyen dönemler için hata oranının artması yöntemin uzun vadeli sağlıklı sonuçlar vermediğini göstermektedir. Özellikle sistemin tahmin verilerine dayanarak tahmin yapması sebebiyle girilen verilerdeki tahmin hataları sistemi aşırı derecede etkileyerek, tahmin değerlerinin hatasını da yükseltmektedir. Ancak her iki sistemde de dikkati çeken husus matematiksel işlemlerin ağırlıklı olmasına rağmen günümüz teknolojisinde bilgisayarlı analizlerinin çok kolay yapılabilirdir. Her iki sistemin de ilerleyen dönemler için tekrar tekrar uygulanabilecek olması iki yöntemde kullanılabilir kılacaktır. Yapay sinir ağının ilerleyen dönemlerde hata oranları da girilerek, her geçen yıl sistem geliştirilebilmekte olup, doğrusal olmayan giriş verilerini de talep tahminine katabilmektedir. Burada şu da bilinmelidir ki yapay sinir ağında bulunan ara katman sayısı, sinir hücresi sayısı (bias) eğitim transfer fonksiyonları da tahmin hatalarını etkilemektedir. Sistemin bilinen sağlam veriler ışığında yıllar doğrultusunda izlenerek tam bir yapay sinir ağı uygulaması oluşturularak, %10 hata oranı altında uzun yıllar tahmin yapabilecek bir sistem oluşturulabileceği düşünülmektedir.

Çalışmanın sonunda kabul etmiş ve eğitmiş olduğumuz bu iki sistemin (regresyon analizi ve YSA) ilerleyen dönemler için uygulaması yapılarak önümüzdeki yılların verileri ilerleyen aşamada tahmin edilecek ve minimum ve maksimum talep tahminleri olarak yıllar bazında rapaorlanacaktır. Ancak şunu tekrarlamakta fayda vardır ki elektrik

enerjisi talep tahminleri, başka tahminler kullanılarak yapıldığından diğer tahminlerin hatalarının, talep tahmin hatalarımızı etkileyeceği unutulmamalıdır.

8.4. REGRESYON ANALİZİ KULLANILARAK 2009-2012 YILLARI ARASI DÖRT YILLIK ELEKTRİK ENERJİSİ TALEP TAHMİNİN YAPILMASI

Daha önceki bölümlerde bahsedilen ve güvenilirliği gösterilen, yöntem ile bilgisayar destekli regresyon analizi yapıldığında Türkiye'nin yıllık brüt elektrik enerjisi tüketim tahminleri aşağıdaki gibi olacaktır. Bu sistemde 2005, 2006, 2007 ve 2008 verileri de kullanılacak ve günümüz devlet planlama teşkilatı tarafından açıklanmış 4 yıllık ekonomik program da bahsedilen değerler baz alınacaktır. Ayrıca yine devlet planlama teşkilatı özel ihtisas komisyonlarının dokuzuncu kalkınma planları doğrultusunda hazırlanan sektörel projeksiyonlardaki veriler kullanılacaktır. Bu doğrultuda tahminlerde kullanılacak açıklanmış hedef veriler aşağıdaki gibidir;

Tablo 8.5 : Devlet planlama teşkilatınca açıklanmış nüfus ve ekonomik hedefler

	Nüfus	Kişi Baş. GSYH	GSMH	Büyüme Hızı
YILLAR	G	H	I	J
2009	71,89	8456	608,0000	-6,00
2010	72,69	8821	641,0000	3,50
2011	73,49	9096	669,0000	4,00
2012	74,27	9732	723,0000	5,00

Tablo 8.6 : Devlet planlama teşkilatınca açıklanmış döviz kuru, petrol fiyatı ve endeks tahminleri

	Döviz Kuru	San. Ürt. Endk.	İmalat Ürt. Endk.	Petrol Varil
YILLAR	E	K	L	P
2009	1557565,79	137,71	134,9558	62,1
2010	1605304,21	142,52	139,6696	75,2
2011	1671150,97	148,23	145,2654	78,0
2012	1697095,44	155,64	152,5272	80,9

Yukarıda verilen veriler regresyon analizi için sisteme uygulanırsa, geleceğe dönük aşağıdaki sonuçlar elde edilir;

Tablo 8.7 : 4 yıllık hedefler doğrultusunda regresyon analizi ile elde edilen elektrik enerji tüketimi tahmin değerleri

Yıllar	Regresyon Analizi İle Çıkarılan Tahmini Yıllık Türkiye Brüt Elektrik Tüketimi (GWh)
2009	203.787,71
2010	209.153,19
2011	218.238,84
2012	229.962,19

8.5. YAPAY SİNİR AĞI KULLANILARAK 2009-2012 YILLARI ARASI DÖRT YILLIK ELEKTRİK ENERJİSİ TALEP TAHMİNİN YAPILMASI

Daha önceki bölümlerde bahsedilen ve güvenilirliği gösterilen, yöntem ile bilgisayar destekli yapay sinir ağı oluşturulduğunda Türkiye'nin yıllık brüt elektrik enerjisi tüketim tahminleri aşağıdaki gibi olacaktır. Bu sistemde 2005, 2006, 2007 ve 2008 verileri de kullanılacak ve günümüz devlet planlama teşkilatı tarafından açıklanmış 4 yıllık ekonomik program da bahsedilen değerler baz alınacaktır. Ayrıca yine devlet planlama teşkilatı özel ihtisas komisyonlarının dokuzuncu kalkınma planları doğrultusunda hazırlanan sektörel projeksiyonlardaki veriler kullanılacaktır. Bu doğrultuda tahminlerde kullanılacak açıklanmış hedef veriler bölüm 8.4 deki verilerin aynısı olacak olup. Yapay sinir ağı ile yapılan tahminler aşağıdaki gibidir;

Tablo 8.8 : 4 yıllık hedefler doğrultusunda yapay sinir ağı ile elde edilen elektrik enerji tüketimi tahmin değerleri

Yıllar	Yapay Sinir Ağı İle Çıkarılan Tahmini Yıllık Türkiye Brüt Elektrik Tüketimi (GWh)
2009	180.912,53
2010	185.583,63
2011	190.618,63
2012	196.113,35

8.6. ELDE EDİLEN SONUÇLARIN RESMİ PROJEKSİYON İLE KARŞILAŞTIRILMASI

4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu ve Şebeke Yönetmeliği çerçevesinde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından hazırlanan talep tahminleri esas alınarak piyasa katılımcılarına yol göstermek amacıyla; 10 yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonunu hazırlamak ve Kurul onayına sunmak üzere Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi'ne (TEİAŞ) verilmiş olan görev kapsamında hazırlanan raporda, talep tahminleri dağıtım şirketleri tarafından henüz tamamlanamadığından Şebeke Yönetmeliğinin geçici maddesine göre Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) tarafından ekonomik krizin etkileri dikkate alınarak revize edilmiş olan Yüksek Talep ve Düşük Talep serileri kullanılarak rapor hazırlanmıştır. Üretim Kapasite Projeksiyonunun çalışma periyodu 10 yıllık olup 2009 – 2018 yıllarını kapsamaktadır.

Bu çalışmada talep tahminleri Türkiye elektrik sistemi için geçerli olup, brüt taleptir. İletim ve dağıtım hatlarındaki kayıplar ve kaçak ile santrallerin iç ihtiyaçları dahildir. Ayrıca dağıtım sistemine bağlı ve Yük Tevzi Merkezinden talimat almayan üretim tesislerinin de üretimleri bu çalışmaya dahil edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçları tablo 8.9 da sunulmuştur.

Tablo 8.9 : Türkiye Elektrik İletim A.Ş. tarafından hazırlanmış talep tahminleri [20]

Yıllar	Talep Tahmini (GWh)	
	Yüksek	Düşük
2009	194000	194000
2010	202730	202730
2011	215907	213880
2012	232101	228210
2013	249508	243500
2014	268221	259815
2015	288338	277222
2016	309675	295519
2017	332591	315023
2018	357202	335815

Buna göre yapay sinir ağıları ve regresyon analizi ile yapılan her iki sonuçta TEİAŞ'a ait talep tahminleri ile karşılaştırılırsa değerlerin birbirinden çok farklı olduğu ancak TEİAŞ'a ait tahmin değerlerinin her ikisinin birden, tez çalışma sonuçlarının en düşük(YSA) ve en yüksek(Regresyon) değerleri arasında olduğu görülmektedir.

Tablo 8.10 :Tez çalışma sonuçlarının TEİAŞ verileri ile karşılaştırılması

Yıllar	TALEP TAHMİNLERİ(GWh)			
	TEİAŞ Talep Tahmini		Tez Çalışması Talep Tahmini	
	Yüksek	Düşük	Regresyon	YSA
2009	194.000	194.000	203.788	180.913
2010	202.730	202.730	209.153	185.584
2011	215.907	213.880	218.239	190.619
2012	232.101	228.210	229.962	196.113

KAYNAKLAR

1. Çilliyüz Y., Aras F., İnal M., Karaçor M., 2006, Yapay Sinir Ağları İle İklim Koşulları Etkili Bölgesel Yük Kestirimi.
2. Öztürk, S., 1989, *Elektrik Üretim Sistemlerinin Optimal Planlanmasında Yeni Bir Modelleme ve Çözüm*, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 28–30.
3. Nalbant, A., Aslan, Y., Yasar, C., 2005, Kütahya ili Elektrik Puant Yük Tahmini, *11. Elektrik Elektronik Bilgisayar Mühendisliği Ulusal Kongresi*, 211–214, İstanbul, 22-25 Eylül.
4. Willis, H. L., 1996, *Spatial Electric Load Forecasting*, Marcel Dekker Inc., New York, 0-8247-0840-7.
5. Yalçınöz T., Herdem S., Eminoğlu U., 2003, Yapay Sinir Ağları İle Niğde Bölgesinin Elektrik Yük Tahmini.
6. Eşiyok E., Hocaoglu A. T., Dumanlı M., 1995, Güç Sistemlerinde Yapay Sinir Ağları ile Yük Tahmin Analizi, *Elektrik Mühendisliği 6. Ulusal Kongresi*, pp. 69-72.
7. Hengirmen M.O., Kabak S., 1999, Gaziantep ve Yöresinde 5 Yıllık Elektrik Enerjisi İhtiyaç Tahminleri, *Elektrik Elektronik Bilgisayar Müh. 8. Ulusal Kongresi*, pp. 333-335.
8. Sadownik R., Barbosa E. P., 1999, ‘Short-term Forecasting of Industrial Electricity Consumption in Brazil’, *Journal of Forecasting*, Vol. 18, pp. 215-224.
9. Hamzaçebi C., Kutay F., 2004, Yapay Sinir Ağları İle Türkiye Elektrik Enerjisi Tüketiminin 2010 yılına Kadar Tahmini, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 19, No 3*, 227-233.
10. Keleş M.S., 2005, *Elektrik Enerjisi Talep Tahminleri ve Türkiye Ekonomisine Olan Etkileri*, Hazine Uzmanlık Tezi, Hazine Müsteşarlığı, Ankara
11. *Elektrik Enerjisi Talep Tahminleri Hakkında Yönetmelik*, 2006, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK), 26129 Sayılı Resmi Gazete
12. AKSEL F., 2000, *Regresyon Analizi Ve Yapay Sinir Ağları Yöntemi İle Uzun Dönem Yük Tahmini*, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

13. KENÇ N.,1998, *Yük Tahmini ve Beyoğlu Bölgesine Uygulanması*, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul
14. PALA İ., 1998, *Elektrik Sistemlerinde Bölgesel Yük Tahmini*, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul
15. KILIÇBAY A., 1965, *Ekonometri* , İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Yayını No:160, İstanbul
16. YURTOĞLU H., 2005, *Yapay Sinir Ağları Metodolojisi İle Öngörü Modellemesi: Bazı Makroekonomik Değişkenler İçin Türkiye Örneği*, Uzmanlık Tezi, Ekonomik Modeller Ve Stratejik Araştırmalar Genel Müdürlüğü,Ankara
17. COŞAN E., 2006, *Yapay Sinir Ağları İle Türkiye'nin Elektrik Enerjisi İhtiyacının 2020 Yılına Kadar Tahmini*, Lisans Bitirme Tezi, Elektrik Elektronik Fakültesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul
18. ELMAS Ç., 2007, *Yapay Zeka Uygulamaları*,Seçkin Yayıncılık, Ankara, 978-975-02-0614-6
19. *Türkiye Uzun Dönem Elektrik Enerjisi Talep Çalışması Raporu* ,2004, Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, Ankara
20. *Türkiye Elektrik Enerjisi 10 Yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonu*, 2009, APK Dairesi Başkanlığı, Türkiye Elektrik İletim A.Ş., Ankara

ÖZGEÇMİŞ

Mete PINARBAŞI 1983 Yılında Kayseri 'de doğdu. Lise öğrenimini Aydın ili Adnan Menderes Anadolu Lisesi 'nde tamamlayarak, 2000 yılında İstanbul Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliğine başladı. Lisans öğrenimi sırasında Elektrik-Enerji ve Elektronik-Haberleşme opsiyonlarının her ikisinin de tamamının derslerini alarak iki uzmanlık alanı hakkında yetki ve bilgi sahibi olmuştur. 2004 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Sistem Dinamiği ve Kontrol bölümüne yüksek lisans amacıyla kabul edildi. İki yıl süre ile dersleri aldıktan sonra, tez aşamasında kendi isteği ile enstitüden ayrıldı. 2006 yılında İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalına yüksek lisans öğrencisi olarak kabul edildi. 2004-2008 yılları arasında Anadolu Üniversitesi İşletme Fakültesi eğitimine devam ederek 2008 yılında 2. Üniversite olarak İşletme Lisans diplomasına sahip oldu. 2004 yılında meslek mülakatında birinci olarak, çalışmaya başladığı Boğaziçi Elektrik Dağıtım A.Ş. (BEDAŞ)'de Bakırköy, Güngören ve Beyoğlu bölgelerinde Elektrik Kaçak Takip Şefliği, Proje Tasdik ve Muayene Baş Mühendisliği, Tesis Baş Mühendisliği ve İşletme Baş Mühendisliği görevlerinde bulundu. 2008 yılından bu güne halen BEDAŞ Beyoğlu İşletme Baş Mühendisliği görevini yürütmektedir. Kendisi iyi derecede ingilizce ve orta derecede almanca bilmektedir.