

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YÜK TAHMİNİ YÖNTEMLERİ VE ÇUKUROVA
ELEKTRİK AŞ., KEPEZ ELEKTRİK T.A.Ş.
BÖLGELERİNE UYGULANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Ekrem GÜRSOY
504981020

100948

TEZ YÜKSEK LİSANS
BÖLGE ELEKTRİK T.A.Ş.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 12 Eylül 2000

Tezin Savunulduğu Tarih : 6 Ekim 2000

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Adnan KAYPMAN
Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr. Hüseyin ÇAKIR (Y.T.Ü.)
Doç. Dr. Serhat ŞEKER

Adnan Kaypmaz
Hüseyin Çakır
Serhat Şeker

EKİM 2000

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezimin hazırlanmasında yardımlarını esirgemeyen başta değerli hocam Sayın Prof. Dr. Adnan Kaypmaz'a; Doç. Dr. Aydoğan Özdemir'e, Öğr. Gör. İsa İlisu'ya; İ.T.Ü.-TÜBİTAK MAM. işbirliği çerçevesinde yapılan projede verilere ulaşmamda yardımcı olan TÜBİTAK yetkililerine; bölgelere ait verileri sağlayan ÇUKUROVA ELEKTRİK AŞ. ve KEPEZ ELEKTRİK T.A.Ş. yetkililerine; sevgi ve desteklerini her zaman yanımda hissettiğim sevgili aileme ve tüm arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Ekim 2000

Müh. Ekrem GÜRSOY

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
SEMBOL LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
SUMMARY	xiv
1. GİRİŞ	1
2. YÜK TAHMİNİ	3
2.1 Yükleminin Zamana Göre Sınıflandırılması	6
2.2 Yüklemin Sınıflandırılması ve Karakteristikleri	7
3. YÜK TAHMİNİ YÖNTEMLERİ	10
3.1 İstatistiksel Metotlar	10
3.1.1 Regresyon Analizi	10
3.1.1.1 Basit Regresyon	11
3.1.1.2 Doğrusal Çoklu Regresyon	13
3.1.1.3 Eğrisel Regresyon	13
3.1.1.4 Üstel Düzeltme	15
3.1.2 Box Jenkins Modelleri ve Türevleri	16
3.1.2.1 Otoregresif Model, AR(p)	18
3.1.2.2 Hareketli Ortalamalar Modeli, MA(q)	18
3.1.2.3 Karışık Otoregresif-Hareketli Ortalamalar Modeli, ARMA(p,q)	19
3.1.3 İstatistiksel Metotlarda Uyumun Ölçüsü	20
3.1.3.1 Standart Hata	20
3.1.3.2 Standart Sapma	20
3.1.3.3 R-Kare Parametresi	20
3.2 Yapay Sinir Ağları (YSA)	21
3.2.1 Yapay Sinir Ağlarının Temel Yapısı	22
3.2.2 Perceptron	22

3.2.3	Çok Tabakalı İleri Beslemeli Ağlar	24
3.2.4	Geriye Yayınım Metodu	26
3.2.5	Yapay Sinir Ağları İle İlgili Genel Özellikler	32
3.2.5.1	Eğitme (Training)	32
3.2.5.2	Geçerliliğin Sınanması (Testing)	33
3.2.5.3	Genelleme Yeteneği	35
3.2.5.4	Yapay Sinir Ağı Mimarisi	35
3.2.5.5	Zaman Serisi Analizi	37
3.3	Bulanık Mantık	38
4.	ÇUKUROVA ELEKTRİK A.Ş. BÖLGESİ ENERJİ VE PUANT GÜÇ	
	TAHMİNLERİ	41
4.1	Parametre Tahminleri	42
4.1.1	Nüfus	44
4.1.2	SFGSYİH	46
4.1.3	KBGSYİH	47
4.1.4	Sanayi Endeksi	50
4.1.5	TEDAŞ	53
4.2	ÇEAŞ Bölgesi Yük (Enerji) Tahminleri	54
4.2.1	Endüstriyel Yük Tahmini	56
4.2.2	Elektrik İşletmeleri Yük Tahmini	61
4.2.3	Resmi Daireler Yük Tahmini	64
4.2.4	Köy Yükleri Tahmini	67
4.2.5	Tarım Yük Tahmini	68
4.2.6	Diğer Yükler Tahmini	72
4.2.7	ÇEAŞ Bölgesi Toplam Yüğü	74
4.3	Puant Güç Tahminleri	75
4.3.1	Sistem Puantı Tahmini	76
4.3.2	Trafo Merkezlerinin Puant Güce Katkı Tahminleri	76
5.	KEPEZ ELEKTRİK T.A.Ş. BÖLGESİ ENERJİ VE PUANT GÜÇ	
	TAHMİNLERİ	79
5.1	Parametre Tahminleri	79
5.1.1	Nüfus	80
5.1.2	SFGSYİH	82
5.1.3	KBGSYİH	83
5.1.4	Sanayi Endeksi	85
5.1.5	TEDAŞ	85

5.1.6	TURİZM	87
5.2	KEPEZ ELEKTRİK T.A.Ş. Yük (Enerji) Tahminleri	89
5.2.1	Endüstriyel Yük Tahmini	92
5.2.2	Resmi Daireler Yük Tahmini	95
5.2.3	Tarım Yük Tahmini	96
5.2.4	Turizm Yük Tahmini	100
5.2.5	Diğer Yükler Tahmini	102
5.2.6	Köy Yük Tahmini	103
5.2.7	TEDAŞ'a Enerji Satış Tahminleri	107
5.2.8	TEAŞ'a Enerji Satış Tahminleri	109
5.2.9	KEPEZ ELEKTRİK T.A.Ş. Bölgesi Toplam Yüğü	112
5.3	Puant Güç Tahmini	113
5.3.1	Sistem Puantı Tahmini	113
5.3.2	Aylık Sistem Puantı Tahminleri	114
5.3.3	Trafo Merkezleri Puant Güç Tahminleri	115
6.	SONUÇLAR ve TARTIŞMA	117
	KAYNAKLAR	120
	EKLER	124
	ÖZGEÇMİŞ	144

KISALTMALAR

AR	: Otoregresif Model
MA	: Hareketli Ortalama Modeli
ARMA	: Karışık Otoregresif Hareketli Ortalama Modeli
ARIMA	: Birleştirilmiş Otoregresif Hareketli Ortalama Modeli
YSA	: Yapay Sinir Ağları
GY	: Geriye Yayınım Metodu
ÇEAŞ	: Çukurova Elektrik Anonim Şirketi
DİE	: Devlet İstatistik Enstitüsü
KBGSYİH	: Kişibaşına Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
SFGSYİH	: Sabit Fiyatlarla Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
SE	: Sanayi Endeksi
TEDAŞ	: Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
TEAŞ	: Türkiye Elektrik Anonim Şirketi

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 4.1. ÇEAŞ Bölgesine ait mevcut bağımsız parametre değerleri	43
Tablo 4.2. 1998-2020 yılları Adana, İçel, Hatay ve Bölge nüfusu tahminleri	45
Tablo 4.3. 1998-2020 yılları Adana, İçel, Hatay illerinin ve Bölgenin SFGSYİH tahminleri	48
Tablo 4.4. 1998-2020 yılları Adana, İçel, Hatay illerinin ve Bölgenin KBGSYİH tahminleri	51
Tablo 4.5. 1998-2020 yılları Sanayi Endeksi tahmin değerleri	52
Tablo 4.6. 1999-2001 ve 2002-2020 yılları TEDAŞ Satışları tahminleri	55
Tablo 4.7. ÇEAŞ Bölgesi sektörel yüklere ait mevcut enerji tüketim değerleri	56
Tablo 4.8. Normalize edilmiş parametre değerleri	58
Tablo 4.9. Normalize edilmiş enerji ve puant güç değerleri	58
Tablo 4.10. 1999-2020 yılları Endüstriyel yük tahmini	59
Tablo 4.11. 1999-2020 yılları Elektrik İşletmeleri yük tahmini	62
Tablo 4.12. 1999-2020 yılları Resmi Daireler yük tahmini	66
Tablo 4.13. 1999-2020 yılları Köy yükleri tahmini	69
Tablo 4.14. 1999-2020 yılları Tarım yükleri tahmini	70
Tablo 4.15. 1999-2020 yılları Diğer yükler tahmini	73
Tablo 5.1. KEPEZ Bölgesine ait mevcut bağımsız parametre değerleri	80
Tablo 5.2. 1998-2020 yılları Antalya ili nüfus tahminleri	81
Tablo 5.3. 1999-2020 yılları Antalya ili SFGSYİH tahmin değerleri	82
Tablo 5.4. 1999-2020 yılları Antalya ili KBGSYİH tahmin değerleri	84
Tablo 5.5. 1999-2001 ve 2002-2020 yılları TEDAŞ Satışları tahminleri	86
Tablo 5.6. 1999-2020 yılları Tesis Sayısı ve Yatak Kapasitesi tahmin değerleri	88
Tablo 5.7. KEPEZ Bölgesi'ne ait mevcut sektörel enerji tüketim verileri	90
Tablo 5.8. Normalize edilmiş sektörel enerji tüketim değerleri	90
Tablo 5.9. Normalize edilmiş parametre değerleri	91
Tablo 5.10. 2000-2020 yılları Endüstriyel yük tahmini	94
Tablo 5.11. 2000-2020 yılları Resmi Daireler yük tahmini	97
Tablo 5.12. 2000-2020 yılları Tarım yük tahmini	98
Tablo 5.13. 2000-2020 yılları Turizm yük tahmini	101
Tablo 5.14. 2000-2020 yılları Diğer yük grubu tahmini	104
Tablo 5.15. 2000-2020 yılları Köy yükleri tahmini	106
Tablo 5.16. 2000-2020 yılları TEDAŞ'a enerji satış tahmini	108
Tablo 5.17. 2000-2020 yılları TEAŞ'a enerji satış tahmini	111
Tablo 6.1. ÇEAŞ ve KEPEZ ELEKTRİK T.A.Ş. Bölgeleri enerji ve puant güç tahminleri	117
Tablo A.1. 1999-2020 yılları ÇEAŞ Bölgesi toplam enerji tahminleri	125

Tablo A.2	ÇEAŞ Trafo merkezleri; trafo merkezlerinin puant güce katkı ve toplam sistem puantı tahminleri	127
Tablo A.3	2000-2020 yılları KEPEZ AŞ. Bölgesi toplam enerji tahminleri	133
Tablo A.4	2000-2020 yılları KEPEZ AŞ. sistem puant gücü tahmini	136
Tablo A.5	KEPEZ AŞ. normalize edilmiş puant güç değerleri	137
Tablo A.6	KEPEZ AŞ. Trafo merkezlerinin puant güce katkı tahminleri	139



ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1 : Yapay sinir ağının genel yapısı	22
Şekil 3.2 : Perceptron	23
Şekil 3.3 : Çok katmanlı ileri beslemeli ağ yapısı	25
Şekil 3.4 : Doğrusal ve Rampa aktivasyon fonksiyonları	25
Şekil 3.5 : Eşik ve sigmoid aktivasyon fonksiyonları	26
Şekil 3.6 : Bir saklı katmanlı ileri beslemeli ağ yapısı	27
Şekil 3.7 : (a) Veri setine iyi uyum (b) Veri setine aşırı uyum	33
Şekil 3.8 : İterasyon sayısı ile eğitim ve sınama kümeleri hatalarının ilişkisi	34
Şekil 3.9 : Hata yüzeyi kesiti	35
Şekil 4.1 : 2020 yılına kadar Adana, İçel, Hatay ve Bölge nüfusu tahminleri	44
Şekil 4.2 : 2020 yılına kadar Adana, İçel, Hatay ve Bölge SFGSYİH tahmin değerleri	47
Şekil 4.3 : 2020 yılına kadar Adana, İçel, Hatay ve Bölge KBGSYİH tahmin değerleri	50
Şekil 4.4 : Sanayi Endeksinin 2020 yılına kadar tahmin değerleri	53
Şekil 4.5 : TEDAŞ satışlarının 2020 yılına kadar tahmin değerleri	54
Şekil 4.6 : Endüstriyel yük için 2020 yılına kadar tahmin değerleri	61
Şekil 4.7 : Elektrik İşletmeleri yükü için 2020 yılına kadar tahmin değerleri	63
Şekil 4.8 : Resmi Daireler yükü için 2020 yılına kadar tahmin değerleri	65
Şekil 4.9 : Köy yükleri için 2020 yılına kadar tahmin değerleri	68
Şekil 4.10 : Tarım yükleri için 2020 yılına kadar tahmin değerleri	71
Şekil 4.11 : Diğer yükler için 2020 yılına kadar tahmin değerleri	74
Şekil 5.1 : 1998-2020 yılları Antalya ili nüfus tahminleri	81
Şekil 5.2 : 1999-2020 yılı Antalya ili SFGSYİH tahminleri	83
Şekil 5.3 : 1999-2020 yılı Antalya ili KBGSYİH tahminleri	83
Şekil 5.4 : 1999-2020 yılları TEDAŞ satışları tahmin değerleri	85
Şekil 5.5 : 1999-2020 yılları Tesis Sayısı tahmin değerleri	87
Şekil 5.6 : 1999-2020 yılları Yatak Kapasitesi tahmin değerleri	88
Şekil 5.7 : Endüstriyel yük için 2020 yılına kadar tahmin değerleri	93
Şekil 5.8 : Resmi daireler yükünün 2020 yılına kadar tahmin değerleri	96
Şekil 5.9 : Tarım yükünün 2020 yılına kadar tahmin değerleri	99
Şekil 5.10 : Turizm yükünün 2020 yılına kadar tahmin değerleri	102
Şekil 5.11 : Diğer yük grubunun 2020 yılına kadar tahmin değerleri	103
Şekil 5.12 : Köy yük grubunun 2020 yılına kadar tahmin değerleri	105
Şekil 5.13 : TEDAŞ'a enerji satışların 2020 yılına kadar tahmin değerleri	109
Şekil 5.14 : TEAŞ'a enerji satışların 2020 yılına kadar tahmin değerleri	110
Şekil 5.15 : Yıllık ve ortalama yük eğrileri	115

Şekil A.1	1999-2020 yılları ÇEAŞ Bölgesi toplam enerji tahminleri	124
Şekil A.2	ÇEAŞ Bölgesi sistem puant gücü tahmini	132
Şekil A.3	2000-2020 yılları KEPEZ AŞ. Bölgesi toplam enerji tahmini	135
Şekil A.4	KEPEZ AŞ. sistem puant ve minimum güç tahminleri	138



SEMBOL LİSTESİ

Y	: Bağımlı değişken
X_i	: Bağımsız değişken
F_t	: Düzeltilmiş seri değeri
ϕ_i	: AR model parametreleri
θ_i	: MA model parametreleri
B	: Geri kaydırma işlemci
a	: Hata değişkeni
S_{yx}	: Standart hata
$\hat{Y}$	: Regresyon denklemi ile hesaplanan değerler
$\bar{Y}$	: Y_i 'lerin ortalaması
σ	: Standart sapma
σ^2	: Standart hata
R^2	: Belirlilik katsayısı
x_i	: YSA giriş değerleri
d_i	: YSA gerçek çıkış değerleri
w_k	: ağırlık değerleri
f_I	: Transfer fonksiyonu
y_i	: YSA çıkış değerleri
E_p	: Hata fonksiyonu
ρ	: Öğrenme parametresi
Δw	: Ağırlıkların E_p 'ye göre gradyenti
α	: Momentum parametresi

YÜK TAHMİNİ YÖNTEMLERİ VE ÇUKUROVA ELEKTRİK AŞ., KEPEZ ELEKTRİK T.A.Ş. BÖLGELERİNE UYGULANMASI

ÖZET

Elektrik enerji sistemlerinde, tüketicilerin talep ettikleri elektrik enerjisinin ekonomik, güvenilir, yeterli, kaliteli ve sürekli olarak sağlanmasının sosyal ve ekonomik yaşam üzerine büyük etkisi nedeniyle, elektrik enerji sistem planlaması çok dikkatli bir şekilde yapılmalıdır. Elektrik enerji sistem planlaması yük tahmini ile başlar. Yük tahmini sistem planlaması ve işletilmesinde büyük öneme sahiptir.

Yük tahmini elektrik üretim, iletim ve dağıtım sistemlerinin kurulmasında ve genişletilmesinin belirlenmesinde kullanılır. Yeni enerji sistemi kurulması ve genişletilmesi uzun zaman aldığından ve büyük yatırımlar gerektirdiğinden, 2 yıldan 10 yıla kadar kararların alınması gerekir. Ayrıca planlama işletme ve üretim maliyetlerinin ekonomik analizini de gerektirdiğinden güç sistemi planlaması gelecekteki 15 ile 30 yıllık bir süreyi kapsayabilir.

İleriye yönelik yapılan tahminlerin gerçek değerlerin altında kalması enerji sisteminin aşırı yüklenmesine ve düşük enerji kalitesine neden olur. Tahminlerin yüksek olması maliyetlerin artmasına ve sistemin düşük kapasite ile çalışmasına sebep olmaktadır. Bunun için yeni veriler elde edildikçe tahminler de yenilenmelidir.

Yük tahmini kısa, orta ve uzun dönem tahminleri olmak üzere üç gruba ayrılabilir.

Kısa dönem yük tahmini güç üretim ve enerji yönetim sistemlerinin gerçek zamanlı kontrolü için en önemli prosedürlerden biridir. Enerji santralının ve grupların çalışmasının planlanması, hidro-termal koordinasyonu ve üretimin minimum maliyetle yapılması için kullanılır. Özellikle hava koşulları ve gün tipleri kısa dönem yük tahminlerini etkiler.

Orta dönem yük tahminleri 1 ile 8 yıllık bir süreyi ve uzun dönem tahminleri 8-30 yıllık bir süreyi kapsar. Sistem kapasitesinin belirlenmesi ve planlamasının yapılması

için kullanılır. Orta ve uzun dönem yük tahminlerini ekonomik ve sosyal faktörler etkiler.

Yük tahmini yapılırken yükler genel olarak 5 alt gruba ayrılabilir: konutlar, ticari, endüstri, resmi daireler ve diğer yükler.

Yük tahmini metodu ve serbest değişkenler tahminin doğruluğunu etkiler. Eldeki veriler ve yükün özelliği tahmin metodunu ve değişkenleri belirler.

Yük tahminini etkileyen birçok faktör vardır. Bunlardan bazıları nüfus, ekonomik veriler, sezonluk değişimler (sıcaklık, nem,...), endüstriyel ve şehir planları, sosyal ve teknolojik faktörler.

Literatürde bulunan tahmin metotlarını genel olarak üç grupta toplayabiliriz: İstatistiksel yöntemler, yapay sinir ağları, bulanık mantık. Bunların yanında uzman sistemler, son kullanım metodu, yüzeysel yük tahmini, uzman sistemler gibi yük tahmini yöntemleri de vardır.

Bu çalışmada ÇEAŞ ve KEPEZ ELEKTRİK T.A.Ş. Bölgelerinin 2020 yılına kadar enerji ve puant güç tahminleri istatistiksel metotlar ve yapay sinir ağları kullanılarak yapılmıştır. Bölgeler için elde edilen sonuçlar:

Tablo 1.ÇEAŞ ve KEPEZ ELEKTRİK T.A.Ş. görev bölgeleri enerji ve puant güç tahminleri

YIL		2000	2001	2002	2005	2010	2015	2020
ÇEAŞ BÖLGESİ (GWh)	Regresyon Top.	8578,4	9294,1	10043,1	12659,0	18373,3	26342,2	37550,9
	Zaman Serisi	8396,9	9116,7	9891,7	12576,7	18448,7	26490,6	37332,6
	YSA (regresyon topl.)	8507,2	9209,2	9955,1	12624,5	18760,0	27347,1	37698,3
	YSA (zaman serisi topl.)	8153,9	8682,9	9230,7	10984,4	14259,2	17917,3	21876,3
	YSA (zaman serisi)	8204,7	8756,1	9329,7	11182,9	14709,4	18728,7	23111,5
	PUANT GÜÇ (MW)	1425	1542	1663	2088	3014	4302	6109
KEPEZ ELEK. T.A.Ş BÖLGESİ (GWh)	Regresyon Top.	2238,9	2579,1	2901,2	4006,5	6294,1	9140,9	12544,7
	Zaman Serisi	2221,4	2493,3	2781,0	3738,9	5652,2	7961,1	10665,7
	YSA (regresyon topl.)	2116,3	2406,3	2725,5	3903,2	6715,8	10483,9	14197,3
	YSA (zaman serisi topl.)	2214,4	2483,7	2769,6	3722,7	5573,8	7603,7	9629,5
	YSA (zaman serisi)	2211,4	2480,5	2766,8	3729,0	5641,8	7796,3	9943,8
	PUANT GÜÇ (MW)	448	513	574	785	1220	1762	2411

LOAD FORECASTING METHODS AND APPLICATION OF ÇUKUROVA ELEKTRİK AS., KEPEZ ELEKTRİK T.A.S. REGIONS

SUMMARY

Electric energy used by consumers in electric energy systems, has to be supplied in economic, reliable, sufficient, quality manner, as it has an important effect in social and economic life, electric energy system planning must be done carefully.

Electric energy system planning begins with load forecasting. Load forecasting has a great importance in system planning and management. Load forecasting is used to define electric production, transmission and distribution system establishing and expansion. Since new energy system establishing and expansion takes so much time and require big financial investment, 2 to 10 years decisions have to be made. Also, because of forecasts require production and management analyses, power system planning covers 15 to 30 years in the future.

Under estimation of loads in the future cause overloading of energy systems and low energy quality; over estimation of loads cause system to work with low capacity factor and increase the costs. In order to provide a good forecast, load forecasts can be renewed when new data are obtained.

Load forecast can be classified into short time, medium time and long time predictions. Short time load forecasting covers one hour to a month ahead forecasts. Short time load forecasting is one of the most important procedure in the real time control of power generation and energy management systems. It is used for establishing power station operation planing, unit commitment, hydro-thermal coordination. Especially wheather conditions and day type affect the short time load forecasting.

The medium time covers 1 to 8 years and long term load forecasts covers 8 to 30 years ahead predictions. They are used to predict capacity and planning of the system. Mid-long term forecast refer to industry, aggriculture, peoples daily life, social development and other factors.

Loads used in the forecasting can be classified into 5 groups: houses, commercial, industrial, public places and other loads.

Load forecasting method and free parameters affect the correctness of forecast. Historical data and the type of load specify the forecasting method and the parameters.

There are so many factors that influence load forecasts. Some of them are: population, economic data, seasonal factors (heat, humidity,...), historical data, industrial and city plans, social factors, technology,...

In literature there are so many forecasting methods. Generally there are 3 groups of method: Statistical Methods, Neural Networks, Fuzzy Logic. Regression analyses, exponential smoothing, Box-Jenkins Models are some statistical methods. There are some other methods that are rarely found in literature: end-use methods, spatial load forecasting, expert systems.

This study forecasts the the power consumption and peak power demand of ÇEAŞ and KEPEZ ELEKTRİK T.A.Ş. regions, using statistical and neural networks through the years, 1999 and 2020. Forecasting results for the regions are:

Table 1. ÇEAŞ and KEPEZ ELEKTRİK T.A.Ş. regions load and peak power forecasts.

YIL		2000	2001	2002	2005	2010	2015	2020
ÇEAŞ REGION (GWh)	Regression sum	8578,4	9294,1	10043,1	12659,0	18373,3	26342,2	37550,9
	Time series	8396,9	9116,7	9891,7	12576,7	18448,7	26490,6	37332,6
	ANN (regresion sum)	8507,2	9209,2	9955,1	12624,5	18760,0	27347,1	37698,3
	ANN (time series sum)	8153,9	8682,9	9230,7	10984,4	14259,2	17917,3	21876,3
	ANN (time series)	8204,7	8756,1	9329,7	11182,9	14709,4	18728,7	23111,5
	PEAK POWER (MW)	1425	1542	1663	2088	3014	4302	6109
KEPEZ ELEKTRİK T.A.Ş. REGION (GWh)	Regression sum	2238,9	2579,1	2901,2	4006,5	6294,1	9140,9	12544,7
	Time series	2221,4	2493,3	2781,0	3738,9	5652,2	7961,1	10665,7
	ANN (regresion sum)	2116,3	2406,3	2725,5	3903,2	6715,8	10483,9	14197,3
	ANN (time series sum)	2214,4	2483,7	2769,6	3722,7	5573,8	7603,7	9629,5
	ANN (time series)	2211,4	2480,5	2766,8	3729,0	5641,8	7796,3	9943,8
	PEAK POWER (MW)	448	513	574	785	1220	1762	2411

1. GİRİŞ

Elektrik yük talep tahmini enerji sistemi planlanmasında ve sistemin yönetilmesinde büyük öneme sahiptir. Yük tahmini üretim, iletim ve dağıtım kapasitelerinin artırılması veya azaltılmasının belirlenmesinde kullanılır. Enerji sisteminin büyütülmesi uzun zaman aldığından, yeni sistem için 2-10 yıllık kararların verilmesi gerekir. Bununla birlikte tahminler, işletme ve üretim maliyetlerinin ekonomik analizini de gerektirdiğinden, enerji sisteminin planlaması gelecekteki 15 ile 30 yıllık bir süreyi kapsayabilir. Bu uzun süreli yük tahminleri, ulusal ve bölgesel ekonomik büyüme ile elektrik kullanım alışkanlıkları ve tasarruf gibi faktörlerin etkisi altında bir belirsizlik taşır [1].

Yük talep tahmininin doğruluğu elektrik güç sistemlerinin güvenilirliği ve verimliliği, santral üniteleri arasında optimizasyon, hidro-termal koordinasyonu, yakıt tahsisi gibi enerji sisteminin işletme özelliklerini de etkiler [2]. Yük tahmininin doğruluğu, kullanılan yöntemle yükü etkileyen faktörlere bağlıdır. Yüke ilişkin bilgiler, yükün özelliği, yöntemin ve değişkenlerin belirlenmesinde tahmini yapan kişinin yargısını belirler [3].

Yükü etkileyen faktörler; nüfus artışı, gayri safi milli hasıla, ekonomik veriler, coğrafik faktörler (sıcaklık, nem, yağış,...), endüstriyel ve şehir planları, sosyo-kültürel faktörler, insanların hayat tarzındaki ve kullanım alışkanlıklarındaki değişiklikler, teknolojik gelişmeler olarak sıralanabilir. Yük tahmininde kullanılacak olan değişkenlerin belirlenmesi, öncelikle bu verilerin elde edilip edilememesine, daha sonra tahminin özelliğine, yöntemle ve tüketici grubuna bağlıdır [1,4].

Yük tahmininde yapılacak hatalar, ileride güç sistemi planlamasında problemlere yol açar. Yapılan tahminin gelecekteki değerin altında kalması sistemin aşırı yüklenmesine, enerji kalitesinin düşmesine, tahminin yüksek olması ise maliyetin artmasına, sistemin düşük kapasite ile çalışmasına neden olmaktadır. Sistemin bu şekilde çalışmaması için, eldeki veriler arttıkça, tahminlerin ve buna bağlı olarak planların yenilenmesi gerekir [5].

Ekonomik gelişme sürecinde olan, Türkiye’de görülen genel enerji ve elektrik enerjisi darboğazının çok büyük bir önem taşıdığı bilinmektedir. Ülkelerin ekonomik gelişme düzeyleri ile çok yakından ilgili olması nedeniyle enerji üretimi, iletimi, dağıtımı ve tüketimi ekonomik gelişme gibi günümüzün en önemli ekonomik sorunuyla içice bir nitelik taşımaktadır [6].

Dünya ülkelerinin ekonomik gelişmesinin sağlanabilmesi için genel enerji ve elektrik enerjisi arzlarının artması gerektiği savunulmaktadır. Enerji üretiminde gerekli artışlar sağlanamazsa, bunun ekonomik gelişmeyi olumsuz yönde etkilemesi kaçınılmaz olacaktır.

Son yıllarda gelişmiş ve gelişmekte olan birçok ülkede ekonomik gelişme ile enerji kullanımı arasında hesaplanan esneklik katsayıları genellikle 1’e yakın değerler taşımaktadır. Bu ise bir ekonomide %1 gelişme sağlandığında, genel enerji talebinin %1 oranında artacağı anlamına gelmektedir. Öte yandan söz konusu esneklik katsayısı elektrik enerjisi kullanımı ile ekonomik gelişme arasında hesaplanırsa, genellikle birden büyük değerler elde edilmektedir. Bu ise ekonomik gelişmenin elektrik enerjisine genel enerjiye oranla daha fazla bağımlı olduğunu göstermektedir.

Ekonomik gelişme düzeyleri yükseldikçe ülkelerin toplam enerji tüketimleri içinde elektrik enerjisinin payı artmaktadır. Ayrıca birçok ülkede ekonomik gelişmeyi sürükleyen ve oransal olarak en fazla elektrik enerjisi tüketen sektörün sanayi sektörü olması da ekonomik gelişme-elektrik enerjisi ilişkisinin artış nedenidir [6].

2. YÜK TAHMİNİ

Elektrik enerji sistemlerinde bulunan tüketicilerin gereksinim duyacakları elektrik enerjisinin, kaliteli, sürekli, yeterli, güvenilir ve ekonomik bir şekilde sağlanmasının sosyal ve ekonomik yaşam üzerindeki büyük etkileri nedeniyle, tüm ülkelerde ulusal yatırımların büyük bir bölümünün elektrik enerji sektörüne ayrılması gerekmektedir [7].

Ülkeler gelişme seviyelerine göre ihtiyaç duydukları enerjiyi karşılayabilmek için enerji santralleri kurmakta, enerji sistemlerine eklemeler yapmakta ve bu işleri mümkün olduğu kadar bir plan çerçevesinde yürütmeye çalışmaktadır. Gereken planların yapılabilmesi için sürekli olarak enerjiye olan talebin ve bunu karşılayacak olan yatırım planlarının çok dikkatli ve sürekli takip edilmesi zorunludur.

Değişen şartlarda yapılan tahminlerin sık sık yenilenmesi ve yeni şartlara uyumlu yatırımların ortaya konulup tartışılması gerekir.

Talep tahmininde önemli olan sanayi ve toplumun ihtiyaç duyduğu yer ve zamanda, elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamaya yeterli, güvenilir, yedekli ve gereğinden fazla olmayan miktarı saptamaktır [8].

Elektrik enerjisi planlamalarının gerçekleştirilmesinde, her bir santralin, birincil enerji kaynağının sağlanması, yerinin seçilmesi, fizibilite çalışmalarının yapılması, finansman sağlanması, yapımının aksatılmadan yürütülmesi, işletme ekiplerinin hazırlanması ve işletmesinin aksamadan yürütülmesi gerekir [8].

Elektrik enerjisi planlaması, ekonomik ve sosyal hedeflerle uyumlu bir şekilde, yerinde, zamanında, istenen kalite seviyesiyle, güvenilir ve en düşük maliyette ve yeterli olması gereği göz önüne alınarak yapılır.

Elektrik sisteminin planlaması aşağıda sıralandığı gibi dört aşamada olur.

- Elektrik enerjisi talep analizi,
- Üretim sistemi planlaması,
- İletim sistemi planlaması,

- Dağıtım sistemi planlaması

Herhangi bir planlama çalışmasının temel amacı, bugünkü bilinenlerin ve bugün yapılan değerlendirmelerin ışığında, uygun kararların alınarak, hedeflerin ortaya konmasıdır. Yapı olarak sürekli dinamik ve gelişme gösteren bir sektör olması, elektrik enerji sektöründe planlama çalışmalarını güçleştirmekte, zorlaştırmakta ve geciktirmektedir. Koşullar değiştikçe planı etkileyen tüm faktörlerin revizyonu, sürekli yenilenmesi gerekmektedir [9].

Elektrik santralleri, iletim ve dağıtım sistemlerinde yapılan ölçümlerle tespit edilen elektrik enerjisi tüketimi, belirli bir bölgenin elektrik enerjisi ihtiyacı, belirli zamanlardaki santral gücü ve nihayet yükün zamana bağlı olarak değişimi gibi elde olunan bilgiler, mevcut işletmelerin kontrolü ve planlanması için önemlidir.

Uzun dönem yük tahminlerinde belirsizlikler fazla olduğundan kesin ve hassas bir tahmin yapmak mümkün değildir. Ne kadar kapsamlı olursa olsun gelecek tahminlerini tek bir öngörüye bağlamak riskli olmaktadır. Bunun yerine analiz tekniklerine belirsizliğin de etkisini katarak, kesin bir tahmin yapmak yerine, değişikliklere uyabilecek bir sistem planlaması yapılmalıdır. Gelecekteki belirsizlik, tahminlerin belirli şartlar altında yapılarak veya çoklu senaryo yaklaşımı ile planlama çalışmalarına yansıtılır. Çoklu senaryo analizi ile birçok gelecek tahmini ortaya çıkmaktadır. Bu durumda planlama çalışmalarında hangi gelecek tahmini veya tahminlerine göre yapılacağı, hizmet verilen tüketici grubunun özellikleri dikkate alınarak planlamacılar tarafından belirlenir [4].

Gelişme yolundaki bir ülkenin önceden belirlenmiş en önemli hedefi, dengeli ve kalıcı bir ekonomik büyümeyi sağlamaktır. Yapılan çeşitli ampirik çalışmalar, enerji tüketimi ile ekonomik faaliyet arasında yakın bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Ülkelerin milli gelirleri arttıkça, enerji tüketimleri de artmaktadır. Bu bize enerjinin, önemli üretim faktörleri arasında yer aldığını göstermektedir. Genellikle, ekonomik gelişim beraberinde yükselen bir enerji tüketimi getirmektedir. Bugün kişi başına gelir düzeyleri yüksek ülkelerin genellikle kişi başına elektrik tüketimleri de oldukça yüksek olmaktadır.

Talep tahmini altında yapılan tüm çalışmalarda, kısa-orta-uzun dönemde bölgenin ya da ülkenin enerji talebinin hangi değere ulaşacağını gerçeğe yakın olarak kestirilmesi öngörülmektedir. Bu çerçevede geçmişe yönelik çeşitli parametreler kullanılarak bir durum kestirimi yapılmaktadır. Kestirim hatasının büyük olması, planlama ve yatırım hedeflerinin sapmasına yol açacağından optimum bir talep

tahmininden uzaklaşmış olacaktır. Talep tahmininde büyük oranda başarı sağlayabilmek için;

- Bölge koşulları dikkate alınarak uygun modelin seçimi,
- Değişik parametrelerin (giriş büyüklüklerinin) göz önünde bulundurulması,
- Tüm parametre ve büyüklüklerin uygun şekilde birleştirilerek optimum kestirime gidilmesi,

gibi bir dizi koşulun gerçekleştirilmesi gerekmektedir [10].

Enerji talebinin belirlenmesi elektrik enerji sistemlerinin genel analizinde önemli bir yer tutmaktadır. Yükler üreticiler tarafından kontrol edilemediği için, hayati kararların çok kısa süreli veya aylara kadar uzayabilen yük tahminleri doğrultusunda verilebilmesi gerekebilir. Karmaşık algoritmalar genellikle yük şekillerine ve onları etkileyen faktörlere bağlı olarak oluşturulur. Kısa dönem yük tahminlerinde, hava sıcaklığı, rutubet, rüzgar hızı vb.; uzun dönem yük tahminlerinde gayri safi milli hasıla, nüfus vb. bu faktörlerin bazılarıdır. Abonelerin alışkanlıklarında meydana gelebilecek değişiklikleri değerlendirmek için, enerji tahminlerinde uzman sistemlerin kullanılmasına gidilebilir. Böylelikle;

- Mevcut problemi çözebilecek bilgi birikiminin var olması,
- Problemin günümüz teknolojisi düzeyinde çözülebilecek şekilde ortaya konulabilir olması,
- Çözümlemenin kabul edilebilir bir zaman diliminde elde edilebilirliği, göz önünde bulundurularak uygulamaya geçilebilir [10].

Enerji sistemlerinin tahmin çalışmaları yapılırken tahminler, enerji tahminleri ve puant güç tahminleri olmak üzere sınıflandırılabilir. Bu iki büyüklükten ortalama kullanım süresi de belirlenebilir.

Enerji tahmininde sistemden çekilecek olan enerjinin aylık, yıllık tahmini yapılır. Enerji talep tahmini üretim, iletim, dağıtım sistemlerinin optimum bir şekilde planlanması için gereklidir. Talep tahmini tüketici, iç ihtiyaç ve kayıpları kapsar. Enerji tahminlerinde toplam yük, doğrudan doğruya veya belli özellikteki yük gruplarına ayrılarak, bu grupların her biri için ayrı ayrı yapılan tahminlerin birleştirilmesi ile elde edilir. Bu alt tüketici grupları sosyal, ekonomik, coğrafik özelliklere göre belirlenebilir. Bu tüketici sınıflarının özellikleri ve bunları etkileyen parametreler farklı olduğu için, tahminlerin ayrı ayrı yapılması uygun olmaktadır.

Bunun yanında toplam yüke bağlı olarak hesap yapılması kolaydır ve bu yolla alt grupları etkileyebilecek olan diğer parametrelerin etkisi giderilmiş olacaktır.

Elektrik enerji sistemlerinde ikinci çalışma puant güç talebidir. Sistem tüketicinin talep ettiği maksimum gücü güvenilir bir şekilde karşılayabilmelidir. Tüketicilerin günlük, aylık, yıllık yük eğrileri incelendiğinde bu eğrilerin düz olmadığı belli zamanlarda tepe değer yaptığı görülmektedir. Bu gücün çok yüksek, ortalama kullanım süresinin düşük olması sistemin verimsiz kullanıldığını gösterir. Puant güç santral güçlerinin, iletim ve dağıtım sistemlerinin maksimum taşıma kapasitelerinin belirlenmesinde en önemli etkidir.

Elektrik enerjisi ve puant güç talep tahmininde yapılacak olan hatalar bu verilere bağlı olarak yapılan planlama çalışmalarını da etkileyecektir. Yük tahmini hatalarının üç temel nedeni şunlardır:

1. Yükün değişimine etki eden serbest değişkenlerin belirlenmesinde yapılan hatalar,
2. Matematiksel yük modeli ile yapılan genelleme ve model parametrelerinin sınırlı sayıda geçmiş veriden elde edilmesinden kaynaklanan hataların oluşturduğu metotsal hatalar,
3. Giriş değişkenlerindeki hatalar (hatalı alınmış veriler, serbest değişkenlerin tahmininde yapılan hatalar) [11].

2.1 Yük Tahmininin Zamana Göre Sınıflandırılması

Elektrik enerjisi talep tahmini, enerji sisteminin planlanmasına bağlı olarak: kısa, orta, uzun dönem tahminleri olmak üzere alt dönemlere ayrılarak yapılır.

Güvenilir bir enerji tahmini, sistemin optimum işletme ve ekonomik koşullarda çalışmasını etkileyeceği için önemlidir. Tahminler gerçek değerlere ne kadar yakın olursa, sistem tüketicinin ihtiyaçlarını o derece ekonomik biçimde karşılayabilecektir. Tahminlerdeki büyük sapmalar ekonomik işletme veya enerji kalitesi bakımından zayıf bir sistem meydana getirecektir.

Kısa dönem yük tahmini saatlik, günlük, haftalık, aylık olarak yapılan yük tahminlerini kapsar. Kısa dönem yük tahmini, güç üretim ve enerji yönetim sistemlerinin gerçek zamanlı kontrolü için en önemli prosedürlerden biridir. Enerji santralının ve grupların çalışmasının planlanması ve üretimin minimum maliyetle yapılması için kullanılır. Kısa dönem yük tahminleri için ayrıntılı verilere (saatlik, günlük) ihtiyaç vardır. Bunun yanında günlük ve saatlik yük değişimlerini etkileyen

en önemli faktörler hava koşullarıdır. Sıcaklık, nem, yağış vb. ayrıntılı verilerin kullanılması kısa dönem yük tahmininin doğruluğunu artırır. Kısa dönem yük tahmininde ayrıca haftanın günü, yılın günü gibi sınıflandırmalar yapılarak farklı özellikteki günler için tahminler ayrı ayrı yapılır. Hafta sonu, iş günü, bayramlar gibi günlerde elektrik enerjisi tüketiminin değişiklik göstermesi bunların ayrı ayrı ele alınmasını gerektirir. Özellikle yapay sinir ağları kısa dönem yük tahmininde hava koşulları, günlerin özellikleri gibi birçok parametreyi aynı anda modele dahil edebilmesi nedeniyle çok fazla kullanılmaktadır [11-15]. Kısa dönemde, özellikle kış aylarında, puant güçlerin belirlenmesi ve gerçek zamanlı işletme için hızlı ve doğru bir kısa dönem yük tahminine ihtiyaç vardır.

Orta dönem yük tahminleri 1 ile 8 yıllık dönemlerdeki yük tahminlerini kapsar. Orta dönem tahminleri sistemin fiziksel donanımının planlanması ile ilgili dönemdir. Enerji talebinin artışına bağlı olarak yeni tesislerin kurulması; iletim, dağıtım sistemine yapılacak olan eklemeler ve bu sistemler için koruma ve kontrol sistemlerinin tasarımı gibi planlama çalışmaları için orta dönem yük tahminine ihtiyaç vardır.

Uzun dönem yük tahminleri 10-30 yıllık dönemdeki tahminleri kapsar. Uzun dönem yük tahminleri ile enerji ve puant güç tahminleri yapılarak, eldeki üretim kapasitelerinin bu talebi karşılayıp karşılamadığı araştırılır. Talebin karşılanabilmesi için potansiyel enerji kaynakları (termik, hidrolik, nükleer) belirlenir. Üretim yerleri, enerji sistemi gelişimi için modeller hazırlanır.

Uzun dönem yük tahminleri özellikle ekonomik ve sosyal verilere dayandığı için, bölgenin enerji talep tahmini bu veriler göz önüne alınarak yapılır. Bu veriler tüketici tipine bağlı olarak nüfus, gayri safi yurt içi hasıla, kişi başına milli gelir gibi değişkenlerdir.

Uzun dönem tahminlerinde belirsizliklerin ve değişkenlerin fazla olması nedeniyle hatalar olabilecektir. Tahminlerin doğruluğu kesin bir şekilde belirtilemez, fakat hataların meydana getireceği olası sorunlar gözönüne alınır [16]. Gerçek talep ve enerji tahminlerindeki hataların sonucunun süresi ve etkisi sistem üzerinde etkili olacaktır. Bu hataların en aza indirilmesi için eldeki veriler arttıkça tahminlerin güncellenmesi gerekir.

2.2 Yüklerin Sınıflandırılması ve Karakteristikleri

Yük tahmini yapılırken tüketicilerin özellikleri göz önüne alınmalıdır. Tüketicilerin tiplerine ve özelliklerine göre elektrik enerjisi tüketimleri farklı olmaktadır. Enerji

tahmini yapılırken, tüketiciler özelliklerine göre sınıflandırılmalı ve tahminler her tüketici grubuna göre ayrı ayrı yapılmalıdır.

UNIPED Sınıflandırmasına göre tüketici grupları şu şekilde sınıflandırılmaktadır:

- 1-a Tarımsal Sulama
- 1-b Ormancılık, Avcılık, Balıkçılık, Hayvancılık ve Diğer Tarımsal Faaliyet
- 2 Maden Kömürü ve Linyit Üretim Tesisleri
- 3 Maden Kömürü ve Linyit Dışı Üretim Tesisleri
- 4 Gıda, Meşrubat, İçki ve Tütün Sanayii
- 5 Tekstil, Deri ve Giyim Sanayii
- 6 Ağaç İşleri ve Kağıt Sanayii
- 7 Kauçuk, Lastik ve Plastik Sanayii
- 8 Kimya Sanayii
- 9 Toprak ve Çimento Sanayii
- 10 Demir-Çelik Üretimi ve İşletme Sanayii
- 11 Demir Dışı Metal Üretimi ve İşletme Sanayii
- 12 Makine, Elektrikli Aletler ve Ulaşım Araçları Yapımı
- 13 Organize ve Diğer Fabrikasyon Sanayii
- 14 İnşaat, Bayındırlık
- 15-a Resmi Daire
- 15-b Hastane, Banka, Vakıf, Okul, Kooperatif vb.
- 15-c Köy ve Diğer Halk Hizmetleri
- 16-a Ticarethane, Yazıhane, Turizm, El Sanatları ve Diğer Hizmetler
- 16-b İbadethanelerin Aydınlatılması, Seslendirilmesi
- 17 Ulaşım, Haberleşme
- 18-a Ücretli Aydınlatma
- 18-b Ücretsiz Aydınlatma (Cadde, Sokak vb. Aydınlatması)
- 19 Mesken İçi Hizmetler

Yukarıda verilen sınıflandırmaya göre yükleri genel olarak mesken (19), ticari (15-b, 16-a, 17), endüstri (2-14), resmi daireler (15-a), tarımsal sulama (1-a), ücretli aydınlatma (18-a) ve diğer yükler (1-b, 15-c) olmak üzere yedi alt gruba ayrılabilir. Bu gruplardan başka ücretsiz satışlar, diğer elektrik dağıtım müesseseleri, kuruluşlarının sattığı elektrik enerjisi de göz önüne alınabilir. Bölgenin net tüketimi şebeke kayıplarının brüt tüketime ilave edilmesi ile bulunur [17].

Mesken tüketicileri bina, apartman, kooperatif, site binaları ile bunların ortak kullanım alanları bu grupta değerlendirilir. Mesken yüklerinin yıllık büyümesi

oldukça sabit olmakla birlikte, nüfus artışı, göç olaylarına bağlı olarak mesken yükünde yıllık artışlar olmaktadır. Mesken yüklerinin günlük ve yıllık yük eğrileri incelendiğinde, mevsimlik değişimlerden çok fazla etkilenmektedir. Özellikle yaz ve kış aylarında soğutma ve ısıtma amaçlı cihazların kullanılması, bu yüklerin karakteristiğini önemli ölçüde etkilemektedir. Mesken yüklerinin elektrik enerjisi tüketimi, insanların refah seviyesine ve kullanım alışkanlıklarına göre kendi içinde değişiklik göstermektedir.

Ticari yüklerin enerji tüketimi, mevsimlik etkilere bağlı olarak ısıtma ve soğutma amaçlı kullanımlar ve iş yerinin özelliğine bağlı olarak kullandığı elektrikli cihazların tüketimini kapsar. Ticari yüklerin enerji tüketimi mevsimlik etkilere bağlı olarak değişim gösterir [3].

Endüstriyel yükler ekonomik değişimlerden çok, hava koşullarından, mevsimlik ve saatlik değişimlerden az etkilenmektedir.

Resmi daireler ve diğer tüketici grubuna ait yükler hava koşullarına bağlı olarak mevsimlik değişim göstermektedir.

Tarım bölgelerinde elektrik enerjisi ihtiyacı ziraat işletmelerinin kendilerine has özelliklerinden dolayı çok değişir. Ziraat üretim bölgelerinde başlıca yükler hasat ve sulama zamanlarında genellikle gündüz saatlerinde baş gösterir. Mevsimlik değişimlerden büyük ölçüde etkilenir.

Yukarıda verilen sınıflandırmadan başka yapılan tahmine ve bölgenin özelliğine göre farklı tüketici grupları göz önüne alınabilir.

KEPEZ Elektrik T.A.Ş. bölgesi için yük tahminleri yapılırken, yukarıda verilen tüketici gruplarından farklı olarak tarım, turizm ve köy tüketicileri olarak bir sınıflandırma da yapılmıştır.

Özellikle Antalya gibi turizm yöresi olan bir bölge için, turizm yükleri toplam enerji tüketimi içerisinde büyük bir paya sahiptir. Bu tüketici grubu içerisinde oteller, tatil köyleri gibi turistik tesisler bulunur. Bu yükler sezonluk değişimler gösterir. Özellikle yaz aylarında büyük enerji tüketen turizm yükleri, ekonomik ve sosyal faktörlerden etkilenir.

3. YÜK TAHMİNİ YÖNTEMLERİ

Birçok tahmin işlemi, sübjektif, tek değişkenli, çok değişkenli, son kullanıcı ve birleştirme yöntemi olmak üzere 5 ana grupta toplanabilir. Sübjektif yaklaşım, karar, önsezi, tecrübe ve benzer bilgileri kullanarak, tahmini yapan kişinin geçmiş verileri göz önüne alarak veya almayarak yapacağı tahminlerdir. Tek değişkenli tahminler, zaman serisi analizi şeklinde verilerin geçmiş gözlem değerlerine bağlı olarak yapılır. Çok değişkenli tahminler nedensel ilişkileri ortaya çıkarmaya çalışarak, değişkenler arasındaki ilişkiyi açık bir şekilde ortaya koymaya çalışır. Son kullanıcı metodunda elektrik kullanımı, tüketime neden olan ısıtma, soğutma gibi temel bileşenlerine ayrılarak, tahminler yapılır. Birleştirme metodu değişik tahminleri birleştirerek, yeni ve daha iyi tahminler elde etmeye çalışır [4].

Son birkaç on yılda yük tahmini için birçok yöntem geliştirilmiştir. Regresyon, Zaman Serisi Analizi gibi yöntemlere ek olarak çok hızlı işlem yapan bilgisayarların geliştirilmesiyle Yapay Zeka, Bulanık Mantık gibi günümüzün popüler yöntemleri de yük tahmininde kullanılmaya başlamıştır. Yük tahmini metotları genel olarak üç grupta toplanabilir: İstatistiksel metotlar, Yapay Sinir Ağları ve Bulanık Mantık. Bu üç grubun dışında bu yöntemlerin birleşimi metotlar ile literatürde az bulunan başka yöntemler de vardır [18].

3.1 İstatistiksel Metotlar

3.1.1 Regresyon Analizi

Serbest değişkenlerin bağımlı değişkenler üzerindeki etki biçimi ve yönü, istatistik denklemlerle de belirtilebilmektedir.

Bir örnek üzerindeki $x_1, x_2, \dots$ serbest ve y bağımlı değişken ölçülerine dayanarak Y ile $X_1, X_2, \dots$ değişkenleri arasındaki,

$$Y = f(X_1, X_2, \dots) \quad (3.1)$$

fonksiyonel ilişkiyi kestirme işlemine regresyon analizi adı verilmektedir. Fonksiyonel ilişki sayesinde, $X_1, X_2, \dots$ serbest değişkenleri ölçülerek, bu ölçüler yardımı ile ölçülemeyen z değeri tahmin edilebilmektedir. Trendde zaman süresi

önemlidir; regresyon ise belirli bir dönemde söz konusu Y ve X_1 gibi iki (veya daha fazla) değişken arasındaki ortalama ilişkiye denir [19].

Regresyon analizi için önce, belirli bir model halinde, fonksiyon biçimine karar verilmelidir. Bu model bir yada çok sayıda serbest değişkenli, doğrusal yada eğrisel, toplanabilir yada toplanamaz şekilde olabilir. Fonksiyon biçiminin kararlaştırılmasında, grafik çizimden yararlanılabilir [19].

Regresyon analizi ile, bir değişkenin başka bir veya birkaç değişken karşısında gösterdiği farklı durumlar, sürekli bir fonksiyon halinde belirtilmektedir. Bu şekilde,

- İncelenen değişkenler arasında bulunduğu sanılan ilişkinin varlığı, yönü, biçimi ve standart hatası saptanmaktadır.
- Gözlenmesi ve ölçülmesi güç olan bir değişkenin belirli koşullardaki değeri, diğer değişkenler yardımıyla tahmin edilebilmektedir.

Regresyonun varlığı ve standart hatasının küçük görülmesi değişkenler arasında bir “neden-sonuç” ilişkisi olduğunu kanıtlayamaz. Aralarındaki ilişki; bir yönlü etkiden yada karşılıklı etkileşimden gelebileceği gibi, ortak bir yada birkaç neden yüzünden birlikte değişme yada birbirini izleme hali olabilir. İlişkinin nedeni ayrıca düşünsel (akıl yürütme) yoldan da saptanmalıdır [19].

Değişkenler arasındaki ilişki ne kadar kuvvetli ise, regresyon denklemi ile yapılacak tahminlerin hatası o kadar küçülecek, ilişki zayıfladıkça tahminlerin hata payı büyüyecektir.

3.1.1.1 Basit Regresyon

Basit regresyon analizinin amacı, iki değişken arasındaki gerçek ilişkinin Denklem (3.2) de görüleceği gibi doğrusal bir bağıntı yardımıyla bir tahmini elde etmektir. Başka bir deyişle, değişkenler arasında bulunduğu kabul edilen gerçek doğrusal ilişkiyi,

$$Y = a + b X \quad (3.2)$$

ile gösterilirse, regresyon sonucu ortaya çıkacak olan a ve b katsayıları gerçek α ve β parametrelerinin birer tahmini mahiyetinde olacaklardır. Bilindiği gibi, doğrusal fonksiyonda a, fonksiyonun Y eksenini kestiği noktayı; b ise doğrunun eğimini ifade etmektedir.

Serpilme diyagramı vasıtası ile tespit edilen doğrusal bir ilişki çok sayıda doğru ile gösterilebilir. Ancak ilişkiyi en iyi belirleyecek denklem, en küçük kareler metodu yardımıyla tespit edilecek olan denklemdir. Bu kritere göre çizilen eğriden serpilme diyagramındaki noktalara olan dikey uzaklıkların karelerin toplamı minimum olacaktır. Fakat bir doğrunun bu kritere göre çizilmiş olması uyumun da iyi olması anlamına gelmez. Kriter olarak noktalardan uzaklıkların toplamının değil, uzaklıkların karelerinin toplamının kullanılmasının sebebi, gerçek uzaklıkların göz önüne alınabilmesidir [20].

En küçük kareler metodunu kullanarak, doğru denklemindeki a ve b parametreleri şu şekilde hesaplanır:

$$\sum (Y - (a + bX))^2 = \min \quad (3.3)$$

Bilindiği gibi yukarıdaki denklemin minimumunu bulmak için, önce a'ya daha sonra b'ye göre kısmi türevlerini alarak sıfıra eşitlemek gerekir. Bu yapılırsa,

$$\frac{\partial \sum}{\partial a} = -2 \sum (Y_i - a - bX_i) = 0 \quad (3.4)$$

$$\frac{\partial \sum}{\partial b} = -2 \sum (Y_i - a - bX_i)(-X_i) = 0 \quad (3.5)$$

buradan,

$$\sum Y_i = na + b \sum X_i \quad (3.6)$$

$$\sum Y_i X_i = a \sum X_i + b \sum X_i^2 \quad (3.7)$$

denklemleri elde edilir. Bu denklemler normal denklemleri olarak adlandırılmaktadır. a ve b değerleri bu normal denklemlerin çözülmesiyle elde edilir:

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y_i}{n} \quad (3.8)$$

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \quad (3.9)$$

$$a = \bar{Y} - b\bar{X} \quad (3.10)$$

$$b = \frac{\sum X_i Y_i - \bar{Y} \sum X_i}{\sum X_i^2 - \bar{X} \sum X_i} \quad (3.11)$$

bulunur.

3.1.1.2 Doğrusal Çoklu Regresyon

Çoklu regresyon birden fazla bağımsız değişken ($X_1, X_2, \dots, X_n$) ile bir bağımlı değişken (Y) arasındaki ilişkiyi verir. Burada her bir bağımsız değişkenin bağımlı değişkenle doğrusal ilişkisi,

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + \dots + b_nX_n \quad (3.12)$$

şeklinde doğrusal bir fonksiyondur ve basit analizden farklı olarak bir regresyon katsayısı (b) yerine n tane net veya kısmi regresyon katsayısı ihtiva etmektedir. Bu katsayıların her biri katsayı ile ilgili bağımsız değişkende meydana gelebilecek bir değişikliğin bağımlı değişken üzerindeki etkisini ölçmektedir. Basit regresyon analizinde olduğu gibi çoklu regresyon analizinde de a ve b_i katsayılarını hesaplayarak regresyon fonksiyonuna varmak için en küçük kareler metodu kullanılabilir [20].

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 \quad (3.13)$$

şeklindeki bir çoklu regresyon modelinde basit modeldeki normal denklem yerine aşağıdaki üç normal denklemin bir arada çözülmesi gerekmektedir. Bunlar,

$$\sum Y = na + b_1 \sum X_1 + b_2 \sum X_2 \quad (3.14)$$

$$\sum X_1 Y = a \sum X_1 + b_1 \sum X_1^2 + b_2 \sum X_1 X_2 \quad (3.15)$$

$$\sum X_2 Y = a \sum X_2 + b_1 \sum X_1 X_2 + b_2 \sum X_2^2 \quad (3.16)$$

dır.

3.1.1.3 Eğrisel Regresyon

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

$$Y = a + bX + cX^2 \quad (3.17)$$

şeklinde ikinci derece bir parabol veya daha genel olarak

$$Y = a + bX + cX^2 + dX^3 + eX^4 + \dots \quad (3.18)$$

gibi, toplanabilir bir polinom modeli ile verilebilir.

Eğrisel regresyonun a, b, c,... katsayıları da yine örnekleme yoluyla saptanan X ve Y ölçü değerlerinde ve en küçük kareler yöntemi ile hesaplanır.

Değişken olan a, b, c regresyon katsayıları o şekilde hesaplanmalı ki bu fonksiyon ile bulunacak y' tahmin değerleri ile gerçek y değerleri arasındaki farkların kareleri toplamı;

$$\sum (Y' - Y)^2 = \sum (a + bX + cX^2 - Y)^2 = \min \quad (3.19)$$

en küçük olsun. Bunun için, minimum fonksiyonun a, b, c değişkenlerine göre bulunacak kısmi türevleri sıfıra eşit olmalıdır.

$$\frac{\partial \sum}{\partial a} = 2 \sum (a + bX + cX^2 - Y).1 = 0 \quad (3.20)$$

$$\frac{\partial \sum}{\partial b} = 2 \sum (a + bX + cX^2 - Y).X = 0 \quad (3.21)$$

$$\frac{\partial \sum}{\partial c} = 2 \sum (a + bX + cX^2 - Y).X^2 = 0 \quad (3.22)$$

Bu eşitliklerin çözümü ile aşağıdaki denklem takımı elde edilir.

İkinci derece regresyonun a, b, c katsayıları;

$$na + b \sum X + c \sum X^2 = \sum Y \quad (3.23)$$

$$aX + b \sum X^2 + c \sum X^3 = \sum XY \quad (3.24)$$

$$a \sum X^2 + b \sum X^3 + c \sum X^4 = \sum X^2 Y \quad (3.25)$$

olarak bulunan parabolün normal denklemi yardımı ile hesaplanır [19].

Eğrisel modeller hiperbolik ya da üstel ve böylece toplanamaz özellikte olabilirler. Bu modeller; logaritma yada ters sayı dönüşümleri ile, doğrusal modele çevrilebilir. Bu şekilde, doğrusal regresyon olarak, katsayılar hesaplanır. Ancak bu halde uygulanacak istatistik analiz ve testlerde, dönüştürülmüş değerlerin kullanılması ve sonuçların bu dönüştürülmüş ölçeğe göre verilmesi zorunluluğu unutulmamalıdır. Aşağıda bazı dönüşüm modelleri verilmiştir [19]:

Eğrisel Model**Dönüştürülmüş Doğrusal Model**

$y = \alpha X^\beta$	$\log y = \log \alpha + \beta \log x$	
$y = \alpha \beta^x$	$\log y = \log \alpha + x \log \beta$	
$y = \alpha e^{\beta x}$	$\log y = \log \alpha + \beta x \log e$	
$y = \alpha e^{-\beta x}$	$\log y = \log \alpha - \beta x \log e$	(3.26)
$y = \frac{x}{\alpha + \beta x}$	$\frac{x}{y} = z = \alpha + \beta x$	
$y = \alpha + \frac{\beta}{x}$	$xy = z = \alpha x + \beta$	
$y = \frac{\alpha}{x}$	$\frac{1}{y} = \frac{x}{\alpha}$	

3.1.1.4 Üstel Düzeltme

Bu yöntemde serinin geçmiş gözlem değerlerine gittikçe azalan ağırlıklar verilmektedir. Serinin geçmiş gözlem değerlerinden yararlanarak düzeltilen seri ortalaması bir ileri dönemin (gelecek zaman aralığı) ortalama tahminini oluşturmaktadır. Bir gelecek tahmini F_{t+1} ile gösterilirse tahmin fonksiyonu,

$$F_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha)F_t \quad (3.27)$$

şeklinde yazılabilir. Buradaki F_t şimdiki dönem tahmini ve α düzeltme katsayısı olup, şimdiki dönem tahmini,

$$F_t = \alpha Y_{t-1} + (1 - \alpha)F_{t-1} \quad (3.28)$$

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

$$F_{t-1} = \alpha Y_{t-2} + (1 - \alpha)F_{t-2} \quad (3.29)$$

olarak daha önceki dönem tahminine bağlı olarak yazılabilir. Eğer (3.28) ifadesi, (3.27) ifadesinde yerine konulursa,

$$F_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha)[\alpha Y_{t-1} + (1 - \alpha)F_{t-1}] \quad (3.30)$$

$$F_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha)Y_{t-1} + (1 - \alpha)^2 F_{t-1} \quad (3.31)$$

elde edilir. Aynı şekilde (3.29) denklemi, (3.31) denkleminde yerine konulursa,

$$F_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha)Y_{t-1} - \alpha(1 - \alpha)^2 Y_{t-2} + (1 - \alpha)^3 F_{t-2} \quad (3.32)$$

elde edilir. Genel olarak, tahmin değeri,

$$F_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha)Y_{t-1} - \alpha(1 - \alpha)^2 Y_{t-2} + (1 - \alpha)^3 Y_{t-3} + \alpha(1 - \alpha)^4 Y_{t-4} + \dots \quad (3.33)$$

(3.33) tahmin denklemi, zaman serisi Y_t nin geçmiş gözlem değerlerinin üstel olarak veya geometrik olarak nasıl gittikçe azalan bir şekilde tartıldığını göstermektedir.

(3.27) fonksiyonu aşağıdaki biçimde de yazılabilir:

$$F_{t+1} = F_t + \alpha(Y_t - F_t) \quad (3.34)$$

$$F_{t+1} = F_t - \alpha e_t \quad (3.35)$$

(3.34) denkleminde $(Y_t - F_t)$ terimi gerçek gözlem değerleri ile tahmin değeri arasındaki farkı göstermektedir. Bu fark tahmin hatasıdır. $t+1$ dönemi tahmini, t dönem tahmini ile t dönemi hatası toplamına eşit olmaktadır. Başka bir deyişle, $t+1$ dönem tahmini, t dönem tahmin hatasının işaretine göre düzeltilmektedir [21].

Üstel düzeltme yönteminde α ya düzeltme katsayısı denir ve $0 < \alpha < 1$ arasındadır. α 'nın değeri tahminin değerini etkiler. Seride büyük dalgalanmalar veya rastlantısal değişimler var ise α için küçük bir değer seçilmelidir. Zaman serisi grafiği incelendiğinde gözlem değerleri belirli bir şekil gösteriyorsa α değeri büyük alınır.

Üstel düzeltme yöntemlerinin kullanılmasında hesaplamaların yapılabilmesi için değişkenlere bir takım başlangıç değerlerinin bulunması gerekir. Uygulamada genellikle serinin aritmetik ortalaması veya ilk gözlem değeri, başlangıç değeri olarak alınabilir [21].

3.1.2 Box Jenkins Modelleri ve Türevleri

Bu sınıfa giren modeller veya genel tanımıyla Birleştirilmiş Otoregresif-Hareketli Ortalama Yöntemi (ARIMA), zaman serilerinin modelleştirilmesinde kullanılan diğer yöntemlere göre daha kapsamlı ve genel bir tahmin modelidir. Zaman serisi analizlerinde tahmin ve denetim amacı ile kullanılan Box-Jenkins tahmin yöntemleri yeni ve başarılı fakat oldukça karmaşık bir yöntemdir. Yöntem çeşitli koşullarda elde edilen süreksiz zaman serileri ve dinamik sistemler için modeller kullanılmasında kolaylıklar ve yararlar sağlamaktadır.

Box ve Jenkins birbirini tamamlayan beş aşamadan geçerek tahmin modellerinin kurulmasını önermektedirler.

İlk aşamada, araştırmacı kuramsal bilgileri ve uygulamalı çalışmalardan elde edilen bulguları kullanarak amaca yönelik genel modeller ortaya koyar. Bundan sonraki aşamalar; belirleme, parametre tahminleri, uygunluk testleri ve öngörü olarak

sıralanmaktadır. Belirleme aşamasında verinin özelliklerinin incelenmesinden elde edilecek bilgilere dayanarak genel modellerden uygun olabilecekler seçilir. Belirleme aşamasında seçilen modellerin mutlaka uygun modeller olacağı düşünülmemelidir. Tahmin aşamasında, belirlenen modelin katsayıları en etkin istatistiksel yöntemlerle tahmin edilmeye çalışılır. Uygunluk testi aşamasında, belirlenmiş ve katsayıları tahmin edilmiş modelin veri setine mutlaka uygun olacağı garantisi yoktur. Bunun için bu modele uygunluk testi uygulanır. Bu gibi testler belirlenmiş modelin hangi yönde aksadığını gösterir ve daha uygun modellerin seçilmesi için de bazı ipucu verir. Test başarılı bir sonuç ortaya koymamışsa, belirleme aşamasına göre dönülerek, yeni uygun bir diğer modelin belirlenmesi gerekir [21].

Zaman Serileri

Zaman serileri, aynı değişkenin belirli bir zaman dönemi içerisindeki gözlem sonuçlarını gösteren serilerdir. Zaman serileri istatistik verilerin oluş zamanları esas alınarak sıralanmasıyla elde edilen serilerdir. Zaman serileri bir olayın zaman boyunca aldığı farklı değerlerin bir araya getirilmesi ile oluşur. Zaman serilerinin analizinde gözlemler geçmişe ait dokümanlardan oluşur, belirli bir zamandaki gözlemlerin değerleri ile ilgilenir ve genellikle analizler için eşit zaman aralıkları ele alınır (yıllık, aylık, günlük,...). Serideki dalgalanmalar sadece tesadüfi etkenlerden ileri gelmemektedir. İktisadi olaylarla ilgili zaman serilerinin analizi dalgalanmaların dört hareketin bir arada gösterdikleri etkiden meydana geldiklerini varsaymaktadır: Trend, Devresel Değişmeler, Mevsimlik Değişmeler, Tesadüfi ve Arazi Değişmeler olarak verilebilir [20,22].

Trend, uzun bir zaman devresi içerisinde, zaman serisinin belirli bir yönde gösterdiği genel eğilimdir. Trend analizi uzun bir dönem analizi olduğundan verilerin aylık veya mevsimlik olarak verilmiş olması tahlilin sonucunu etkilemeyecektir. Serinin genel eğiliminin ölçülebilmesi için, ele alınan dönemin 10 yıldan az olmaması gerekli görülmektedir. Bir serinin trendi doğrusal veya eğrisel olabilir. Ancak trendin önemli bir özelliği her iki durumda da istikrarlı oluşudur. Trendi etkileyen faktörlere bünyesel faktörler denir. Örneğin teknolojik gelişmeler, nüfustaki artış, gelirlerdeki artış, sanai üretimdeki yükselme vb.

Devresel değişmeler, bir trend doğrusu etrafındaki uzun dönem dalgalanmalara denir. Bu hareketler mevsimsel değişimlere benzer şekilde devresel olarak tekrarlanırlar da, devrelerinin uzunluğu (5-10 yıl) ve sürelerinin belirsizliği ile dikkati çekerler.

Genel olarak 12 aylık dönem içerisinde oluşan az veya çok, düzenli iniş ve çıkışlara mevsimlik değişmeler denir. Mevsim dalgalanmaları doğal, sosyal veya zahiri

nedenlerle ortaya çıkar. Yıllar itibariyle düzenlenen zaman serisinde mevsimlik dalgalanmaları göremeyiz.

Zaman serilerinin üzerine düzensiz değişimler dediğimiz arızı ve tesadüfi hareketlerin de etkisi vardır. Belirli faktörler dışında kalan ve varlığı daha önceden tahmin edilemeyen ve etkisini devamlı olarak göstermeyen olayların sonucunda ortaya çıkar. Bunlar grevler, devalüasyonlar, doğal afetler vb. siyasal, ekonomik veya doğal sebepler olabilir. Zaman serisi analizleriyle trend, devresel değişimler, mevsimlik değişimler hesaplanabilir, fakat rastlantısal değişimler hiçbir şekilde hesaplanamaz [22].

3.1.2.1 Otoregresif Model, AR(p)

Bu modelde değişkenin, t dönemdeki değeri değişkenin geri dönemlerdeki belirli sayıda değerleriyle, hata değişkeni a_t 'nin doğrusal bileşimi olarak ifade edilmektedir. Model şu biçimde gösterilir:

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + a_t \quad (3.36)$$

Burada Y 'ler, değişkenin eşit zaman aralıklarıyla ifade edilen gözlem değerleridir. AR(p) ve diğer modeller genellikle geri kaydırma işlemi kullanılarak yazılır. B geri kaydırma işlemi olup şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$Y_{t+1} = B \cdot Y_t \quad (3.37)$$

$$Y_{t-m} = B^m \cdot Y_t \quad (3.38)$$

$$\phi(B)Y_t = a_t \quad (3.39)$$

$$\phi(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p \quad (3.40)$$

(3.36) denkleminde p mertebesinde otoregresif model denir ve AR (p) ile gösterilir [18,21,23].

3.1.2.2 Hareketli Ortalamalar Modeli, MA(q)

Bu modelde değişkenin t dönemdeki değeri aynı dönemdeki hata terimi a_t ve belirli sayıda geri dönem hata terimleri a_{t-q} 'lerin bileşimi olarak yazılır:

$$Y_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad (3.41)$$

Geri kaydırma işlemi kullanılarak,

$$Y_t = \theta(B)a_t \quad (3.42)$$

Burada,

$$\theta(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q \quad (3.43)$$

biçiminde gösterilir ve q model mertebesidir [24].

Hareketli ortalama bir zaman serisine ait her değerin yerine, o değer ve daha önce ve sonra gelen birkaç değerin ortalamasını koymak suretiyle elde edilmiş bir zaman serisidir. Bu yöntemde zaman değerleri 3, 5, 7 şerlik gruplar halinde bir araya getirilerek, her grup için aritmetik ortalamayı hesaplayıp, bulunan değerleri grupların tam orta noktalarına isabet eden değerin yerine koymaktır. Kümeler hareket halinde ve gerçek seride her defasında bir değer aşağı kaydırılmak suretiyle oluşturulduğundan, bunların ortalamaları adeta hareket etmekte ve bu nedenle yöneme hareketli ortalamalar metodu denilmektedir. Bu şekilde ortalamalarla oluşturulan yeni seri, dalgalanmaları gidermiş kabul edildiğinden olayın trendi anlamını taşımaktadır.

3.1.2.3 Karışık Otoregresif-Hareketli Ortalamalar Modeli, ARMA(p,q)

Zaman serilerinin modellenmesinde esneklik sağlamak ve en az sayıda parametre ilkesini gerçekleştirmek amacıyla bazı hallerde modele hem otoregresif ve hem de hareketli ortalama parametrelerinin alınması birçok yararlar sağlamaktadır. Bu düşünce ARMA(p,q) modelini ortaya çıkarmıştır. Model şu şekilde gösterilebilir:

$$Y = \phi_1 Y_{t-1} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad (3.44)$$

geri kaydırma işleci kullanılarak,

$$\phi(B)Y_t = \theta(B)a_t \quad (3.45)$$

yazılabilir [15,23]. Burada,

$$\phi(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p \quad (3.46)$$

$$\theta(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q \quad (3.47)$$

dır.

3.1.3 İstatistiksel Metotlarda Uyumun Ölçüsü

3.1.3.1 Standart Hata

Y ve X büyüklükleri arasındaki ilişki ne kadar kuvvetli ise, regresyon denklemi ile yapılacak olan tahminlerin hatası, o kadar küçülecek, ilişki zayıfladıkça tahminlerin hata payı büyüyecektir. Regresyon analizi ile farkların kareleri toplamı minimum yapılmaya çalışılır. Standart hata, tanım olarak gerçek değerler ile regresyon denkleminde hesaplanan değerler arasındaki farkın karesinin veri sayısına bölümünün karekökü olarak tanımlanır. Bir örneğin tahminin standart hatası (Y'nin X'e göre standart hatası):

$$S_{yx} = \sqrt{\frac{\sum (Y - \hat{Y})^2}{n}} \quad (3.48)$$

formülü ile hesaplanır [21].

3.1.3.2 Standart Sapma

Aritmetik ortalamadan sapmaların kareleri toplamının serideki terim sayısına bölümü varyans olarak tanımlanır.

$$\text{Varyans} = \sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 \quad (3.49)$$

bir serinin varyansının karekökü alınırsa, gerçek dağılım değerlerin aritmetik ortalamadan sapmalarının kareli ortalamasını, standart sapmayı elde ederiz [19].

$$\text{Standart Sapma} = \sigma = \sqrt{\frac{\sum (Y_i - \bar{Y})^2}{n}} \quad (3.50)$$

3.1.3.3 R-Kare Parametresi

Regresyon doğrusu ile verilen uyumun derecesini belirlemek için kullanılan bir parametre R^2 (determinasyon, belirlilik katsayısı) parametresidir. R^2 katsayısı, verilerin ortalama civarındaki değişimlerinin regresyon doğrusuna oranı olarak yani, açıklanan (explained) değişimin, toplam (açıklanamayan) değişime bölünmesi ile tanımlanır ve aşağıdaki formül ile verilir:

$$R^2 = \frac{\sum (\hat{Y} - \bar{Y})^2}{\sum (Y - \bar{Y})^2} \quad (3.51)$$

burada Y , gerçek değerler; $\hat{Y}$, tahmin edilen değerler; $\bar{Y}$, Y 'lerin ortalamasıdır.

R^2 'nin değeri 0 ile 1 arasında değişir. R^2 'nin 0 olması regresyon doğrusu ile Y değerleri arasında hiçbir ilişki olmadığını; 1 olması regresyon doğrusunun bütün veri noktaları üzerinde bulunduğunu gösterir. Bu yüzden R^2 'nin mümkün olduğu kadar 1'e yakın olması istenir. Yeterli bir uyum için R^2 değerinin 0,9 ile 1 arasında olması gerekir. Elbette bu verilerin sayısına ve değişkinliğine de bağlıdır. 4 veri için 0,9 değeri bazı durumlarda kabul edilebilir olmayabilir ama 100 veri için R^2 değerinin 0,7 değeri yeterli bir uyumu gösterebilir [25].

3.2 Yapay Sinir Ağları (YSA)

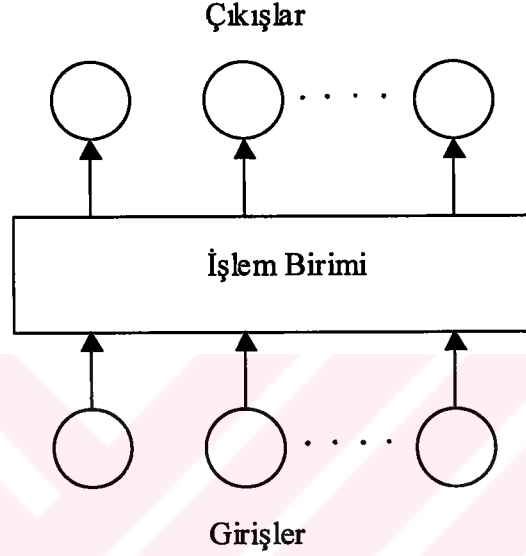
Yapay sinir ağları biyolojik nöronlardan (sinir hücresi) esinlenerek, beyin çalışma sistemine yapay olarak benzetim çalışmaları sonucunda ortaya çıkmıştır. Genel anlamda insan beynindeki birçok biyolojik nöronun birbirine bağlanması gibi, YSA'lar biyolojik nöronun girdi, işlem, çıktı karakteristiğini taklit eden birçok basit, genellikle adaptif işlem birimlerinin (yapay nöron) değişik etki seviyelerinde, belirli bir bütün işlem yapısını gerçekleştirmek üzere birbirine bağlanması ile oluşturulmuş karmaşık bir yapı olarak düşünülebilir. 1960'lı yıllarda başlayan YSA modelleri, bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler ve geliştirilen matematiksel modellerle son 15 yıl içerisinde büyük gelişme göstermiştir. YSA'larının pratik kullanımı genelde, çok farklı yapıda ve formlarda bulunabilen verilerin hızlı bir şekilde tanımlanması ve algılanması; lineer olmayan modelleme ve adaptasyon sağlayabilmesi; bu işlemler için geleneksel modellerde olduğu gibi bir model ve yöntem ihtiyacı duymamasından dolayı, fizik, matematik, mühendislik, sosyal bilimler gibi çok çeşitli alanlarda kullanım imkanı bulmuştur [26,27].

Yapay sinir ağlarının sağladığı avantajlar: eldeki verilerden bilinmeyen ilişkileri kolay bir şekilde ortaya çıkarabilmesi; genelleştirme yeteneği sayesinde bir örnekten hareketle, diğer örneklerdeki benzerlikleri doğru olarak anlayabilmesi; doğrusal olmayan işlem birimleri sayesinde doğrusal olmayan ilişkileri ortaya çıkarabilmesi; paralel olarak işlem yapabildiği için, bağımsız işlemleri çok hızlı bir şekilde yapabilmesidir.

Bunların yanında YSA'nın, eğitim süresinin çok zaman alıcı bir işlem olması ve yakınsamanın bir ölçüsünün olmaması gibi dezavantajları vardır [28].

3.2.1 Yapay Sinir Ağlarının Temel Yapısı

Şekil-3.1 yapay sinir ağlarının genel yapısını göstermektedir. Burada giriş nöronu olarak adlandırılan bir veya birden fazla giriş bulunmaktadır. Giriş nöronları tarafından herhangi bir işlem yapılmaz. Bunlar sadece girişlerine eşit çıkış üreten nöronlar olarak kabul edilebilir.



Şekil 3.1 Yapay sinir ağının genel yapısı

Yapay sinir ağlarında ayrıca bir veya birden fazla çıkış bulunur. Giriş nöronlarının aksine bu nöronlar diğer nöronlardan giriş alır, bu girişleri işler ve ağın sonuçlarını gösteren bir sonuç üretir. Şekilde giriş ve çıkış nöronları bir kara kutu ile bağlanmıştır. Gerçek ağ modeli bu kara kutunun yapısını belirler. Bu yapının dışında girişlerin doğrudan çıkışlara bağlandığı, çıkışların kendi aralarında bağlandığı değişik yapılar da vardır.

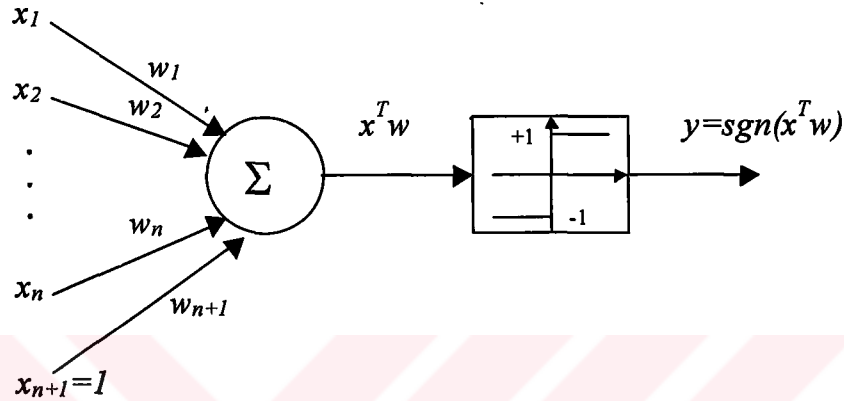
3.2.2 Perceptron

Perceptron [Rosenblatt,1958] ilk yapay sinir ağıdır [26]. O günün şartlarında hesaplama bakımından uygun olan perceptron, biyolojik modellere dayanmaktadır ve öğrenme yeteneğine sahiptir. Bununla birlikte önemli sınıflandırma işlemlerini gerçekleştirmeyi öğrenemediğinden ciddi yetersizlikleri vardır. Giriş ve çıkışlar dikkate alınarak oluşturulan Şekil 3.2'deki doğrusal eşik (threshold) kapısı perceptron olarak adlandırılır. Perceptron, giriş vektörü $x = [x_1, x_2, \dots, x_{n+1}]^T$ 'i her bir giriş sinyalini kendisi ile ilgili ağırlıkla çarparak bipolar ikili çıkışa (y) uygular. Bu şekilde perceptron iki-durum sınıflandırıcısıdır. x_{n+1} giriş işareti genellikle bire eşittir ve perceptron için referans (bias) terimidir [27]. Burada w vektörü $w = [w_1, w_2, \dots,$

$w_{n+1}]^T \in \mathbb{R}^{n+1}$ perceptron serbest parametrelerini (ağırlıklar, weight) içeren vektördür. Perceptron giriş çıkış ilişkisi:

$$y = \text{sgn}(x^T w) \quad (3.52)$$

fonksiyonu ile verilir. Burada sgn fonksiyonu işaret fonksiyonu olup skaler argümanın pozitif veya negatif olmasına göre +1 veya -1 olarak çıkış üretir.



Şekil 3.2 Perceptron

Bir perceptronun $\{x^1, d^1\}, \{x^2, d^2\}, \dots, \{x^n, d^n\}$ eğitim çiftlerini öğrenmesi için eğitildiğini düşünelim. Burada $x^k \in \mathbb{R}^{n+1}$ k. giriş vektörünü ve $d^k \in \{-1, +1\}$ $k=1,2,\dots,n$ olmak üzere k. giriş vektörü için istenen hedef (target) değerleridir. Bu giriş-çıkış çiftlerine eğitim seti denilmektedir. Amaç, eğitim setinin her giriş vektörü (x^k) için, perceptron çıkışının (y^k) istenen çıkış değerleri d^k 'yi verebilmesidir. Yani ,

$$y^k = \text{sgn}(w^T x^k) = d^k \quad k=1,2,\dots,n \quad (3.53)$$

için sağlanmalıdır. Bu durumda perceptron, eğitim setini doğru bir şekilde sınıflandırır. Elbette, eğitim setini doğru bir şekilde sınıflandıracak perceptronun oluşturulması

$$(x^k)^T w^* > 0 \quad \text{eğer } d^k = +1 \quad (3.54)$$

$$(x^k)^T w^* < 0 \quad \text{eğer } d^k = -1 \quad (3.55)$$

ilişisini sağlayacak w^* ağırlık vektörlerinin bulunmasına bağlıdır. $x^T w = 0$ bağıntısını sağlayan x seti $\mathbb{R}^n$ de bir hiper yüzey belirler. Denklem (3.54) ve (3.55)'e göre w^* çözüm vektörünün bulunması bütün x^k , $k=1,2,\dots,n$ vektörlerini doğru bir şekilde ayıran bir hiper yüzey bulmaktır. Giriş uzayını iki farklı bölgeye ayıran hiper yüzeyin bir bölgesi, $d^k = +1$ leri kapsayan bütün x^k noktaları ve diğer bölge $d^k = -1$ leri kapsayan bütün x^k noktalarıdır.

w^* 'lar için uygun bir artım yöntemi perceptron öğrenme algoritmasıdır [27].

w^1 rastgele

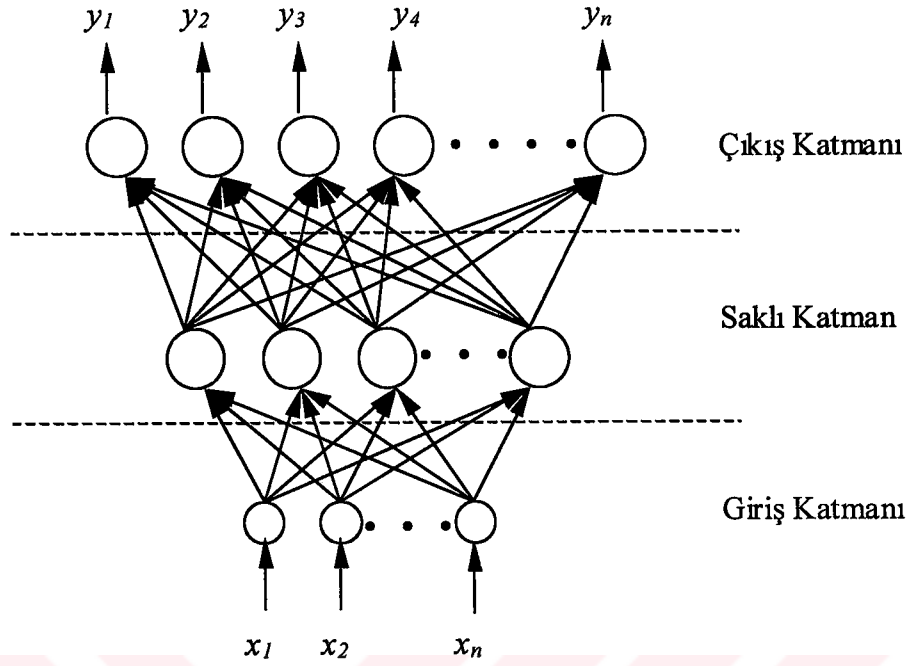
$$w^{k+1} = w^k + \rho(d^k - y^k)x^k \quad k=1,2,\dots,n \quad (3.56)$$

burada ρ öğrenme katsayısı (learning rate) olarak adlandırılan pozitif bir sabittir. (3.56) ile verilen öğrenme algoritması şu şekilde işlemektedir. İşlemin (process) başlaması için ilk olarak bir ağırlık vektörü seçilir (genellikle rastgele). Daha sonra n çift eğitim seti $\{x^k, d^k\}$ doğru bir şekilde eğitim setini sınıflandıracak w^* çözümü bulununcaya kadar, ağırlık vektörünü güncellemek için kullanılır. Eğitim örneklerini işleyen bu işleme eğitim setinde çevrim denir ve n çift eğitim setinin işlenmesine bir çevrim denir. Uygun bir çevrim için birden fazla çevrim gerekir. Bu sebepten (3.56) denklemindeki w^k 'daki k indeksi iterasyon sayısını gösterir.

Perceptron öğrenme algoritmasında eğitim seti doğrusal olarak ayrılabilir (linearly seperable) ise bir çözüm vektörü mevcuttur ve perceptron öğrenme algoritması çözüme yakınsar. [27]

3.2.3 Çok Tabakalı İleri Beslemeli Ağlar

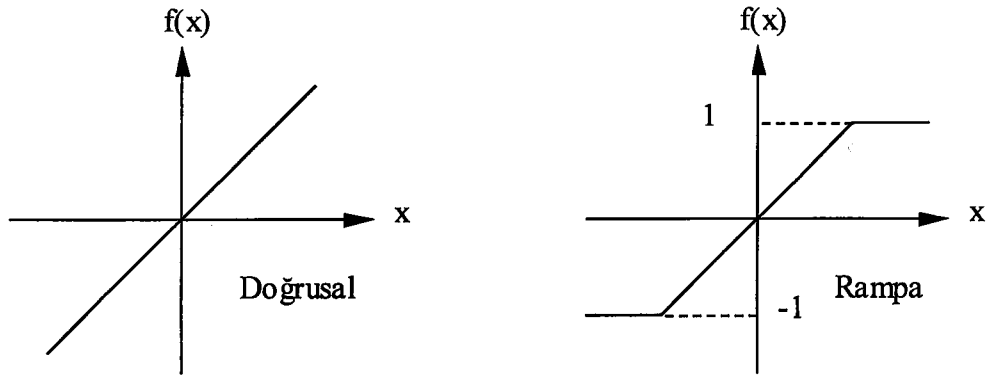
İleri beslemeli yapay sinir ağları peceptron modelinin geliştirilmiş bir modeli olarak düşünülebilir. Bu yüzden bu yapay sinir ağları çok tabakalı perceptronlar olarak da bilinir [29]. Tanım olarak bu yapay sinir ağları bir yönde bağlantılara sahiptir. Bir ileri beslemeli yapay sinir ağı iki veya daha fazla katmanda nöronlara sahiptir. Bir giriş ve bir çıkış katmanı vardır. Bu giriş ve çıkış katmanları arasında bir veya daha fazla sayıda katman bulunur; bu katmanlara saklı katman denir. Bu ağlara ileri beslemeli ağlar denilmesinin sebebi nöronların birbirlerine bağlantıları bir yöndedir. Bir nöron girişi, bir önceki katmandaki nöron çıkışından gelir ve bu nöronun çıkışı da bir sonraki nöronlara geçer. Şekil 3.3'de ileri beslemeli ağ yapısı gösterilmiştir. Her birim girişleri toplar, bunlara referans (bias) terimini ilave ederek toplam x_j girişini oluşturur ve bu toplamı y_j çıkışını oluşturmak için f_j fonksiyonuna uygular.



Şekil 3.3 Çok katmanlı ileri beslemeli ağ yapısı

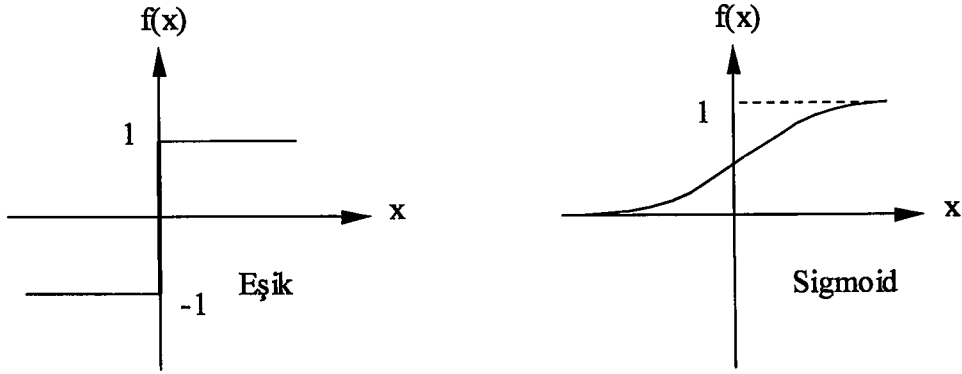
Bağlantılar arasında nörona gelen işaretle çarpılan ağırlıklar vardır. Giriş katmanı herhangi bir işlem yapmaz; sadece girişleri diğer katmandaki nöronlara dağıtır ($f \equiv 1$). Şekil 3.3'deki ağ girişlerden çıkışlara doğru şöyle bir fonksiyon ifade eder:

$$y_k = f_n \left(\alpha_n + \sum w_{nm} f_m \left(\alpha_m + \sum w_{ml} x_l \right) \right) \quad (3.57)$$



Şekil 3.4 Doğrusal ve Rampa aktivasyon fonksiyonları

Buradaki f_m fonksiyonları, perceptronda kullanılan eşik fonksiyonundan farklı olarak sigmoid, gauss, tanh gibi yumuşak biçimde geçişlere sahip sürekli yapıda ve doğrusal olmayan fonksiyonlar veya doğrusal fonksiyon olabilir. YSA'da kullanılan çeşitli aktivasyon fonksiyonları Şekil (3.4-5)'de verilmiştir.



Şekil 3.5 Eşik ve sigmoid aktivasyon fonksiyonları

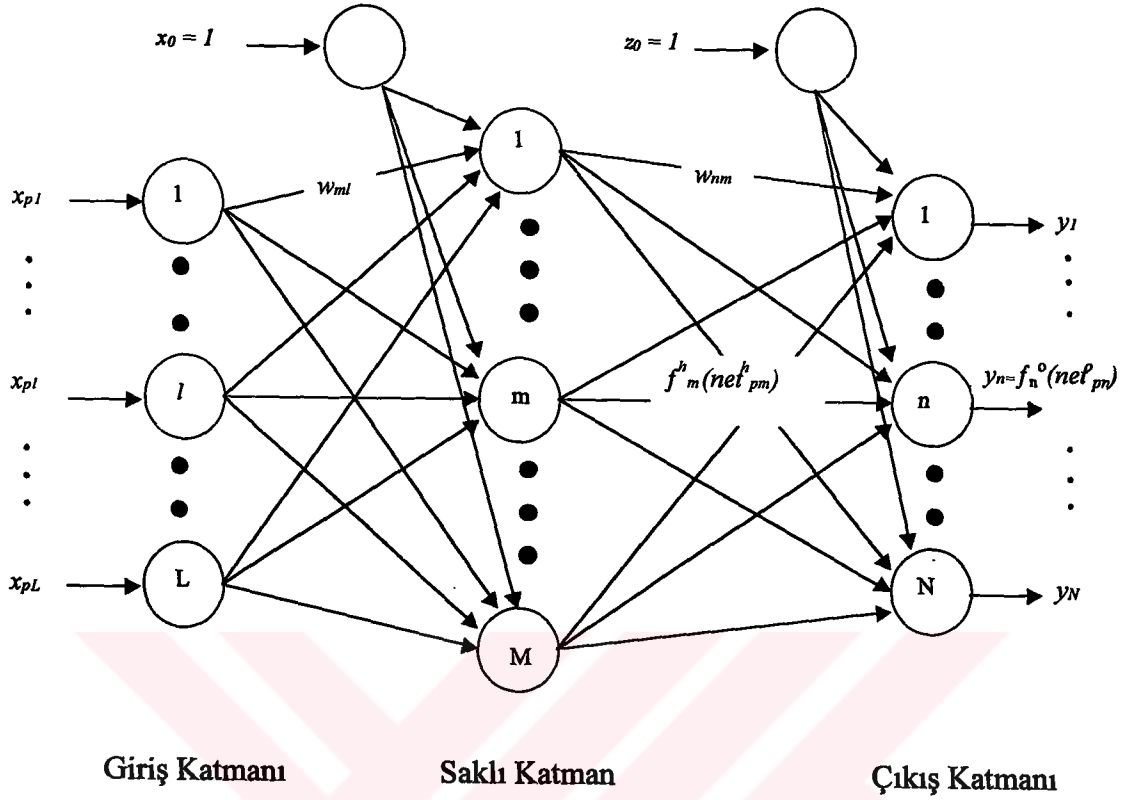
3.2.4 Geriye Yayınım Metodu

Geriye yayılım (GY) metodu ileri belemeli ağlarda, eğitim setindeki giriş çıkış örneklerini öğrenmek için türevi alınabilen aktivasyon fonksiyonlarını kullanarak, uygun ağırlıkların ayarlanması için hesap bakımından iyi bir yöntemdir. GY metodu ile eğitilmiş ileri beslemeli ağlar fonksiyon genelleştirmesi, zaman serisi tahmini, görüntü işleme vb. zor ve karışık problemlerin çözümünde çok sık kullanılan bir yöntemdir.

Geriye Yayınım Algoritması

Delta kuralı ilk geliştirilen öğrenme kurallarından biri olup, eğitim sırasında hataların en aza indirilmesi için matematikte dik iniş (gradient descent) olarak bilinen yöntemi esas almıştır. Yapay sinir ağlarında en çok kullanılan yöntem olan geriye yayılım (GY) yöntemi delta kuralının genelleştirilmiş hali olup, denetimli bir öğrenme algoritmasıdır [27].

Genelleştirilmiş delta kuralı Şekil 3.6 ile gösterilen ileri beslemeli ağ yapısı esas alınarak açıklanabilir. Giriş ve çıkış değişkenleri P vektör kümesi çiftleri $\{x_1, d_1\}$, $\{x_2, d_2\}, \dots, \{x_n, d_n\}$ şeklinde ($x \in R^n$, $d \in R^n$) düşünüldüğünde $d = \phi(x)$ bu giriş çıkışlar arasındaki eşlemeyi gösterir.



Şekil-3.6 Bir saklı katmanlı ileri beslemeli ağ yapısı

YSA giriş katmanına $x = [x_{p1}, x_{p2}, x_{p3}, \dots, x_{pL}]^T$ giriş vektörü uygulandığında, saklı katmandaki M adet nörona iletilir. Bu durumda m. nörona uygulanacak olan net girişi;

$$\text{net}_{pm}^h = \sum_{l=1}^L w_{ml} x_{pl} + x_0 \quad (3.58)$$

şeklinde olur. Burada w_{ml} giriş katmanı ile saklı katman arasındaki ağırlık değerlerini, $x_0=1$ referans terimini göstermektedir. “h” indisi saklı katmana ait büyüklükleri göstermektedir. Saklı katman çıkış değerleri ise burada kullanılan etkinlik fonksiyonuna bağlı olarak,

$$z_{pm} = f_m^h(\text{net}_{pm}^h) \quad (3.59)$$

şeklinde olur. Çıkış katmanındaki nöronlar ise, saklı katmandan gelen çıkışları kendi girişleri olarak kullanır:

$$\text{net}_{pn}^o = \sum_{m=1}^M w_{nm} z_{pm} + z_0 \quad (3.60)$$

Burada w_{nm} saklı katman ile çıkış katmanı arasındaki ağırlık değerlerini, $z_0=1$ referans terimini göstermektedir. Ağırlık çıkışları, çıkış katmanındaki etkinlik fonksiyonuna bağlı olarak,

$$y_{pn} = f_n^o(\text{net}_{pn}^o) \quad (3.61)$$

burada “o” indisi çıkış katmanı ile ilgili terimleri ifade eder. Genelleştirilmiş delta kuralı ile çıkış katmanındaki bir nöron için hata ifadesi,

$$\delta_{pn} = (d_{pn} - y_{pn}) \quad (3.62)$$

şeklinde tanımlanabilir. Burada “p”, p. eğitim vektörünü, “n” ise n. çıkış nöronunu ifade etmektedir. “ y_{pn} ” vektörü ağırlık çıkış değerlerini, “ d_{pn} ” vektörü ise istenen çıkış değerlerini göstermektedir. w_{ml} ve w_{nm} ağırlıklarının ayarlanması için eğitim seti boyunca küçültülmesi istenen hata fonksiyonu:

$$E_p(w) = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^N (d_{pn} - y_{pn})^2 \quad (3.63)$$

$$E_p(w) = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^N \delta_{pn}^2 \quad (3.64)$$

biçimindedir. Çıkış nöronları için istenen hedef değerler belli olduğu için, w_{nm} ağırlıklarının yenilenmesi için delta kuralı kullanılabilir. Ağırlıkların hangi yönde değişeceğine karar vermek için E_p ’nin w_{nm} ağırlıklarına göre negatif gradyentinin bulunması gerekir.

$$\Delta_p w_{nm} = w_{nm}^n - w_{nm}^c = -\rho^o \frac{\partial E_p}{\partial w_{nm}} \quad (3.65)$$

Burada w_{nm}^n ve w_{nm}^c yeni ve mevcut ağırlık değerlerini göstermektedir. ρ^o ile gösterilen öğrenme katsayısıdır.

$$\frac{\partial E_p}{\partial w_{nm}} = (d_n - y_n) \cdot \frac{\partial f_n^o}{\partial(\text{net}_{pn}^o)} \cdot \frac{\partial(\text{net}_{pn}^o)}{\partial w_{nm}} \quad (3.66)$$

$$\frac{\partial(\text{net}_{pn}^o)}{\partial w_{nm}} = \left(\frac{\partial}{\partial w_{nm}} \left(\sum_{m=1}^M w_{nm} z_{pm} + z_0 \right) \right) = z_{pm} \quad (3.67)$$

şeklinde hesaplanır. Buradan,

$$\frac{\partial E_p}{\partial w_{nm}} = (d_n - y_n) f_n'(\text{net}_{pn}^o) z_{pn} \quad (3.68)$$

çıkış katmanındaki ağırlıklar,

$$w_{nm}(t+1) = w_{nm}(t) + \Delta w_{nm} \quad (3.69)$$

biçiminde yenilenir. Burada,

$$\Delta_p w_{nm} = \rho^o (d_n - y_n) f_n'(\text{net}_{pn}^o) \quad (3.70)$$

dır.

Ağırlıkların yenilenmesi (3.70) ifadesi gereğince türevi alınabilen bir etkinlik fonksiyonunu gerektirir. Bunun için türevi alınabilen doğrusal, sigmoid, tanh gibi etkinlik fonksiyonları ağ çıkışlarında kullanılır. Bu üç fonksiyon ve türevleri şu şekildedir:

$$f_n(\text{net}_{pn}) = \text{net}_{pn} \quad f_n^o' = 1 \quad (3.71)$$

$$f_n(\text{net}_{pn}) = (1 + e^{-\text{net}_{pn}})^{-1} \quad f_n^o' = f_n(1 - f_n^o) = y_{pn}(1 - y_{pn}) \quad (3.72)$$

$$f_n(\text{net}_{pn}) = \tanh(\text{net}_{pn}) \quad f_n^o' = 1 - f_n^{o2} = 1 - y_{pn}^2 \quad (3.73)$$

Her üç etkinlik fonksiyonu için ağırlıkların yenilenmesi,

$$w_{nm}(t+1) = w_{nm}(t) + \rho(d_{pn} - y_{pn})z_{pm} \quad (3.74)$$

$$w_{nm}(t+1) = w_{nm}(t) + \rho(d_{pn} - y_{pn})y_{pn}(1 - y_{pn})z_{pm} \quad (3.75)$$

$$w_{nm}(t+1) = w_{nm}(t) + \rho(d_{pn} - y_{pn})(1 - y_{pn}^2)z_{pm} \quad (3.76)$$

şeklinde bulunur.

$$\delta_{pn}^o = (d_n - y_n) f_n^o'(\text{net}_{pn}^o) = \delta_{pn} f_n^o'(\text{net}_{pn}^o) \quad (3.77)$$

olarak tanımlayarak, çıkış katmanındaki ağırlıkların yenilenmesi ifadesi:

$$w_{nm}(t+1) = w_{nm}(t) + \rho^o \delta_{pn}^o z_{pm} \quad (3.78)$$

haline gelir.

Saklı katman ağırlıklarının yenilenmesi için bir hata ölçütüne ihtiyaç duyulmakta fakat saklı katman çıkışlarının ne olması gerektiği önceden bilinmediği için, bunu saklı katman için yapmak çıkış katmanındaki kadar kolay olmamaktadır. Bu yüzden saklı katman nöronları için öğrenme algoritması çıkış katmanındaki hatanın azaltılması için geliştirilebilir. Bu durumda (3.63) denklemi:

$$E_p(w) = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^N (d_{pn} - f^n(\text{net}_{pn}))^2 \quad (3.79)$$

$$E_p(w) = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^N (d_{pn} - f^n(\sum_{m=1}^M w_{nm} z_{pm} + z_0))^2 \quad (3.80)$$

biçiminde yazılabilir. Saklı katman ağırlıkları için E_p 'nin gradyenti:

$$\Delta_p w_{ml} = -\rho^h \frac{\partial E_p}{\partial w_{ml}} \quad m=1,2,\dots,M ; l=1,2,\dots,L \quad (3.81)$$

$$\frac{\partial E_p}{\partial w_{ml}} = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^N \frac{\partial}{\partial w_{ml}} (d_{pn} - y_{pn})^2 \quad (3.82)$$

$$\frac{\partial E_p}{\partial w_{ml}} = -\sum_{n=1}^N (d_{pn} - y_{pn}) \frac{\partial y_{pn}}{\partial (\text{net}_{pn}^o)} \frac{\partial (\text{net}_{pn}^o)}{\partial z_{pm}} \frac{\partial z_{pm}}{\partial (\text{net}_{pm}^h)} \frac{\partial (\text{net}_{pm}^h)}{\partial w_{ml}} \quad (3.83)$$

$$\frac{\partial E_p}{\partial w_{ml}} = -\sum_{n=1}^N (d_{pn} - y_{pn}) f_n^o{}'(\text{net}_{pn}^o) w_{nm} f_m^h{}'(\text{net}_{pm}^h) z_{pm} \quad (3.84)$$

ile hesaplanır. Saklı katman ağırlıkları,

$$\Delta_p w_{ml} = \rho^h f_m^h{}'(\text{net}_{pm}^h) z_{pm} \sum_{n=1}^N (d_{pn} - y_{pn}) f_n^o{}'(\text{net}_{pn}^o) w_{nm} \quad (3.85)$$

ifadesi ile değişir. (3.77) denklemi ile tanımlanan δ_{pn}^o ifadesi kullanılarak,

$$\Delta_p w_{ml} = \rho^h f_m^h{}'(\text{net}_{pm}^h) z_{pm} \sum_{n=1}^N \delta_{pn}^o w_{nm} \quad (3.86)$$

elde edilir. Burada saklı katman ağırlıklarının yenilenmesi, çıkış katmanındaki hata (δ_{pn}^o)'ye bağlı olarak ifade edilir. Çıkış katmanındaki hataların saklı katmana doğru, bu katman için dinamik hedeflerin bulunması amacıyla, geriye yayılımı nedeniyle, bu metoda Geriye Yayılım Metodu denilmektedir. Saklı katmandaki hata terimi;

$$\delta_{pm}^h = f_m^h{}'(\text{net}_{pm}^h) z_{pm} \sum_{n=1}^N \delta_{pn}^o w_{nm} \quad (3.87)$$

olarak ifade edilirse, saklı katman ağırlıklarının yenilenmesi ifadesi:

$$w_{ml}(t+1) = w_{ml}(t) + \rho^h \delta_{pm}^h z_{pm} \quad (3.88)$$

çıkış katmanı için elde edilmiş ifadeye benzer [27].

Burada tek saklı katmanı bulunan ileri beslemeli ağlar için verilen ağırlık yenileme ifadeleri, birden fazla saklı katman içeren ileri beslemeli ağlar için de genelleştirilebilir.

Geriye yayılım algoritmasının yakınsama hızı öğrenme parametresi ρ (ρ^o ve ρ^h) ile doğrudan ilgilidir. Eğer ρ küçükse minimuma ulaşmak mümkün fakat işlem sayısının artması nedeniyle yakınsama yavaş olacaktır. ρ büyük ise yakınsama hızlı fakat salınım sebebiyle bir minimuma ulaşmak mümkün olmayabilir.

Geriye yayılım metodunun yakınsama hızını artırmak için bir yöntem de (3.65) ve (3.85) denklemlerine bir momentum terimi eklenmesidir. Gradyente momentum teriminin ilave edilmesi ile ifade;

$$\Delta w(t) = -\rho \frac{\partial E_p}{\partial w_i(t)} + \alpha \Delta w_i(t-1) \quad (3.89)$$

$$\Delta w_i(t-1) = w_i(t) - w_i(t-1) \quad (3.90)$$

biçimini alır. Burada, α momentum parametresi olup 0 ile 1 arasında bir terimdir. Momentum terimi bir başka açıdan hata yüzeyinin oldukça düz bölgelerinde öğrenme parametresini artırır, fazla kararsız bölgelerde ρ 'ya yakın bir öğrenme sağlar [27].

Fahlman, momentum parametresini dinamik hale getirerek geriye yayılım metodunun gelişmiş bir çeşidi olan Hızlı Yayılım (quickpropagation) metodunu geliştirmiştir.

$$\alpha(t) = \frac{\frac{\partial E_p}{\partial w_i(t)}}{\frac{\partial E_p}{\partial w_i(t-1)} - \frac{\partial E_p}{\partial w_i(t)}} \quad (3.91)$$

Bu $\alpha(t)$ parametresi (3.89) denkleminde yerine koyularak ağırlık değişimine dinamik momentum parametresi ilave edilir.

$$\Delta w_i(t) = -\rho \frac{\partial E_p}{\partial w_i(t)} + \frac{\frac{\partial E_p}{\partial w_i(t)}}{\frac{\partial E_p}{\partial w_i(t-1)} - \frac{\partial E_p}{\partial w_i(t)}} \Delta w_i(t-1) \quad (3.92)$$

(3.91) denklemindeki $\alpha(t)$ dinamik parametresi ile hata yüzeyinde mevcut eğim bir öncekinden küçük ve aynı işaretli ise $\alpha(t)$ pozitifdir ve ağırlık değişimi hızlanacaktır. Burada hızlanma oranı eğimler arasındaki farkın oranına bağlı olacaktır. Eğer mevcut eğim bir öncekiyle farklı yönde ise, ağırlıklar bir minimumdan geçiyor demektir. Bu durumda $\alpha(t)$ negatif işaretlidir ve ağırlık değişimi azalır [27].

Eğitim, genellikle teker teker yapılır (batch size = 1). Bir eğitim seti örneği okunur, ağ çıkışları hesaplanır ve ağırlıklar bu örneğin cevabına göre ayarlanır. Bir defada eğitime giren örneğin (batch size) sayısı artırılarak, örneklerdeki sapmalar tolare edilebilir. Eğitime giren örnek sayısının eğitim setine eşit olması durumu minimumun bulunmasını hızlandırmaktadır.

3.2.5 Yapay Sinir Ağları İle İlgili Genel Özellikler

3.2.5.1 Eğitim (Training)

Yapay sinir ağlarının en önemli işlemlerinden birisi eğitim işlemidir. Eğitim algoritmaları problemin özelliğine bağlı olarak öğrenme kuralını YSA'na nasıl uygulanacağını belirler.

Yapay sinir ağlarının eğitimi iki şekilde olmaktadır. En çok kullanılan yöntem denetimli (supervised) eğitimidir. Bu öğrenme şeklinde YSA'na uygulanacak olan örneklerin bulunduğu eğitim kümesi (training set) bütün girişleri ve bu girişler uygulandığı zaman istenen çıkışların tamamını kapsar. Yani $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ şeklindeki giriş vektörü; $(y_1, y_2, \dots, y_n)$ şeklindeki çıkış vektörü tam olarak bilinmektedir. Bu eğitim kümesinden bir örnek alınır ve ağa girilir. Her bir $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ örnek çifti için ağ tarafından elde edilen çıkışla, elde edilmek istenen çıkışlar karşılaştırılır. Bu örnek işlendikten sonra ağdaki nöronları birbirine bağlayan ağırlıklar yenilenir. Bu yenileme, ağ sonuçlarındaki hatanın azaltılmasını sağlayacak şekilde yapılır. Her bir örneğin ağ boyunca işlenip, ağırlıkların ayarlanması bir çevrim (cycle) olarak adlandırılır. Eğitim setindeki örneklerin sayısı çevrim sayısını belirler. Eğitim çevrimi, ağın performansı yeterli seviyeye veya çevrim belli bir değere ulaşıncaya kadar devam eder.

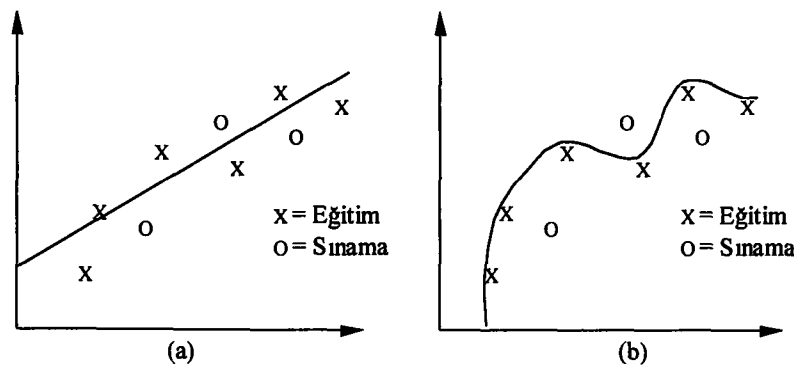
Başka bir öğrenme şekli de denetimsiz (unsupervised) öğrenmedir. Denetimsiz öğrenmede bir grup giriş örneğine karşılık belli bir çıkış grubu yoktur. Yapay sinir ağı girişler arasındaki farklılıkları belirleyerek, girişleri özelliklerine göre sınıflandırır. Ağı çıkışı, girişin bu sınıflardan hangisine ait olduğunu gösterir.

Bu iki öğrenme şeklinin dışında karma öğrenme metodu da vardır. Zorlamalı (reinforcement) öğrenme gerçek çıkışlar belirlenmediğinden denetimsiz; eğitim setindeki bir örneğin cevabının iyi veya kötü olduğunu belirtmesi bakımından denetimli bir öğrenme şeklidir [29,30].

3.2.5.2 Geçerliliğin Sınanması (Testing)

Bir ağı eğitilip hemen kullanılması uygun değildir. Öncelikli olarak ağı yeterliliğin sınanması gerekir. Buna geçerliliğin sınanması denir. Bunun için genel yöntem bilinen durumlardan bir kısmını eğitim grubu, bir kısmını sına (test) grubu olarak kullanmaktır.

Test etmenin önemi göz ardı edilmemelidir. Çoğu durumda geçerli bir test, iyi bir eğitimden daha önemlidir. YSA'nın istenilen giriş çıkış ilişkisini sağlayıp sağlamadığı, ağı çıkışı ile istenilen çıkışlar arasındaki hataya bakılarak belirlenebilir. Eğitim setinde oldukça küçük bir hata elde etmek ve yanlışlıkla ağı ile ilgili her şeyin iyi olduğu sonucuna varmak mümkündür. Fakat Şekil 3.7 küçük eğitim seti hatasının neden bazen yanıltıcı olabileceğini göstermektedir. Eğer model, eğitim setindeki durumların sayısına bağlı çok fazla serbest parametre içeriyorsa, o zaman model veriye çok fazla uyum sağlar (Şekil 3.7(b)) (ezberleme, overfit). YSA verilerin genel yapısını öğrenmekten çok eğitim kümesindeki verilerin gereksiz ayrıntılarını öğrenir. Doğal olarak test setindeki hata, eğitim setindeki hatadan büyük olur. Fakat bu hata çok büyükse, veriler aynı topluluğu temsil etmiyor veya aşırı uyum meydana gelmiş olabilir. Bununla birlikte eğitim çevriminin az yapılması da test setinde büyük hatalara sebep olabilir [26].

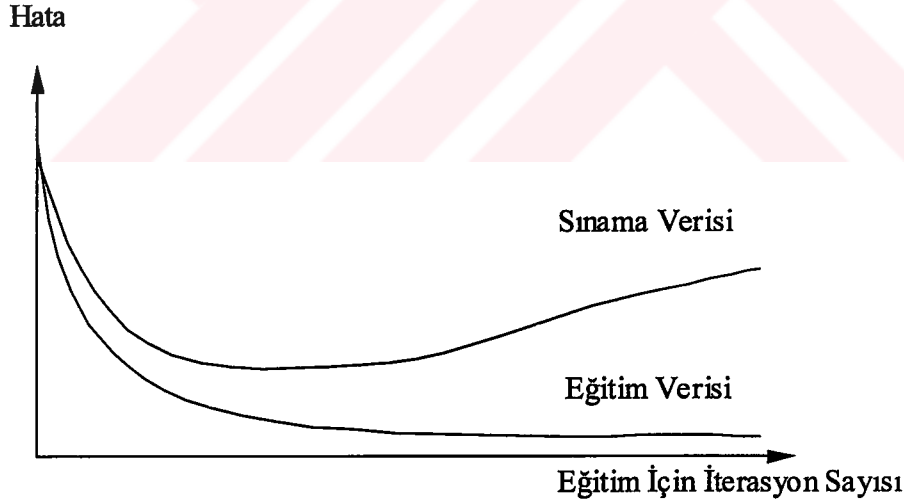


Şekil 3.7 (a) Veri setine iyi uyum (b) Veri setine aşırı uyum

Bir ağın genelleştirme yeteneğini sağlayabilmesi ve çıkış hatasını minimum yapabilmesi optimum nöron ve optimum eğitim süresi gerekir.

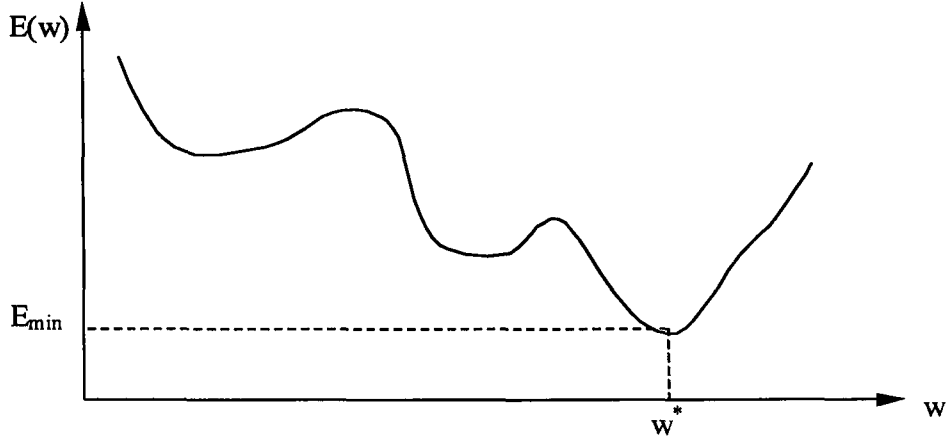
Ağın eğitim setindeki örnekler için üreteceği hata, saklı katmandaki nöronlar artırılarak bir noktaya kadar azaltılabilir. Ancak saklı katmanlardaki nöronların artırılması, sınama kümesinin vereceği hata için aynı başarıyı sağlamayabilir. Ağın genelleştirme yeteneği en fazla nöronla elde edilemez. Saklı katman için en uygun sayıda nöron, eğitim ve sınama kümeleri için en uygun sonucu verendir.

Ağdaki nöron sayısı uygun değerin üzerine çıkarılırsa ve eğitim için çok fazla iterasyon yapılırsa fazla uyum (ezberleme, overfit, overtraining) meydana gelir. Fazla uyum (ezberleme) durumunda eğitim kümesindeki giriş çıkışlar arasındaki ilişki çok iyi bir şekilde sağlandığı halde (ağ çıkışları ve istenen çıkışlar arasındaki hata çok küçük olduğu durum) sınama kümesi için bu ilişki iyi olamamaktadır. Şekil 3.8 eğitim ve sınama kümeleri için, ağın eğitim için yapılan iterasyon sayısına bağlı olarak verdiği hatayı göstermektedir. Eğitim setindeki hata iterasyon sayısı ile azalmakta fakat sınama kümesindeki hata belirli bir değerden sonra artmaktadır [26,27].



Şekil 3.8 İterasyon sayısı ile eğitim ve sınama kümeleri hatalarının ilişkisi

Ağırlık yüzeyi (Şekil 3.9) üzerinde lokal bir minimum noktayı yakalamış olmak mümkündür. Böyle bir durumda öğrenme işlemi son bulacak, fakat çıkış hatası halen büyük bir seviyede olacaktır. Bu durum uygulamada fazla zorluk çıkarmamaktadır. Ağa yeni bir düğüm eklenmesi, öğrenme parametrelerinin değiştirilmesi veya yeni bir ağırlık setinin kullanılması bu sorunu çözebilir. Ağ kabul edilebilir bir çözüme ulaştığı zaman, bu durumun global veya lokal bir duruma karşılık geldiği kesin olarak garanti edilemez. Ancak çözüm hata değeri bakımından da kabul edilebilir bir çözüm ise minimumun lokal veya global olması fazla önem taşımamaktadır.



Şekil-3.9 Hata yüzeyi kesiti

3.2.5.3 Genelleme Yeteneği

Geleneksel olarak yapay sinir ağı uygulamaları algılama (recognition) ve genelleme (generalization) olarak iki ana temele ayrılır. Her iki durumda için ağ $\{x_1, d_1\}$, $\{x_2, d_2\}, \dots, \{x_n, d_n\}$ giriş ve çıkış çiftleri için eğitilir. Algılama probleminde eğitilen ağ önceden görülmüş bir x_j ($1 \leq j \leq n$) girişi ile test edilir. Buradaki giriş işareti gürültü tarafından bozulmuştur ve ağın gürültüye rağmen x_j rağmen d_j çıkışını verebilmesi istenir. Algılama problemine örnek olarak el yazısı ve şekil tanıma çalışmaları gösterilebilir.

Genelleme probleminde ise eğitilmiş ağ eğitim seti dışındaki x_{n+1} giriş değeri test edilir ve ağın x_{n+1} giriş değerine karşılık d_{n+1} çıkış değerini doğru olarak vermesi amaçlanır. Genelleme problemine örnek olarak istatistiksel tahminler, regresyon analizi ve karar alma modelleri gösterilebilir. Bu iki yöntem için kullanılan öğrenme algoritmaları farklılık göstermektedir. Algılama probleminde ağın daha önceki giriş çıkış çiftlerini hatırlayabilmesi yeterli iken genelleme probleminde daha önce karşılaşılmamış bir girdi ile çalışmakta ve önceki değerlerin doğrudan hatırlanması istenmeyen bir durum olmaktadır [26].

3.2.5.4 Yapay Sinir Ağı Mimarisi

Yapay sinir ağları, ağ yapısı, eğitim algoritmaları bakımından farklılıklar göstermektedir. Ağ yapısı standart bir şekilde olmayıp problemden probleme değişmektedir. Ağın giriş ve çıkış nöronlarının sayısı problemin kendisi tarafından belirli olduğu halde saklı katman ve bu katmanlardaki nöronların sayısı belirli değildir.

Birçok problem için birden fazla saklı katman kullanmaya gerek yoktur. Ağın giriş ve çıkışları arasındaki ilişki sonlu ve sürekli yapıda olduğu için tek saklı katmanlı yapı ile bu ilişki öğrenilebilir. Bir veya iki saklı katmanlı ağ yapıları arasında istatistiksel olarak belirgin bir başarımlar farkı bulunmadığı görülmüştür [31]. Birden fazla saklı katman kullanılması durumunda, hataların ilave katmana doğru geriye yayılması gradyenti karasız yapması ve hata fonksiyon yüzeyinde yerel minimuma takılma ihtimali bulunduğundan, eğitim yavaşlamaktadır. Bunun yanında bazı problemlerde birden fazla saklı katman kullanılması eğitim süresinin kısalmasına ve giriş-çıkış ilişkisinin belirlenmesinin sağlanmasında uygun olmaktadır.

Saklı katmanlardaki nöron sayısı, ağın genelleme başarısını etkilemektedir. Saklı katmanlardaki nöronların sayısı çeşitli formüllerle verilmektedir. Fakat bu her problem için uygun sonuç vermemekte, uygun ağ mimarisi genellikle deneme yanılma yöntemi ile bulunmaktadır. Bunun için önce en az sayıda nöronla başlanıp ve nöron sayısı istenilen yakınsama sağlanıncaya kadar veya nöron sayısını artırmanın, yakınsama sonucunda fazla bir değişikliğe sebep olmayıncaya kadar artırılır [31].

Saklı katmanlardaki fazlalık nöronları YSA'larında ezberleme olayına sebep olabilir. Bunun yanında özellikle dinamik olarak değişen sistemler için fazlalık nöronlar, hata tolerans yeteneği sağladığından faydalı olabilir. Pratik çalışmalar göstermektedir ki tek giriş ve tek çıkışlı ağ yapısı için dahi yakınsama yapılmak istenen fonksiyona bağlı olarak, saklı katmanlarda onlarca nörona gerek duyulabilir [26,31].

[15] de elektrik güç sistemlerinde yük tahmini için YSA kullanılması ile ilgili yapılan çalışmada YSA modelinin sistem bağımlı olup olmadığı, yani modelin sistemden sisteme değişip değişmediği araştırılmıştır. Araştırma YSA modelinin tek olmadığını, değişik yük karakteristiğindeki güç sistemleri farklı YSA yapıları gerektirdiğini göstermektedir.

Bir fonksiyon YSA tarafından öğrenilememesinin sebepleri: eğitimin gereken süreyle yapılmamış olması, saklı katman nöronlarının yeterli sayıda olmaması veya öğrenilmeye çalışılan fonksiyonun deterministik olmamasından kaynaklanabilir [11].

3.2.5.5 Zaman Serisi Analizi

Yapay sinir ağlarının doğru çalışması her zaman tam olarak test edilemez. Bu ise ağların tahminini genellikle belirsiz kılmaktadır. Buna rağmen, zaman serisi analizlerinde YSA'nın diğer geleneksel yöntemlere göre iki önemli üstünlüğü vardır.

1. Çok yönlü ve kullanışlı olduklarından bir model seçimine gerek yoktur. Diğer yöntemlerde olduğu gibi AR, MA, ARMA, ... gibi modellerden birinin seçilmesi yerine, sadece verileri ağa verip ağın öğrenmesi sağlanır.
2. Kaotik, düzensiz bileşenler, diğer yöntemlere oranla, YSA ile daha iyi bir şekilde tolare edilir.

Birçok sinir ağı tekniğindeki en büyük tehlike aşırı uyumdur. Birçok ağ geleneksel modellere göre daha fazla serbest değişken içerdiğinden, hassas bir şekilde eğitim setine uyum sağlanabilirken, popülasyonun modellenmesi kötü olabilmektedir. Uygun bir teknikle, dikkatli bir eğitim bunu tespit edebilir.

Birçok bilimsel, ekonomik ve mühendislik uygulamalarında, geçmişteki değerler (geçmiş zaman verileri) kullanılarak zaman serisinin gelecekteki değerleri tahmin edilir.

Yapay sinir ağlarının en önemli avantajı F gibi sürekli doğrusal olmayan bir fonksiyon oluşturabilmeyi veya genelleştirebilmeyi sağlayabilmesidir. Böyle bir model, sistemlere kolay uyan ve genel bir modeldir. Genel olarak bir yapay sinir ağı, zaman serisinin önceki değerleri ağın girişlerine uygulandığı zaman bir basamak ilerisi için tahmin yapabilir. Daha ileri tahminler yapmak için, tahmin edilen $y'(k)$ çıkışı, ağın giriş setine eklenerek, $y'(k+1)$ için tahmin yapılır. Böylece tahmin edilen değerler ağın girişine uygulanarak bir sonraki değer tahminine devam edilir. Yapay sinir ağlarının özelliğine bağlı olarak 1,2,3,4 basamak sonraki zaman serilerinin tahmini yapılabilir. Yapay sinir ağının amacı verilen çok girişli tek çıkışlı bir doğrusal olmayan işlemeyi yapmaktır.

YSA'nın öğrenme süreci eğitim setine en iyi şekilde uyan basit doğrusal olmayan fonksiyonlardan oluşmuş bir çok boyutlu bir uzayı meydana getirmektir. Yapay sinir ağı bu fonksiyonu bulmak için geçmişe ait değerlerle eğitilir. YSA'nın genelleştirme yeteneği, test setini hiper yüzeye interpolasyonunu yapmaktır (çok boyutlu genelleştirme fonksiyonu). Benzer şekilde geleceğin tahmini çok boyutlu fonksiyonun ekstrapolasyonu olarak yorumlanabilir.

Birçok yapay sinir ağı birden fazla çıkış üretebilmekte, fakat birden fazla çıkışın farklı ön tahminleri öğrenmesi için eğitilmesi uygun olmamaktadır. Bunun yerine her ön tahmin için yapay sinir ayrı ayrı eğitilmelidir. Başka bir deyişle iki çıkışlı bir ağ yerine tek çıkışlı iki tane ağ kullanılmalıdır [26].

Bazı yapay sinir ağları çıkışlarının alabileceği aralıklarla sınırlıdır. Örneğin lojistik (sigmoid) aktivasyon fonksiyonu teorik olarak 0 ile 1 arasında değer alabilir. Aslında bütün ağlar giriş ve çıkışları bir aralıkta kaldığı takdirde daha iyi eğitilebilir.

Bununla birlikte doğrusal çıkış fonksiyonları kullanılabilir. Ağın doğrusallaştırılması, çeşitli durumları hatırlayabilme yeteneğini engel olabilir. Fakat saklı katmanlar hala doğrusal olmayan fonksiyon içerdiklerinden çok ciddi bir problem oluşturmaz.

3.3 Bulanık Mantık

Bulanık mantık (Fuzzy Logic) kavramı ilk kez 1965 yılında Lotfi A. Zadeh'in bu konu üzerinde ilk makalesini yayınlaması ile duyuldu. O tarihten sonra önemi gittikçe artarak günümüze kadar gelen bulanık mantık belirsizliklerin anlatımı ve belirsizliklerle çalışılabilmesi için kurulmuş bir matematiksel düzen olarak tanımlanabilir.

Mühendislik ve diğer bilim dallarında olaylar ve sistemler kesin matematik modeller kullanılmak suretiyle ele alınıp incelenirler. Oluşturulan bu modelin kullanılması ile sistemin veya olayın gelecekte alacağı durum veya göstereceği davranış biçimi tahmin edilir. Fakat günlük hayatta karşılaşılan problemlerin çeşitli nedenlerden dolayı tam olarak modellenemeyebilir veya kesinlik içermeyebilir. Bu tip problemlerin incelenmesinde ve çözülmesinde bulanık mantık yaklaşımı uygulanabilir.

Klasik mantık işlemlerinde doğruluk değeri olarak sadece $\{0,1\}$ veya “doğru” ve “yanlış” değerlerini kullanırken, bulanık mantıkta $[0,1]$ aralığındaki sonsuz değeri doğruluk değeri olarak kullanılır. Gerçek hayata baktığımızda hemen hemen hiçbir şey kesinlikle doğru veya kesinlikle yanlış değildir; önermeler genelde kısmen doğru veya kısmen yanlıştır.

Bulanık kuramın temel kavramı bulanık kümelerdir. Örneğin “orta yaş” kavramını inceleyecek olursak, bu kavramın sınırlarının kişiden kişiye değişiklik gösterdiğini görürüz. Kesin sınırlar söz konusu olmadığı için kavramı matematiksel olarak kolayca ifade edemeyiz. Ama genel olarak 35-50 yaşları orta yaşlılık sınırları olarak

düşünülebilir. Bu durum grafik olarak düşünülürse aitlik eğrisi adı verilen ve kavram içinde hangi değerin hangi ağırlıkta olduğunu gösteren bir eğri çıkar.

Bulanık mantık sistemine örnek olarak. Bir ifade tamamen yanlış ise klasik mantıkta olduğu gibi 0 değerinde; tamamen doğru ise 1 değerindedir. Bunların dışında tüm ifadeler 0'dan büyük 1'den küçük değerler alırlar. Yani değeri 0,25 olan bir ifadenin anlamı %25 doğru, %75 yanlış demektir.

Bulanık mantığın uygulama alanları geniştir. Sağladığı en büyük fayda ise insana özgü tecrübe ile öğrenme olayını kolayca modelleyebilmesi ve belirsiz kavramların bile matematiksel olarak ifade edilebilmesine olanak tanınmasıdır. Bu nedenle doğrusal olmayan sistemlere yaklaşım yapabilmek için özellikle uygundur.

Bulanık sistem yaklaşımları yük tahmininde sıcaklık, gün tipi (tatil, iş günü,...) gibi yük değişim faktörleri içeren günlere ait yükün tahmin edilmesinde iyi sonuçlar vermektedir. Bununla birlikte YSA ve bulanık mantık tekniklerinin beraber kullanımı ile daha etkin sistemler dizayn etmek mümkündür. Bu iki teknik kullanılarak yapılan bazı yük tahmini çalışmaları [32-34] kaynaklarında vardır.

Yukarıda verilen yük tahmini metotlarına ek olarak literatürde başka tahmin metotları da vardır.

Son kullanım modelleri konut, ticari ve endüstri tüketicilerinin yük tahminlerinin yapılmasında kullanılır. Son kullanım yönteminin esası sisteme yıllık ilave olan elektrik tüketim cihazlarının ve cihaz başına tüketilen enerji tahmin edilir. Bu iki büyüklük çarpıldığı zaman yıllık enerji tüketimi bulunur. Tahminler her cihaz için ayrı ayrı yapılarak, bütün cihazların enerji tüketimleri toplandığında istenen tüketici grubu için yıllık enerji tüketimi bulunmuş olur. Yöntemin en büyük dezavantajı çok fazla ayrıntılı veri gerektirmesidir [1].

Bir başka metot yüzeysel yük tahminidir. Yüzeysel yük tahmini iletim ve dağıtım sistemlerinin planlaması ve şehir şebekelerinin yeniden yapılandırılması için kullanılır. Bunun için tüketiciler bölge içinde evler, apartmanlar, dükkanlar, fabrikalar gibi çalışma gruplarına ayrılır. Bu grupların her biri için ayrı ayrı tahmin yapılır ve bölgesel olarak enerji talebi bulunur. Yerleşimin az olduğu yerlerde, küçük yol bağlantıları kullanılarak tahmin yapılmaya çalışılır. Bu yöntemde tüketici grupları, yerleşimi, bölgenin coğrafik yapısı, ileriye yönelik planlama çalışmaları gibi verilere ihtiyaç vardır [35].

Bir başka yük tahmini metodu da uzman sistemlerdir. Bilgi tabanlı yapay zeka sistemi, belirli bir uygulama alanına ilişkin pratik çözüm veya yordamlama bilgilerinden (sezgi, yargı ve çıkarımlar) oluşmuş bir bilgi tabanına dayalı olarak çalışır. İnsanların kendilerine ait bilgi tabanı sistemindeki eğer-o-zaman (if-then) kurallarını kullanarak belirli soruları çözebilme kabiliyeti bu yapay zeka türüne ilham kaynağı olmuştur. Bilgi tabanlı sistemlerin en gelişmiş örneği uzman sistemleridir. Uzman sistemler kullanılarak yapılan bazı yük tahmini çalışmaları [18] de verilmiştir.



4. ÇUKUROVA ELEKTRİK A.Ş. BÖLGESİ ENERJİ VE PUANT GÜÇ TAHMİNLERİ

Enerji ve puant güç tahminleri yapılan ÇUKUROVA ELEKTRİK A.Ş. (ÇEAŞ) görev bölgesi, Adana, İçel, Antakya, Osmaniye ve kısmen Kahramanmaraş illerini kapsamaktadır. Bölge doğudan batıya yaklaşık 400 km'lik bir şerit oluşturmaktadır. Kuzeyden güneye ise, Aslantaş-Hatay arası yaklaşık 150 km'dir. Bölge içinde 49 tane trafo merkezi vardır. Trafo merkezleri Tablo A.2'de verilmiştir. Enerji ve puant güç tahminleri 2020 yılına kadar uzun dönem yük tahmini olarak yapılmıştır. Enerji tahminlerinde kullanılan parametrelerin 2020 yılına kadar tahmin değerleri Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE) verilerinden mevcut olmadığı için, öncelikli olarak parametre tahminlerinin yapılması gerekmektedir. Bölgeye ait enerji ve güç değerleri ÇEAŞ Yük Tevzii Müdürlüğü İşletme Raporlarından alınmıştır [36]. Bölgenin sosyal ve ekonomik verileri DİE verilerinden alınmıştır [37].

İstatistiksel yöntemler kullanılarak yapılan tahmin çalışmalarında Microsoft Excel programının menülerinden yararlanılmıştır.

İstatistiksel yöntemlerle yapılan tahminlerde regresyon ve çeşitli zaman fonksiyonları kullanılmıştır. Bu fonksiyonlardan geçmiş verilere en uygun olanları ile bulunan sonuçlar verilmiştir. Tablolarda koyu renkli hücrelerde verilen değerler, hesaplanan tahmin değerlerini göstermektedir. Tahminlerde kullanılan fonksiyonlar şu şekildedir:

Regresyon Analizinde:

$$\text{Doğrusal Regresyon: } Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + \dots + b_nX_n$$

$$\text{Üstel Regresyon: } Y = (a * (b_1^{X_1}) * (b_2^{X_2}) * (b_3^{X_3}) * \dots * (b_n^{X_n}))$$

Zaman fonksiyonu olarak:

$$\text{Dorsal Fonksiyon: } Y = a + b_1X$$

$$\text{Polinomsal Fonksiyon: } Y = a + bX + cX^2 + dX^3 + \dots + eX^6$$

$$\text{Logaritmik Fonksiyon: } Y = a + b * \ln(X)$$

Üstel Fonksiyon: $Y = b \cdot e^{aX}$

Kuvvet (Üs) Fonksiyonu: $Y = b \cdot X^a$

Hareketli Ortalama: $F_t = (Y_t + Y_{t-1} + \dots + Y_{t-n+1}) / n$

Uzun dönem yük tahminlerindeki belirsizlikler nedeniyle tek bir metodun verdiği sonucun alınması yerine, birden fazla yöntemle elde edilmiş olan tahmin sonuçlarının birleştirilmesi daha uygun olmaktadır. Birleştirme yöntemiyle, tahmin metodlarının verdiği sonuçlardaki belirsizlikler azaltılmaktadır [4]. Bu çalışmada tahminler yapılırken aynı veri için birden fazla fonksiyon bulunarak ileriye yönelik tahminler yapılmışsa, bu tahminlerin R^2 ile orantılı ağırlıklı ortalaması alınarak tahmin sonucu olarak tek bir sonuç verilmiştir. Bunun için örneğin, üç fonksiyon için bulunan R^2 değerleri 0,95-0,97-0,98 ise ve bu fonksiyonlar kullanılarak bulunan tahmin değerleri A-B-C ise bunların ağırlıklı ortalaması:

$$\frac{(A * ((1 - 0,97) + (1 - 0,98))) + (B * ((1 - 0,95) + (1 - 0,98))) + (C * ((1 - 0,95) + (1 - 0,97)))}{2 * ((1 - 0,95) + (1 - 0,97) + (1 - 0,98))}$$

(4.1)

Bölge için, yapay sinir ağları kullanılarak yapılan tahminler, ThinksPro adında Logical Designs Consulting Inc. tarafından geliştirilen bir program ile yapıldı. Program hakkında genel bilgi Ek B'de verilmiştir. Programın 30 günlük kullanımlı trial versiyonu 3^{1/2} floppy disket olarak tezin sonunda verilmiştir.

4.1 Parametre Tahminleri

ÇEAŞ bölgesi için yapılan enerji talebi tahmin çalışmalarında parametre olarak Devlet İstatistik Enstitüsü'nün (DİE) ilgili illerin nüfus, kişi başına gayri safi yurt içi hasıla (KBGSYİH), sabit fiyatlarla gayri safi yurt içi hasıla (SFGSYİH), sanayi endeksi (SE), ve TEDAŞ bölge enerji satış verilerinden yararlanılmıştır [37]. Parametrelerin mevcut bilinen değerleri Tablo 4.1'de verilmiştir. Bu parametrelerden istatistiki olarak uygunluğu test edilenler, enerji tahminlerinin regresyon ve YSA ile tahmininde kullanılmıştır.

Parametre tahminleri yalnızca istatistiksel metotlarla yapılmıştır. YSA ile yapılan zamana bağlı parametre tahminleri, aşağıda verilen tahmin çalışmalarından elde edilen değerlerin çok altında kalması nedeniyle, bunlara ait YSA tahmin sonuçları verilmemiştir. YSA ile enerji tahminlerinde istatistiksel metotlarla elde edilen parametre tahmin değerleri kullanılmıştır.

Tablo 4.1 ÇEAŞ Bölgesine ait mevcut bağımsız parametre değerleri

YILLAR	NÜFUS milyon			KGGSY/H USD			SFGSY/H milyar TL			TEDAS GWh	SANAYİ E
	Adana	İçel	Hatay	Adana	İçel	Hatay	Adana	İçel	Hatay		
1981											47,5
1982											51,4
1983											55,6
1984											61,7
1985											65,3
1986											73,0
1987				1654	2061	1462	2590	1993	1324		80,7
1988				1612	2065	1554	2614	2004	1341		81,9
1989				2007	2327	1638	2760	2098	1298		84,9
1990	1934,9	1267,0	1109,8	2702	3351	2237	3017	2349	1429		92,9
1991	1962,9	1302,5	1123,5	2543	3150	2017	2867	2341	1357		95,4
1992	1990,8	1337,9	1137,2	2706	3099	2118	3041	2452	1456		100,1
1993	2018,8	1373,4	1150,9	2920	3850	2532	3192	2918	1683		108,2
1994	2046,8	1408,9	1164,6	2237	2630	1932	3002	2617	1555	1962,9	101,5
1995	2074,8	1444,4	1178,3	2844	3167	2268	3279	2719	1646	2100,7	114,3
1996	2102,7	1479,8	1192,0	2928	3150	2426	3572	2643	1727	2144,2	122,9
1997	2130,7	1515,3	1205,7	3553	3495	2562	3443	2924	1861	2520,4	131,7
1998				3707	3579	2637	3572	3001	1865	2802,4	

4.1.1 Nüfus

Enerji kullanımı doğrudan insanların kullanım alışkanlıkları ve tüketimleri ile ilgili olduğu için, mevcut birey sayısının artması enerji tüketimini artırmaktadır. Bununla birlikte nüfustaki değişimin milli geliri ve ekonomiyi etkilemesi, bu değişkenlere bağlı olan endüstriyel, ticari vb. enerji tüketimlerini de etkilemektedir.

Nüfus için DİE verilerinden yararlanılmıştır. Adana, İçel ve Hatay illerine ait 1990 ve 1997 yılına ait değerler vardır (Tablo 4.1). İllere ait nüfus tahminleri doğrusal ve üstel artışlar için hesaplanmış ve bu değerlerin aritmetik ortalaması alınarak illere ait 2020 yılına kadar nüfus tahminleri bulunmuştur. Doğrusal ve üstel eğri denklemleri 1990 ve 1997 yılına ait illerin bilinen nüfus değerlerinden hesaplanmıştır. 1987-1997 yılları arasındaki yıllara ait illerin bilinmeyen nüfus değerleri yine aynı eğri denklemleri ile hesaplanmıştır. Bu eğri denklemleri:

Adana İli Doğrusal: $Y = 27,9717 \cdot X - 53729$

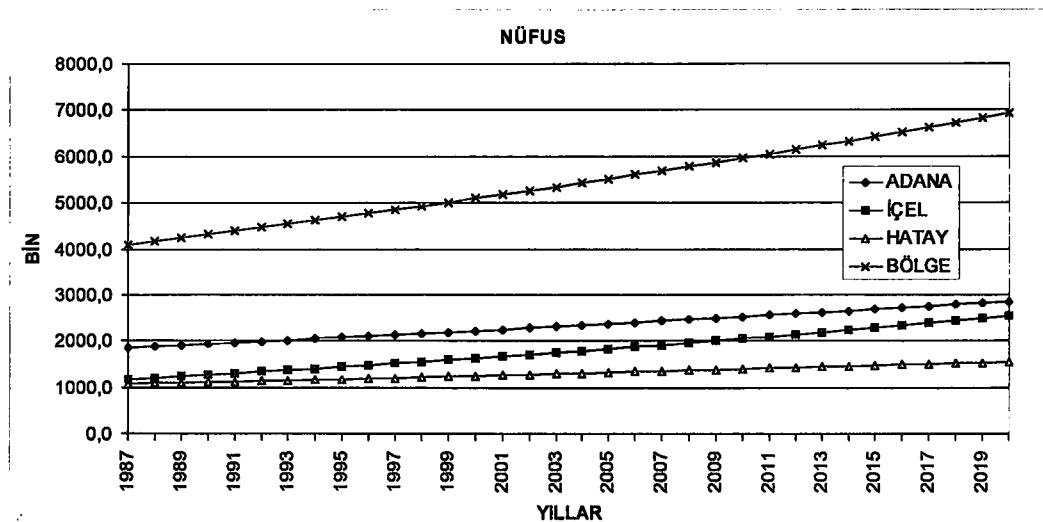
Üstel: $Y = 2,428 \cdot 10^{-9} \cdot 1,013866^X$

İçel İli Doğrusal: $Y = 35,47143 \cdot X - 69321$

Üstel: $Y = 1,0175 \cdot 10^{-19} \cdot 1,025896^X$

Hatay İli Doğrusal: $Y = 13,71157 \cdot X - 26176$

Üstel: $Y = 6,3649 \cdot 10^{-8} \cdot 1,01192^X$



Şekil 4.1 2020 yılına kadar Adana, İçel, Hatay ve Bölge nüfusu tahminleri

Burada X'ler yılları (1987,1988,...) göstermektedir. Bölge toplam nüfusu, illere ait ortalama nüfus değerlerinin toplamıdır. Eğrilere ait R^2 değerleri, 2020 yılına kadar bölge toplam nüfusu ve bölge nüfusunun artış yüzdesi Tablo 4.2'de verilmiştir. Adana, İçel, Hatay illeri ile bölge nüfusunun 2020 yılına kadar gelişimi Şekil 4.1'de verilmiştir. Enerji tahminlerinde bölge toplam nüfusu kullanılmıştır.

4.1.2 SFGSYİH

Milli gelir hesapları bir ülkenin kalkınma ve ekonomik gelişme durumunu, iktisadi faaliyetlerden yaratılan gelirini gösterir. Bu hesaplar kalkınma plan ve programlarının hazırlanmasına esas olan verileri teşkil eder. Ekonomi politikalarının etkisini ve başarı derecesini ölçmekte en önemli rolü oynayan milli gelir hesapları bu seviyeye uzun yıllar süren çalışmalar sonucu ulaşmıştır. Bu çalışmaların temeli bir ekonomideki toplam geliri hesaplama esasına dayanmaktadır.

Milli gelir bir ülkede belli bir dönemde mal ve hizmet üretiminden doğan üretim faktörleri gelirlerinin toplam parasal değerini, diğer bir deyişle, milli ekonominin bir yıl içinde yarattığı toplam net hasılayı ifade eder. Milli gelir ekonomi bütününde para akımını değil, reel olarak mal ve hizmet akımını belirtir, ama bu akım sadece fiyatlarla ifade edilebilir.

GSYİH, bir ekonomide yerleşik olan üretici birimlerin belli bir dönemde, yurtiçi faaliyetleri sonucu yaratmış oldukları tüm mal ve hizmetlerin üretim değerleri toplamından bu mal ve hizmetlerin üretiminde kullanılan girdiler toplamının düşülmesi sonucu elde edilen değerdir. Çeşitli yılların GSMH rakamlarının reel olarak karşılaştırılması gerektiğinde, fiyat değişikliklerinden gelen etkiyi yok etmek gerekmektedir. Sabit Fiyatlarla Gayri Safi Milli Hasıla bu etkiyi yok ederek, belli bir dönemde yer alan gerçek değişimleri ölçmektedir [37, 38].

Adana, İçel ve Hatay illerinin SFGSYİH verileri milyar TL olarak 1987 yılından 1998 yılına kadar DİE verilerinden mevcuttur (Tablo 4.1). Bilinen bu 12 yıllık değerlerden zaman fonksiyonu olarak doğrusal ve üstel eğriler ile 2020 yılına kadar hesaplanan değerler Tablo 4.3'de verilmiştir. Ayrıca bölge toplam SFGSYİH değerlerinden doğrusal ve üstel eğriler ile hesaplanan değerler de tabloda verilmiştir. Üç ile ait SFGSYİH değerleri toplanarak bölgenin 2020 yılına kadar SFGSYİH tahmin değerleri bulunmuştur. Enerji tahminlerinde Tablo 4.3 "toplam" sütunundaki değerler kullanılmıştır. Tahmin değerlerinin hesaplanmasında kullanılan fonksiyonlar:

Adana İli Doğrusal: $Y = 90,2552 \cdot X - 176754,5$

Üstel: $Y = 9,99 \cdot 10^{-23} \cdot 1,02989^X$

İçel İli Doğrusal: $Y = 92,05245 \cdot X - 180909,6$

Üstel: $Y = 6,95 \cdot 10^{-30} \cdot 1,038335^X$

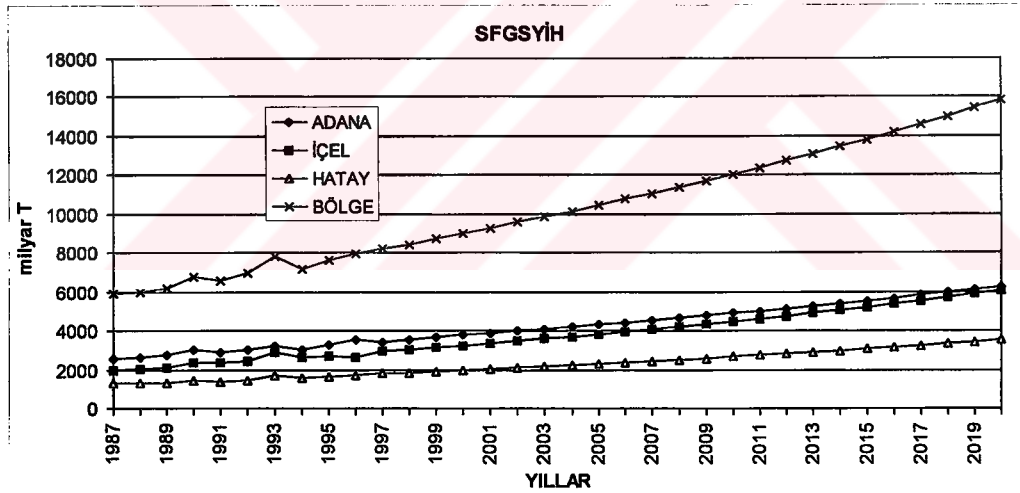
Hatay İli Doğrusal: $Y = 54,3357 \cdot X - 106718,6$

Üstel: $Y = 9,96 \cdot 10^{-28} \cdot 1,035501^X$

Bölge Doğrusal: $Y = 236,643 \cdot X - 464383$

Üstel: $Y = 7,37 \cdot 10^{-26} \cdot 1,03406^X$

Burada X 'ler yılları (1987,1988,...) göstermektedir. Adana, İçel, Hatay illeri ile bölgenin SFGSYİH'nın 2020 yılına kadar gelişimi Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.2 2020 yılına kadar Adana, İçel, Hatay ve Bölge SFGSYİH tahmin değerleri

4.1.3 KBGSYİH

Bir ülke milli gelirinin artmasında nüfusun önemli bir rolü vardır. Yani mevcut nüfusa ilave edilen her fert, milli gelirin artmasına sebep olur. Örneğin bir ülkede nüfus milli gelirden daha hızlı bir gelişme gösterirse o ülkenin fakirleşmeye gideceği kaçınılmaz bir durumdur. Bu durum iktisaden az gelişmiş ülkelerde daha belirgin olarak görülmektedir. Bu bakımdan özellikle nüfusu hızla artış gösteren ülkelerde milli gelir rakamlarını, nüfusun suni etkilerinden kurtarmak için kişi başına milli gelir hesaplanmaktadır. Kişi başına milli gelir, milli gelirin ülke nüfusuna bölünmesiyle elde edilir [38].

Tablo 4.3 1998-2020 yılları Adana, İçel, Hatay illerinin ve Bölgenin SFGSYİH tahminleri

YILLAR	ADANA				İÇEL				HATAY				BÖLGE			
	ÜSTEL	LINEER	ORTALAMA	ÜSTEL	LINEER	ORTALAMA	ÜSTEL	LINEER	ORTALAMA	ÜSTEL	LINEER	ORTALAMA	ÜSTEL	LINEER	ORTALAMA	ARTIŞ
1987	2590		2590	1993		1993	1324		1324	5907		5907	5907		5907	-
1988	2614		2614	2004		2004	1341		1341	5959		5959	5959		5959	0,9
1989	2760		2760	2098		2098	1298		1298	6156		6156	6156		6156	3,3
1990	3017		3017	2349		2349	1429		1429	6795		6795	6795		6795	10,4
1991	2867		2867	2341		2341	1357		1357	6565		6565	6565		6565	-3,4
1992	3041		3041	2452		2452	1456		1456	6949		6949	6949		6949	5,8
1993	3192		3192	2918		2918	1683		1683	7793		7793	7793		7793	12,1
1994	3002		3002	2617		2617	1555		1555	7174		7174	7174		7174	-7,9
1995	3279		3279	2719		2719	1646		1646	7644		7644	7644		7644	6,6
1996	3572		3572	2643		2643	1727		1727	7942		7942	7942		7942	3,9
1997	3443		3443	2924		2924	1861		1861	8228		8228	8228		8228	3,6
1998	3572		3572	3001		3001	1865		1865	8438		8438	8438		8438	2,6
1999	3708	3666	3688	3168	3103	3138	1923	1898	1911	8854	8642	8751	8736	8642	8736	3,5
2000	3818	3756	3788	3290	3195	3245	1991	1953	1972	9162	8876	9023	9006	8876	9006	3,1
2001	3933	3846	3891	3416	3287	3355	2062	2007	2035	9480	9110	9300	9281	9110	9281	3,1
2002	4050	3937	3996	3547	3379	3468	2135	2061	2099	9810	9343	9583	9562	9343	9562	3,0
2003	4171	4027	4102	3683	3471	3583	2211	2116	2164	10151	9577	9872	9849	9577	9849	3,0
2004	4296	4117	4210	3824	3564	3701	2289	2170	2231	10504	9811	10167	10142	9811	10142	3,0
2005	4424	4207	4320	3971	3656	3822	2370	2224	2299	10870	10045	10468	10441	10045	10441	2,9
2006	4557	4298	4432	4123	3748	3945	2455	2279	2369	11248	10279	10776	10746	10279	10746	2,9
2007	4693	4388	4546	4281	3840	4072	2542	2333	2440	11639	10512	11091	11059	10512	11059	2,9
2008	4833	4478	4662	4445	3932	4202	2632	2387	2513	12044	10745	11413	11378	10745	11378	2,9
2009	4978	4568	4781	4615	4024	4335	2725	2442	2587	12462	10980	11741	11704	10980	11704	2,9
2010	5126	4659	4902	4792	4116	4472	2822	2496	2664	12896	11214	12078	12037	11214	12037	2,8
2011	5280	4749	5025	4976	4208	4613	2922	2550	2741	13344	11448	12422	12378	11448	12378	2,8
2012	5437	4839	5150	5167	4300	4757	3026	2605	2821	13808	11681	12774	12728	11681	12728	2,8
2013	5600	4929	5278	5365	4392	4904	3133	2659	2903	14288	11915	13134	13085	11915	13085	2,8
2014	5767	5020	5408	5570	4484	5056	3245	2713	2986	14785	12149	13503	13451	12149	13451	2,8
2015	5940	5110	5541	5784	4576	5212	3360	2768	3072	15300	12385	13881	13825	12385	13825	2,8
2016	6117	5200	5676	6006	4668	5373	3479	2822	3160	15832	12617	14268	14209	12617	14209	2,8
2017	6300	5290	5815	6236	4760	5538	3603	2876	3250	16382	12850	14665	14602	12850	14602	2,8
2018	6488	5381	5956	6475	4852	5707	3731	2931	3342	16952	13084	15071	15005	13084	15005	2,8
2019	6682	5471	6100	6723	4944	5881	3863	2986	3436	17541	13318	15487	15418	13318	15418	2,8
2020	6882	5561	6247	6981	5036	6061	4000	3039	3533	18151	13552	15915	15841	13552	15841	2,7
R-kare	0,8706	0,8601		0,8092	0,7876		0,7897	0,7778		0,8915	0,8854			0,8915	0,8854	
1-Rkare	0,1294	0,1399		0,1908	0,2124		0,2103	0,2222		0,1085	0,1146			0,1085	0,1146	

Adana, İçel ve Hatay illerinin DİE verilerinden alınmış 1987-1998 arası yıllara ait kişi başına gayri safi yurt içi hasıla değerleri USD olarak mevcuttur (Tablo 4.1).

Her üç ile ait 12 yıllık verilerden yararlanılarak, doğrusal, üstel eğri denklemleri ve MA(5) hareketli ortalama yöntemleri kullanılarak illerin ve bölgenin KBGSYİH tahminleri yapılmıştır. Üstel fonksiyonla hesaplanan değerlerin yüksek; MA(5) ile hesaplanan değerlerin düşük çıkması nedeniyle en uygun değerlerin doğrusal fonksiyonla hesaplanan değerler olduğu kabul edilmiş ve bölgenin KBGSYİH değerlerini hesaplamak için bu değerler kullanılmıştır (Tablo 4.4).

Bölgenin KBGSYİH'ı illere ait KBGSYİH ve nüfus değerlerinin ağırlıklı ortalaması:

$$KBGSY_{bölge} = \frac{KBGSY_{Adana} \cdot Nüfus_{Adana} + KBGSY_{İçel} \cdot Nüfus_{İçel} + KBGSY_{Hatay} \cdot Nüfus_{Hatay}}{Nüfus_{Adana} + Nüfus_{İçel} + Nüfus_{Hatay}}$$

(4.2)

alınarak bulunmuştur (Tablo 4.4). Tahmin değerlerinin hesaplanmasında kullanılan fonksiyonlar:

Adana İli Doğrusal: $Y = 162,605 \cdot X - 321373$

Üstel: $Y = 1,53 \cdot 10^{-53} \cdot 1,06713^X$

İçel İli Doğrusal: $Y = 117,483 \cdot X - 231090$

Üstel: $Y = 1,5610 \cdot 10^{-34} \cdot 1,04402^X$

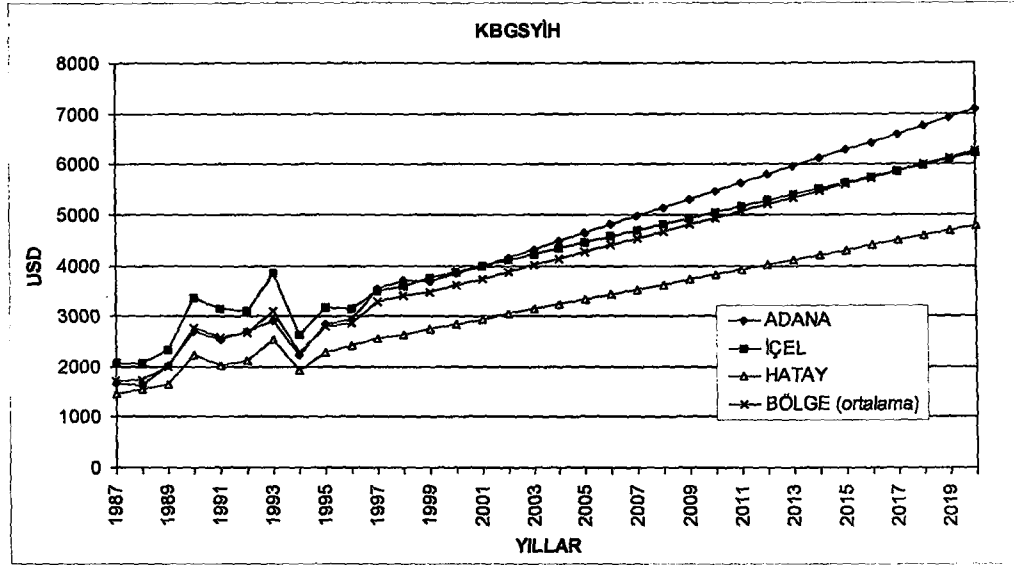
Hatay İli Doğrusal: $Y = 97,2972 \cdot X - 191749$

Üstel: $Y = 2,49 \cdot 10^{-39} \cdot 1,04964^X$

Bölge Doğrusal: $Y = 133,75 \cdot X - 263895$

Üstel: $Y = 1,33 \cdot 10^{-44} \cdot 1,05616^X$

Burada X'ler yılları (1987,1988,...) göstermektedir. Adana, İçel, Hatay illerinin ve bölgenin KBGSYİH değerlerinin 2020 yılına kadar gelişimi Şekil 4.3'de gösterilmiştir. Tablo 4.4'de illere ve bölgeye ait 2020 yılına kadar üstel, doğrusal ve MA(5) ile hesaplanan değerler ve bölge için denklemleri kullanılarak bulunan ortalama değerler verilmiştir. Enerji tahminlerinde bölgeye ait ortalama ile hesaplanan değerler kullanılmıştır (Tablo 4.4 "ortalama" sütunu).



Şekil 4.3 2020 yılına kadar Adana, İçel, Hatay ve Bölge KBGSYİH tahmin değerleri

4.1.4 Sanayi Endeksi

Endeks sayıları belirli bir yıl ile baz alınan yıllar arasında geçen süre içinde fiyat, maliyet gibi konularda gerçekleşen değişimleri gösteren sayılardır. Sanayi endeksi (SE), imalat sanayiinde, madencilik, elektrik ve gaz endüstrilerinde fiziksel üretim değerlerinin dönemsel olarak ölçülmesidir.

1981-1997 yılları arası Türkiye için sanayi endeksi verileri DİE verilerinden mevcuttur (Tablo 4.1). SE'nin 2020 yılına kadar olan tahminleri çeşitli zaman fonksiyonları kullanılarak yapılmıştır. Bu eğrilerden R^2 değerleri yüksek olan doğrusal, üstel, 2. derece polinom, 3. derece polinom eğrilerinden, 2020 yılına kadar hesaplanan SE değerleri ve R^2 değerleri Tablo 4.5'de verilmiştir. Enerji tahminlerinde kullanılan SE değerleri bu 4 eğri denklemi ile elde edilen sonuçların Denklem 4.1'de verilen şekilde R^2 ile orantılı olarak ağırlıklı ortalaması alınarak bulunmuştur. Bu değerler Tablo 4.4 "ortalama" sütununda verilmiştir. Tahmin sonuçlarının bulunmasında kullanılan fonksiyonlar:

Doğrusal: $Y = 4,94724 * X - 9753,7$ ($X = 1981, 1982, \dots$)

Üstel: $Y = 48,226 * e^{(0,06 * X)}$ ($X = 1, 2, \dots$)

2. Derece Polinom: $Y = 0,0212 * X^2 + 4,5652 * X + 43,092$ ($X = 1, 2, \dots$)

3. Derece Polinom: $Y = 0,0151 * X^3 - 0,3852 * X^2 + 7,5756 * X + 37,944$
($X = 1, 2, \dots$)

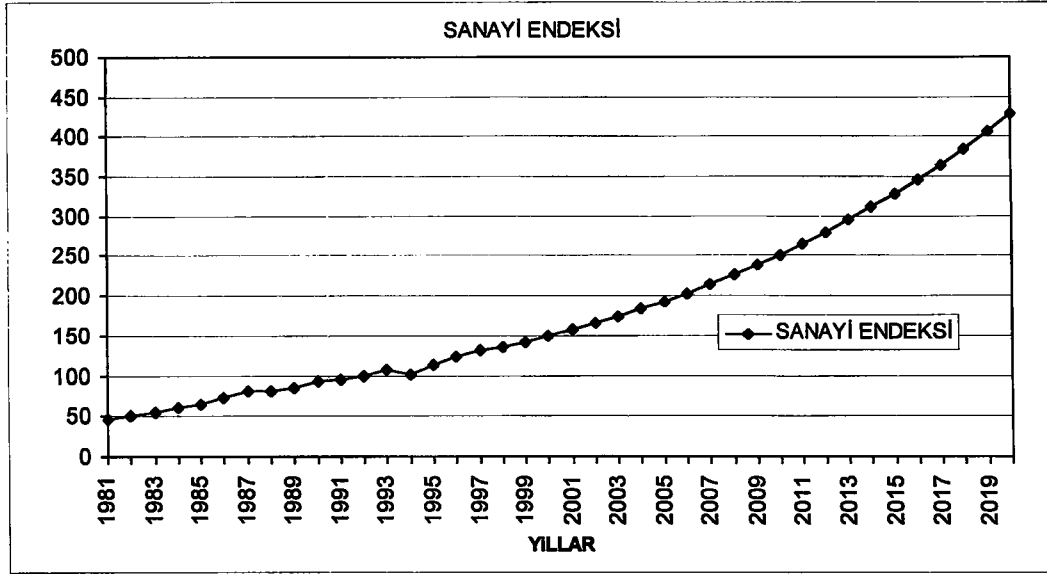
Tablo 4.4 1998-2020 yılları Adana, İçel, Hatay illerinin ve Bölgenin KBGSYİH tahminleri

YILLAR	KBGSYİH (USD)										BÖLGE			
	ADANA					İÇEL					HATAY			
	DOĞRUSAL	ÜSTEL	MA(5)	DOĞRUSAL	ÜSTEL	MA(5)	DOĞRUSAL	ÜSTEL	MA(5)	DOĞRUSAL	ÜSTEL	MA(5)	ORTALAMA	ARTIŞ
1987	1654		-	2061		-	1462		-	1720		-	1720	-
1988	1612		-	2065		-	1554		-	1727		-	1727	0,4
1989	1607		2104	2327		2591	1638		1782	2005		2163	2005	16,0
1990	2702		2314	3351		2798	2237		1913	2773		2353	2773	38,3
1991	2543		2576	3150		3155	2017		2108	2588		2628	2588	-6,7
1992	2706		2622	3099		3216	2118		2167	2674		2684	2674	3,3
1993	2920		2650	3850		3179	2532		2173	3103		2689	3103	16,0
1994	2237		2727	2630		3179	1932		2255	2280		2745	2280	-26,5
1995	2844		2896	3167		3258	2268		2344	2799		2868	2799	22,8
1996	2928		3054	3150		3204	2426		2365	2871		2928	2871	2,6
1997	3553		3156	3495		3428	2562		2497	3289		3076	3289	14,5
1998	3707		3276	3579		3507	2637		2576	3402		3175	3402	3,5
1999	3675	3871	3395	3757	3884	3586	2748	2847	2656	3472	3625	3274	3473	2,1
2000	3837	4131	3515	3875	4055	3665	2845	2988	2735	3606	3829	3372	3606	3,8
2001	4000	4408	3634	3992	4233	3743	2942	3136	2815	3739	4044	3471	3740	3,7
2002	4162	4704	3754	4110	4420	3822	3040	3292	2895	3873	4271	3570	3873	3,6
2003	4325	5020	3874	4227	4614	3901	3137	3455	2974	4007	4511	3668	4006	3,4
2004	4488	5357	3993	4345	4817	3980	3234	3627	3054	4141	4764	3767	4139	3,3
2005	4650	5716	4113	4462	5029	4059	3331	3807	3133	4274	5032	3865	4272	3,2
2006	4813	6100	4232	4580	5251	4138	3429	3996	3213	4408	5315	3964	4405	3,1
2007	4976	6510	4352	4697	5482	4217	3526	4194	3293	4542	5613	4063	4538	3,0
2008	5138	6946	4471	4815	5723	4296	3623	4402	3372	4676	5928	4161	4671	2,9
2009	5301	7413	4591	4932	5975	4375	3721	4621	3452	4809	6261	4260	4804	2,8
2010	5463	7910	4711	5050	6238	4454	3818	4850	3531	4943	6613	4359	4936	2,8
2011	5626	8441	4830	5167	6513	4533	3915	5091	3611	5077	6984	4457	5069	2,7
2012	5789	9008	4950	5285	6799	4611	4013	5344	3691	5211	7376	4556	5201	2,6
2013	5951	9613	5069	5402	7099	4690	4110	5609	3770	5344	7791	4655	5334	2,5
2014	6114	10258	5189	5520	7411	4769	4207	5887	3850	5478	8228	4753	5466	2,5
2015	6276	10947	5309	5637	7737	4848	4304	6179	3929	5612	8690	4852	5599	2,4
2016	6439	11681	5428	5755	8076	4927	4402	6486	4009	5746	9178	4951	5731	2,4
2017	6602	12466	5548	5872	8434	5006	4499	6808	4089	5879	9694	5049	5863	2,3
2018	6764	13302	5667	5989	8805	5085	4596	7146	4168	6013	10238	5148	5995	2,3
2019	6927	14195	5787	6107	9192	5164	4694	7501	4248	6147	10813	5247	6127	2,2
2020	7089	15148	5907	6224	9597	5243	4791	7873	4327	6281	11420	5345	6259	2,2
R-kare	0,6388	0,7757	0,939859	0,404373	0,5368	0,8607	0,642372	0,7492	0,9550	0,5735	0,7168	0,8245		

Tablo 4.5 1998-2020 yılları Sanayi Endeksi tahmin değerleri

SANAYİ ENDEKSİ						
YILLAR	DOĞRUSAL	ÜSTEL	POLY-2	POLY-3	ORTALAMA	ARTIŞ %
1981	47,5				47,5	*
1982	51,4				51,4	8,2
1983	55,6				55,6	8,2
1984	61,7				61,7	11,0
1985	65,3				65,3	5,8
1986	73				73	11,8
1987	80,7				80,7	10,5
1988	81,9				81,9	1,5
1989	84,9				84,9	3,6
1990	92,9				92,9	9,5
1991	95,4				95,4	2,7
1992	100,1				100,1	5,0
1993	108,2				108,2	8,0
1994	101,5				101,5	-6,1
1995	114,3				114,3	12,6
1996	122,9				122,9	7,5
1997	131,7				131,7	7,2
1998	130,9	142,0	132,1	137,6	135,4	2,8
1999	135,9	150,8	137,5	146,4	142,3	5,1
2000	140,8	160,1	142,9	156,2	149,6	5,1
2001	145,8	170,0	148,3	167,0	157,3	5,2
2002	150,7	180,5	153,8	179,0	165,5	5,2
2003	155,7	191,7	159,3	192,1	174,1	5,2
2004	160,6	203,5	164,9	206,6	183,3	5,3
2005	165,6	216,1	170,5	222,5	193,0	5,3
2006	170,5	229,5	176,1	239,9	203,3	5,3
2007	175,5	243,7	181,8	258,9	214,2	5,4
2008	180,4	258,8	187,5	279,5	225,7	5,4
2009	185,4	274,8	193,3	302,0	238,0	5,4
2010	190,3	291,8	199,1	326,2	250,9	5,5
2011	195,2	309,8	205,0	352,5	264,7	5,5
2012	200,2	328,9	210,9	380,7	279,2	5,5
2013	205,1	349,3	216,8	411,1	294,6	5,5
2014	210,1	370,9	222,8	443,7	310,9	5,5
2015	215,0	393,8	228,8	478,6	328,0	5,5
2016	220,0	418,2	234,9	516,0	346,2	5,5
2017	224,9	444,0	241,0	555,8	365,3	5,5
2018	229,9	471,5	247,2	598,2	385,5	5,5
2019	234,8	500,6	253,4	643,2	406,8	5,5
2020	239,8	531,6	259,6	691,0	429,3	5,5
R-kare	0,9837	0,9728	0,984	0,9871		
1-Rkare	0,0163	0,0272	0,016	0,0129		

Sanayi endeksinin 2020 yılına kadar tahmin değerleri Şekil 4.4’de gösterilmiştir.



Şekil 4.4 Sanayi Endeksinin 2020 yılına kadar tahmin değerleri

4.1.5 TEDAŞ

Bölge enerji kuruluşlarına TEDAŞ’ın sattığı enerjinin üretimi belirleyen bir parametre olacağı düşünülerek, TEDAŞ satış verileri de parametre olarak alınmıştır [39].

TEDAŞ’ın satış değerlerine ait veriler 1994 yılından 1998 yılına kadar mevcuttur (Tablo 4.1). Veri sayısı az olduğu için tahminler iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Önce 1999-2001 arası tahminler, daha sonra 1994-2001 verileri kullanılarak 2001-2020 yılı tahminleri yapılmıştır. Üstel, doğrusal ve 2.derece polinom ile 2001-2020 ve 2001-2020 yılları tahminleri yapılmıştır. 1987-1993 arası tahminler, 1994-2001 arası tahmin fonksiyonları kullanılarak doğrusal ve üstel eğriler ile yapılmış; üstel fonksiyon ile elde edilen değerler daha uygun olduğu için 1987-1993 arası tahminleri için bu değerler alınmıştır. TEDAŞ satışlarının 2020 yılına kadar tahmin değerleri Şekil 4.5’de gösterilmiştir. Eğrilerin R^2 ile orantılı ağırlıklı ortalamaları alınarak enerji tahminlerinde kullanılan TEDAŞ tahmin değerleri bulunmuştur (Tablo 4.6 “ortalama sütunu”). Tahminlerin yapılmasında kullanılan fonksiyonlar:

1999-2001 tahminleri Doğrusal: $Y = 209,86 * X + 1676,5$

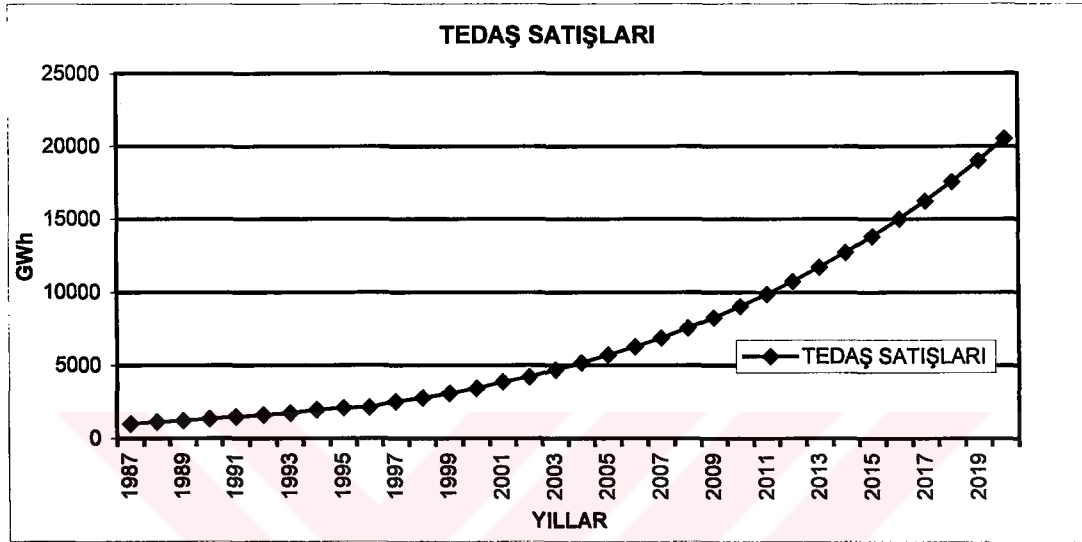
2. Derece Polinom: $Y = 44,368 * X^2 - 56,341 * X + 1987$

Üstel: $Y = 1748,2 * e^{(0,0894 * X)}$

2001-2020 tahminleri Doğrusal: $Y = 276,04 * X + 1499,7$

2. Derece Polinom: $Y = 24,074 * X^2 + 59,379 * X + 1860,9$

Üstel: $Y = 1699,2 * e^{(0,1003 * X)}$



Şekil 4.5 TEDAŞ satışlarının 2020 yılına kadar tahmin değerleri

Burada $X = 1, 2, \dots$ olarak yılları göstermektedir.

4.2 ÇEAŞ Bölgesi Yük (Enerji) Tahminleri

ÇEAŞ bölgesi enerji tahminleri Bölüm 2.2’de verilen sınıflandırmaya benzer şekilde endüstri, elektrik işletmeleri, resmi daireler, köy, tarım ve diğer yükler olmak üzere 6 alt gruba ayrılarak yapılmıştır. Sektörel yüklerin enerji tüketimindeki gelişimler farklı olacağı için, tahminler her tüketici grubu için ayrı ayrı 2020 yılına kadar yapılmış; alt gruplara ait tahmin sonuçlarının toplanması ile bölge toplam enerji talebi bulunmuştur. Ayrıca bölgenin toplam enerji talebi, çeşitli zaman fonksiyonları kullanılarak, toplam yükün geçmiş verilerinden yararlanılarak 2020 yılına kadar bulunmuştur. Bölüm 4.1’de elde edilen parametreler regresyon ile yapılan sektörel yük tahminlerinde kullanılmıştır. ÇEAŞ bölgesi sektörel enerji kullanımına ait mevcut veriler GWh olarak Tablo 4.7 de verilmiştir. Aynı şekilde sektörel yükler için tablolarda yapılan tahminlerdeki değerler GWh cinsindendir.

YSA’nın, test edilmesi, eğitim için verilerin az olması nedeniyle eğitim kümesinden test kümesi oluşturularak yapılamamış; bunun yerine, ağın verdiği sonuçların istatistiksel metotlarla hesaplanan değerlerle uygunluğu göz önünde bulundurularak yapılmıştır.

Tablo 4.6 1999-2001 ve 2002-2020 yılları TEDAŞ Satışları tahminleri

YILLAR	TEDAŞ SATIŞLARI				
	1987-1993 / 1999-2001			2002-2020	
	DOĞRUSAL	ÜSTEL	POLY-2	ORTALAMA	ARTIŞ %
1987	417,3	1022,4		1022,4	
1988	627,2	1118,1		1118,1	9,4
1989	837,1	1222,6		1222,6	9,4
1990	1048,9	1336,9		1336,9	9,4
1991	1258,8	1462,0		1462,0	9,4
1992	1468,6	1598,7		1598,7	9,4
1993	1678,5	1748,2		1748,2	9,4
1994	1962,9	1962,9		1962,9	12,3
1995	2100,7	2100,7		2100,7	7,0
1996	2144,2	2144,2		2144,2	2,1
1997	2520,4	2520,4		2520,4	17,5
1998	2802,4	2802,4		2802,4	11,2
1999	2935,7	2889,1	3246,2	3086,8	10,2
2000	3145,5	3268,7	3766,6	3452,8	11,9
2001	3355,4	3574,4	4375,8	3865,3	11,9
2002	0,9206	0,9356	0,9782	3984,1	9,5
2003	0,0794	0,0644	0,0218	4260,1	10,7
2004				4536,1	10,5
2005				4812,2	10,3
2006				5088,2	10,1
2007				5364,3	9,9
2008				5640,3	9,7
2009				5916,3	9,5
2010				6192,4	9,3
2011				6468,4	9,1
2012				6744,5	9,0
2013				7020,5	8,8
2014				7296,5	8,7
2015				7572,6	8,5
2016				7848,6	8,4
2017				8124,7	8,3
2018				8400,7	8,2
2019				8676,7	8,1
2020				8952,8	8,1
				0,9656	
				0,0344	
				0,0168	
				0,005	

R-kare
1-R-kare

Tablo 4.7 ÇEAŞ Bölgesi sektörel yüklerle ait mevcut enerji tüketim değerleri

YÜK (GWh)	ENDÜSTRİ	ELEKTRİK	RESMİ	KÖY	TARIM	DİĞER	TOPLAM	PUANT GÜ
YILLAR		İŞLET.	DAİRELER					MW
1987	1723,3	1099,8	77	82	25	52	3059,1	531,6
1988	1748,1	1222,2	89	92	26,1	56,4	3233,8	585,7
1989	1914	1327,6	96,6	102,9	38,7	37,7	3517,5	604,3
1990	2107,1	1472,3	99,6	104,7	42	43	3868,7	663,9
1991	2034,1	1685,4	111,5	109,5	40,9	45,4	4026,8	659,5
1992	2209,4	1918	124,3	111,6	43,5	45	4451,8	735,5
1993	2228,6	2180,9	125	119,5	53,8	53,7	4761,5	768,8
1994	2365,9	2368,6	133,4	132,7	53,8	59,7	5114,1	918,9
1995	2732,3	2553,4	138	141,6	49,9	76,5	5691,7	1007,9
1996	2973,9	2824,6	139,7	149,1	43,5	90,4	6221,2	1038
1997	3304	3081,4	137,3	160,2	32,6	108,1	6823,6	1182,5
1998	3397,9	3454,6	138,4	188,7	40,4	130,4	7350,4	1165,5
1999								1287,5

Enerji tahminleri her bir sektörel yük için,

1. Nüfus, KBGSYİH, SFGSYİH, sanayi endeksi, TEDAŞ satışları bağımsız parametrelerinden, sektörel yük için uygun ilişkisi saptananlardan regresyon analizi ile doğrusal ve üstel fonksiyonlar (doğrusal ve üstel regresyon),
2. Her bir yük türünün 1987-1997 yılları boyunca değişimleri ile uyumlu çeşitli zaman fonksiyonları (doğrusal, üstel, kuvvet, logaritmik, polinomsal, hareketli ortalama),
3. Yapay sinir ağları kullanılarak tahminler yapılmıştır. YSA kullanılarak yapılan tahminler, Bölüm 4.1, Tablo 4.2-6'da verilen istatistiksel metotlarla hesaplanan parametre değerleri kullanılarak çok giriş tek çıkış şeklinde regresyon olarak ve zamana bağlı olarak tek giriş ve tek çıkış olarak (zaman serisi) ayrı ayrı iki şekilde yapılmıştır. YSA tahminlerinde kullanılan parametre ve enerji değerlerinin 0,1-0,9 arasında normalize edilmiş değerleri Tablo 4.8 ve Tablo 4.9'da verilmiştir.

4.2.1 Endüstriyel Yük Tahmini

Endüstriyel yük tahmini için Tablo 4.7'de verilen 1987 yılından 1998 yılına kadar olan 12 yıllık veriler kullanılarak tahmin değerleri bulunmuştur. Regresyon analizinde bağımsız değişken olarak nüfus, sanayi endeksi ve SFGSYİH parametreleri kullanılmıştır. Fonksiyonlardan R^2 değeri 1'e yakın ve uygun olan, üstel ve doğrusal regresyon, 2. derece polinom, 3. derece polinom ve üstel fonksiyon ile 2020 yılına kadar bulunan tahmin değerleri Tablo 4.10'da verilmiştir. Bu değerlerin hesaplanmasında kullanılan fonksiyonlar:

Doğrusal Regresyon: $Y = -0,38108 * SF + 40,7973 * SE + 0,48838 * N - 1337,4$

Üstel Regresyon: $Y = 0,9999909^{SF} * 1,01094^{SE} * 1,00039^N * 252,388$

2. Derece Polinom: $Y = 11,902 * X^2 + 0,9404 * X + 1756,3$

3. Derece Polinom: $Y = 0,8117 * X^3 - 3,925 * X^2 + 84,689 * X + 1645,5$

Üstel: $Y = 1549,5 * e^{(0,0631 * X)}$

dır. Burada SF:SFGSYİH, SE: sanayi endeksi, N:nüfus ve $X = 1,2,...$ olarak yılları göstermektedir. R^2 değerleri uygun fakat tahmin değerleri çok yüksek olan üstel regresyon ve 3. derece polinom fonksiyonlarına ait değerler ortalamaya katılmamıştır. Doğrusal regresyon, 2. derece polinom ve üstel fonksiyon ile bulunan değerlerin, Denklem 4.1'e göre ağırlıklı ortalaması alınarak, endüstriyel yük için 2020 yılına kadar olan tahmin değerleri bulunmuştur (Tablo 4.10 "ortalama" sütunu).

Yapay sinir ağları kullanılarak yapılan birinci tahmin çalışmasında, 4 katmanlı; 1. saklı katmanda 3, 2. saklı katmanda 5 nöron bulunan çok tabakalı ileri beslemeli (multilayer full feed forward) ağ yapısı kullanılmıştır. Giriş değişkenleri olarak regresyonda kullanılan nüfus, sanayi endeksi ve SFGSYİH parametreleri ve çıkış olarak endüstriyel yük alınarak 3 giriş 1 çıkışlı bir yapay sinir ağı kullanılmıştır. Çıkış ve saklı katmanlarda kullanılan öğrenme algoritması hızlı yayılım (Quick Probagation); nöronlarda bulunan transfer fonksiyonları sigmoid fonksiyonu; azaltılan hata değeri karesel ortalama hata (mean square error) dır. Transfer fonksiyonları sigmoid fonksiyon olduğu için gerçek değerlerin 0,1 ile 0,9 arasında normalize edilmesi gerekmektedir. Normalizasyon için,

$$A = r.(V - V_{\min}) + A_{\min} \quad (4.3)$$

$$r = \frac{A_{\max} - A_{\min}}{V_{\max} - V_{\min}} \quad (4.4)$$

formülleri kullanılmıştır. Yukarıdaki formüllerde $V_{\max}$ en büyük gerçek değeri, $V_{\min}$ en küçük gerçek değeri, $A_{\max}$ en büyük normalizasyon değerini (0,9), $A_{\min}$ en küçük normalizasyon değerini (0,1), V normalize edilecek gerçek değeri, A normalize edilmiş gerçek değeri göstermektedir.

Tablo 4.8 Normalize edilmiş parametre değerleri

Amin=0,1 Amax=0,9	NÜFUS bin	SANAYİ E	SFGSYH milyar TL	TEDAŞ GWh	KBGSYH USD	YIL
Vmax	6931,319	429,28	15841,09	20506,57	6258,961	34
Vmin	4090,617	80,7	5907	1022,435	1719,901	1
r	0,000282	0,002295	8,05E-05	4,11E-05	0,000176	0,024242
1987	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
1988	0,120566	0,102754	0,104188	0,103926	0,101333	0,124242
1989	0,141314	0,109582	0,120052	0,108219	0,150188	0,148485
1990	0,162248	0,127999	0,171511	0,112913	0,285611	0,172727
1991	0,183373	0,13368	0,152989	0,118047	0,253064	0,19697
1992	0,204692	0,144523	0,183913	0,123661	0,268131	0,221212
1993	0,22621	0,162998	0,251881	0,129799	0,343683	0,245455
1994	0,247929	0,147794	0,202033	0,138616	0,198681	0,269697
1995	0,269856	0,177113	0,239882	0,144271	0,290134	0,293939
1996	0,291994	0,19685	0,26388	0,146059	0,302951	0,318182
1997	0,314347	0,217046	0,286912	0,161505	0,376481	0,342424
1998	0,336921	0,225461	0,303823	0,173083	0,396478	0,366667
1999	0,359719	0,241327	0,327817	0,184762	0,40893	0,390909
2000	0,382747	0,258076	0,349559	0,19979	0,432452	0,415152
2001	0,40601	0,275781	0,371736	0,216727	0,455958	0,439394
2002	0,429512	0,294515	0,394365	0,231809	0,47945	0,463636
2003	0,453259	0,314354	0,417462	0,250339	0,502928	0,487879
2004	0,477256	0,335374	0,441042	0,270495	0,526392	0,512121
2005	0,501509	0,357651	0,465123	0,292344	0,549841	0,536364
2006	0,526022	0,381265	0,489723	0,315962	0,573278	0,560606
2007	0,550802	0,406296	0,514859	0,341432	0,5967	0,584848
2008	0,575854	0,432825	0,54055	0,368847	0,620109	0,609091
2009	0,601184	0,460934	0,566816	0,398308	0,643505	0,633333
2010	0,626798	0,490709	0,593678	0,429927	0,666888	0,657576
2011	0,652703	0,522235	0,621155	0,463831	0,690257	0,681818
2012	0,678904	0,555601	0,649269	0,500155	0,713614	0,706061
2013	0,705408	0,590897	0,678044	0,539052	0,736957	0,730303
2014	0,732222	0,628213	0,707501	0,580691	0,760287	0,754545
2015	0,759353	0,667645	0,737666	0,625257	0,783605	0,778788
2016	0,786807	0,709289	0,768563	0,672956	0,80691	0,80303
2017	0,814591	0,753244	0,800218	0,724015	0,830202	0,827273
2018	0,842713	0,79961	0,832657	0,778685	0,853481	0,851515
2019	0,87118	0,848494	0,865908	0,837245	0,876747	0,875758
2020	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9

Tablo 4.9 Normalize edilmiş enerji ve puant güç değerleri

Amin=0,1 Amax=0,9	ENDÜSTRİ	ELEKTRİK	RESMİ	KÖY	TARIM	DİĞER	TOPLAM	PUANT GÜÇ
		İŞLET.	DAİRELER					
Vmax	20000	35000	600	1300	110	1100	50000	7000
Vmin	1723,3	1099,8	77	82	25	37,7	3059,1	531,6
r	4,38E-05	2,36E-05	0,00153	0,000657	0,009412	0,000753	1,7E-05	0,000124
1987	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,110769	0,1	0,1
1988	0,101086	0,102888	0,118356	0,106568	0,110353	0,114083	0,102977	0,106691
1989	0,108347	0,105376	0,129981	0,113727	0,228941	0,1	0,107812	0,108991
1990	0,1168	0,108791	0,13457	0,11491	0,26	0,103991	0,113798	0,116363
1991	0,113604	0,113819	0,152772	0,118062	0,249647	0,105799	0,116492	0,115818
1992	0,121277	0,119308	0,172352	0,119442	0,274118	0,105498	0,123735	0,125218
1993	0,122118	0,125513	0,173423	0,124631	0,371059	0,112049	0,129014	0,129336
1994	0,128128	0,129942	0,186272	0,1333	0,371059	0,116568	0,135023	0,147901
1995	0,144166	0,134303	0,193308	0,139146	0,334353	0,12922	0,144867	0,158908
1996	0,154741	0,140703	0,195908	0,144072	0,274118	0,139687	0,153891	0,162631
1997	0,16919	0,146763	0,192237	0,151363	0,171529	0,153017	0,164157	0,180502
1998	0,1733	0,15557	0,19392	0,170082	0,244941	0,169811	0,173135	0,1784
1999								0,193488

Tablo 4.10 1999-2020 yılları Endüstriyel yük tahmini

YILLAR	NÜFUS milyon	SANAYİE.	SFG-SYH milyar TL
1987	4090,6	80,7	5907
1988	4163,6	81,9	5959
1989	4237,3	84,9	6156
1990	4311,7	92,9	6795
1991	4386,7	95,4	6565
1992	4462,4	100,1	6949
1993	4538,8	108,2	7793
1994	4615,9	101,5	7174
1995	4693,8	114,3	7644
1996	4772,4	122,9	7942
1997	4851,7	131,7	8228
1998	4931,9	135,4	8438
1999	5012,8	142,3	8736
2000	5094,6	149,6	9006
2001	5177,2	157,3	9281
2002	5260,7	165,5	9562
2003	5345,0	174,1	9849
2004	5430,2	183,3	10142
2005	5516,3	193,0	10441
2006	5603,4	203,3	10746
2007	5691,4	214,2	11059
2008	5780,3	225,7	11378
2009	5870,3	238,0	11704
2010	5961,2	250,9	12037
2011	6053,2	264,7	12378
2012	6146,2	279,2	12728
2013	6240,3	294,6	13085
2014	6335,6	310,9	13451
2015	6431,9	328,0	13825
2016	6529,4	346,2	14209
2017	6628,0	365,3	14602
2018	6727,9	385,5	15005
2019	6829,0	406,8	15418
2020	6931,3	429,3	15841

ÜSTEL REG.	DOĞRUSAL REG.	POLY-2	POLY-3	ÜSTEL	ORTALAMA DEĞER	ARTIŞ %
1723,3					1723,3	
1748,1					1748,1	1,4
1914,0					1914,0	9,5
2107,1					2107,1	10,1
2034,1					2034,1	-3,5
2209,4					2209,4	8,6
2228,6					2228,6	0,9
2365,9					2365,9	6,2
2732,3					2732,3	15,5
2973,9					2973,9	8,8
3304,0					3304,0	11,1
3397,9					3397,9	2,8
3760,0	3586,4	3755,5	3866,4	3579,2	3630,9	6,9
4051,5	3821,2	4075,9	4289,2	3748,4	3895,2	7,3
4436,3	4071,3	4420,1	4772,2	3992,6	4177,8	7,3
4880,5	4338,0	4788,2	5320,2	4252,6	4479,4	7,2
5366,3	4622,5	5180,0	5938,8	4529,6	4800,9	7,2
5998,0	4926,2	5595,6	6632,0	4824,6	5142,8	7,1
6707,3	5250,3	6035,1	7405,7	5138,9	5506,1	7,1
7545,3	5596,2	6498,3	8282,9	5473,6	5891,6	7,0
8543,0	5985,2	6985,3	9210,2	5830,1	6300,1	6,9
9739,1	6358,6	7496,2	10251,9	6209,8	6732,6	6,9
11183,1	6778,0	8030,8	11393,0	6614,3	7189,9	6,8
12939,4	7224,6	8589,3	12638,2	7045,1	7673,0	6,7
15091,7	7698,9	9171,5	13992,4	7504,0	8182,8	6,6
1750,6	8205,4	9777,6	15468,6	7992,7	8720,5	6,6
21062,8	8742,6	10407,5	17047,5	8513,3	9287,1	6,5
25224,6	9313,1	11061,1	18758,0	9067,8	9883,6	6,4
30502,4	9918,4	11738,6	20597,1	9658,4	10511,4	6,4
37258,5	10560,0	12439,9	22569,6	10287,5	11171,5	6,3
45993,9	11238,3	13185,0	24680,3	10957,6	11865,2	6,2
57405,5	11959,3	13913,9	26934,1	11671,3	12593,9	6,1
72475,8	12720,3	14686,5	29336,0	12431,5	13358,9	6,1
92603,8	13524,5	15483,0	31890,7	13241,2	14161,7	6,0
	0,9816	0,9762	0,0238	0,9586		
0,0173	0,0184	0,0238	0,0217	0,0434		

R-kare
1-Rkare

YAPAY SINIR AĞLARI YÖNTEMİ						
REGRESYON			ZAMAN SERİSİ			
normalize	gerçek	artış	normalize	gerçek	artış	
0,0979429	1676,3	*	0,0946083	1600,1	*	
0,101439	1756,2	4,8	0,0989585	1722,4	7,6	
0,105615	1851,6	5,4	0,105579	1850,8	7,5	
0,111581	1987,9	7,4	0,111481	1985,6	7,3	
0,117664	2126,8	7,0	0,117671	2127,0	7,1	
0,123061	2250,1	5,8	0,124159	2275,2	7,0	
0,129223	2390,9	6,3	0,130954	2430,5	6,8	
0,130996	2431,4	1,7	0,138068	2593,0	6,7	
0,143262	2711,7	11,5	0,145504	2762,9	6,6	
0,153807	2952,6	8,9	0,153271	2940,3	6,4	
0,165284	3214,8	8,9	0,161377	3125,5	6,3	
0,173006	3391,2	5,5	0,169831	3318,7	6,2	
0,18384	3638,7	7,3	0,178633	3519,7	6,1	
0,195934	3915,0	7,6	0,187789	3728,9	5,9	
0,209187	4217,8	7,7	0,197303	3946,3	5,8	
0,223662	4548,9	7,9	0,207181	4171,9	5,7	
0,23666	4914,0	8,0	0,217417	4405,8	5,6	
0,257134	5313,2	8,1	0,228013	4647,9	5,5	
0,276285	5750,7	8,2	0,238969	4898,2	5,4	
0,29724	6229,4	8,3	0,250285	5156,7	5,3	
0,320118	6752,1	8,4	0,261947	5423,1	5,2	
0,34504	7321,5	8,4	0,273953	5697,4	5,1	
0,372042	7938,3	8,4	0,286295	5979,4	4,9	
0,401169	8603,8	8,4	0,298968	6268,9	4,8	
0,432325	9315,6	8,3	0,311948	6565,4	4,7	
0,465473	10072,9	8,1	0,325229	6868,9	4,6	
0,500337	10869,3	7,9	0,338793	7178,7	4,5	
0,536592	11697,6	7,6	0,352629	7494,8	4,4	
0,573899	12549,9	7,3	0,366707	7816,5	4,3	
0,611761	13414,9	6,9	0,381012	8143,3	4,2	
0,649567	14278,6	6,4	0,395522	8474,8	4,1	
0,686805	15129,4	6,0	0,410218	8810,5	4,0	
0,722876	15953,4	5,4	0,425064	9149,7	3,8	
0,757182	16737,2	4,9	0,44004	9491,8	3,7	

Parametreler için minimum ve maksimum değerler belli olduğu için bu değerlere göre normalizasyon yapıldı (Tablo 4.8). Enerji değerleri (çıkış değerleri) için minimum değer belli olmasına karşılık maksimum değer bilinmediğinden, istatistiksel metotlarla hesaplanan sonuçlara göre bir maksimum değer belirlenmiş ve normalizasyon bu değere göre yapılmıştır (Tablo 4.9).

YSA, eğitim setindeki 12 örnek için 5000 çevrim ve 0,003 hata sınırına kadar eğitilmiş, buradan ağın, 1999-2020 arası 22 değer için verdiği çıkış değerleri bulunmuştur (Tablo 4.10). 0,1-0,9 arasında olan çıkış değerleri

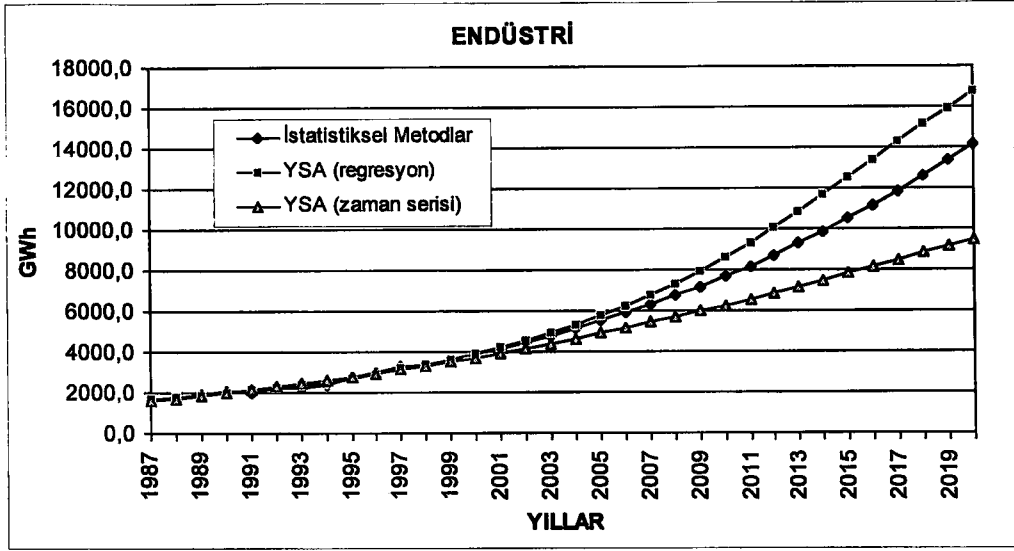
$$V = \frac{(A - A_{\min})}{r} + V_{\min} \quad (4.5)$$

formülü ile ters normalizasyon yapılarak gerçek değerler bulunmuştur (Tablo 4.10).

YSA ile yapılan ikinci tahmin çalışmasında zamana bağlı olarak endüstriyel yük tahmini yapılmıştır. Ağ yapısı olarak 3 katmanlı; saklı katmanda 3 nöron bulunan çok tabakalı ileri beslemeli (multilayer full feed forward) ağ yapısı kullanılmıştır. Giriş olarak yıllar (1,2,...) ve çıkış olarak endüstriyel yük alınarak 1 giriş 1 çıkışlı bir yapay sinir ağı kullanılmıştır. Çıkış ve saklı katmanda kullanılan öğrenme algoritması hızlı yayılım (Quick Probagation); nöronlarda bulunan transfer fonksiyonları sigmoid fonksiyonu; azaltılan hata değeri karesel ortalama hata (mean square error) dır. Yıllar ve yükler için normalize edilmiş değerler Tablo 4.8-9'da verilmiştir. YSA eğitim setindeki 12 örnek için 3000 çevrim ve 0,005 hata sınırına kadar eğitilmiş, buradan ağın test kümesindeki 1999-2020 arası 21 değer için verdiği çıkış değerleri bulunmuş; 0,1-0,9 arasında olan çıkış değerleri Denklem 4.5 ile ters normalizasyon yapılarak gerçek değerler bulunmuştur (Tablo 4.10).

YSA'nın, test edilmesi, eğitim için verilerin az olması nedeniyle eğitim kümesinden test kümesi oluşturularak yapılamamış; bunun yerine, ağın verdiği sonuçların istatistiksel metodlarla hesaplanan değerlerle uygunluğu göz önünde bulundurularak yapılmıştır.

Endüstriyel yükün istatistiksel yöntemlerle ve YSA ile hesaplanan tahmin değerleri grafik olarak Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.6 Endüstriyel yük için 2020 yılına kadar tahmin değerleri

4.2.2 Elektrik İşletmeleri Yük Tahmini

Elektrik işletmeleri TEDAŞ ve TEAŞ'a yapılan satışları kapsamaktadır.

Elektrik işletmeleri yük tahmini için Tablo 4.7'de verilen 1987 yılından 1998 yılına kadar olan 12 yıllık veriler kullanılarak tahmin değerleri bulunmuştur. Regresyon analizinde bağımsız değişken olarak nüfus, KBGSYİH, TEDAŞ ve sanayi endeksi parametreleri kullanılmıştır. Fonksiyonlardan R^2 değeri 1'e yakın ve uygun olan, doğrusal regresyon, 2. derece polinom ve üstel fonksiyon ile 2020 yılına kadar bulunan tahmin değerleri Tablo 4.11'de verilmiştir. Bu değerlerin hesaplanmasında kullanılan fonksiyonlar:

Doğrusal Regresyon: $Y = 11,9691 * SE + 0,53774 * TED - 0,133 * KB + 1,13638 * N - 4863,4$

2. Derece Polinom: $Y = 11,9691 * X^2 + 106,31 * X + 964,76$

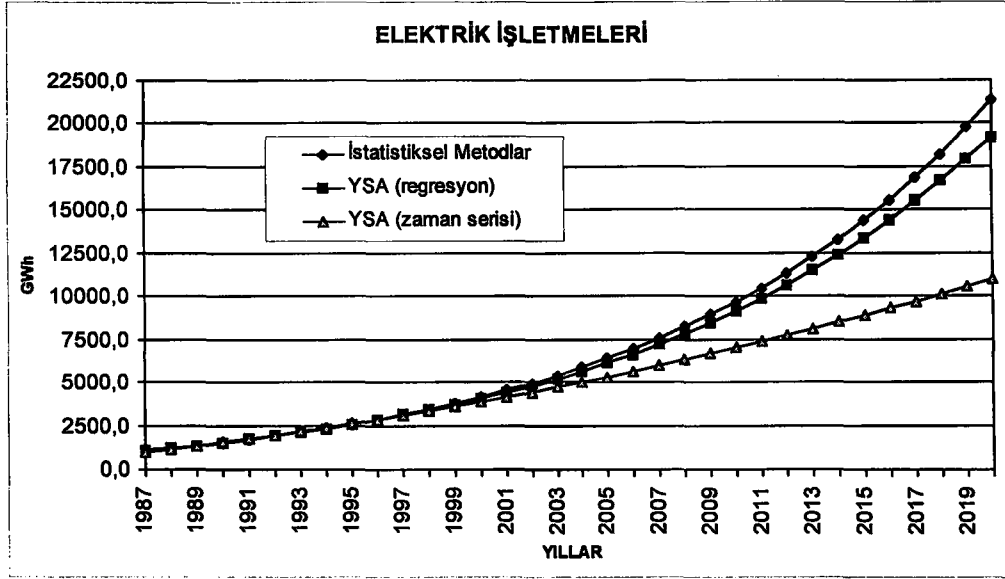
Üstel: $Y = 962,78 * e^{(0,1052 * X)}$

Burada SE: sanayi endeksi, TED:TEDAŞ, KB:KBGSYİH, N:nüfus, ve $X = 1,2,...$ olarak yılları göstermektedir.

Bu 3 fonksiyon ile bulunan değerlerin, Denklem 4.1'e göre ağırlıklı ortalaması alınarak, elektrik işletmeleri yükü için 2020 yılına kadar olan tahmin değerleri bulunmuştur (Tablo 4.11 "ortalama" sütunu).

Tablo 4.11 1999-2020 yılları Elektrik İşletmeleri yük tahmini

YILLAR	NÜFUS milyon	KİŞİ BAŞI USD	TEDAŞ GW/h	SAN. ENJ. %	DOĞRUSAL REG.	POLY-2	ÜSTEL	ORTALAMA DEĞER	ARTIŞ %	YAPAY SINIR AĞLARI YÖNTEMİ					
										REGRESYON			ZAMAN SERİSİ		
										normalize	gerçek	artış	normalize	gerçek	artış
1987	4090,6	1720	1022,4	80,7	1099,8			1099,8	*	0,099147	1063,6	13,6	0,097661	1000,7	17,6
1988	4163,6	1727	1118,1	81,9	1222,2			1222,2	11,1	0,102556	1208,3	12,6	0,101824	1177,1	15,6
1989	4237,3	2005	1222,6	84,9	1327,6			1327,6	8,6	0,106139	1359,9	12,9	0,106144	1360,2	14,0
1990	4311,7	2773	1336,9	92,9	1472,3			1472,3	10,9	0,110263	1534,7	12,0	0,110268	1550,1	12,7
1991	4386,7	2588	1462,0	95,4	1685,4			1685,4	14,5	0,114611	1718,9	11,5	0,115271	1746,9	11,7
1992	4462,4	2674	1598,7	100,1	1918,0			1918,0	13,8	0,11928	1916,8	11,4	0,120084	1950,9	10,8
1993	4538,8	3103	1748,2	108,2	2180,9			2180,9	8,6	0,124433	2135,2	8,1	0,12507	2162,1	9,5
1994	4615,9	2280	1962,9	101,5	2368,6			2368,6	7,8	0,128497	2307,4	10,6	0,130233	2380,9	7,4
1995	4693,8	2799	2100,7	114,3	2553,4			2553,4	9,1	0,134929	2579,9	8,4	0,135574	2607,3	8,5
1996	4772,4	2871	2144,2	122,9	2824,6			2824,6	12,1	0,141047	2839,2	9,0	0,141098	2841,3	9,0
1997	4851,7	3289	2520,4	131,7	3081,4			3081,4	9,6	0,147978	3132,9	8,6	0,146807	3083,3	8,1
1998	4931,9	3402	2802,4	135,4	3454,6			3454,6	12,1	0,1542	3396,5	8,4	0,152709	3333,4	7,7
1999	5012,8	3473	3086,8	142,3	3734,3			3734,3	9,3	0,161514	3706,5	8,6	0,158798	3591,4	7,4
2000	5094,6	3606	3452,8	149,6	4093,6			4093,6	9,7	0,169428	4041,8	8,3	0,165083	3857,7	7,1
2001	5177,2	3740	3865,3	157,3	4483,9			4483,9	9,1	0,177977	4404,1	8,6	0,171566	4132,4	6,9
2002	5260,7	3873	4232,7	165,5	4886,2			4886,2	8,8	0,186872	4781,0	8,4	0,17825	4415,7	6,6
2003	5345,0	4006	4684,0	174,1	5280,5			5280,5	8,7	0,19663	5194,5	8,3	0,185133	4707,3	6,4
2004	5430,2	4139	5174,9	183,3	5733,2			5733,2	8,5	0,207114	5638,8	8,1	0,192217	5007,5	6,2
2005	5516,3	4272	5707,0	193,0	6215,7			6215,7	8,9	0,218365	6116,4	8,4	0,199505	5316,3	6,0
2006	5603,4	4405	6282,2	203,3	6729,4			6729,4	8,8	0,23054	6631,5	8,4	0,206999	5633,9	5,8
2007	5691,4	4538	6902,6	214,2	7275,9			7275,9	8,6	0,243623	7185,9	8,3	0,214695	5960,0	5,6
2008	5780,3	4671	7570,2	225,7	7856,7			7856,7	8,5	0,257725	7783,4	8,1	0,222594	6294,8	5,5
2009	5870,3	4804	8287,8	238,0	8473,7			8473,7	8,4	0,272887	8425,9	8,2	0,230696	6638,1	5,3
2010	5961,2	4936	9057,9	250,9	9128,8			9128,8	8,4	0,289198	9117,1	8,1	0,239004	6990,1	5,2
2011	6053,2	5069	9883,6	264,7	9824,1			9824,1	8,3	0,306721	9859,7	8,1	0,247509	7350,5	5,0
2012	6146,2	5201	10768,3	279,2	10362,0			10362,0	8,3	0,325548	10657,5	8,0	0,256212	7719,3	4,9
2013	6240,3	5334	11715,6	294,6	11344,8			11344,8	8,2	0,345699	11511,4	7,9	0,265111	8096,4	4,8
2014	6335,6	5466	12729,7	310,9	12175,4			12175,4	8,2	0,367227	12423,6	7,8	0,274206	8481,8	4,6
2015	6431,9	5599	13815,2	328,0	13056,6			13056,6	8,2	0,390218	13397,9	7,7	0,283485	8875,0	4,5
2016	6529,4	5731	14976,9	346,2	13991,8			13991,8	8,2	0,414615	14431,7	7,6	0,292948	9276,0	4,4
2017	6628,0	5863	16220,4	365,3	14884,1			14884,1	8,2	0,440443	15526,2	7,4	0,302591	9684,6	4,3
2018	6727,9	5995	17551,9	385,5	16037,8			16037,8	8,2	0,467682	16680,4	7,3	0,312412	10100,8	4,2
2019	6829,0	6127	18978,2	406,8	17157,0			17157,0	8,2	0,496253	17891,1	7,1	0,322396	10523,9	4,1
2020	6931,3	6259	20506,6	429,3	18346,3			18346,3	8,2	0,526023	19152,6	7,1	0,33254	10953,7	4,1
					R-kare	0,9977	0,9977	0,9960							
					1-Rkare	0,0023	0,0023	0,0040							



Şekil 4.7 Elektrik İşletmeleri yükü için 2020 yılına kadar tahmin değerleri

Yapay sinir ağları kullanılarak yapılan birinci tahmin çalışmasında, 4 katmanlı; 1. saklı katmanda 3, 2. saklı katmanda 5 nöron bulunan çok tabakalı ileri beslemeli (multilayer full feed forward) ağ yapısı kullanılmıştır. Giriş değişkenleri olarak regresyonda kullanılan nüfus, KBGSYİH, TEDAŞ ve sanayi endeksi parametreleri ve çıkış olarak elektrik işletmeleri yükü alınarak 3 giriş 1 çıkışlı bir yapay sinir ağı kullanılmıştır. Çıkış ve saklı katmanlarda kullanılan öğrenme algoritması hızlı yayılım (Quick Probagation); nöronlarda bulunan transfer fonksiyonları sigmoid fonksiyonu; azaltılan hata değeri kareli ortalama hata (mean square error) dır. Parametreler ve enerji değerleri 0,1-0,9 arasında normalize edilmiştir (Tablo 4.8-9).

YSA, eğitim setindeki 12 örnek için 5000 çevrim ve 0,001 hata sınırına kadar eğitilmiş, buradan, ağıın 1999-2020 arası 22 değer için verdiği çıkış değerleri bulunmuş; 0,1-0,9 arasında olan çıkış değerleri ters normalizasyon yapılarak gerçek değerler bulunmuştur (Tablo 4.11).

YSA ile yapılan ikinci tahmin çalışmasında zamana bağlı olarak elektrik işletmeleri yük tahmini yapılmıştır. Ağ yapısı olarak 3 katmanlı; saklı katmanda 3 nöron bulunan çok tabakalı ileri beslemeli (multilayer full feed forward) ağ yapısı kullanılmıştır. Giriş olarak yıllar (1,2,...) ve çıkış olarak endüstriyel yük alınarak 1 giriş 1 çıkışlı bir yapay sinir ağı kullanılmıştır. Çıkış ve saklı katmanda kullanılan öğrenme algoritması hızlı yayılım (Quick Probagation); nöronlarda bulunan transfer fonksiyonları sigmoid fonksiyonu; azaltılan hata değeri kareli ortalama hata (mean square error) dır. Yıllar ve yükler için normalize edilmiş değerler Tablo 4.8-9'da verilmiştir. YSA eğitim setindeki 12 örnek için 3000 çevrim ve 0,001 hata sınırına

kadar eğitilmiş, buradan ağın test kümesindeki 1999-2020 arası 22 değer için verdiği çıkış değerleri bulunmuş; 0,1-0,9 arasında olan çıkış değerleri Denklem 4.5 ile ters normalizasyon yapılarak gerçek değerler bulunmuştur (Tablo 4.10).

Elektrik işletmeleri yük tahmininin istatistiksel yöntemlerle ve YSA ile hesaplanan değerleri grafik olarak Şekil 4.7’de verilmiştir.

4.2.3 Resmi Daireler Yük Tahmini

Resmi daireler yük tahmini için Tablo 4.7’de verilen 1987 yılından 1998 yılına kadar olan 12 yıllık veriler kullanılarak tahmin değerleri bulunmuştur. Regresyon analizinde bağımsız değişken olarak nüfus kullanılmıştır. Fonksiyonlardan R^2 değeri 1’e yakın ve uygun olan, doğrusal ve üstel regresyon, kuvvet ve logaritmik fonksiyon ile 2020 yılına kadar bulunan tahmin değerleri Tablo 4.12’de verilmiştir. Bu değerlerin hesaplanmasında kullanılan fonksiyonlar:

Doğrusal Regresyon: $Y = 0,07606 * N - 225,15$

Üstel Regresyon: $Y = 1,00069^N * 5,21642$

Kuvvet: $Y = 74,425 * X^{0,2634}$

Logaritmik: $Y = 28,414. \ln(X) + 70,156$

Burada N:nüfus ve $X = 1,2,...$ olarak yılları göstermektedir.

Bu 4 fonksiyon ile bulunan değerlerin, Denklem 4.1’e göre ağırlıklı ortalaması alınarak, resmi daireler yükü için 2020 yılına kadar olan tahmin değerleri bulunmuştur (Tablo 4.12 “ortalama” sütunu).

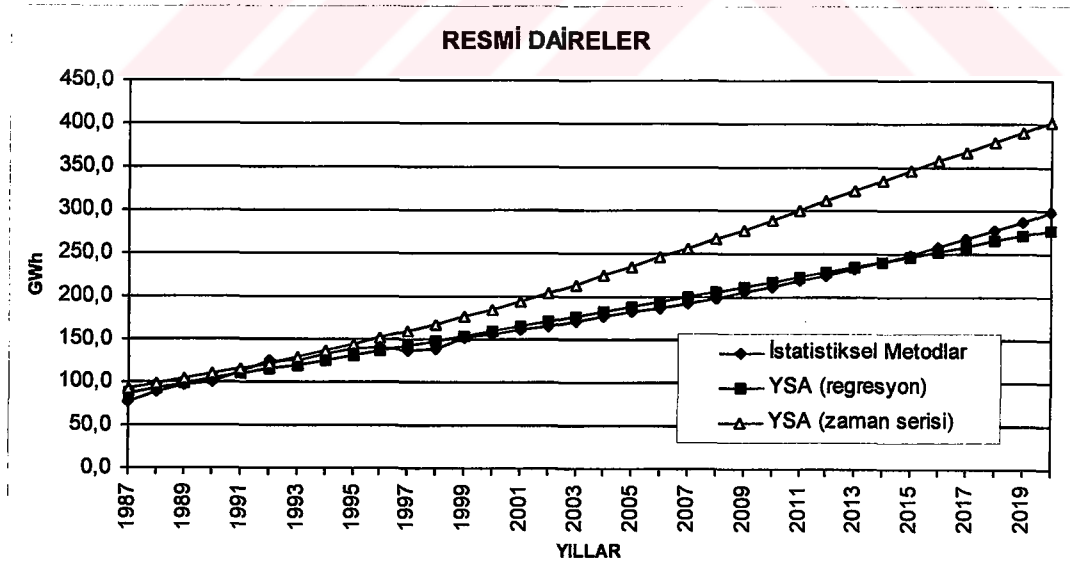
Yapay sinir ağları kullanılarak yapılan birinci tahmin çalışmasında, 4 katmanlı; 1. saklı katmanda 3, 2. saklı katmanda 5 nöron bulunan çok tabakalı ileri beslemeli (multilayer full feed forward) ağ yapısı kullanılmıştır. Giriş değişkenleri olarak regresyonda kullanılan nüfus ve çıkış olarak resmi daireler yükü alınarak 3 giriş 1 çıkışlı bir yapay sinir ağı kullanılmıştır. Çıkış ve saklı katmanlarda kullanılan öğrenme algoritması hızlı yayılım (Quick Probagation); nöronlarda bulunan transfer fonksiyonları sigmoid fonksiyonu; azaltılan hata değeri karesel ortalama hata (mean square error) dır. Parametreler ve enerji değerleri 0,1-0,9 arasında normalize edilmiştir (Tablo 4.8-9).

YSA, eğitim setindeki 12 örnek için 5000 çevrim ve 0,001 hata sınırına kadar eğitilmiş, buradan, ağın 1999-2020 arası 22 değer için verdiği çıkış değerleri

bulunmuş; 0,1-0,9 arasında olan çıkış değerleri ters normalizasyon yapılarak gerçek değerler bulunmuştur (Tablo 4.12).

YSA ile yapılan ikinci tahmin çalışmasında zamana bağlı olarak resmi daireler yük tahmini yapılmıştır. Giriş olarak yıllar, çıkış değeri olarak yük değerleri kullanılmıştır. Ağ yapısı olarak 3 katmanlı; saklı katmanda 2 nöron bulunan çok tabakalı ileri beslemeli (multilayer full feed forward) ağ yapısı kullanılmıştır. Giriş olarak yıllar (1,2,...) ve çıkış olarak resmi daireler yükü alınarak 1 giriş 1 çıkışlı bir yapay sinir ağı kullanılmıştır. Çıkış ve saklı katmanda kullanılan öğrenme algoritması hızlı yayılım (Quick Probagation); nöronlarda bulunan transfer fonksiyonları sigmoid fonksiyonu; azaltılan hata değeri karesel ortalama hata (mean square error) dır. Yıllar ve yükler için normalize edilmiş değerler Tablo 4.8-9'da verilmiştir. YSA eğitim setindeki 12 örnek için 800 çevrim ve 0,008 hata sınırına kadar eğitilmiş, buradan ağı test kümesindeki 1999-2020 arası 22 değer için verdiği çıkış değerleri bulunmuş; 0,1-0,9 arasında olan çıkış değerleri Denklem 4.5 ile ters normalizasyon yapılarak gerçek değerler bulunmuştur (Tablo 4.10).

Resmi daireler yük tahmininin istatistiksel yöntemlerle ve YSA ile hesaplanan 2020 yılına kadar tahmin değerleri grafik olarak Şekil 4.8'de verilmiştir.



Şekil 4.8 Resmi Daireler yükü için 2020 yılına kadar tahmin değerleri

Tablo 4.12 1999-2020 yılları Resmi Daireler yük tahmini

YILLAR	NÜFUS milyon	DOGRUSAL REG.	ÜSTEL REG.	KUVVET	LOGARİT.	ORTALAMA DEĞER	ARTIŞ %	YAPAY SINIR AĞLARI YÖNTEMİ					
								REGRESYON		ZAMAN SERİSİ			
								normalize	gerçek	normalize	gerçek	normalize	gerçek
1987	4090,6	77,0				77,0		0,116025	87,5	0,12376	92,5	*	
1988	4163,6	89,0				89,0	15,6	0,123938	92,6	5,9	0,131875	97,8	5,7
1989	4237,3	96,6				96,6	8,5	0,132039	97,9	5,7	0,140435	103,4	5,7
1990	4311,7	99,6				99,6	3,1	0,140331	103,4	5,5	0,149453	109,3	5,7
1991	4386,7	111,5				111,5	11,9	0,148817	108,9	5,4	0,158934	115,5	5,7
1992	4462,4	124,3				124,3	11,5	0,157383	114,5	5,1	0,168889	122,0	5,6
1993	4538,8	125,0				125,0	0,6	0,166037	120,2	4,9	0,179325	128,9	5,5
1994	4615,9	133,4				133,4	6,7	0,174748	125,9	4,7	0,190252	136,0	5,5
1995	4693,8	138,0				138,0	3,4	0,183531	131,6	4,6	0,201661	143,5	5,5
1996	4772,4	139,7				139,7	1,2	0,192285	137,3	4,3	0,213559	151,2	5,4
1997	4851,7	137,3				137,3	-1,7	0,201032	143,0	4,2	0,225941	159,3	5,4
1998	4931,9	138,4				138,4	0,8	0,209798	148,8	4,0	0,238808	167,7	5,3
1999	5012,8	156,1	163,7	146,3	143,0	151,3	9,3	0,218534	154,5	3,8	0,252146	176,5	5,2
2000	5094,6	162,4	173,1	149,1	145,1	156,2	3,2	0,227234	160,2	3,7	0,265938	185,5	5,1
2001	5177,2	168,6	183,2	151,9	147,1	161,1	3,1	0,235934	165,9	3,6	0,280174	194,8	5,0
2002	5260,7	175,0	194,1	154,5	148,9	166,0	3,1	0,244596	171,5	3,4	0,294842	204,4	4,9
2003	5345,0	181,4	205,6	157,0	150,7	171,1	3,1	0,253261	177,2	3,3	0,309909	214,2	4,8
2004	5430,2	187,9	218,0	159,4	152,3	176,4	3,1	0,261896	182,8	3,2	0,325356	224,3	4,7
2005	5516,3	194,4	231,3	161,6	153,8	181,7	3,0	0,270509	188,5	3,1	0,341157	234,7	4,6
2006	5603,4	201,0	245,6	163,8	155,3	187,3	3,1	0,279142	194,1	3,0	0,357288	245,2	4,5
2007	5691,4	207,7	260,9	166,0	156,7	193,0	3,1	0,287804	199,8	2,9	0,373702	255,9	4,4
2008	5780,3	214,5	277,4	168,0	158,0	199,0	3,1	0,296502	205,5	2,8	0,39037	266,8	4,3
2009	5870,3	221,3	295,1	170,0	159,2	205,2	3,1	0,305212	211,2	2,8	0,407256	277,9	4,1
2010	5961,2	228,3	314,1	171,9	160,5	211,6	3,1	0,313977	216,9	2,7	0,424327	289,0	4,0
2011	6053,2	235,3	334,6	173,8	161,6	218,4	3,2	0,322805	222,7	2,7	0,441528	300,3	3,9
2012	6146,2	242,3	356,7	175,6	162,7	225,4	3,2	0,331705	228,5	2,6	0,458824	311,6	3,8
2013	6240,3	249,5	380,5	177,3	163,8	232,9	3,3	0,340684	234,3	2,6	0,476174	322,9	3,6
2014	6335,6	256,7	406,3	179,0	164,8	240,7	3,4	0,349749	240,3	2,5	0,493542	334,3	3,5
2015	6431,9	264,1	434,1	180,7	165,8	248,9	3,4	0,35894	246,3	2,5	0,510871	345,6	3,4
2016	6529,4	271,5	464,2	182,3	166,8	257,7	3,5	0,368195	252,3	2,5	0,528127	356,9	3,3
2017	6628,0	279,0	496,8	183,9	167,7	266,9	3,6	0,377586	258,5	2,4	0,545269	368,1	3,1
2018	6727,9	286,6	532,0	185,4	168,6	276,7	3,7	0,387083	264,7	2,4	0,562264	379,2	3,0
2019	6829,0	294,3	570,3	186,9	169,5	287,1	3,8	0,396722	271,0	2,4	0,579062	390,2	2,9
2020	6931,3	302,1	611,9	188,4	170,4	298,2	3,9	0,406471	277,4	2,4	0,595633	401,0	2,8
		R-kare	0,9261	0,9053	0,9680	0,9496							
		1-Rkare	0,0739	0,0947	0,0320	0,0504							

4.2.4 Köy Yükleri Tahmini

Köy yükleri tahmini için Tablo 4.7 de verilen 1987 yılından 1998 yılına kadar olan 12 yıllık veriler kullanılarak tahmin değerleri bulunmuştur. Regresyon analizinde bağımsız değişken olarak nüfus ve TEDAŞ kullanılmıştır. Fonksiyonlardan R^2 değeri 1'e yakın ve uygun olan, doğrusal regresyon, 2. derece polinom ve üstel fonksiyon ile 2020 yılına kadar bulunan tahmin değerleri Tablo 4.13'de verilmiştir. Bu değerlerin hesaplanmasında kullanılan fonksiyonlar:

Doğrusal Regresyon: $Y = 0,06509 * TED - 0,0228 * N + 113,074$

2. Derece Polinom: $Y = 0,536 * X^2 + 1,329 * X + 86,87$

Üstel: $Y = 78,863 * e^{(0,0661 * X)}$

Burada $X = 1,2,...$ olarak yılları göstermektedir. Bu 3 fonksiyon ile bulunan değerlerin, Denklem 4.1'e göre ağırlıklı ortalaması alınarak, köy yükleri için 2020 yılına kadar olan tahmin değerleri bulunmuştur (Tablo 4.13 "ortalama" sütunu).

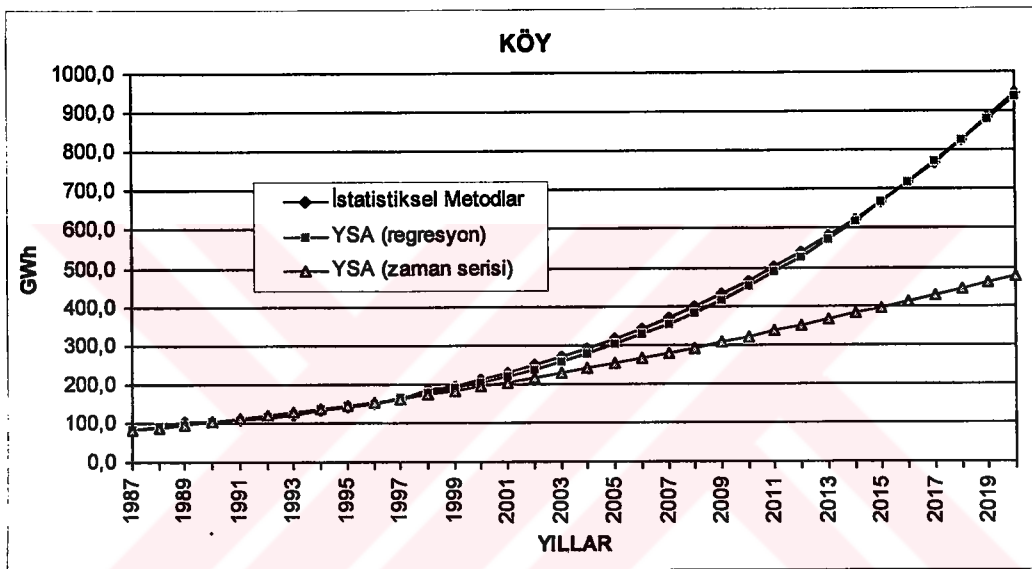
Yapay sinir ağları kullanılarak yapılan birinci tahmin çalışmasında, 4 katmanlı; 1. saklı katmanda 3, 2. saklı katmanda 5 nöron bulunan çok tabakalı ileri beslemeli (multilayer full feed forward) ağ yapısı kullanılmıştır. Giriş değişkenleri olarak regresyonda kullanılan nüfus ve TEDAŞ parametreleri ve çıkış olarak köy yükü alınarak, 3 giriş 1 çıkışlı bir yapay sinir ağı kullanılmıştır. Çıkış ve saklı katmanlarda kullanılan öğrenme algoritması hızlı yayılım (Quick Probagation); nöronlarda bulunan transfer fonksiyonları sigmoid fonksiyonu; azaltılan hata değeri karesel ortalama hata (mean square error) dır. Parametreler ve enerji değerleri 0,1-0,9 arasında normalize edilmiştir (Tablo 4.8-9).

YSA, eğitim setindeki 12 örnek için 5000 çevrim ve 0,001 hata sınırına kadar eğitilmiş, buradan, ağı 1999-2020 arası 22 değer için verdiği çıkış değerleri bulunmuş; 0,1-0,9 arasında olan çıkış değerleri ters normalizasyon yapılarak gerçek değerler bulunmuştur (Tablo 4.13).

YSA ile yapılan ikinci tahmin çalışmasında zamana bağlı olarak köy yükü tahmini yapılmıştır. Ağ yapısı olarak 3 katmanlı; saklı katmanda 2 nöron bulunan çok tabakalı ileri beslemeli (multilayer full feed forward) ağ yapısı kullanılmıştır. Giriş olarak yıllar (1,2,...) ve çıkış olarak köy yükü alınarak 1 giriş 1 çıkışlı bir yapay sinir ağı kullanılmıştır. Çıkış ve saklı katmanda kullanılan öğrenme algoritması hızlı yayılım (Quick Probagation); nöronlarda bulunan transfer fonksiyonları sigmoid fonksiyonu; azaltılan hata değeri karesel ortalama hata (mean square error) dır. Yıllar

ve yükler için normalize edilmiş değerler Tablo 4.8-9'da verilmiştir. YSA eğitim setindeki 12 örnek için 800 çevrim ve 0,008 hata sınırına kadar eğitilmiş, buradan ağırlık test kümesindeki 1999-2020 arası 22 değer için verdiği çıkış değerleri bulunmuş; 0,1-0,9 arasında olan çıkış değerleri Denklem 4.5 ile ters normalizasyon yapılarak gerçek değerler bulunmuştur (Tablo 4.10).

Köy yük tahmininin istatistiksel yöntemlerle ve YSA ile tahmin değerleri grafik olarak Şekil 4.9'da verilmiştir.



Şekil 4.9 Köy yükleri için 2020 yılına kadar tahmin değerleri

4.2.5 Tarım Yük Tahmini

Tarım yükleri tahmini için Tablo 4.7'de verilen 1987 yılından 1998 yılına kadar olan 12 yıllık veriler kullanılarak tahmin değerleri bulunmuştur. Regresyon analizinde bağımsız değişken olarak nüfus, SFGSYİH ve KBGSYİH parametreleri kullanılmıştır. Fonksiyonlardan R^2 değeri 1'e yakın ve uygun olan, doğrusal ve üstel regresyon ile 2020 yılına kadar bulunan tahmin değerleri Tablo 4.14'de verilmiştir. Bu değerlerin hesaplanmasında kullanılan fonksiyonlar:

Doğrusal Regresyon: $Y = 0,00203 * KB + 0,00469 * SF - 0,0024 * N + 13,0102$

Üstel Regresyon: $Y = 1,00017^{KB} * 0,99999^{SF} * 1,00019^N * 11,887$

Bu 2 fonksiyon ile bulunan değerlerin, Denklem 4.1'e göre ağırlıklı ortalaması alınarak, tarım yükleri için 2020 yılına kadar olan tahmin değerleri bulunmuştur (Tablo 4.14 "ortalama" sütunu).

Tablo 4.13 1999-2020 yılları Köy yükleri tahmini

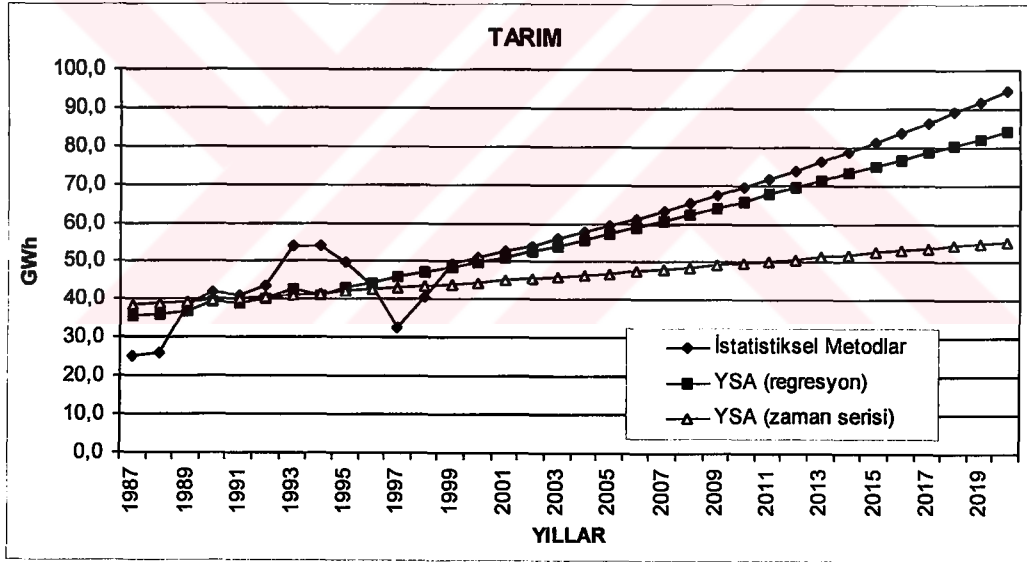
YILLAR	NÜFUS milyon	TEDAŞ GWh	DOĞRUSAL REG.	POLY-2	ÜSTEL	ORTALAMA DEĞER	ARTIŞ %	YAPAY SINIR AĞLARI YÖNTEMİ					
								REGRESYON		ZAMAN SERİSİ			
								normalize	gerçek	artış	normalize	gerçek	artış
1987	4090,6	1022,4	82,0			82,0		0,100855	83,3	*	0,099609	81,4	*
1988	4163,6	1118,1	92,0			92,0	12,2	0,104807	89,3	7,2	0,104124	88,3	8,4
1989	4237,3	1222,6	102,9			102,9	11,8	0,108987	95,7	7,1	0,10882	95,4	8,1
1990	4311,7	1336,9	104,7			104,7	1,7	0,113425	102,4	7,1	0,113702	102,9	7,8
1991	4386,7	1462,0	109,5			109,5	4,6	0,118153	109,6	7,0	0,118773	110,6	7,5
1992	4462,4	1598,7	111,6			111,6	1,9	0,123194	117,3	7,0	0,124039	118,6	7,3
1993	4538,8	1748,2	119,5			119,5	7,1	0,128543	125,5	6,9	0,129503	126,9	7,0
1994	4615,9	1982,9	132,7			132,7	11,0	0,134745	134,9	7,5	0,135174	135,6	6,8
1995	4693,8	2100,7	141,6			141,6	6,7	0,140514	143,7	6,5	0,141051	144,5	6,6
1996	4772,4	2144,2	149,1			149,1	5,3	0,145545	151,3	5,3	0,147141	153,8	6,4
1997	4851,7	2520,4	160,2			160,2	7,4	0,154231	164,6	8,7	0,153446	163,4	6,2
1998	4931,9	2802,4	188,7			188,7	17,8	0,162376	177,0	7,5	0,159974	173,3	6,1
1999	5012,8	3086,8	199,8	194,7	186,2	193,9	2,8	0,17093	190,0	7,4	0,166723	183,6	5,9
2000	5094,6	3452,8	221,7	210,5	199,0	211,0	8,8	0,180838	205,1	7,9	0,173697	194,2	5,8
2001	5177,2	3865,3	246,7	227,4	212,6	229,8	8,9	0,191829	221,8	8,2	0,1809	205,2	5,6
2002	5260,7	4232,7	268,7	245,4	227,1	248,1	8,0	0,202791	238,5	7,5	0,188337	216,5	5,5
2003	5345,0	4684,0	296,2	264,4	242,6	269,1	8,5	0,215404	257,7	8,1	0,196003	228,2	5,4
2004	5430,2	5174,9	326,2	284,5	259,2	291,7	8,4	0,229199	278,7	8,2	0,203903	240,2	5,3
2005	5516,3	5707,0	358,8	305,6	276,9	316,0	8,3	0,244215	301,6	8,2	0,212037	252,6	5,2
2006	5603,4	6282,2	394,3	327,9	295,8	342,0	8,2	0,26066	326,6	8,3	0,22041	265,3	5,0
2007	5691,4	6902,6	432,7	351,2	316,0	369,8	8,1	0,27853	353,8	8,3	0,229014	278,4	4,9
2008	5780,3	7570,2	474,1	375,5	337,6	399,5	8,0	0,298003	383,5	8,4	0,237852	291,9	4,8
2009	5870,3	8287,8	518,8	401,0	360,7	431,1	7,9	0,319136	415,6	8,4	0,246921	305,7	4,7
2010	5961,2	9057,9	565,8	427,5	385,3	464,9	7,8	0,341998	450,4	8,4	0,256224	319,9	4,6
2011	6053,2	9883,6	618,5	455,1	411,7	500,8	7,7	0,366684	488,0	8,3	0,265749	334,4	4,5
2012	6146,2	10768,3	673,9	483,8	439,8	539,0	7,6	0,393261	528,5	8,3	0,275498	349,2	4,4
2013	6240,3	11715,6	733,5	513,5	469,8	579,6	7,5	0,421666	571,7	8,2	0,285465	364,4	4,3
2014	6335,6	12729,7	797,3	544,3	502,0	622,8	7,4	0,451871	617,7	8,0	0,29565	379,9	4,3
2015	6431,9	13815,2	865,8	576,2	536,3	668,6	7,4	0,483879	666,5	7,9	0,306038	395,7	4,2
2016	6529,4	14976,9	939,1	609,1	572,9	717,4	7,3	0,517402	717,5	7,7	0,316627	411,8	4,1
2017	6628,0	16220,4	1017,8	643,2	612,0	769,2	7,2	0,552282	770,6	7,4	0,327409	428,2	4,0
2018	6727,9	17551,9	1102,2	678,3	653,9	824,2	7,2	0,588247	825,4	7,1	0,336381	444,9	3,9
2019	6829,0	18978,2	1192,8	714,4	698,6	882,7	7,1	0,624879	881,1	6,8	0,349525	461,9	3,8
2020	6931,3	20506,6	1289,9	751,7	746,3	944,9	7,0	0,661779	937,3	6,4	0,360835	479,1	3,7
			R-kare	0,9794	0,9742	0,9717							
			1-Rkare	0,0206	0,0258	0,0283							

Tablo 4.14 1999-2020 yılları Tarım yükleri tahmini

YILLAR	NÜFUS milyon	SFGSYİH milyar TL	KBGŞYİH USD	DOĞRUSAL REG.	ÜSTEL REG.	ORTALAMA DEĞER	ARTIŞ %	YAPAY SINIR AĞLARI YÖNTEMİ					
								REGRESYON		ZAMAN SERİSİ			
								normalize	gerçek	artış	normalize	gerçek	artış
1987	4090,6	5907	1720	25,0		25,0		0,198128	35,4	*	0,227121	38,5	*
1988	4163,6	5959	1727	26,1		26,1	4,4	0,202349	35,9	1,3	0,231144	38,9	1,1
1989	4237,3	6156	2005	38,7		38,7	48,3	0,211732	36,9	2,8	0,235222	39,4	1,1
1990	4311,7	6795	2773	42,0		42,0	8,5	0,234215	39,3	6,5	0,239352	39,8	1,1
1991	4386,7	6565	2588	40,9		40,9	-2,6	0,232388	39,1	-0,5	0,243535	40,3	1,1
1992	4462,4	6949	2674	43,5		43,5	6,4	0,243651	40,3	3,1	0,247772	40,7	1,1
1993	4538,8	7793	3103	53,8		53,8	23,7	0,267809	42,8	6,4	0,252062	41,2	1,1
1994	4615,9	7174	2280	53,8		53,8	0,0	0,250806	41,0	-4,2	0,256406	41,6	1,1
1995	4693,8	7644	2799	49,9		49,9	-7,2	0,270286	43,1	5,0	0,260802	42,1	1,1
1996	4772,4	7942	2871	43,5		43,5	-12,8	0,281309	44,3	2,7	0,26525	42,6	1,1
1997	4851,7	8228	3289	32,6		32,6	-25,1	0,297541	46,0	3,9	0,26975	43,0	1,1
1998	4931,9	8438	3402	40,4		40,4	23,9	0,30835	47,1	2,5	0,274303	43,5	1,1
1999	5012,8	8736	3473	48,9	49,8	49,4	22,2	0,320459	48,4	2,7	0,278909	44,0	1,1
2000	5094,6	9006	3606	50,3	51,5	50,9	3,2	0,33336	49,8	2,8	0,283562	44,5	1,1
2001	5177,2	9281	3740	51,6	53,3	52,5	3,2	0,346671	51,2	2,8	0,288266	45,0	1,1
2002	5260,7	9562	3873	53,0	55,3	54,2	3,1	0,360441	52,7	2,9	0,293022	45,5	1,1
2003	5345,0	9849	4006	54,4	57,2	55,9	3,1	0,374619	54,2	2,9	0,297824	46,0	1,1
2004	5430,2	10142	4139	55,9	59,3	57,6	3,1	0,389182	55,7	2,9	0,302675	46,5	1,1
2005	5516,3	10441	4272	57,3	61,4	59,4	3,1	0,404139	57,3	2,9	0,307573	47,1	1,1
2006	5603,4	10746	4405	58,8	63,6	61,3	3,1	0,419485	58,9	2,8	0,312519	47,6	1,1
2007	5691,4	11059	4538	60,3	65,9	63,2	3,1	0,435199	60,6	2,8	0,31751	48,1	1,1
2008	5780,3	11378	4671	61,9	68,3	65,2	3,1	0,45123	62,3	2,8	0,322546	48,6	1,1
2009	5870,3	11704	4804	63,5	70,8	67,2	3,1	0,467516	64,0	2,8	0,327626	49,2	1,1
2010	5961,2	12037	4936	65,1	73,4	69,3	3,1	0,484095	65,8	2,8	0,332751	49,7	1,1
2011	6053,2	12378	5069	66,7	76,0	71,5	3,1	0,500899	67,6	2,7	0,337916	50,3	1,1
2012	6146,2	12728	5201	68,4	78,8	73,8	3,1	0,517871	69,4	2,7	0,343123	50,8	1,1
2013	6240,3	13085	5334	70,1	81,7	76,1	3,2	0,53498	71,2	2,6	0,348369	51,4	1,1
2014	6335,6	13451	5466	71,9	84,7	78,5	3,2	0,55221	73,0	2,6	0,353657	52,0	1,1
2015	6431,9	13825	5599	73,7	87,9	81,0	3,2	0,569515	74,9	2,5	0,35898	52,5	1,1
2016	6529,4	14209	5731	75,5	91,1	83,6	3,2	0,586787	76,7	2,5	0,36434	53,1	1,1
2017	6628,0	14602	5863	77,4	94,5	86,2	3,2	0,604024	78,6	2,4	0,369735	53,7	1,1
2018	6727,9	15005	5995	79,3	98,1	89,0	3,2	0,621194	80,4	2,3	0,375166	54,2	1,1
2019	6829,0	15418	6127	81,3	101,7	91,8	3,2	0,638207	82,2	2,2	0,380627	54,8	1,1
2020	6931,3	15841	6259	83,3	105,6	94,7	3,2	0,65505	84,0	2,2	0,38612	55,4	1,1
				R-kare 0,2371									
				1-Rkare 0,7629	0,7201								

Yapay sinir ağı kullanılarak yapılan birinci tahmin çalışmasında, 3 katmanlı; saklı katmanda 3 nöron bulunan çok tabakalı ileri beslemeli (multilayer full feed forward) ağ yapısı kullanılmıştır. Giriş değişkenleri olarak regresyonda kullanılan nüfus, SFGSYİH ve KBGSYİH parametreleri ve çıkış olarak tarım yükü alınarak 3 giriş 1 çıkışlı bir yapay sinir ağı kullanılmıştır. Çıkış ve saklı katmanlarda kullanılan öğrenme algoritması yinelemeli geriye yayılım (Recurrent Back Prob); nöronlarda bulunan transfer fonksiyonları sigmoid fonksiyonu; azaltılan hata değeri karesel ortalama hata (mean square error) dır. Parametreler ve enerji değerleri 0,1-0,9 arasında normalize edilmiştir (Tablo 4.8-9).

YSA, eğitim setindeki 12 örnek için 10000 çevrim ve 0,07 hata sınırına kadar eğitilmiş, buradan, ağın 1999-2020 arası 22 değer için verdiği çıkış değerleri bulunmuş; 0,1-0,9 arasında olan çıkış değerleri ters normalizasyon yapılarak gerçek değerler bulunmuştur (Tablo 4.14).



Şekil 4.10 Tarım yükleri için 2020 yılına kadar tahmin değerleri

YSA ile yapılan ikinci tahmin çalışmasında zamana bağlı olarak tarım yük tahmini yapılmıştır. Ağ yapısı olarak 3 katmanlı; saklı katmanda 3 nöron bulunan çok tabakalı ileri beslemeli (multilayer full feed forward) ağ yapısı kullanılmıştır. Giriş olarak yıllar (1,2,...) ve çıkış olarak tarım yükü alınarak 1 giriş 1 çıkışlı bir yapay sinir ağı kullanılmıştır. Çıkış ve saklı katmanda kullanılan öğrenme algoritması yinelemeli geriye yayılım (Recurrent Back Prob); nöronlarda bulunan transfer fonksiyonları sigmoid fonksiyonu; azaltılan hata değeri karesel ortalama hata (mean square error) dır. Yıllar ve yükler için normalize edilmiş değerler Tablo 4.8-9'da verilmiştir. YSA eğitim setindeki 12 örnek için 5000 çevrim ve 0,07 hata sınırına kadar eğitilmiş, buradan ağın test kümesindeki 1999-2020 arası 22 değer için verdiği

çıkış değerleri bulunmuş; 0,1-0,9 arasında olan çıkış değerleri Denklem 4.5 ile ters normalizasyon yapılarak gerçek değerler bulunmuştur (Tablo 4.10).

Tarım yük tahmininin istatistiksel yöntemlerle ve YSA ile tahmin değerleri grafik olarak Şekil 4.10'da verilmiştir.

4.2.6 Diğer Yükler Tahmini

Diğer yükler tahmini için Tablo 4.7'de verilen 1987 yılından 1998 yılına kadar olan 12 yıllık veriler kullanılarak tahmin değerleri bulunmuştur. Regresyon analizinde bağımsız değişken olarak nüfus ve SFGSYİH parametreleri kullanılmıştır. Fonksiyonlardan R^2 değeri 1'e yakın ve uygun olan, doğrusal ve üstel regresyon, 2. derece polinom ve üstel fonksiyon ile 2020 yılına kadar bulunan tahmin değerleri Tablo 4.15'de verilmiştir. Bu değerlerin hesaplanmasında kullanılan fonksiyonlar:

Doğrusal Regresyon: $Y = -0,00430251 * SF + 0,10172 * N - 361,01$

Üstel Regresyon: $Y = 0,999944805^{SF} * 1,00137^N * 0,19241$

2. Derece Polinom: $Y = 1,4332 * X^2 - 11,934 * X + 66,641$

Üstel: $Y = 34,187 * e^{(0,0908 * X)}$

Bu fonksiyonlardan 2. derece polinomun R^2 değerinin ve tahmin değerinin diğer fonksiyonlardan farklı olması nedeniyle 2. derece polinomun ile hesaplanan değerler ortalamaya alınmamıştır. Diğer 3 fonksiyon ile bulunan değerlerin, Denklem 4.1'e göre ağırlıklı ortalaması alınarak, diğer yükler için 2020 yılına kadar olan tahmin değerleri bulunmuştur (Tablo 4.15 "ortalama" sütunu).

YSA ile yapılan tahmin çalışmasında ağ yapısı endüstriyel yük tahmininde kullanılan ağ yapısı ile aynıdır. Yalnız burada 1. saklı katmanda 2 nöron kullanılmıştır. Giriş değişkenleri olarak regresyonda kullanılan nüfus ve SFGSYİH parametreleri ve çıkış olarak diğer yük değerleri alınmıştır.

YSA, eğitim setindeki 12 örnek için 2000 çevrim ve 0,009 hata sınırına kadar eğitilmiş, buradan, ağın 1999-2020 arası 22 değer için verdiği çıkış değerleri bulunmuş; 0,1-0,9 arasında olan çıkış değerleri ters normalizasyon yapılarak gerçek değerler bulunmuştur (Tablo 4.15).

Tablo 4.15 1999-2020 yılları Diğer yükler tahmini

YILLAR	NÜFUS milyon	SFGSYH milyar TL
1987	4090,6	5907
1988	4163,6	5959
1989	4237,3	6156
1990	4311,7	6795
1991	4386,7	6565
1992	4462,4	6949
1993	4538,8	7793
1994	4615,9	7174
1995	4693,8	7644
1996	4772,4	7942
1997	4851,7	8228
1998	4931,9	8438
1999	5012,8	8736
2000	5094,6	9006
2001	5177,2	9281
2002	5260,7	9562
2003	5345,0	9849
2004	5430,2	10142
2005	5516,3	10441
2006	5603,4	10746
2007	5691,4	11059
2008	5780,3	11378
2009	5870,3	11704
2010	5961,2	12037
2011	6053,2	12378
2012	6146,2	12728
2013	6240,3	13085
2014	6335,6	13451
2015	6431,9	13825
2016	6529,4	14209
2017	6628,0	14602
2018	6727,9	15005
2019	6829,0	15418
2020	6931,3	15841

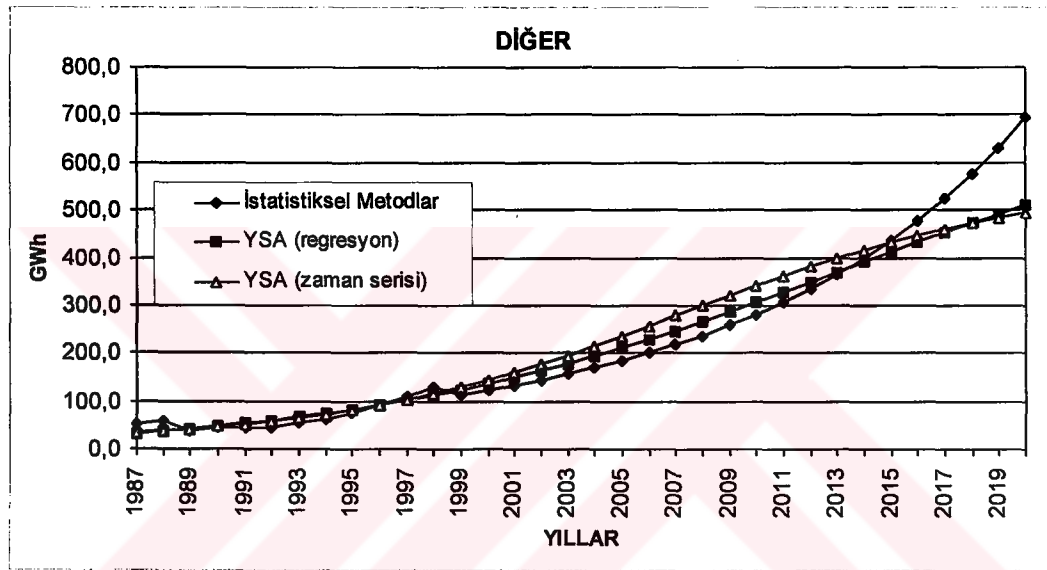
DOĞRUSAL REG.	ÜSTEL REG.	POLY-2	ÜSTEL	ORTALAMA DEĞER	ARTIŞ %
52,0				52,0	
56,4				56,4	8,5
37,7				37,7	-33,2
43,0				43,0	14,1
45,4				45,4	5,6
45,0				45,0	-0,9
53,7				53,7	19,3
59,7				59,7	11,2
76,5				76,5	28,1
90,4				90,4	18,2
108,1				108,1	19,6
130,4				130,4	20,6
111,3	113,1	153,5	111,3	111,9	-14,2
118,5	124,7	180,3	121,9	121,7	8,7
125,7	137,5	209,9	133,5	132,2	8,7
133,0	151,7	242,1	146,2	143,6	8,6
140,3	167,6	277,9	160,0	156,0	8,6
147,7	185,3	316,0	175,3	169,5	8,6
155,2	205,1	357,1	191,9	184,1	8,6
162,7	227,2	401,1	210,2	200,1	8,7
170,3	251,8	447,9	230,1	217,5	8,7
178,0	279,5	497,6	252,0	236,6	8,8
185,7	310,4	550,1	276,0	257,5	8,8
193,6	345,2	605,6	302,2	280,4	8,9
201,4	384,2	663,9	330,9	305,7	9,0
209,4	428,0	725,0	362,4	333,5	9,1
217,4	477,3	789,0	396,8	364,1	9,2
225,6	532,8	855,9	434,5	398,0	9,3
233,7	595,5	925,7	475,8	435,4	9,4
242,0	666,2	998,3	521,0	476,9	9,5
250,4	746,1	1073,8	570,6	522,9	9,7
258,8	836,5	1152,2	624,8	574,1	9,8
267,3	939,0	1233,4	684,2	631,0	9,9
275,9	1055,2	1317,5	749,2	694,4	10,1
0,7040	0,7100	0,0226	0,6972		
0,2960	0,2900	0,0226	0,3028		

R-kare
1-Rkare

YAPAY SINIR AĞLARI YÖNTEMİ									
REGRESYON					ZAMAN SERİSİ				
normalize	gerçek	artış	normalize	gerçek	artış	normalize	gerçek	artış	
0,095128	31,2	*	0,09719	34,0	*	0,09719	34,0	*	
0,098883	36,2	16,0	0,100051	37,8	11,2	0,100051	37,8	11,2	
0,10278	41,4	14,3	0,103263	42,0	11,3	0,103263	42,0	11,3	
0,106858	46,8	13,1	0,106878	46,8	11,4	0,106878	46,8	11,4	
0,111533	53,0	13,3	0,110949	52,2	11,5	0,110949	52,2	11,5	
0,116444	59,5	12,3	0,11554	58,3	11,7	0,11554	58,3	11,7	
0,12207	67,0	12,5	0,120718	65,2	11,8	0,120718	65,2	11,8	
0,127396	74,1	10,6	0,126557	73,0	11,9	0,126557	73,0	11,9	
0,133795	82,6	11,5	0,133127	81,7	12,0	0,133127	81,7	12,0	
0,140598	91,6	10,9	0,140505	91,5	12,0	0,140505	91,5	12,0	
0,147947	101,4	10,7	0,148759	102,4	12,0	0,148759	102,4	12,0	
0,155776	111,8	10,3	0,157955	114,7	11,9	0,157955	114,7	11,9	
0,164366	123,2	10,2	0,168156	128,2	11,8	0,168156	128,2	11,8	
0,173534	135,3	9,9	0,17935	143,1	11,6	0,17935	143,1	11,6	
0,183399	148,4	9,7	0,191548	159,3	11,3	0,191548	159,3	11,3	
0,193949	162,5	9,4	0,204717	176,8	11,0	0,204717	176,8	11,0	
0,205226	177,4	9,2	0,218768	195,4	10,6	0,218768	195,4	10,6	
0,217184	193,3	8,9	0,233592	215,1	10,1	0,233592	215,1	10,1	
0,229814	210,1	8,7	0,249038	235,6	9,5	0,249038	235,6	9,5	
0,243127	227,8	8,4	0,264929	256,7	9,0	0,264929	256,7	9,0	
0,257086	246,3	8,1	0,281053	278,1	8,3	0,281053	278,1	8,3	
0,271627	265,6	7,8	0,297208	299,6	7,7	0,297208	299,6	7,7	
0,286621	285,5	7,5	0,313188	320,8	7,1	0,313188	320,8	7,1	
0,302039	306,0	7,2	0,328814	341,5	6,5	0,328814	341,5	6,5	
0,317775	326,9	6,8	0,34391	361,6	5,9	0,34391	361,6	5,9	
0,333718	348,0	6,5	0,35835	380,8	5,3	0,35835	380,8	5,3	
0,349749	369,3	6,1	0,372038	398,9	4,8	0,372038	398,9	4,8	
0,365756	390,6	5,8	0,384913	416,0	4,3	0,384913	416,0	4,3	
0,381672	411,7	5,4	0,39693	432,0	3,8	0,39693	432,0	3,8	
0,397272	432,4	5,0	0,408086	446,8	3,4	0,408086	446,8	3,4	
0,412566	452,7	4,7	0,418393	460,5	3,1	0,418393	460,5	3,1	
0,427406	472,5	4,4	0,427885	473,1	2,7	0,427885	473,1	2,7	
0,441767	491,5	4,0	0,436594	484,7	2,4	0,436594	484,7	2,4	
0,455529	509,8	3,7	0,44457	495,2	2,2	0,44457	495,2	2,2	

YSA ile yapılan ikinci tahmin çalışmasında zamana bağlı olarak diğer yükler tahmini yapılmıştır. Giriş olarak yıllar, çıkış değeri olarak yük değerleri kullanılmıştır. Ağ yapısı regresyon için kullanılan ağ yapısı ile aynı olup, ağ 300 çevrim ve 0,008 hata sınırına kadar eğitilmiş, buradan ağın test kümesindeki 1999-2020 arası 21 değer için verdiği çıkış değerleri bulunmuş; 0,1-0,9 arasında olan çıkış değerleri Denklem 4.5 ile ters normalizasyon yapılarak gerçek değerler bulunmuştur (Tablo 4.15).

Diğer yükler tahmininin istatistiksel yöntemlerle ve YSA ile 2020 yılına kadar tahmin değerleri grafik olarak Şekil 4.11 de verilmiştir



Şekil 4.11 Diğer yükler için 2020 yılına kadar tahmin değerleri

4.2.7 ÇEAŞ Bölgesi Toplam Yüğü

ÇEAŞ bölgesinin toplam enerji talep tahmini 5 farklı yol ile elde edilmiştir.

1. ÇEAŞ bölgesi toplam yük tahmini Tablo 4.10-Tablo 4.15'de elde edilen sektörel yüklere ait tahmin değerlerinin toplanmasıyla elde edilmiştir. Bölge toplam yükü ve yıllık artış yüzdesi Tablo A.1 "regresyon toplamı" sütununda verilmiştir.
2. Geçmiş 12 yıllık toplam enerji kullanımına ait veriden yararlanılarak bölge toplam enerji talebi zamana bağlı olarak çeşitli fonksiyonlarla bulunmuştur. Bu fonksiyonlar:

Doğrusal: $Y = 388,55 * X + 2317,8$

Üstel: $Y = 2757,4 * e^{(0,0807 * X)}$

2. Derece Polinom: $Y = 20,884 * X^2 + 117,06 * X + 2951,2$

3.Derece Polinom: $Y = 0,7335 * X^3 + 6,58 * X^2 + 194,45 * X + 2851,1$

Burada $X = 1,2,...$ yılları göstermektedir. Bu 4 fonksiyonun R^2 değerleri ile ağırlıklı ortalaması alınarak 2020 yılına kadar bölgenin enerji talebi bulunmuştur (Tablo A.1“ortalama” sütunu).

3. YSA yöntemi kullanılarak her bir sektörel yük için regresyon şeklinde bulunan Tablo 4.10-Tablo 4.15’deki tahmin değerleri toplanarak bölgenin 2020 yılı enerji talebi bulunmuştur (Tablo A.1 “YSA regresyon toplamı”).
4. YSA yöntemi ile her bir sektörel yük için bulunan (Tablo 4.10-Tablo 4.15) zamana bağlı tahmin sonuçlarının toplanması ile bölge enerji talebi bulunmuştur (Tablo A.1 “YSA zaman serisi toplamı”).
5. YSA yöntemi ile zamana bağlı olarak bölge toplam enerji talebi tahmini yapılmıştır. Giriş olarak yıllar, çıkış değeri olarak bölge toplam yük değerleri kullanılmıştır. Ağ yapısı, 4 katmanlı; 1. saklı katmanda 2, 2. saklı katmanda 5 nöron bulunan çok tabakalı ileri beslemeli (multilayer full feed forward) ağ yapısı kullanılmıştır. Çıkış ve saklı katmanlarda kullanılan öğrenme algoritması hızlı yayılım (Quick Probagation); nöronlarda bulunan transfer fonksiyonları sigmoid fonksiyonu; azaltılan hata değeri karesel ortalama hata (mean square error) dır. Yıl ve enerji değerleri 0,1-0,9 arasında normalize edilmiştir (Tablo 4.8-9). YSA, eğitim setindeki 12 örnek için 3000 çevrim ve 0,003 hata sınırına kadar eğitilmiş, buradan, ağın 1999-2020 arası 21 değer için verdiği çıkış değerleri bulunmuş; 0,1-0,9 arasında olan çıkış değerleri ters normalizasyon yapılarak gerçek değerler bulunmuştur (Tablo A.1 “YSA zaman serisi” sütunu).

Yukarıda belirtilen yöntemlerle elde edilen, 2020 yılına kadar ÇEAŞ bölgesi toplam enerji talep tahminleri Şekil A.1’de verilmiştir.

4.3 Puant Güç Tahminleri

ÇEAŞ bölgesi trafo merkezleri ve bu merkezlerin 1987’den 1999 yılına kadar ölçülmüş yıllık sistem puantına katkı değerleri ile, ÇEAŞ bölgesinin 1987 yılından 1999 yılına kadar yıllık sistem puant güç değerleri Tablo A.2’de verilmiştir. Bölge sistem puantları 1998 yılı hariç bütün yıllarda kış aylarında gerçekleşmiştir. Tablolardaki değerler MW cinsindendir.

4.3.1 Sistem Puantı Tahmini

Tablo A.2’de verilen geçmiş yıllara ait puant güç değerleri kullanılarak ve bölgenin enerji talep artışının da üstel olarak arttığı dikkate alınarak,

$$2.\text{Derece Polinom: } Y = 2,8014 * X^2 + 25,852 * X + 501,65$$

$$\text{Üstel: } Y = 482,33 * e^{(0,0765 * X)}$$

zamana bağlı 2. dereceden polinom ve üstel eğriler ile yıllık sistem puantı 2020 yılına kadar hesaplanmıştır. Yukarıdaki fonksiyonlar ile hesaplanan yıllık sistem puantı (Tablo A.2) ve daha önce Tablo A.1’de verilen bölgenin toplam enerji talebine göre ortalama kullanım süresi,

$$\text{Ortalama kullanım süresi (saat)} = \frac{\text{Enerji(GWh)}}{\text{PuantGüç(MW)}} \quad (4.6)$$

denklemini ile hesaplanarak Tablo A.2’de verilmiştir. Ortalama kullanım süresi 1987-1999 arası döneme göre oldukça değişim göstermektedir. Ortalama kullanım süresinin (OKS) belirli bir artış göstermesi ileride enerjinin daha verimli kullanılacağını göstermesi bakımından doğaldır, fakat OKS’nin çok değişmesi tüketici tipinin değiştiğini göstermektedir. Bölgede 2020 yılına kadar ortalama kullanım süresini bu kadar etkileyecek bir tüketici değişmesi beklenmediğinden ve tüketici tipleri ortalama olarak aynı oranda artış göstereceğinden OKS çok fazla değişmeyecektir. Bu yüzden puant gücün 2. derece polinom ve üstel fonksiyonlar ile elde edilen 2020 yılına kadar olan tahminleri yerine, 2020 yılına kadar OKS tahmini

$$\text{Kuvvet: } Y = 5656 * X^{0,0236}$$

Fonksiyonu ile yapılarak buradan,

$$\text{Puant Güç} = \frac{\text{Enerji(GWh)}}{\text{OKS(saate)}} \quad (4.7)$$

denklemini ile puant güç tahmini daha uygun olduğu gözükmektedir. OKS tahminleri ve OKS’ne bağlı olarak elde edilen puant güç tahminleri Tablo A.2’de verilmiştir.

4.3.2 Trafo Merkezlerinin Puant Güce Katkı Tahminleri

Trafo merkezlerinin 2020 yılına kadar puant güce katkı değerleri, trafo merkezi puantlarının toplam sistem puantına katkılarından hesaplanmıştır. Trafo merkezi güç

değerleri, sistem puantı olduğu zaman trafo merkezlerinde ölçülen güç değerleridir. Trafo merkezlerinin katkı yüzdeleri,

$$\text{Katkı Yüzdesi} = 100 * \frac{\text{TrafoMerkezininPuantaKatkıK\&MW)}{\text{SistemPuantı(MW)}} \quad (4.8)$$

formülü ile 1987-1999 yılları için bulunmuştur. Daha sonra bu katkı yüzdelere çeşitli zaman fonksiyonları uydurularak 2020 yılına kadar trafo merkezlerinin katkı yüzdeleri bulunmuştur. Trafo merkezleri güç değerlerinin çok fazla değişim göstermesi ve trafo merkezi güçlerinden gidilerek bulunan toplam sistem puantının yüksek çıkması nedeniyle katkı yüzdeleri ile hesap yapmak daha uygun bulunmuştur. Her trafo merkezi için bulunan uygun zaman fonksiyonları aşağıda verilmiştir.

$$\text{Akbelen: } Y = 1,646 * \ln(X) + 6,8277$$

$$\text{Akgübre M. Termik: } Y = 0,3532 * X^{-0,1209}$$

$$\text{Anamur: } Y = 0,1199 * \ln(X) + 0,471$$

$$\text{Antakya 1: } Y = -1,351 * \ln(X) + 8,4442$$

$$\text{Antakya 2: } Y = 1,782 * \ln(X) + 0,328$$

$$\text{Bahçe: } Y = 0,0987 * \ln(X) + 0,619$$

$$\text{B.Adana (15): } Y = -0,6946 * \ln(X) + 3,4863$$

$$\text{B.Adana (6,3): } Y = -0,4943 * \ln(X) + 3,382$$

$$\text{Ceyhan(30): } Y = -0,8619 * \ln(X) + 3,9957$$

$$\text{Ceyhan(6,3): } Y = -0,071 * \ln(X) + 0,6895$$

$$\text{Cihadiye: } Y = 0,1112 * \ln(X) + 1,9033$$

$$\text{D.Adana(15): } Y = 3,9887 * X^{-0,0,6171}$$

$$\text{D.Adana(6,3): } Y = -0,4082 * \ln(X) + 1,9902$$

$$\text{Erdemli: } Y = 0,8293 * \ln(X) + 1,5766$$

$$\text{İkizler: } Y = 0,3844 * \ln(X) - 0,1027$$

$$\text{İncirlik(30): } Y = 5,9421 * X^{-0,1205}$$

$$\text{İncirlik(154): } Y = 0,4259 * X^{-0,2694}$$

$$\text{İncirlik(66): } Y = 4,2079 * X^{-0,3187}$$

$$\text{Payas İskender: } Y = 8,3187 * X^{-0,7701}$$

$$\text{İskenderun 1(15): } Y = 6,9857 * X^{-1,0731}$$

$$\text{İskenderun 1(30): } Y = 1,2307 * \ln(X) + 0,287$$

$$\text{İskenderun 2(kirli): } Y = 8,969 * X^{-0,1871}$$

$$\text{İskenderun 2(temiz): } Y = -0,3699 * \ln(X) + 2,9529$$

$$\text{İskenderun (yazıcı): } Y = -1,1717 * \ln(X) + 6,4417$$

$$\text{Karahana: } Y = 1,7373 * \ln(X) - 0,6268$$

$$\text{Karaisalı(30): } Y = 0,0029 * \ln(X) + 0,1402$$

$$\text{Karaisalı(6,3): } Y = -0,0413 * \ln(X) + 0,2554$$

Kozan: $Y = 0,1317 * \ln(X) + 1,6314$
Kromsan M. Termik: $Y = 1,0024 * X^{0,0498}$
Mersin: $Y = 0,6723 * X^{0,1609}$
Mihmandar(15): $Y = -0,0751 * \ln(X) + 0,5234$
Mihmandar(30): $Y = 0,4255 * \ln(X) + 1,0445$
Misis: $Y = 0,8597 * \ln(X) - 0,002$
Nacarlı: $Y = 0,4492 * \ln(X) + 2,349$
Osmaniye(15): $Y = 1,2733 * X^{-0,0165}$
Osmaniye(30): $Y = 4,923 * X^{-0,7142}$
Payas: $Y = -0,321 * \ln(X) + 3,4596$
Seka Taşucu: $Y = 0,8153 * X^{-0,3593}$
Seyhan: $Y = 1,7659 * \ln(X) + 3,0262$
Şehitlik(15): $Y = 3,4219 * X^{-0,4648}$
Şehitlik(30): $Y = -0,9372 * \ln(X) + 4,7867$
Tarsus(30): $Y = -1,5167 * \ln(X) + 7,3144$
Tarsus(15): $Y = -0,598 * \ln(X) + 2,6932$
Taşucu: $Y = -0,2777 * \ln(X) + 2,749$
Toroslar: $Y = 0,0559 * \ln(X) + 0,297$
Yakaköy: $Y = -0,3721 * \ln(X) + 2,9896$
Yumurtalık(30): $Y = 0,1358 * \ln(X) + 0,2913$
Yumurtalık(6,3): $Y = -0,0266 * \ln(X) + 0,2155$
Zeytinli: $Y = -1,3488 * \ln(X) + 8,4857$

Tablo A.2’de 2020 yılına kadar bulunan katkı yüzdeleri ve daha önce hesaplanmış olan toplam sistem puantı kullanılarak,

$$\text{Trafo merkezi puantı} = \text{Sistem Puantı(MW)} * \text{Katkı Yüzdesi}(\%) \quad (4.9)$$

formülü ile 2000-2020 yılları trafo merkezleri puanta katkıları bulunmuştur (Tablo A.2). ÇEAŞ Bölgesi sistem puantının 2020 yılına kadar gelişimi Şekil A.2’de gösterilmiştir. İleride sisteme eklenecek trafo merkezleri ve trafo merkezi aralarında yapılabilecek yük transferleri gibi operasyonlar belli olmadığı için bunların sistem puantına ve trafo merkezleri katkılarına etkisi göz önüne alınmamıştır.

Puant gücün zamana bağlı olarak YSA ile yapılan tahminlerinin beklenen değerlerin çok altında çıkması nedeniyle, YSA yöntemi ile puant güç talebi burada verilmemiştir.

5. KEPEZ ELEKTRİK T.A.Ş. BÖLGESİ ENERJİ VE PUANT GÜÇ TAHMİNLERİ

Enerji ve puant güç tahminleri yapılan KEPEZ ELEKTRİK T.A.Ş. görev bölgesi, Antalya ilini kapsamaktadır. Bölge içinde 15 tane trafo merkezi vardır. Trafo merkezleri Tablo A.4’de verilmiştir. KEPEZ ELEKTRİK T.A.Ş. bölgesinin enerji ve puant güç tahminleri 2020 yılına kadar yapılmıştır. Enerji tahminlerinde kullanılan parametrelerin 2020 yılına kadar tahmin değerleri mevcut olmadığı için, ayrıca parametre tahminleri yapılmıştır. Bölgenin enerji ve güç değerleri KEPEZ ELEKTRİK T.A.Ş. işletme raporlarından [40]; sosyal ve ekonomik verileri DİE verilerinden alınmıştır [37].

İstatistiksel yöntemler kullanılarak yapılan tahmin çalışmalarında, ÇEAŞ bölgesi için yapılan tahmin çalışmalarına benzer şekilde Microsoft Excel programından; YSA yöntemi ile yapılan tahminlerde ThinksPro programından yararlanılmıştır. İstatistiksel yöntemlerle yapılan tahminlerde Bölüm 4’deki gibi regresyon ve çeşitli zaman fonksiyonları kullanılmıştır. Bu fonksiyonlardan geçmiş verilere en uygun olanları ile bulunan sonuçlar verilmiştir.

5.1 Parametre Tahminleri

Bölge için yapılan enerji talebi tahmin çalışmalarında parametre olarak ÇEAŞ Bölgesi için yapılan tahmin çalışmalarına benzer şekilde Devlet İstatistik Enstitüsü’nün (DİE) Antalya iline ait nüfus, kişi başına gayri safi yurt içi hasıla (KBGSYİH), sabit fiyatlarla gayri safi yurt içi hasıla (SFGSYİH), sanayi endeksi (SE), ve TEDAŞ bölge enerji satış verilerinden yararlanılmıştır. Ayrıca bölgenin özelliği nedeniyle turizm verileri de parametre olarak alınmıştır. Parametrelerin mevcut bilinen değerleri Tablo 5.1’de verilmiştir. Bu parametrelerden istatistiki olarak uygunluğu test edilenler, enerji tahminlerinin regresyon ve YSA yöntemi ile tahmininde kullanılmıştır.

KEPEZ ELEKTRİK T.A.Ş. bölgesi içinde parametre tahminleri yalnızca istatistiki metodlarla yapılmıştır. YSA ile yapılan zamana bağlı parametre tahminleri, aşağıda verilen tahmin çalışmalarından elde edilen değerlerin çok altında kalması nedeniyle,

bunlara ait YSA tahmin sonuçları verilmemiştir. YSA ile enerji tahminlerinde istatistiksel metotlarla elde edilen parametre değerleri kullanılmıştır.

Tablo 5.1 KEPEZ. Bölgesine ait mevcut bağımsız parametre değerleri

YILLAR	NÜFUS bin	KBGSYİH USD	SFGSYİH milyar TL	SANAYİ E.	TESİS S.	YATAK K.	TEDAŞ GWh
1981				47,5			
1982				51,4			
1983				55,6			
1984				61,7			
1985				65,3			
1986				73			
1987		1833	1547	80,7			
1988		1965	1693	81,9			
1989		2275	1836	84,9			
1990	1132,2	2940	1902	92,9			
1991	1186,1	2795	1912	95,4			
1992	1240,0	2829	2091	100,1			
1993	1293,9	2929	2214	108,2			
1994	1347,9	3029	2360	101,5	532	104745	939,1
1995	1401,8	3079	2553	114,3	591	118013	1060,2
1996	1455,7	3269	2726	122,9	632	126749	1233,1
1997	1509,6	3422	2946	131,7	637	129169	1457,5
1998		3547	3016		609	133573	1649,2
1999					645	146922	

5.1.1 Nüfus

Nüfus tahminleri için, Antalya ilinin 1990 ve 1997 nüfus sayımı sonuçlarından yararlanılmıştır. Bu yıllara ait değerler kullanılarak üstel ve doğrusal artışlar için, ilin 2020 yılına kadar nüfus tahminleri bulunmuştur (Tablo 5.2). Tahminlerde kullanılan fonksiyonlar:

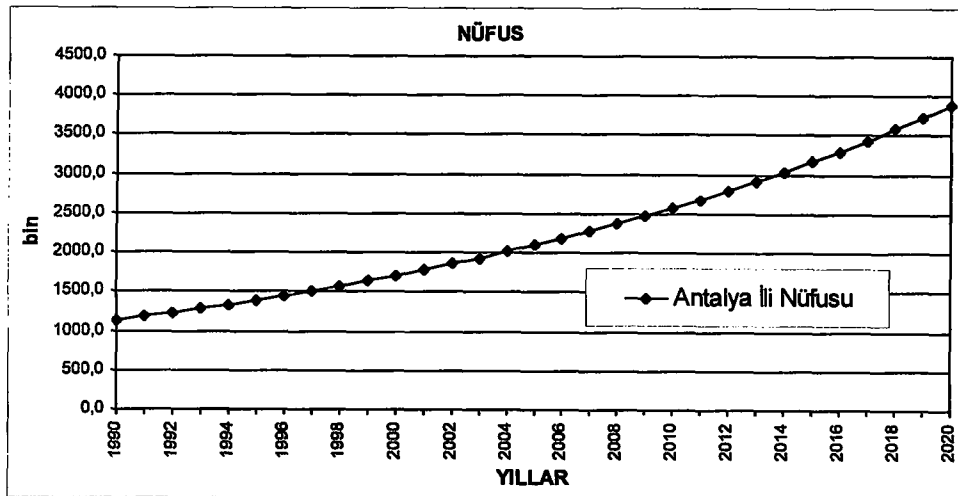
Doğrusal: $Y = 53,914 * X + 1078,3$

Üstel: $Y = 1086,9 * e^{(0,0411 * X)}$

Burada $X = 1,2,...$ yılları göstermektedir. Doğrusal fonksiyon ile elde edilen tahmin sonuçlarının üstel fonksiyonla elde edilen sonuçlara göre düşük çıkması ve il nüfusunun 1990-1997 arası dönemde %40 gibi yüksek bir artış göstermesi, üstel fonksiyonla elde edilen tahmin sonuçlarının daha uygun olduğunu göstermektedir. Bu yüzden her iki fonksiyonla elde edilen sonuçların ağırlıklı ortalaması alınmayıp, il nüfusu için üstel fonksiyonla elde edilen sonuç alınmış ve enerji tahminlerinde bu değer kullanılmıştır (Tablo 5.2 “ortalama” sütunu). Antalya il nüfusunun 2020 yılına kadar gelişimi grafik olarak Şekil 5.1’de verilmiştir.

Tablo 5.2 1998-2020 yılları Antalya ili nüfus tahminleri

NÜFUS (bin)				
YILLAR	DOĞRUSAL REG.	ÜSTEL REG.	ORTALAMA	ARTIŞ %
1990	1132,2	1132,2	1132,2	-
1991	1186,1	1179,7	1179,7	4,2
1992	1240,0	1229,2	1229,2	4,2
1993	1293,9	1280,8	1280,8	4,2
1994	1347,9	1334,5	1334,5	4,2
1995	1401,8	1390,5	1390,5	4,2
1996	1455,7	1448,8	1448,8	4,2
1997	1509,6	1509,6	1509,6	4,2
1998	1563,5	1572,9	1572,9	4,2
1999	1617,4	1638,9	1638,9	4,2
2000	1671,3	1707,7	1707,7	4,2
2001	1725,3	1779,3	1779,3	4,2
2002	1779,2	1854,0	1854,0	4,2
2003	1833,1	1931,8	1931,8	4,2
2004	1887,0	2012,8	2012,8	4,2
2005	1940,9	2097,3	2097,3	4,2
2006	1994,8	2185,3	2185,3	4,2
2007	2048,7	2276,9	2276,9	4,2
2008	2102,7	2372,5	2372,5	4,2
2009	2156,6	2472,0	2472,0	4,2
2010	2210,5	2575,7	2575,7	4,2
2011	2264,4	2683,8	2683,8	4,2
2012	2318,3	2796,4	2796,4	4,2
2013	2372,2	2913,7	2913,7	4,2
2014	2426,1	3035,9	3035,9	4,2
2015	2480,1	3163,3	3163,3	4,2
2016	2534,0	3296,0	3296,0	4,2
2017	2587,9	3434,3	3434,3	4,2
2018	2641,8	3578,4	3578,4	4,2
2019	2695,7	3728,5	3728,5	4,2
2020	2749,6	3885,0	3885,0	4,2
R-kare	1,0000	1,0000		



Şekil 5.1 1998-2020 yılları Antalya ili nüfus tahminleri

5.1.2 SFGSYİH

Antalya iline ait 1987-1998 yılları arası SFGSYİH değerleri mevcuttur (Tablo 5.1). Mevcut bu 12 yıllık veri kullanılarak zamana bağlı doğrusal ve üstel fonksiyonlar ile 2020 yılına kadar ilin SFGSYİH değerleri hesaplanmıştır (Tablo 5.3). Tahmin için kullanılan fonksiyonlar:

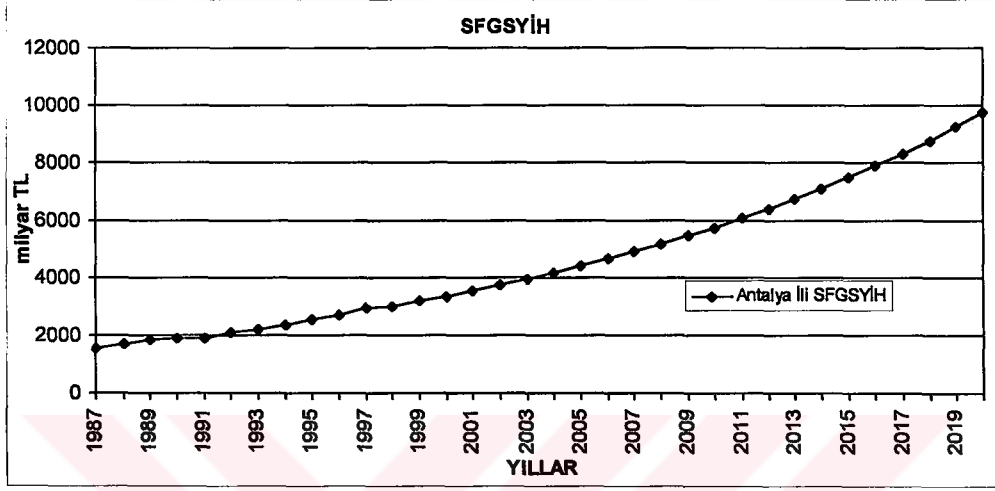
Doğrusal: $Y = 134,22 * X + 1360,5$

Üstel: $Y = 1475,8 * e^{(0,0603 * X)}$

Tablo 5.3 1999-2020 yılları Antalya ili SFGSYİH tahmin değerleri

SFGSYİH (milyar TL)				
YILLAR	DOĞRUSAL	ÜSTEL	ORTALAMA	ARTIŞ
				%
1987	1547		1547	
1988	1693		1693	9,4
1989	1836		1836	8,4
1990	1902		1902	3,6
1991	1912		1912	0,5
1992	2091		2091	9,4
1993	2214		2214	5,9
1994	2360		2360	6,6
1995	2553		2553	8,2
1996	2726		2726	6,8
1997	2946		2946	8,1
1998	3016		3016	2,4
1999	3105	3234	3194	3,0
2000	3240	3435	3374	5,6
2001	3374	3648	3562	5,6
2002	3508	3875	3760	5,6
2003	3642	4116	3968	5,5
2004	3777	4372	4186	5,5
2005	3911	4644	4415	5,5
2006	4045	4933	4655	5,4
2007	4179	5240	4908	5,4
2008	4313	5566	5174	5,4
2009	4448	5912	5454	5,4
2010	4582	6280	5748	5,4
2011	4716	6670	6059	5,4
2012	4850	7085	6386	5,4
2013	4985	7526	6730	5,4
2014	5119	7994	7094	5,4
2015	5253	8491	7477	5,4
2016	5387	9019	7882	5,4
2017	5521	9580	8309	5,4
2018	5656	10176	8761	5,4
2019	5790	10809	9238	5,4
2020	5924	11481	9741	5,5
R-kare	0,9774	0,9897		
1-Rkare	0,0226	0,0103		

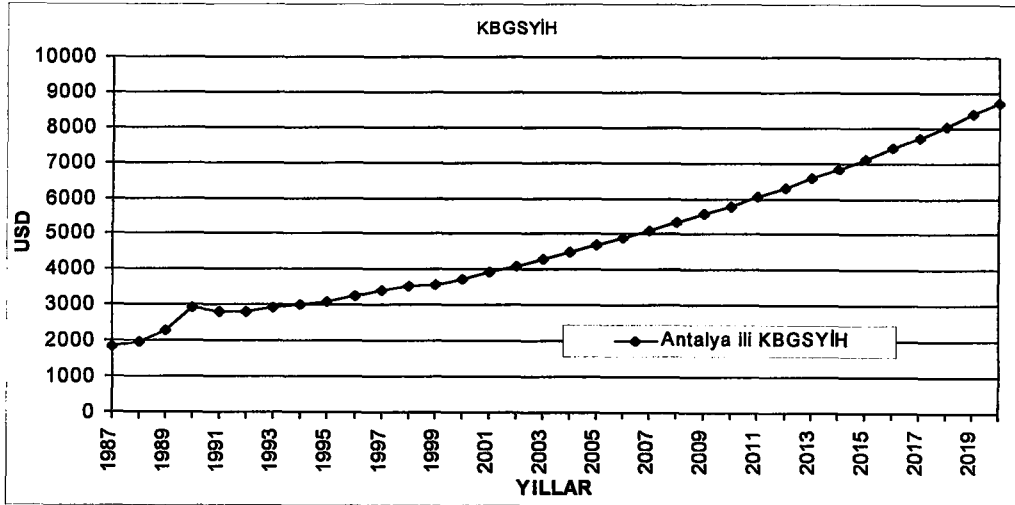
Burada $X = 1, 2, \dots$ yılları göstermektedir. Bu fonksiyonlar ile elde edilen tahmin değerlerinin Denklem 4.1'e göre R^2 değerleri ile orantılı ağırlıklı ortalaması alınarak Antalya ilinin SFGSYİH tahmin değerleri bulunmuştur (Tablo 5.3 "ortalama" sütunu). İlin 2020 yılına kadar SFGSYİH tahmin değerleri Şekil 5.2'de de verilmiştir.



Şekil 5.2 1999-2020 yılı Antalya ili SFGSYİH tahminleri

5.1.3 KBGSYİH

Antalya iline ait mevcut KBGSYİH değerleri Tablo 5.1'de verilmiştir. 12 yıllık geçmiş veriden yararlanarak zamana bağlı doğrusal ve üstel fonksiyonlar ile 2020 yılına kadar tahmin değerleri bulunmuştur (Tablo 5.4). Tahmin değerlerinin bulunmasında kullanılan fonksiyonlar:



Şekil 5.3 1999-2020 yılı Antalya ili KBGSYİH tahminleri

Doğrusal: $Y = 141,34 * X + 1907,3$

Üstel: $Y = 1475,8 * e^{(0,0603 * X)}$

Fonksiyonlardaki X değerleri 1,2,...olarak yılları göstermektedir. Yukarıdaki fonksiyonlar ile bulunan tahmin değerleri R^2 değerleri ile orantılı olarak ağırlıklı ortalaması alınmış ve ilin 2020 yılına kadar KBGSYİH tahmin değerleri bulunmuştur (Tablo 5.3 “ortalama” sütunu). Enerji tahminlerinde ortalama değer kullanılmıştır.

KBGSYİH değerlerinin 2020 yılına kadar gelişimi Şekil 5.3’de gösterilmiştir.

Tablo 5.4 1999-2020 yılları Antalya ili KBGSYİH tahmin değerleri

KBGSYİH (USD)				
YILLAR	DOĞRUSAL	ÜSTEL	ORTALAMA	ARTIŞ
				%
1987	1833		1833	-
1988	1965		1965	7,2
1989	2275		2275	15,8
1990	2940		2940	29,2
1991	2795		2795	-4,9
1992	2829		2829	1,2
1993	2929		2929	3,5
1994	3029		3029	3,4
1995	3079		3079	1,7
1996	3269		3269	6,2
1997	3422		3422	4,7
1998	3547		3547	3,7
1999	3321	3926	3576	0,8
2000	3462	4142	3749	4,8
2001	3603	4369	3926	4,7
2002	3745	4610	4109	4,7
2003	3886	4863	4298	4,6
2004	4027	5130	4493	4,5
2005	4169	5412	4693	4,5
2006	4310	5709	4900	4,4
2007	4451	6023	5114	4,4
2008	4593	6354	5336	4,3
2009	4734	6703	5565	4,3
2010	4875	7072	5802	4,3
2011	5017	7461	6048	4,2
2012	5158	7871	6302	4,2
2013	5299	8303	6566	4,2
2014	5441	8759	6841	4,2
2015	5582	9241	7125	4,2
2016	5723	9749	7421	4,2
2017	5865	10284	7729	4,1
2018	6006	10850	8049	4,1
2019	6148	11446	8382	4,1
2020	6289	12075	8729	4,1
R-kare	0,8838	0,8407		
1-Rkare	0,1162	0,1593		

5.1.4 Sanayi Endeksi

KEPEZ Elek. T.A.Ş. bölgesi enerji tahminlerinde kullanılan sanayi endeksi verileri, ÇEAŞ bölgesi tahminlerinde kullanılan verilerle aynıdır. Sanayi endeksinin 2020 yılına kadar tahmin değerleri Tablo 4.4’de verilmiştir.

5.1.5 TEDAŞ

KEPEZ Elek. T.A.Ş. bölgesi enerji tahminlerinde kullanılan TEDAŞ satışlarına ait veriler kısıtlıdır. Veri sayısı az olduğu için ÇEAŞ bölgesi TEDAŞ tahminlerinde olduğu gibi burada da önce 1999-2001 arası tahminler, daha sonra 1994-2001 verileri kullanılarak, 2001-2020 yılı tahminleri yapılmıştır (Tablo 5.5). Tahminlerde kullanılan fonksiyonlar:

1999-2001 tahminleri Doğrusal: $Y = 181,75 * X + 722,6$

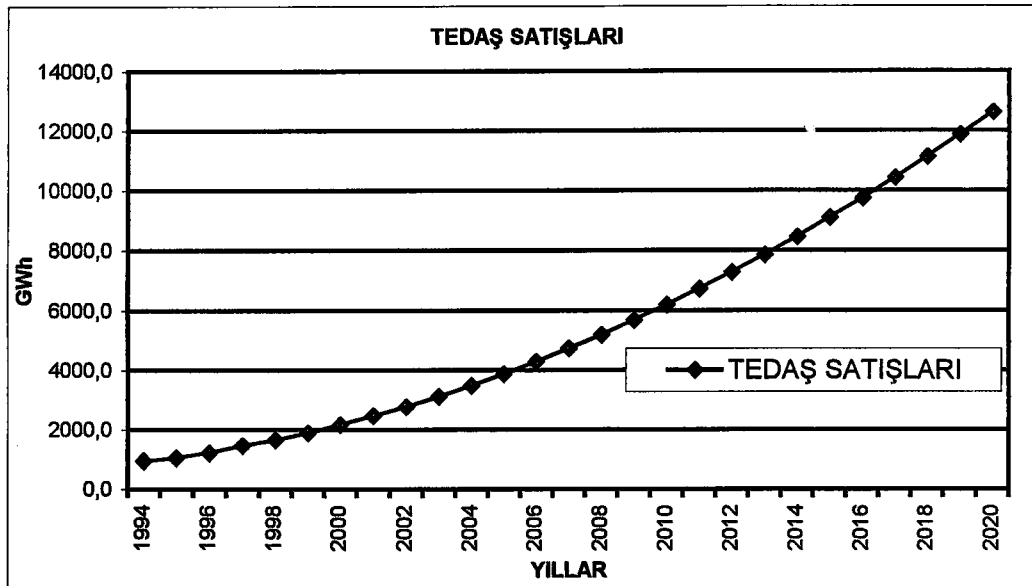
2. Derece Polinom: $Y = 13,764 * X^2 + 99,164 * X + 818,92$

Üstel: $Y = 804 * e^{(0,1445 * X)}$

2001-2020 tahminleri Doğrusal: $Y = 218,78 * X + 623,38$

2. Derece Polinom: $Y = 12,704 * X^2 + 104,44 * X + 813,94$

Üstel: $Y = 815,27 * e^{(0,1397 * X)}$



Şekil 5.4 1999-2020 yılları TEDAŞ satışları tahmin değerleri

Tablo 5.5 1999-2001 ve 2002-2020 yılları TEDAŞ Satışları tahminleri

YILLAR	TEDAŞ SATIŞLARI									
	1994-2001					2002-2020				
	DOĞRUSAL	POLY-2	ÜSTEL	ORTALAMA	DOĞRUSAL	POLY-2	ÜSTEL	ORTALAMA	ARTIŞ %	
1994	939,1				939,1			939,1	*	
1995	1060,2				1060,2			1060,2	12,9	
1996	1233,1				1233,1			1233,1	16,3	
1997	1457,5				1457,5			1457,5	18,2	
1998	1649,2				1649,2			1649,2	13,2	
1999	1813,1	1909,4	1913,3	1894,8	1894,8			1894,8	14,9	
2000	1994,9	2187,5	2210,8	2164,5	2164,5			2164,5	14,2	
2001	2176,6	2493,1	2554,5	2464,7	2464,7			2464,7	13,9	
2002	0,9896	0,9976	0,9971	R-kare	2592,4	2782,9	2866,5	2774,9	12,6	
2003	0,0104	0,0024	0,0029	1-Rkare	2811,2	3128,7	3296,3	3115,4	12,3	
2004					3030,0	3500,0	3790,6	3480,2	11,7	
2005					3248,7	3896,6	4358,9	3869,4	11,2	
2006					3467,5	4318,6	5012,5	4282,9	10,7	
2007					3686,3	4766,1	5764,0	4720,8	10,2	
2008					3905,1	5238,9	6628,2	5183,0	9,8	
2009					4123,9	5737,2	7622,0	5669,5	9,4	
2010					4342,6	6260,9	8764,8	6180,4	9,0	
2011					4561,4	6810,0	10078,9	6715,6	8,7	
2012					4780,2	7384,4	11590,1	7275,2	8,3	
2013					4999,0	7984,3	13327,9	7859,1	8,0	
2014					5217,8	8609,6	15326,2	8467,3	7,7	
2015					5436,5	9260,4	17624,1	9099,9	7,5	
2016					5655,3	9936,5	20266,5	9756,8	7,2	
2017					5874,1	10638,0	23305,2	10438,1	7,0	
2018					6092,9	11364,9	26799,4	11143,7	6,8	
2019					6311,7	12117,3	30817,5	11873,7	6,6	
2020					6530,4	12895,0	35438,1	12628,0	6,4	
				R-kare	0,9863	0,9994	0,99879			
				1-Rkare	0,0137	0,0006	0,00121			

Burada $X = 1,2,...$ olarak yılları göstermektedir. Bu fonksiyonlar ile elde edilen değerlerin aynı şekil de ağırlıklı ortalamaları alınarak, ortalama bir değer bulunmuştur. Enerji tahminlerinde Tablo 5.5’de “ortalama” sütunundaki değerler kullanılmıştır. TEDAŞ satışlarının 2020 yılına kadar olan tahmin değerleri Şekil 5.4’de gösterilmiştir.

5.1.6 TURİZM

KEPEZ Elek.T.A.Ş. bölgesi enerji tüketiminde turizm yükleri önemli bir yer tutmaktadır. Turizm yüklerinin tahmini için parametre olarak tesis sayısı ve yatak kapasitesi de alınmıştır. Turizm parametrelerine ait mevcut veriler Tablo 5.1’de verilmiştir.

Tesis sayısı tahmini için,

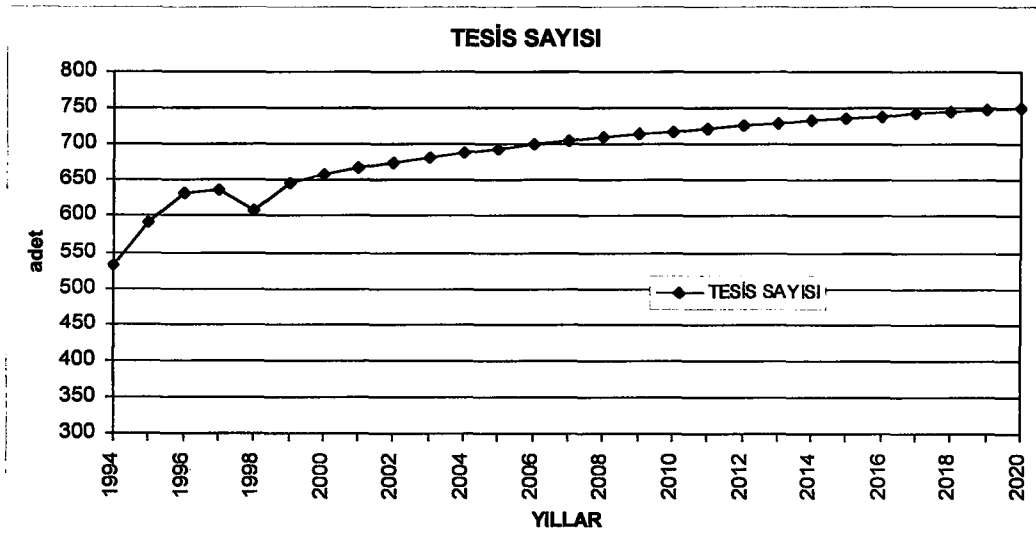
$$\text{Kuvvet: } Y = 545,1 * X^{0,0972}$$

Yatak kapasitesi tahmini için,

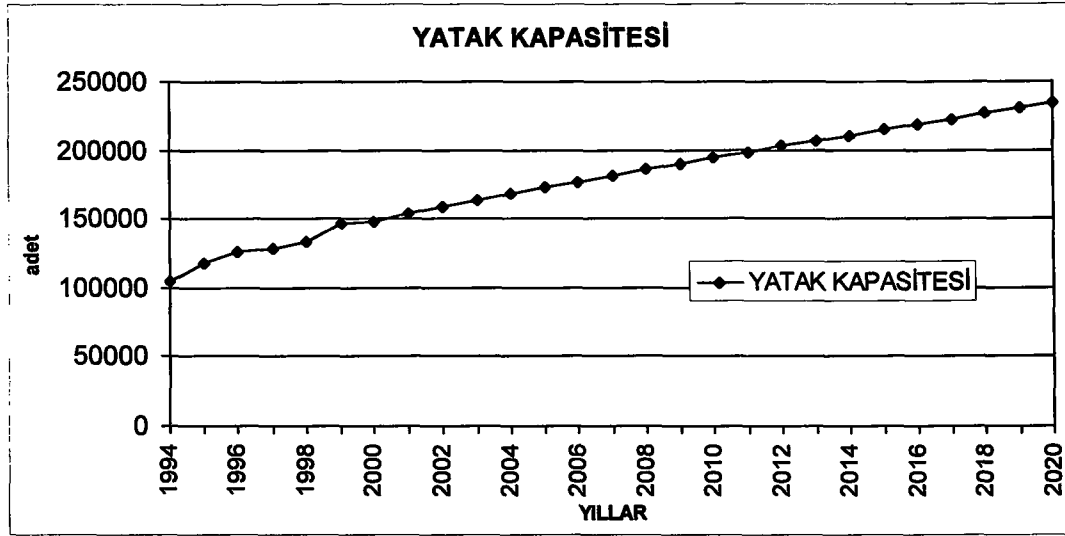
$$\text{Doğrusal: } Y = 7428,1 * X + 100350$$

$$\text{Kuvvet: } Y = 104456 * X^{0,1699}$$

fonksiyonları ile tahminler yapılmış; yatak sayısı için fonksiyonların ağırlıklı ortalamaları alınmıştır (Tablo 5.6). Tesis sayısı ve yatak kapasitesinin 2020 yılına kadar tahminleri grafik olarak Şekil 5.5-6’da gösterilmiştir.



Şekil 5.5 1999-2020 yılları Tesis Sayısı tahmin değerleri



Şekil 5.6 1999-2020 yılları Yatak Kapasitesi tahmin değerleri

Tablo 5.6 1999-2020 yılları Tesis Sayısı ve Yatak Kapasitesi tahmin değerleri

TURİZM						
YILLAR	TESİS SAYISI		YATAK KAPASİTESİ			
	KUVVET	ARTIŞ %	DOĞRUSAL	KUVVET	ORTALAMA	ARTIŞ %
1994	532		104745		104745	*
1995	591	11,1	118013		118013	12,7
1996	632	6,9	126749		126749	7,4
1997	637	0,8	129169		129169	1,9
1998	609	-4,4	133573		133573	3,4
1999	645	5,9	146922		146922	10,0
2000	659	2,1	152347	145384	148428	1,0
2001	667	1,3	159775	148720	153553	3,5
2002	675	1,2	167203	151726	158493	3,2
2003	682	1,0	174631	154466	163283	3,0
2004	688	0,9	182059	156988	167950	2,9
2005	694	0,8	189487	159326	172513	2,7
2006	699	0,8	196915	161507	176989	2,6
2007	704	0,7	204343	163554	181388	2,5
2008	709	0,7	211772	165482	185721	2,4
2009	714	0,6	219200	167307	189996	2,3
2010	718	0,6	226628	169039	194219	2,2
2011	722	0,6	234056	170688	198395	2,2
2012	726	0,5	241484	172264	202529	2,1
2013	729	0,5	248912	173771	206625	2,0
2014	733	0,5	256340	175218	210687	2,0
2015	736	0,5	263768	176608	214718	1,9
2016	739	0,4	271196	177947	218719	1,9
2017	742	0,4	278624	179238	222693	1,8
2018	745	0,4	286053	180486	226643	1,8
2019	748	0,4	293481	181693	230570	1,7
2020	751	0,4	300909	182861	234476	1,7
R-kare	0,805		0,9471	0,9589		
1-Rkare			0,0529	0,0411		

5.2 KEPEZ ELEKTRİK T.A.Ş. Yük (Enerji) Tahminleri

KEPEZ Elek. T.A.Ş bölgesi tüketici grupları Bölüm 2.2’de verilen UNIPED sınıflandırmasına göre şu alt tüketici gruplarına ayrılmıştır:

Tarım: UNIPED 1

Endüstri: UNIPED 2-14

Resmi Daireler: UNIPED 15

Turizm: UNIPED 16A

Diğer: UNIPED 17,18,19

Köy: Köylere yapılan satışlar

TEDAŞ: Elektrik dağıtım müesseselerine yapılan satışlar

TEAŞ: Ulusal sisteme yapılan satışlar

Tahminler her sektörel yük için 2020 yılına kadar ayrı ayrı yapılmış, alt gruplara ait tahmin sonuçlarının toplanması ile bölge toplam enerji talebi bulunmuştur. Ayrıca bölgenin toplam enerji talebi, çeşitli zaman fonksiyonları kullanılarak, toplam yükün geçmiş verilerinden yararlanılarak 2020 yılına kadar bulunmuştur. Bölüm 5.1’de elde edilen parametreler, regresyon ile yapılan sektörel yük tahminlerinde kullanılmıştır.

KEPEZ Elek. T.A.Ş. bölgesinin mevcut sektörel enerji tüketimine ait veriler, GWh olarak Tablo 5.7’de verilmiştir. Yük tahmini tablolarındaki değerler de GWh cinsindendir.

Enerji tahminleri her bir sektörel yük için, ÇEAŞ bölgesi enerji tahmin çalışmasında olduğu gibi, regresyon, zamana bağlı ve YSA kullanılarak üç şekilde yapılmıştır. YSA kullanılarak yapılan tahminler, Bölüm 5.1, Tablo 5.2-6’da verilen istatistiksel metotlarla hesaplanmış parametre değerleri kullanılarak çok giriş tek çıkış şeklinde regresyon olarak ve zamana bağlı olarak tek giriş ve tek çıkış olarak ayrı ayrı iki şekilde yapılmıştır. YSA tahminlerinde kullanılan parametre ve enerji değerlerinin 0,1-0,9 arasında normalize edilmiş değerleri Tablo 5.8 ve Tablo 5.9’da verilmiştir.

KEPEZ Elek. T.A.Ş. bölgesi ekonomisi büyük ölçüde turizme dayanmaktadır. 1999 yılında turizm açısından yaşanan büyük sıkıntı bölge enerji tüketim değerlerini de etkilemiş ve tüketimler beklenen değerlerin altında gerçekleşmiştir. 1999 yılına ait değerler bölge tüketiminin gerçek değerlerini yansıtmadığından ve bu değerlere bağlı olarak yapılacak tahminler düşük olacağından, bu yıla ait bazı sektörel enerji tüketim değerleri, beklenen değerlerle değiştirilmiş ve tahminler bu değerlere bağlı olarak yapılmıştır.

Tablo 5.7 KEPEZ Bölgesi'ne ait mevcut sektörel enerji tüketim verileri

GWh	TARIM	ENDÜSTRİ	RESMİ DAİRELER	TURİZM	DİĞER	KÖY	TEDAŞ	TEAŞ	TOPLAM
YILLAR									
1994	31,0	84,5	38,4	121,9	31,0	97,2	392,7	98,6	588,44
1995	35,2	106,5	40,0	153,5	38,0	93,6	461,0	236,7	791,19
1996	35,7	121,5	43,7	182,0	43,8	108,4	549,5	184,7	842,57
1997	31,1	150,4	62,8	235,7	35,0	127,7	652,7	147,3	927,73
1998	31,4	178,9	74,1	264,4	37,2	145,0	811,7	245,0	1201,68
1999	29,6	184,2	77,0	240,9	34,8	139,7	872,3	272,4	1284,38

Tablo 5.8 Normalize edilmiş sektörel enerji tüketim değerleri

A _{min} =0,1 A _{max} =0,9	TARIM	ENDÜSTRİ	RESMİ DAİRELER	TURİZM	DİĞER	KÖY	TEDAŞ	TEAŞ	TOPLAM
V _{max}	40	2000	1100	1500	70	1500	8500	1400	15000
V _{min}	20	84,52	38,443	121,948	10	93,577	392,685	98,577	895,414
r	0,04	0,000418	0,000754	0,000581	0,013333	0,000569	9,87E-05	0,000615	5,67E-05
1994	0,54092	0,1	0,1	0,1	0,3806	0,102045	0,1	0,1	0,1
1995	0,708	0,10919	0,101182	0,118305	0,473507	0,1	0,106736	0,18488	0,115257
1996	0,72952	0,115432	0,10396	0,134878	0,551093	0,10842	0,115469	0,152962	0,121208
1997	0,54344	0,127534	0,118386	0,166049	0,433587	0,119416	0,125658	0,129959	0,13105
1998	0,55404	0,130399	0,126902	0,182725	0,463213	0,129266	0,141342	0,190009	0,150611
1999	0,482468	0,141631	0,13501	0,204351	0,430667	0,133972	0,150988	0,206854	0,160965

Tablo 5.9 Normalize edilmiş parametre değerleri

Amin=0,1 Amax=0,9	NÜFUS bin	KBGSYİH USD	SFGSYİH milyar TL	SANAYİE	TESİS S.	YATAK S.	TEDAŞ GWh	YİL
MAX	3885	8729	9741	429	751	234476	12628	40
MIN	1334	3029	2360	102	532	104745	939	14
r	0,000314	0,00014	0,000108	0,002441	0,003654	6,17E-06	6,84E-05	0,030769
1994	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
1995	0,117562	0,107017	0,120918	0,131182	0,315585	0,181819	0,108288	0,130769
1996	0,135862	0,133683	0,139667	0,152173	0,465398	0,23569	0,120122	0,161538
1997	0,154925	0,155155	0,163511	0,173653	0,483668	0,250614	0,13548	0,192308
1998	0,174792	0,172698	0,171098	0,182601	0,381357	0,277771	0,1486	0,223077
1999	0,195492	0,17677	0,190338	0,199476	0,5129	0,36009	0,165406	0,253846
2000	0,21706	0,201012	0,209865	0,21729	0,562583	0,369377	0,183866	0,284615
2001	0,239533	0,225955	0,230324	0,236119	0,594021	0,400983	0,204414	0,315385
2002	0,262949	0,251639	0,251772	0,256044	0,622092	0,431443	0,225646	0,346154
2003	0,287347	0,278105	0,274271	0,277143	0,647477	0,460981	0,248949	0,376923
2004	0,312769	0,305394	0,297885	0,299498	0,670665	0,48976	0,273919	0,407692
2005	0,339258	0,333553	0,322686	0,323191	0,692022	0,517902	0,300554	0,438462
2006	0,366857	0,362628	0,348745	0,348306	0,711829	0,545501	0,328855	0,469231
2007	0,395615	0,392672	0,376142	0,374927	0,730305	0,572631	0,358822	0,5
2008	0,425579	0,423736	0,404959	0,403141	0,747626	0,599351	0,390455	0,530769
2009	0,456801	0,455877	0,435286	0,433037	0,763934	0,625711	0,423754	0,561538
2010	0,489332	0,489154	0,467215	0,464703	0,779347	0,65175	0,458719	0,592308
2011	0,523228	0,52363	0,500847	0,498233	0,793962	0,677503	0,495351	0,623077
2012	0,558546	0,55937	0,536288	0,533719	0,807862	0,702997	0,533648	0,653846
2013	0,595346	0,596443	0,57365	0,571257	0,821116	0,728258	0,573611	0,684615
2014	0,63369	0,634924	0,613051	0,610944	0,833784	0,753306	0,61524	0,715385
2015	0,673643	0,674889	0,654621	0,652882	0,84592	0,778159	0,658535	0,746154
2016	0,715271	0,716421	0,698492	0,697172	0,857567	0,802833	0,703496	0,776923
2017	0,758647	0,759604	0,744809	0,743919	0,868765	0,827343	0,750123	0,807692
2018	0,803842	0,80453	0,793723	0,793232	0,87955	0,8517	0,798416	0,838462
2019	0,850933	0,851295	0,845396	0,845221	0,889953	0,875916	0,848375	0,869231
2020	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9

5.2.1 Endüstriyel Yük Tahmini

Endüstriyel yük tahmini için Tablo 5.7’de verilen 1987 yılından 1998 yılına kadar olan 6 yıllık veriler kullanılarak tahmin değerleri bulunmuştur. Regresyon analizinde bağımsız değişken olarak nüfus, sanayi endeksi ve SFGSYİH parametreleri kullanılmıştır. 1999 yılına ait değer beklenen değerlerin altında olması nedeniyle bu değer,

$$\text{Doğrusal: } Y = 23,26 * X + 58,585 \quad X = 6$$

fonksiyonu ile elde edilen 198,1 değeri ile değiştirilmiş ve ileriye yönelik tahminlerde bu değer kullanılmıştır. R^2 değeri 1’e yakın ve uygun olan, doğrusal regresyon, 2. derece polinom ve doğrusal fonksiyon ile 2020 yılına kadar bulunan tahmin değerleri Tablo 5.10’da verilmiştir. Bu değerlerin hesaplanmasında kullanılan fonksiyonlar:

$$\text{Doğrusal Regresyon: } Y = 0,42955 * N - 0,3281 * SE - 0,0019 * SF$$

$$\text{2. Derece Polinom: } Y = 0,7153 * X^2 + 18,246 * X + 65,275$$

$$\text{Doğrusal: } Y = 23,254 * X + 58,598$$

Burada SF: SFGSYİH, SE: sanayi endeksi, N: nüfus ve $X = 1,2,...$ olarak yılları göstermektedir. Doğrusal regresyon, 2. derece polinom ve doğrusal fonksiyon ile bulunan değerlerin, Denklem 4.1’e göre ağırlıklı ortalaması alınarak, endüstriyel yük için 2020 yılına kadar olan tahmin değerleri bulunmuştur (Tablo 5.10 “ortalama” sütunu).

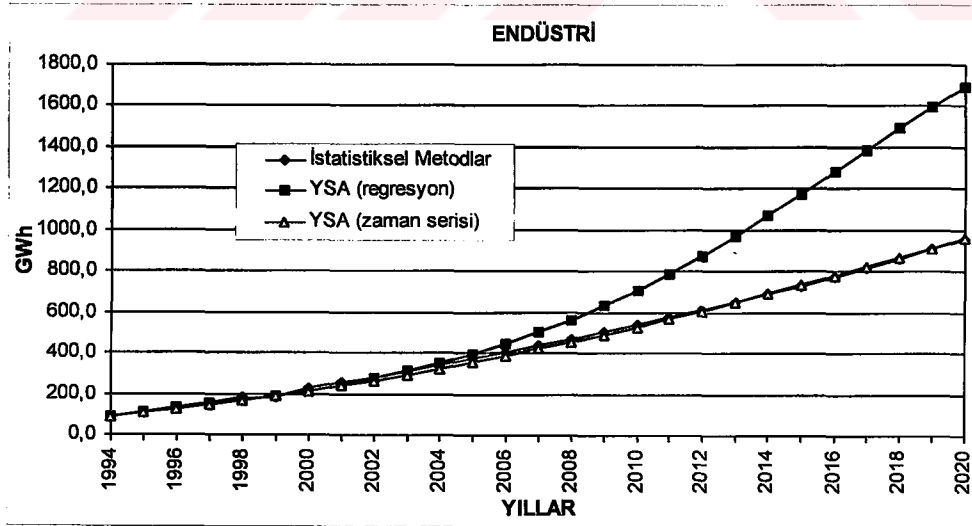
Yapay sinir ağları kullanılarak yapılan birinci tahmin çalışmasında, 4 katmanlı; 1. saklı katmanda 3, 2. saklı katmanda 5 nöron bulunan çok tabakalı ileri beslemeli (multilayer full feed forward) ağ yapısı kullanılmıştır. Giriş değişkenleri olarak regresyonda kullanılan nüfus, sanayi endeksi ve SFGSYİH parametreleri ve çıkış olarak endüstriyel yük alınarak 3 giriş 1 çıkışlı bir yapay sinir ağı kullanılmıştır. Çıkış ve saklı katmanlarda kullanılan öğrenme algoritması hızlı yayılım (Quick Probagation); nöronlarda bulunan transfer fonksiyonları sigmoid fonksiyonu; azaltılan hata değeri karesel ortalama hata (mean square error) dır. Transfer fonksiyonları sigmoid fonksiyon olduğu için gerçek değerlerin 0,1 ile 0,9 arasında normalize edilmesi gerekmektedir. Normalizasyon için Denklem 4.3 ve Denklem 4.4 kullanılmıştır.

YSA, eğitim setindeki 6 örnek için 5000 çevrim ve 0,002 hata sınırına kadar eğitilmiş, buradan ağın, 2000-2020 arası 21 değer için verdiği çıkış değerleri bulunmuştur (Tablo 5.10). 0,1-0,9 arasında olan çıkış değerleri Denklem 4.5 ile ters normalizasyon yapılarak gerçek değerler bulunmuştur (Tablo 5.10).

YSA ile yapılan ikinci tahmin çalışmasında zamana bağlı olarak endüstriyel yük tahmini yapılmıştır. Giriş olarak yıllar, çıkış değeri olarak yük değerleri kullanılmıştır. Ağ yapısı yukarda yapılan tahmin çalışmasındaki ile aynıdır. Yıllar ve yükler için normalize edilmiş değerler Tablo 5.8-9'da verilmiştir. YSA eğitim setindeki 12 örnek için 3000 çevrim ve 0,002 hata sınırına kadar eğitilmiş, buradan ağın test kümesindeki 2000-2020 arası 21 değer için verdiği çıkış değerleri bulunmuş; 0,1-0,9 arasında olan çıkış değerleri Denklem 4.5 ile ters normalizasyon yapılarak gerçek değerler bulunmuştur (Tablo 5.10).

YSA'nın, test edilmesi, eğitim için verilerin az olması nedeniyle eğitim kümesinden test kümesi oluşturularak yapılamamış; bunun yerine, ağın verdiği sonuçların istatistiksel metotlarla hesaplanan değerlerle uygunluğu göz önünde bulundurularak yapılmıştır.

Endüstriyel yükün istatistiksel yöntemlerle ve YSA ile hesaplanan tahmin değerleri grafik olarak Şekil 5.7'de verilmiştir.



Şekil 5.7 Endüstriyel yük için 2020 yılına kadar tahmin değerleri

Tablo 5.10 2000-2020 yılları Endüstriyel yük tahmini

YILLAR	NÜFUS bin	SAN. END. milyar TL	SİGORTA milyar TL	DOĞRUSAL REG.	POLY-2	DOĞRUSAL	ORTALAMA	ARTIŞ %	YAPAY SINIR AĞLARI YÖNTEMİ					
									REGRESYON		ZAMAN SERİSİ			
									normalize	gerçek	artış	normalize	gerçek	artış
1994	1334	101,5	2360,0	84,5			84,5		0,100642	86,1	*	0,102095	89,5	*
1995	1390	114,3	2553,0	106,5			106,5	26,0	0,10975	107,9	25,3	0,109532	107,3	19,9
1996	1449	122,9	2726,0	121,5			121,5	14,0	0,118001	127,6	18,3	0,117438	126,3	17,6
1997	1510	131,7	2946,0	150,4			150,4	23,9	0,127736	150,9	18,3	0,125832	146,4	15,9
1998	1573	135,4	3016,0	178,9			178,9	18,9	0,133913	165,7	9,8	0,134733	167,7	14,6
1999	1639	142,3	3193,5	198,1			184,2	3,0	0,143632	189,0	14,0	0,144157	190,2	13,5
2000	1708	149,6	3373,7	227,4	228,0	221,4	225,9	22,6	0,154354	214,7	13,6	0,15412	214,1	12,5
2001	1779	157,3	3562,5	255,3	257,0	244,6	252,8	11,9	0,166315	243,3	13,3	0,164633	239,3	11,8
2002	1854	165,5	3760,4	284,3	287,4	267,9	280,6	11,0	0,17967	275,3	13,1	0,175713	265,8	11,1
2003	1932	174,1	3967,9	314,5	319,3	291,1	309,3	10,2	0,194594	311,0	13,0	0,187367	293,7	10,5
2004	2013	183,3	4185,8	345,9	352,5	314,4	338,9	9,6	0,211274	350,9	12,8	0,199603	323,0	10,0
2005	2097	193,0	4414,7	378,6	387,2	337,8	369,5	9,0	0,229911	395,6	12,7	0,212424	353,7	9,5
2006	2185	203,3	4655,1	412,5	423,4	380,9	401,1	8,5	0,250711	445,4	12,6	0,225829	385,8	9,1
2007	2277	214,2	4907,9	447,9	460,9	384,2	433,6	8,1	0,273879	500,8	12,5	0,239817	419,3	8,7
2008	2372	225,7	5173,8	484,6	499,9	407,4	467,1	7,7	0,299604	562,4	12,3	0,254379	454,2	8,3
2009	2472	238,0	5453,6	522,8	540,3	430,7	501,7	7,4	0,328047	630,5	12,1	0,269504	490,4	8,0
2010	2576	250,9	5748,2	562,5	582,2	453,9	537,3	7,1	0,359315	705,4	11,9	0,285176	527,9	7,7
2011	2684	264,7	6058,5	603,9	625,5	477,2	574,0	6,8	0,393442	787,1	11,6	0,301375	566,7	7,3
2012	2796	279,2	6385,5	646,9	670,2	500,4	611,7	6,6	0,430351	875,5	11,2	0,318074	606,7	7,1
2013	2914	294,6	6730,2	691,5	716,3	523,7	650,6	6,4	0,469837	970,0	10,8	0,335244	647,8	6,8
2014	3036	310,9	7093,8	738,0	763,9	546,9	690,6	6,1	0,511535	1069,9	10,3	0,352844	689,9	6,5
2015	3163	328,0	7477,3	786,4	812,9	570,2	731,8	6,0	0,554919	1173,8	9,7	0,370847	733,0	6,2
2016	3296	346,2	7882,1	836,7	863,3	593,4	774,2	5,8	0,599299	1280,0	9,1	0,389203	777,0	6,0
2017	3434	365,3	8309,5	889,0	915,2	616,7	817,7	5,6	0,64386	1386,7	8,3	0,407867	821,7	5,8
2018	3578	385,5	8760,8	943,4	968,5	639,9	862,6	5,5	0,687707	1491,7	7,6	0,426786	867,0	5,5
2019	3729	406,8	9237,6	1000,0	1023,2	663,2	908,7	5,3	0,729942	1592,8	6,8	0,445908	912,7	5,3
2020	3885	429,3	9741,4	1088,9	1079,4	686,5	956,1	5,2	0,769739	1688,1	6,0	0,465177	958,9	5,1
				0,9946	0,9943	0,9923								
				0,0054	0,0057	0,0077								

R-kare
1-Rkare

5.2.2 Resmi Daireler Yük Tahmini

Resmi daireler yük tahmini için Tablo 5.7’de verilen 1987 yılından 1998 yılına kadar olan 6 yıllık veriler kullanılarak tahmin değerleri bulunmuştur. Regresyon analizinde bağımsız değişken olarak nüfus kullanılmıştır. 1999 yılına ait değer beklenen değerlerin altında olması nedeniyle bu değer,

$$\text{Üstel: } Y = 29,458 * e^{(0,1765 * X)} \quad X = 6$$

fonksiyonu ile elde edilen 84,9 değeri ile değiştirilmiş ve ileriye yönelik tahminlerde bu değer kullanılmıştır. R^2 değeri 1’e yakın ve uygun olan, doğrusal regresyon ve 2. derece polinom ile 2020 yılına kadar bulunan tahmin değerleri Tablo 5.11’de verilmiştir. Tahminler için kullanılan fonksiyonlar:

$$\text{Doğrusal Regresyon: } Y = 0,1669 * N - 190,1$$

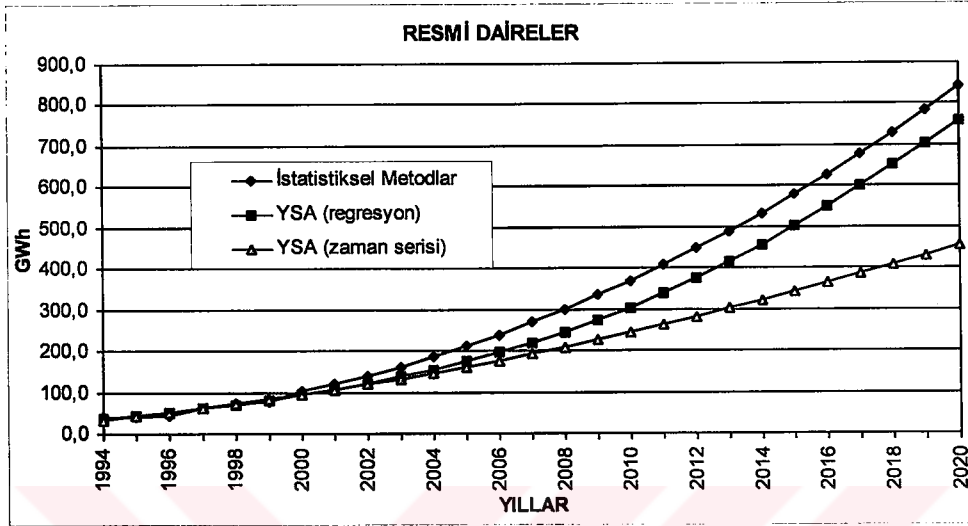
$$\text{2. Derece Polinom: } Y = 1,3648 * X^2 + 0,5575 * X + 34,693$$

Burada N: Nüfus ve $X = 1,2,...$ yılları göstermektedir. Doğrusal regresyon ve 2. derece polinom ile bulunan değerlerin, ağırlıklı ortalaması alınarak, resmi daireler yükü için 2020 yılına kadar olan tahmin değerleri bulunmuştur (Tablo 5.11 “ortalama” sütunu).

YSA kullanılarak yapılan resmi daireler yük tahmini çalışmasında, endüstriyel yük için yapılan tahmin çalışmasında kullanılan ağ yapısı kullanılmıştır. Giriş değişkeni olarak nüfus ve çıkış olarak resmi daireler yükü alınmıştır. Tahminler için gerçek değerler Tablo 5.8 ve Tablo 5.9’da verildiği şekilde normalize edilmiştir. YSA, eğitim setindeki 6 örnek için 5000 çevrim ve 0,003 hata sınırına kadar eğitilmiş, buradan ağı, 2000-2020 arası 21 değer için verdiği çıkış değerleri bulunmuştur (Tablo 5.11). 0,1-0,9 arasında olan çıkış değerleri Denklem 4.5 ile ters normalizasyon yapılarak gerçek değerler bulunmuştur (Tablo 5.11).

YSA ile zamana bağlı tahmin çalışmasında giriş olarak yıllar ve çıkış olarak yük değerleri alınmıştır. Ağ yapısı regresyon ile yapılan tahmin çalışmasındaki ile aynıdır. Yıllar ve yükler için normalize edilmiş değerler Tablo 5.8-9’da verilmiştir. YSA eğitim setindeki 12 örnek için 3000 çevrim ve 0,003 hata sınırına kadar eğitilmiş, buradan ağı test kümesindeki 2000-2020 arası 21 değer için verdiği çıkış değerleri bulunmuş; 0,1-0,9 arasında olan çıkış değerleri Denklem 4.5 ile ters normalizasyon yapılarak gerçek değerler bulunmuştur (Tablo 5.11).

Resmi daireler yükünün istatistiksel yöntemlerle ve YSA ile hesaplanan tahmin değerleri grafik olarak Şekil 5.8’de verilmiştir.



Şekil 5.8 Resmi daireler yükünün 2020 yılına kadar tahmin değerleri

5.2.3 Tarım Yük Tahmini

Tarım yük tahmini için Tablo 5.7’de verilen 1987 yılından 1998 yılına kadar olan 6 yıllık veriler kullanılarak tahmin değerleri bulunmuştur. Regresyon analizinde bağımsız değişken olarak nüfus, KBGSYİH ve SFGSYİH bağımsız parametreleri kullanılmıştır.

Tarım yüklerinin değişimi yatay ve düzensiz bir seyir izlediğinden doğrusal regresyon ile elde edilen sonuçlar geçerli bir yük değişimini yansıtmamaktadır. Bu yüzden tarım yük tahmini logaritmik fonksiyon ile yapılmış ve 2020 yılına kadar bulunan tahmin değerleri Tablo 5.12’de verilmiştir. Tahminler için kullanılan logaritmik fonksiyon ve doğrusal regresyon:

Doğrusal Regresyon: $Y = 0,02022 * SF - 0,0119 * KB - 0,0422 * N + 77,7542$

Logaritmik: $Y = 1,1408 \ln(X) + 33,578$

Burada N: Nüfus, SF: SFGSYİH , KB: KBGSYİH ve X = 1,2,... yılları göstermektedir.

Tablo 5.11 2000-2020 yılları Resmi Daireler yük tahmini

YILLAR	NÜFUS bin	DOĞRUSAL REG.	POLY-2	ORTALAMA	ARTIŞ %	YAPAY SINIR AĞLARI YÖNTEMİ					
						REGRESYON			ZAMAN SERİSİ		
						normalize	gerçek	artış	normalize	gerçek	artış
1994	1334,5	38,4		38,4		0,098572	36,5	*	0,096617	34,0	*
1995	1390,5	40,0		40,0	4,1	0,104204	44,0	20,4	0,103152	42,6	25,5
1996	1448,8	43,7		43,7	9,2	0,110374	52,2	18,6	0,110076	51,8	21,6
1997	1509,6	62,8		62,8	43,8	0,117139	61,2	17,2	0,117403	61,5	18,8
1998	1572,9	74,1		74,1	18,0	0,124567	71,0	16,1	0,125148	71,8	16,7
1999	1638,9	84,9		77,0	3,8	0,132733	81,9	15,3	0,133327	82,7	15,1
2000	1707,7	94,9	105,5	101,8	32,3	0,141462	93,5	14,1	0,141949	94,1	13,8
2001	1779,3	106,9	126,5	119,7	17,6	0,151339	106,6	14,0	0,15103	106,2	12,8
2002	1854,0	119,3	150,2	139,5	16,6	0,162225	121,0	13,6	0,160586	118,8	11,9
2003	1931,8	132,3	176,7	161,2	15,6	0,174225	136,9	13,2	0,170624	132,2	11,2
2004	2012,8	145,8	205,9	185,0	14,7	0,187459	154,5	12,8	0,181152	146,1	10,6
2005	2097,3	159,9	237,9	210,7	13,9	0,202051	173,9	12,5	0,192178	160,8	10,0
2006	2185,3	174,6	272,5	238,4	13,1	0,218131	195,2	12,3	0,203706	176,1	9,5
2007	2276,9	189,9	309,9	268,1	12,5	0,235839	218,7	12,0	0,215738	192,0	9,1
2008	2372,5	205,9	350,1	299,8	11,8	0,255307	244,5	11,8	0,228275	208,7	8,7
2009	2472,0	222,5	392,9	333,5	11,2	0,276671	272,9	11,6	0,241314	226,0	8,3
2010	2575,7	239,8	438,5	369,3	10,7	0,30005	303,9	11,4	0,254849	243,9	7,9
2011	2683,8	257,8	486,8	407,0	10,2	0,325545	337,7	11,1	0,268871	262,5	7,6
2012	2796,4	276,6	537,9	446,9	9,8	0,353226	374,5	10,9	0,283367	281,8	7,3
2013	2913,7	296,2	591,6	488,7	9,4	0,38312	414,1	10,6	0,298323	301,6	7,0
2014	3035,9	316,6	648,1	532,6	9,0	0,415196	456,7	10,3	0,313712	322,0	6,8
2015	3163,3	337,9	707,4	578,6	8,6	0,449351	502,0	9,9	0,329524	343,0	6,5
2016	3296,0	360,0	769,3	626,7	8,3	0,485398	549,8	9,5	0,345726	364,5	6,3
2017	3434,3	383,1	834,0	676,9	8,0	0,523055	599,8	9,1	0,362289	386,5	6,0
2018	3578,4	407,1	901,4	729,2	7,7	0,561942	651,4	8,6	0,379181	408,9	5,8
2019	3728,5	432,2	971,6	783,7	7,5	0,601587	704,0	8,1	0,396365	431,7	5,6
2020	3885,0	458,3	1044,5	840,3	7,2	0,641438	756,9	7,5	0,413803	454,8	5,4
		R-kare		0,9437		0,9699					
		1-Rkare		0,0563		0,0301					

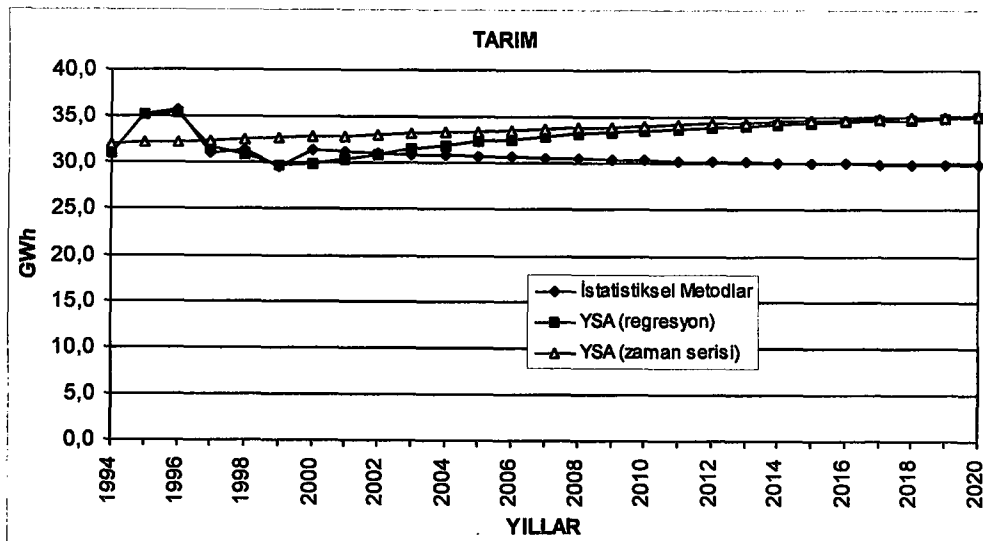
Tablo 5.12 2000-2020 yılları Tarım yük tahmini

YILAR	NÜFUS bin	KBGSYİH USD	SFGSYİH milyar TL	DOĞRUSAL REG.	LOG.	ARTIŞ %	YAPAY SINIR AĞLARI YÖNTEMİ									
							REGRESYON			ZAMAN SERİSİ						
							normalize	gerçek	artış	normalize	gerçek	artış	normalize	gerçek	artış	
1994	1334,5	3029	2360	31,0	31,0		0,543948	31,1	*	0,580202	32,0	*	0,543948	31,1	*	
1995	1390,5	3079	2553	35,2	35,2	13,5	0,706893	35,2	13,1	0,58542	32,1	0,4	0,706893	35,2	13,1	0,4
1996	1448,8	3269	2726	35,7	35,7	1,5	0,716476	35,4	0,7	0,590624	32,3	0,4	0,716476	35,4	0,7	0,4
1997	1509,6	3422	2946	31,1	31,1	-13,0	0,570098	31,8	-10,3	0,595813	32,4	0,4	0,570098	31,8	-10,3	0,4
1998	1572,9	3547	3016	31,4	31,4	0,9	0,531861	30,8	-3,0	0,600987	32,5	0,4	0,531861	30,8	-3,0	0,4
1999	1638,9	3576	3194	29,6	29,6	-5,7	0,486657	29,7	-3,7	0,606143	32,7	0,4	0,486657	29,7	-3,7	0,4
2000	1707,7	3749	3374	29,9	31,4	1,1	0,491979	29,8	0,4	0,611277	32,8	0,4	0,491979	29,8	0,4	0,4
2001	1779,3	3926	3562	28,9	31,2	-3,3	0,513814	30,3	1,8	0,616392	32,9	0,4	0,513814	30,3	1,8	0,4
2002	1854,0	4109	3760	26,7	31,1	-7,5	0,537607	30,9	2,0	0,621489	33,0	0,4	0,537607	30,9	2,0	0,4
2003	1931,8	4298	3968	25,4	31,0	-5,0	0,558755	31,5	1,7	0,626563	33,2	0,4	0,558755	31,5	1,7	0,4
2004	2012,8	4493	4186	24,1	30,8	-5,2	0,576534	31,9	1,4	0,631615	33,3	0,4	0,576534	31,9	1,4	0,4
2005	2097,3	4693	4415	22,7	30,7	-5,5	0,591397	32,3	1,2	0,636642	33,4	0,4	0,591397	32,3	1,2	0,4
2006	2185,3	4900	4655	21,4	30,7	-5,8	0,604005	32,6	1,0	0,641643	33,5	0,4	0,604005	32,6	1,0	0,4
2007	2276,9	5114	4908	20,1	30,6	-6,1	0,614938	32,9	0,8	0,646619	33,7	0,4	0,614938	32,9	0,8	0,4
2008	2372,5	5336	5174	18,8	30,5	-6,4	0,62463	33,1	0,7	0,651566	33,8	0,4	0,62463	33,1	0,7	0,4
2009	2472,0	5565	5454	17,6	30,4	-6,7	0,633392	33,3	0,7	0,656485	33,9	0,4	0,633392	33,3	0,7	0,4
2010	2575,7	5802	5748	16,3	30,3	-7,0	0,641433	33,5	0,6	0,661373	34,0	0,4	0,641433	33,5	0,6	0,4
2011	2683,8	6048	6059	15,1	30,3	-7,4	0,648899	33,7	0,6	0,66623	34,2	0,4	0,648899	33,7	0,6	0,4
2012	2796,4	6302	6386	14,0	30,2	-7,7	0,655887	33,9	0,5	0,671055	34,3	0,4	0,655887	33,9	0,5	0,4
2013	2913,7	6566	6730	12,8	30,2	-8,0	0,662466	34,1	0,5	0,675847	34,4	0,3	0,662466	34,1	0,5	0,3
2014	3035,9	6841	7094	11,8	30,1	-8,3	0,66868	34,2	0,5	0,680602	34,5	0,3	0,66868	34,2	0,5	0,3
2015	3163,3	7125	7477	10,8	30,1	-8,5	0,674562	34,4	0,4	0,685323	34,6	0,3	0,674562	34,4	0,4	0,3
2016	3296,0	7421	7882	9,8	30,0	-8,7	0,680131	34,5	0,4	0,690007	34,8	0,3	0,680131	34,5	0,4	0,3
2017	3434,3	7729	8309	9,0	30,0	-8,7	0,685401	34,6	0,4	0,694653	34,9	0,3	0,685401	34,6	0,4	0,3
2018	3578,4	8049	8761	8,2	29,9	-8,4	0,690377	34,8	0,4	0,69926	35,0	0,3	0,690377	34,8	0,4	0,3
2019	3728,5	8382	9238	7,6	29,9	-8,0	0,695057	34,9	0,3	0,703827	35,1	0,3	0,695057	34,9	0,3	0,3
2020	3885,0	8729	9741	7,0	29,8	-7,1	0,699436	35,0	0,3	0,708352	35,2	0,3	0,699436	35,0	0,3	0,3
				0,6162	0,0901											

R-kare

YSA kullanılarak yapılan tarım yük tahmini çalışmasında, endüstriyel yük için yapılan tahmin çalışmasında kullanılan ağ yapısı kullanılmıştır. Yalnız burada birinci katmanda saklı katmanda 2 nöron vardır. Giriş değişkeni olarak nüfus, KBGSYİH, SFGSYİH ve çıkış olarak tarım yükü alınmıştır. Tahminler için gerçek değerler Tablo 5.8 ve Tablo 5.9’da verildiği şekilde normalize edilmiştir. YSA, eğitim setindeki 6 örnek için 8000 çevrim ve 0,01 hata sınırına kadar eğitilmiş, buradan ağın, 2000-2020 arası 21 değer için verdiği çıkış değerleri bulunmuştur (Tablo 5.12). 0,1-0,9 arasında olan çıkış değerleri Denklem 4.5 ile ters normalizasyon yapılarak gerçek değerler bulunmuştur (Tablo 5.12).

YSA ile zamana bağlı tahmin çalışmasında giriş olarak yıllar ve çıkış olarak yük değerleri alınmıştır. Ağ yapısı 4 katmanlı; 1. saklı katmanda 3, 2. saklı katmanda 5 nöron bulunan çok tabakalı ileri beslemeli (multilayer full feed forward) ağ yapısı kullanılmıştır. Çıkış ve saklı katmanlarda kullanılan öğrenme algoritması yinelemeli geriye yayılım (Recurrent Back Prob.); nöronlarda bulunan transfer fonksiyonları sigmoid fonksiyonu; azaltılan hata değeri karesel ortalama hata (mean square error) dır. Transfer fonksiyonları sigmoid fonksiyon olduğu için gerçek değerlerin 0,1 ile 0,9 arasında normalize edilmesi gerekmektedir. Yıllar ve yükler için normalize edilmiş değerler Tablo 5.8-9’da verilmiştir. YSA eğitim setindeki 6 örnek için 5000 çevrim ve 0,09 hata sınırına kadar eğitilmiş, buradan ağın test kümesindeki 2000-2020 arası 21 değer için verdiği çıkış değerleri bulunmuş; 0,1-0,9 arasında olan çıkış değerleri Denklem 4.5 ile ters normalizasyon yapılarak gerçek değerler bulunmuştur (Tablo 5.12). Tarım yükünün istatistiksel yöntemlerle ve YSA ile hesaplanan 2020 yılına kadar tahmin değerleri grafik olarak Şekil 5.9’da verilmiştir.



Şekil 5.9 Tarım yükünün 2020 yılına kadar tahmin değerleri

5.2.4 Turizm Yük Tahmini

Turizm yük tahmini için Tablo 5.7’de verilen 1987 yılından 1998 yılına kadar olan 6 yıllık veriler kullanılarak tahmin değerleri bulunmuştur. Regresyon analizinde bağımsız değişken olarak KBGSYİH, yatak kapasitesi ve tesis sayısı kullanılmıştır. 1999 yılına ait değer beklenen değerlerin altında olması nedeniyle bu değer,

$$\text{Doğrusal: } Y = 36,724 * X + 81,353 \quad X = 6$$

fonksiyonu ile elde edilen 301,7 değeri ile değiştirilmiş ve ileriye yönelik tahminlerde bu değer kullanılmıştır. R^2 değeri 1’e yakın ve uygun olan, doğrusal regresyon ve 2. derece polinom ile 2020 yılına kadar bulunan tahmin değerleri Tablo 5.13’de verilmiştir. Tahminler için kullanılan fonksiyonlar:

$$\text{Doğrusal Regresyon: } Y = 0,17952 * KB + 0,00269094 * YK - 0,3048 * TS - 541,42$$

$$\text{2. Derece Polinom: } Y = 0,5235 * X^2 + 33,06 * X + 86,238$$

Burada KB: KBGSYİH, YK: Yatak kapasitesi, TS: Tesis sayısı ve $X = 1, 2, \dots$ yılları göstermektedir. Doğrusal regresyon ve 2. derece polinom ile bulunan değerlerin, ağırlıklı ortalaması alınarak, turizm yükü için 2020 yılına kadar olan tahmin değerleri bulunmuştur (Tablo 5.13 “ortalama” sütunu).

YSA kullanılarak yapılan turizm yük tahmini çalışmasında, endüstriyel yük için yapılan tahmin çalışmasında kullanılan ağ yapısı kullanılmıştır. Giriş değişkeni olarak KBGSYİH, yatak kapasitesi ve tesis sayısı ve çıkış olarak turizm yükü alınmıştır. Tahminler için gerçek değerler Tablo 5.8 ve Tablo 5.9’da verildiği şekilde normalize edilmiştir. YSA, eğitim setindeki 6 örnek için 3000 çevrim ve 0,004 hata sınırına kadar eğitilmiş, buradan ağı, 2000-2020 arası 21 değer için verdiği çıkış değerleri bulunmuştur (Tablo 5.13). 0,1-0,9 arasında olan çıkış değerleri Denklem 4.5 ile ters normalizasyon yapılarak gerçek değerler bulunmuştur (Tablo 5.13).

YSA ile zamana bağlı tahmin çalışmasında aynı ağ yapısı kullanılmıştır. Giriş değişkeni olarak yıllar ve çıkış olarak turizm yükü alınmıştır. YSA, eğitim setindeki 6 örnek için 3000 çevrim ve 0,003 hata sınırına kadar eğitilmiş, buradan ağı, 2000-2020 arası 21 değer için verdiği çıkış değerleri bulunmuştur (Tablo 5.13). 0,1-0,9 arasında olan çıkış değerleri Denklem 4.5 ile ters normalizasyon yapılarak gerçek değerler bulunmuştur (Tablo 5.13).

Turizm yükünün istatistiksel yöntemlerle ve YSA ile hesaplanan 2020 yılına kadar tahmin değerleri grafik olarak Şekil 5.10’da verilmiştir.

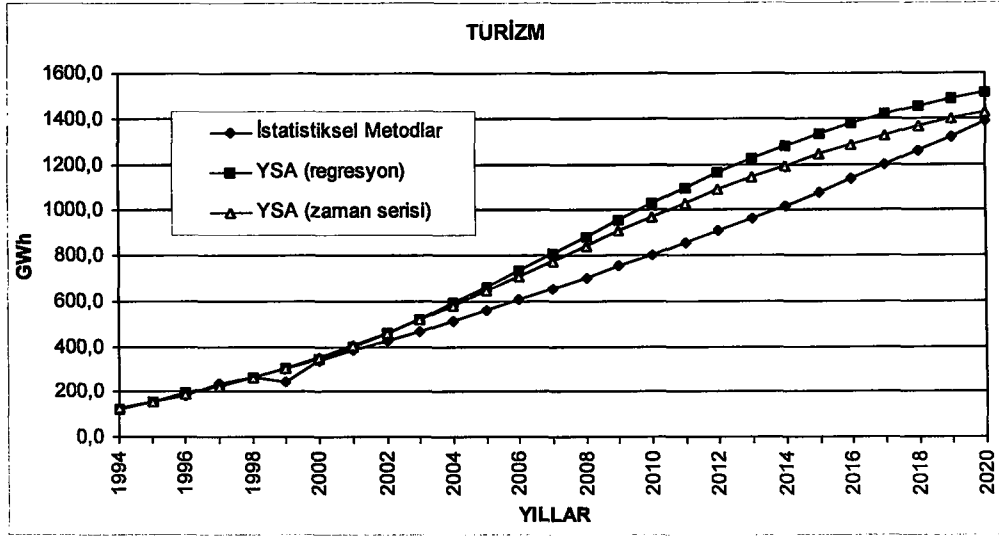
Tablo 5.13 2000-2020 yılları Turizm yük tahmini

YILLAR	KİGŞYH USD	TESİS S.	YATAK K.
1994	3029	532	104745
1995	3079	591	118013
1996	3269	632	126749
1997	3422	637	129169
1998	3547	609	133573
1999	3576	645	146922
2000	3749	659	148428
2001	3926	667	153553
2002	4109	675	158493
2003	4298	682	163283
2004	4493	688	167950
2005	4693	694	172513
2006	4900	699	176989
2007	5114	704	181388
2008	5336	709	185721
2009	5565	714	189996
2010	5802	718	194219
2011	6048	722	198395
2012	6302	726	202529
2013	6566	729	206625
2014	6841	733	210687
2015	7125	736	214718
2016	7421	739	218719
2017	7729	742	222693
2018	8049	745	226643
2019	8382	748	230570
2020	8729	751	234476

R-kare
1-Rkare

DOĞRUSAL REG.	POLY-2	ORTALAMA	ARTIŞ %
121,9		121,9	
153,5		153,5	25,9
182,0		182,0	18,6
235,7		235,7	29,5
264,4		264,4	12,2
301,7		240,9	-8,9
330,2	323,3	338,7	40,6
373,3	384,2	380,4	12,3
417,1	426,2	423,0	11,2
461,7	469,2	466,5	10,3
507,2	513,2	511,1	9,6
553,7	558,3	556,7	8,9
601,3	604,5	603,4	8,4
650,1	651,7	651,1	7,9
700,0	699,9	700,0	7,5
751,3	749,2	749,9	7,1
803,9	799,5	801,1	6,8
858,0	850,9	853,4	6,5
913,7	903,4	907,0	6,3
971,0	956,8	961,9	6,0
1030,1	1011,4	1018,0	5,8
1091,1	1066,9	1075,5	5,6
1154,0	1123,5	1134,3	5,5
1219,0	1181,2	1194,6	5,3
1286,2	1239,9	1256,3	5,2
1355,7	1299,7	1319,5	5,0
1427,7	1360,5	1384,2	4,9
0,9883	0,9936		
0,0117	0,0064		

YAPAY SINIRAGLARI YÖNTEMİ									
REGRESYON					ZAMAN SERİSİ				
normalize	gerçek	artış	normalize	gerçek	normalize	gerçek	artış		
0,10128	124,2	*	0,103668	128,3			*		
0,117946	152,9	23,1	0,119801	156,1			21,7		
0,142737	195,6	27,9	0,138037	187,5			20,1		
0,159491	224,4	14,8	0,158506	222,7			18,8		
0,180139	260,0	15,8	0,181309	262,0			17,6		
0,20576	304,1	17,0	0,206499	305,4			16,6		
0,227499	341,6	12,3	0,234072	352,9			15,6		
0,259474	396,7	16,1	0,263949	404,4			14,6		
0,294136	456,4	15,1	0,296002	459,6			13,7		
0,331314	520,4	14,0	0,329997	518,1			12,7		
0,370719	588,3	13,0	0,365634	579,5			11,8		
0,41195	659,3	12,1	0,402547	643,1			11,0		
0,454506	732,6	11,1	0,440316	708,2			10,1		
0,497807	807,2	10,2	0,47849	773,9			9,3		
0,541223	882,0	9,3	0,516604	839,6			8,5		
0,584118	955,9	8,4	0,554205	904,3			7,7		
0,625877	1027,8	7,5	0,590875	967,5			7,0		
0,665952	1096,8	6,7	0,626242	1028,4			6,3		
0,703879	1162,2	6,0	0,659999	1086,6			5,7		
0,739304	1223,2	5,3	0,691908	1141,5			5,1		
0,771985	1279,5	4,6	0,72179	1193,0			4,5		
0,801788	1330,8	4,0	0,749565	1240,9			4,0		
0,828683	1377,2	3,5	0,775183	1285,0			3,6		
0,85272	1418,6	3,0	0,798657	1325,4			3,1		
0,874017	1455,2	2,6	0,820041	1362,3			2,8		
0,892738	1487,5	2,2	0,839423	1395,7			2,5		
0,909081	1515,6	1,9	0,856913	1425,8			2,2		



Şekil 5.10 Turizm yükünün 2020 yılına kadar tahmin değerleri

5.2.5 Diğer Yükler Tahmini

Diğer yük tahmini için Tablo 5.7’de verilen 1987 yılından 1998 yılına kadar olan 6 yıllık veriler kullanılarak tahmin değerleri bulunmuştur. Regresyon analizinde bağımsız değişken olarak nüfus ve SFGSYİH değerleri kullanılmıştır. Diğer yükler ait serinin çok düzensiz olması, geçmiş verilere uygun fonksiyon bulmayı zorlaştırmaktadır. Bulunan fonksiyonlar:

Doğrusal Regresyon: $Y = 0,03023 * SF - 0,0789 * N + 69,0116$

Üstel Regresyon: $Y = 1,00084^{SF} * 0,99784^N * 85,4774$

Logaritmik: $3,532 * \ln(X) + 33,648$

Kuvvet: $32,36 * X^{0,1024}$

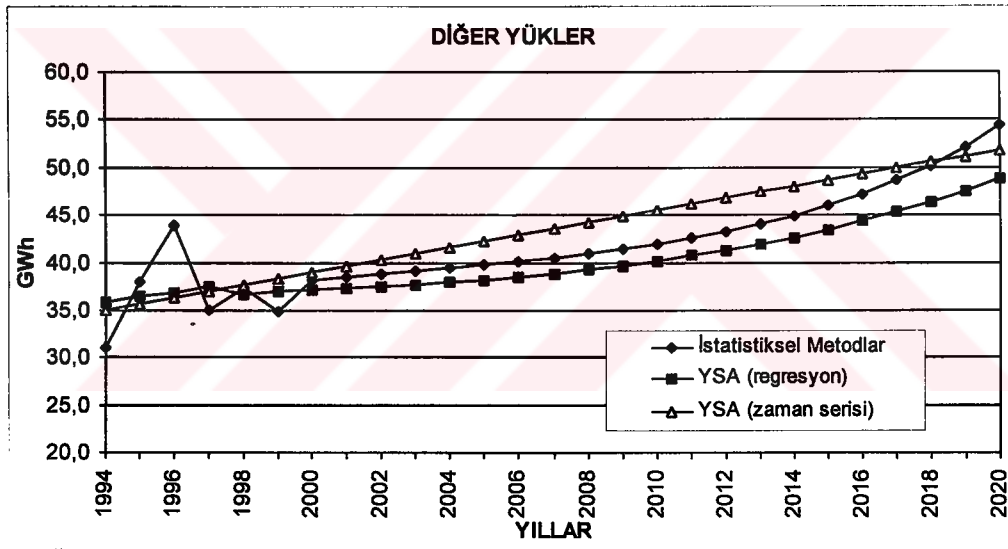
Burada SF: SFGSYİH, N: Nüfus ve $X = 1,2,...$ yılları göstermektedir. Bu fonksiyonların R^2 değerleri düşük olduğundan dört fonksiyonun aritmetik ortalaması alınarak diğer yükler için tahmin değerleri bulunmuştur (Tablo 5.14 “ortalama”).

YSA kullanılarak yapılan diğer yükler tahmin çalışmasında, endüstriyel yük için yapılan tahmin çalışmasında kullanılan ağ yapısı kullanılmıştır. Giriş değişkeni olarak nüfus, SFGSYİH ve çıkış olarak yük değerleri alınmıştır. Tahminler için gerçek değerler Tablo 5.8 ve Tablo 5.9’da verildiği şekilde normalize edilmiştir. YSA, eğitim setindeki 6 örnek için 5000 çevrim ve 0,05 hata sınırına kadar eğitilmiş, buradan ağı, 2000-2020 arası 21 değer için verdiği çıkış değerleri bulunmuştur

(Tablo 5.14). 0,1-0,9 arasında olan çıkış değerleri Denklem 4.5 ile ters normalizasyon yapılarak gerçek değerler bulunmuştur (Tablo 5.14).

YSA ile zamana bağlı tahmin çalışmasında yukarıda verilen ağ yapısı kullanılmıştır. Yalnız burada öğrenme algoritmaları yinelemeli geriye yayılım (Recurrent Back Prob) algoritmasıdır. Giriş değişkeni olarak yıllar ve çıkış olarak yük değerleri alınmıştır. YSA, eğitim setindeki 6 örnek için 8000 çevrim ve 0,05 hata sınırına kadar eğitilmiş, buradan ağın, 2000-2020 arası 21 değer için verdiği çıkış değerleri bulunmuştur (Tablo 5.14). 0,1-0,9 arasında olan çıkış değerleri Denklem 4.5 ile ters normalizasyon yapılarak gerçek değerler bulunmuştur (Tablo 5.14).

Diğer yük grubunun istatistiksel yöntemlerle ve YSA ile hesaplanan 2020 yılına kadar tahmin değerleri grafik olarak Şekil 5.11’de verilmiştir.



Şekil 5.11 Diğer yük grubunun 2020 yılına kadar tahmin değerleri

5.2.6 Köy Yük Tahmini

Köy yük tahmini için Tablo 5.7’de verilen 1987 yılından 1998 yılına kadar olan 6 yıllık veriler kullanılarak tahmin değerleri bulunmuştur. Regresyon analizinde bağımsız değişken olarak nüfus, SFGSYİH ve TEDAŞ kullanılmıştır. 1999 yılına ait değer beklenen değerlerin altında olması nedeniyle bu değer,

$$\text{Doğrusal: } Y = 12,984 * X + 75,42 \quad X = 6$$

fonksiyonu ile elde edilen 153,3 değeri ile değiştirilmiş ve ileriye yönelik tahminlerde bu değer kullanılmıştır.

Tablo 5.14 2000-2020 yılları Diğer yük grubu tahmini

YILLAR	NÜFUS bin	SFGSYH milyar TL	DOĞRUSAL REG.	ÜSTEL REG.	LOGARİT. LOG	KUVVET ÜS	ORTALAM ORT	ARTIŞ %	YAPAY SINIRLAĞI YÖNTEMLİ					
									REGRESYON		ZAMAN SERİSİ			
									normalize	gerçek	artış	normalize	gerçek	artış
1994	1334,5	2360,0	31,0				31,0		0,444034	35,8*		0,434	35,1*	
1995	1390,5	2553,0	38,0				38,0	22,4	0,451892	36,4	1,6	0,442481	35,7	1,8
1996	1448,8	2726,0	43,8				43,8	15,3	0,456403	36,7	0,9	0,451016	36,3	1,8
1997	1509,6	2946,0	35,0				35,0	-20,1	0,466359	37,5	2,0	0,4596	37,0	1,8
1998	1572,9	3016,0	37,2				37,2	6,3	0,455738	36,7	-2,1	0,468229	37,6	1,8
1999	1638,9	3193,5	34,8				34,8	-6,6	0,458455	36,9	0,6	0,476895	38,3	1,7
2000	1707,7	3373,7	36,3	36,3	40,5	39,5	38,2	9,6	0,460653	37,0	0,4	0,485594	38,9	1,7
2001	1779,3	3562,5	36,3	36,5	41,0	40,0	38,5	0,8	0,463085	37,2	0,5	0,494318	39,6	1,7
2002	1854,0	3760,4	36,4	36,7	41,4	40,5	38,8	0,8	0,46578	37,4	0,5	0,503066	40,2	1,7
2003	1931,8	3967,9	36,5	36,9	41,8	41,0	39,0	0,8	0,468775	37,7	0,6	0,511829	40,9	1,6
2004	2012,8	4185,8	36,7	37,2	42,1	41,4	39,4	0,8	0,472106	37,9	0,7	0,520602	41,5	1,6
2005	2097,3	4414,7	37,0	37,6	42,4	41,7	39,7	0,8	0,475819	38,2	0,7	0,529378	42,2	1,6
2006	2185,3	4655,1	37,3	38,0	42,7	42,1	40,0	0,9	0,479957	38,5	0,8	0,538151	42,9	1,6
2007	2276,9	4907,9	37,7	38,6	43,0	42,4	40,4	1,0	0,48457	38,8	0,9	0,546915	43,5	1,5
2008	2372,5	5173,8	38,2	39,3	43,2	42,7	40,9	1,1	0,489711	39,2	1,0	0,555663	44,2	1,5
2009	2472,0	5453,6	38,8	40,1	43,4	43,0	41,3	1,2	0,495438	39,7	1,1	0,564388	44,8	1,5
2010	2575,7	5748,2	39,6	41,0	43,7	43,3	41,9	1,3	0,50181	40,1	1,2	0,573086	45,5	1,5
2011	2683,8	6058,5	40,4	42,2	43,9	43,5	42,5	1,5	0,508893	40,7	1,3	0,581748	46,1	1,4
2012	2796,4	6385,5	41,4	43,5	44,0	43,7	43,2	1,6	0,516756	41,3	1,5	0,590369	46,8	1,4
2013	2913,7	6730,2	42,6	45,1	44,2	44,0	44,0	1,8	0,52547	41,9	1,6	0,598943	47,4	1,4
2014	3035,9	7093,8	43,9	47,1	44,4	44,2	44,9	2,1	0,535106	42,6	1,7	0,60746	48,1	1,3
2015	3163,3	7477,3	45,5	49,4	44,6	44,4	45,9	2,3	0,545744	43,4	1,9	0,615921	48,7	1,3
2016	3296,0	7882,1	47,2	52,1	44,7	44,6	47,2	2,6	0,557457	44,3	2,0	0,624315	49,3	1,3
2017	3434,3	8309,5	49,2	55,3	44,9	44,8	48,6	3,0	0,570316	45,3	2,2	0,632638	49,9	1,3
2018	3578,4	8760,8	51,5	59,3	45,0	45,0	50,2	3,4	0,584391	46,3	2,3	0,640884	50,6	1,2
2019	3728,5	9237,6	54,1	64,0	45,2	45,2	52,1	3,8	0,599738	47,5	2,5	0,649046	51,2	1,2
2020	3885,0	9741,4	57,0	69,7	45,3	45,4	54,3	4,3	0,618401	48,7	2,6	0,65712	51,8	1,2

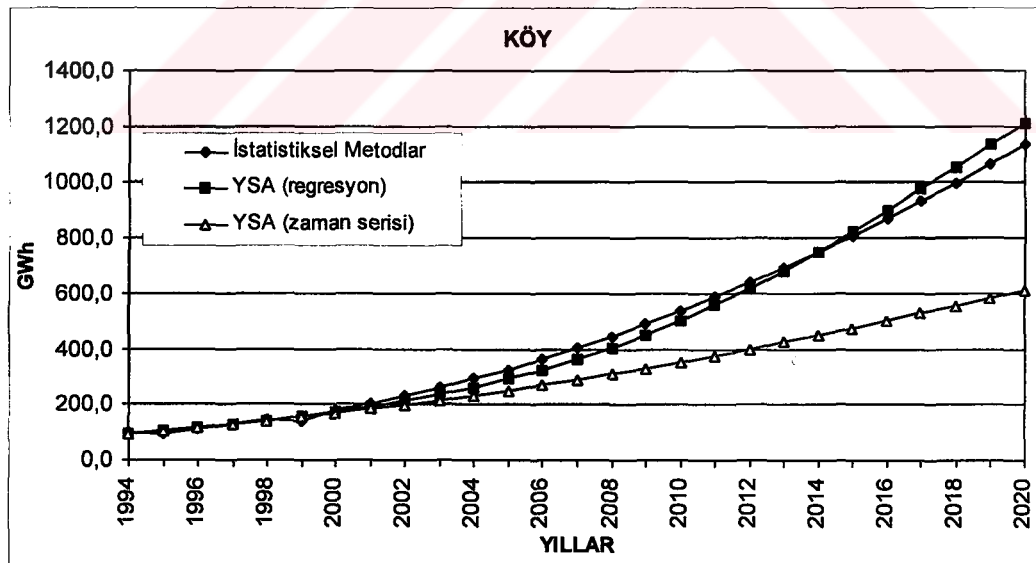
R^2 değeri 1'e yakın ve uygun olan, doğrusal regresyon ve 2. derece polinom ile 2020 yılına kadar bulunan tahmin değerleri Tablo 5.15'de verilmiştir. Tahminler için kullanılan fonksiyonlar:

Doğrusal Regresyon: $Y = -0,2238 * SF + 0,145 * TED - 0,0089 * N + 278,422$

2. Derece Polinom: $Y = 1,2393 * X^2 + 4,3056 * X + 86,996$

Bu fonksiyonlar ile bulunan tahmin sonuçlarının R^2 değerleri ile orantılı ağırlıklı ortalaması alınarak köy yükleri için tahmin sonuçları bulunmuştur (Tablo 5.15).

YSA kullanılarak yapılan köy yük tahmini çalışmasında, endüstriyel yük için yapılan tahmin çalışmasında kullanılan ağ yapısı kullanılmıştır. Yalnız burada birinci katmanda saklı katmanda 2 nöron vardır. Giriş değişkeni olarak nüfus, TEDAŞ, SFGSYİH ve çıkış olarak köy yükü alınmıştır. Tahminler için gerçek değerler Tablo 5.8 ve Tablo 5.9'da verildiği şekilde normalize edilmiştir. YSA, eğitim setindeki 6 örnek için 5000 çevrim ve 0,003 hata sınırına kadar eğitilmiş, buradan ağına, 2000-2020 arası 21 değer için verdiği çıkış değerleri bulunmuştur (Tablo 5.15). 0,1-0,9 arasında olan çıkış değerleri Denklem 4.5 ile ters normalizasyon yapılarak gerçek değerler bulunmuştur (Tablo 5.15).



Şekil 5.12 Köy yük grubunun 2020 yılına kadar tahmin değerleri

YSA ile zamana bağlı tahmin çalışmasında yukarıda verilen ağ yapısı kullanılmıştır. Giriş değişkeni olarak yıllar ve çıkış olarak köy yükü alınmıştır. YSA, eğitim setindeki 6 örnek için 3000 çevrim ve 0,003 hata sınırına kadar eğitilmiş, buradan ağına, 2000-2020 arası 21 değer için verdiği çıkış değerleri bulunmuş; buradan ters normalizasyon yapılarak gerçek değerler bulunmuştur (Tablo 5.15).

Tablo 5.15 2000-2020 yılları Köy yükleri tahmini

YILLAR	NÜFUS bin	TEDAS GWh	SFGSYİH milyar TL	DOĞRUSAL REG	POLY-2	ORTALAMA	ARTIŞ %	YAPAY SINIR AĞLARI YÖNTEMİ					
								REGRESYON		ZAMAN SERİSİ			
								normalize	gerçek	artış	normalize	gerçek	artış
1994	1334,5	939,1	2360,0	97,2		97,2		0,099009	91,8	*	0,098612	91,1	*
1995	1390,5	1060,2	2553,0	93,6		93,6	-3,7	0,104808	102,0	11,1	0,104914	102,2	12,2
1996	1448,8	1233,1	2726,0	108,4		108,4	15,8	0,111207	113,3	11,0	0,111568	113,9	11,4
1997	1509,6	1457,5	2946,0	127,7		127,7	17,8	0,11913	127,2	12,3	0,118587	126,3	10,8
1998	1572,9	1649,2	3016,0	145,0		145,0	13,6	0,125347	138,1	8,6	0,125984	139,3	10,3
1999	1638,9	1894,8	3193,5	153,3		139,7	-3,7	0,134044	153,4	11,1	0,133771	152,9	9,8
2000	1707,7	2164,5	3373,7	180,3	177,9	179,3	28,3	0,143701	170,4	11,1	0,141957	167,3	9,4
2001	1779,3	2464,7	3562,5	206,1	200,8	204,0	13,8	0,154607	189,6	11,3	0,150555	182,5	9,0
2002	1854,0	2774,9	3760,4	232,6	226,1	230,0	12,8	0,166674	210,8	11,2	0,159577	198,3	8,7
2003	1931,8	3115,4	3967,9	262,7	254,0	259,2	12,7	0,180274	234,7	11,3	0,16903	214,9	8,4
2004	2012,8	3480,2	4185,8	295,6	284,3	291,1	12,3	0,195512	261,5	11,4	0,17892	232,3	8,1
2005	2097,3	3869,4	4414,7	331,1	317,1	325,5	11,8	0,212569	291,5	11,5	0,189253	250,5	7,8
2006	2185,3	4282,9	4655,1	369,2	352,4	362,5	11,4	0,231634	325,0	11,5	0,200034	269,4	7,6
2007	2276,9	4720,8	4907,9	409,9	390,2	402,0	10,9	0,252899	362,4	11,5	0,211265	289,2	7,3
2008	2372,5	5183,0	5173,8	453,2	430,4	444,1	10,5	0,276547	404,0	11,5	0,222946	309,7	7,1
2009	2472,0	5669,5	5453,6	499,0	473,1	488,7	10,0	0,302748	450,0	11,4	0,235076	331,0	6,9
2010	2575,7	6180,4	5748,2	547,3	518,3	535,7	9,6	0,331633	500,8	11,3	0,247649	353,1	6,7
2011	2683,8	6715,6	6058,5	598,0	566,0	585,2	9,2	0,363286	556,4	11,1	0,260659	376,0	6,5
2012	2796,4	7275,2	6385,5	651,0	616,2	637,1	8,9	0,397711	617,0	10,9	0,274097	399,6	6,3
2013	2913,7	7859,1	6730,2	706,4	668,8	691,4	8,5	0,434816	682,2	10,6	0,287951	424,0	6,1
2014	3035,9	8467,3	7093,8	764,0	723,9	748,0	8,2	0,474382	751,8	10,2	0,302201	449,1	5,9
2015	3163,3	9099,9	7477,3	823,8	781,5	806,9	7,9	0,516053	825,0	9,7	0,31684	474,8	5,7
2016	3296,0	9756,8	7882,1	885,8	841,6	868,1	7,6	0,55932	901,1	9,2	0,331842	501,2	5,6
2017	3434,3	10438,1	8309,5	949,8	904,2	931,6	7,3	0,603532	978,8	8,6	0,347183	528,1	5,4
2018	3578,4	11143,7	8760,8	1015,9	969,2	997,2	7,0	0,64792	1056,8	8,0	0,36284	555,7	5,2
2019	3728,5	11873,7	9237,6	1083,9	1036,7	1065,0	6,8	0,691639	1133,7	7,3	0,378782	583,7	5,0
2020	3885,0	12628,0	9741,4	1153,8	1106,7	1135,0	6,6	0,733833	1207,9	6,5	0,394981	612,2	4,9
				R-kare	0,9706	0,9559							
				1-Rkare	0,0294	0,0441							

Köy yük grubunun istatistiksel yöntemlerle ve YSA ile hesaplanan 2020 yılına kadar tahmin değerleri grafik olarak Şekil 5.12’de verilmiştir.

5.2.7 TEDAŞ’a Enerji Satış Tahminleri

TEDAŞ yük tahmini için Tablo 5.7’de verilen 1987 yılından 1998 yılına kadar olan 6 yıllık veriler kullanılarak tahmin değerleri bulunmuştur. Regresyon analizinde bağımsız değişken olarak nüfus, SFGSYİH, sanayi endeksi, yatak kapasitesi ve TEDAŞ kullanılmıştır. 1999 yılına ait değer beklenen değerlerin altında olması nedeniyle bu değer,

$$\text{Üstel: } Y = 333,09 * e^{(0,1674 * X)} \quad X = 6$$

fonksiyonu ile elde edilen 909,4 değeri ile değiştirilmiş ve ileriye yönelik tahminlerde bu değer kullanılmıştır.

R^2 değeri 1’e yakın ve uygun olan, doğrusal regresyon ve 2. derece polinom ile 2020 yılına kadar bulunan tahmin değerleri Tablo 5.16’da verilmiştir. Tahminler için kullanılan fonksiyonlar:

$$\text{Doğrusal Regresyon: } Y = 1,6714 * N - 0,8427 * SF + 10,1226 * SE + 0,47718 * TED - 0,0038 YK - 931,82$$

$$\text{2. Derece Polinom: } Y = 7,6661 * X^2 + 53,168 * X + 327,12$$

Bu fonksiyonlar ile bulunan tahmin sonuçlarının R^2 değerleri ile orantılı ağırlıklı ortalaması alınarak TEDAŞ yükleri için tahmin sonuçları bulunmuştur (Tablo 5.16).

YSA kullanılarak yapılan TEDAŞ yük tahmini çalışmasında, endüstriyel yük için yapılan tahmin çalışmasında kullanılan ağ yapısı kullanılmıştır. Giriş değişkeni olarak nüfus, SFGSYİH, sanayi endeksi, yatak kapasitesi ve TEDAŞ ve çıkış olarak TEDAŞ’a satışlar alınmıştır. Tahminler için gerçek değerler Tablo 5.8 ve Tablo 5.9’da verildiği şekilde normalize edilmiştir. YSA, eğitim setindeki 6 örnek için 5000 çevrim ve 0,02 hata sınırına kadar eğitilmiş, buradan ağı, 2000-2020 arası 21 değer için verdiği çıkış değerleri bulunmuştur (Tablo 5.16). 0,1-0,9 arasında olan çıkış değerleri Denklem 4.5 ile ters normalizasyon yapılarak gerçek değerler bulunmuştur (Tablo 5.16).

Tablo 5.16 2000-2020 yılları TEDAŞ' a enerji satış tahmini

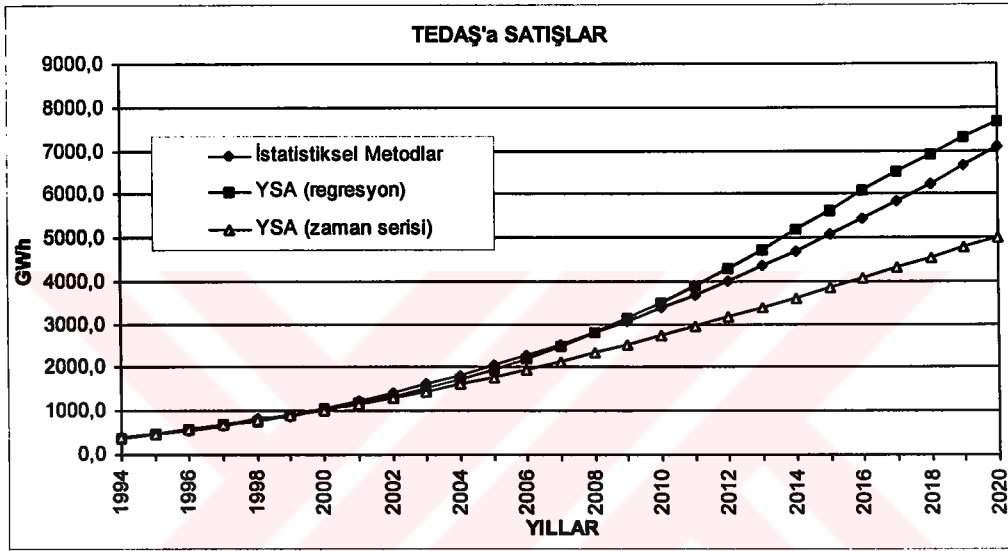
YILLAR	NÜFUS bin	SFGS'İH milyar TL	SAN. END.	TEDAŞ GWh	YATAKK
1994	1334,5	2360	101,5	939,1	104745
1995	1390,5	2553	114,3	1060,2	118013
1996	1448,8	2726	122,9	1233,1	126749
1997	1509,6	2946	131,7	1457,5	129169
1998	1572,9	3016	135,4	1649,2	133573
1999	1638,9	3194	142,3	1894,8	146922
2000	1707,7	3374	149,6	2164,5	148428
2001	1779,3	3562	157,3	2464,7	153553
2002	1854,0	3760	165,5	2774,9	158493
2003	1931,8	3968	174,1	3115,4	163283
2004	2012,8	4186	183,3	3480,2	167950
2005	2097,3	4415	193,0	3869,4	172513
2006	2185,3	4655	203,3	4282,9	176989
2007	2276,9	4908	214,2	4720,8	181388
2008	2372,5	5174	225,7	5183,0	185721
2009	2472,0	5454	238,0	5669,5	189996
2010	2575,7	5748	250,9	6180,4	194219
2011	2683,8	6059	264,7	6715,6	198395
2012	2796,4	6386	279,2	7275,2	202529
2013	2913,7	6730	294,6	7859,1	206625
2014	3035,9	7094	310,9	8467,3	210687
2015	3163,3	7477	328,0	9099,9	214718
2016	3296,0	7882	346,2	9756,8	218719
2017	3434,3	8309	365,3	10438,1	222693
2018	3578,4	8761	385,5	11143,7	226843
2019	3728,5	9238	406,8	11873,7	230570
2020	3885,0	9741	429,3	12628,0	234476

DOĞRUSAL REG.	POLY-2	ORTALAMA	ARTIŞ %
392,7		392,7	
461,0		461,0	17,4
549,5		549,5	19,2
652,7		652,7	18,8
811,7		811,7	24,4
909,4		872,3	7,5
998,3	1074,9	1036,6	18,8
1232,2	1243,1	1237,7	19,4
1402,4	1426,6	1414,5	14,3
1589,4	1625,4	1607,4	13,6
1790,6	1839,6	1815,1	12,9
2005,7	2069,1	2037,4	12,2
2234,9	2313,9	2274,4	11,6
2477,9	2574,0	2526,0	11,1
2734,8	2849,5	2792,2	10,5
3005,5	3140,3	3072,9	10,1
3289,8	3446,5	3368,1	9,6
3587,7	3768,0	3677,8	9,2
3899,0	4104,8	4001,9	8,8
4223,5	4456,9	4340,2	8,5
4561,0	4824,4	4692,7	8,1
4911,4	5207,2	5059,3	7,8
5274,2	5605,4	5439,8	7,5
5649,2	6018,8	5834,0	7,2
6036,1	6447,6	6241,9	7,0
6434,4	6891,8	6663,1	6,7
6843,8	7351,2	7097,5	6,5
1,0000	0,9948		

R-kare

YAPAY SINIRLAR YÖNTEMİ					
REGRESYON			ZAMAN SERİSİ		
normalize	gerçek	artış	normalize	gerçek	artış
0,098042	372,8	*	0,099279	385,4	*
0,10862	480,0	28,8	0,108017	473,9	23,0
0,118486	580,0	20,8	0,117422	569,2	20,1
0,127804	674,5	16,3	0,127525	671,6	18,0
0,136177	759,3	12,6	0,138357	781,4	16,3
0,151299	912,6	20,2	0,149947	898,9	15,0
0,162736	1028,5	12,7	0,162377	1024,8	14,0
0,177445	1177,5	14,5	0,175556	1158,4	13,0
0,193652	1341,8	13,9	0,189556	1300,3	12,3
0,211825	1525,9	13,7	0,204394	1450,6	11,6
0,232082	1731,2	13,5	0,220064	1609,4	10,9
0,254618	1959,6	13,2	0,236568	1776,7	10,4
0,279613	2212,9	12,9	0,253889	1952,2	9,9
0,307222	2492,7	12,6	0,272013	2135,9	9,4
0,337554	2800,1	12,3	0,29091	2327,4	9,0
0,370651	3135,5	12,0	0,310543	2526,4	8,5
0,406466	3498,5	11,6	0,330862	2732,3	8,2
0,444841	3887,4	11,1	0,351811	2944,6	7,8
0,485484	4299,2	10,6	0,373325	3162,6	7,4
0,527958	4729,7	10,0	0,395328	3385,6	7,1
0,571682	5172,8	9,4	0,41773	3612,6	6,7
0,61595	5621,4	8,7	0,440459	3842,9	6,4
0,659964	6067,4	7,9	0,463412	4075,6	6,1
0,70289	6502,5	7,2	0,486494	4309,5	5,7
0,743917	6918,2	6,4	0,509604	4543,7	5,4
0,782327	7307,5	5,6	0,532844	4777,2	5,1
0,817541	7684,3	4,9	0,555515	5008,9	4,9

YSA ile zamana bağlı tahmin çalışmasında yukarıda verilen ağ yapısı kullanılmıştır. Giriş değişkeni olarak yıllar ve çıkış olarak TEDAŞ'a satış yükü alınmıştır. YSA, eğitim setindeki 6 örnek için 3000 çevrim ve 0,001 hata sınırına kadar eğitilmiş; buradan ağın, 2000-2020 arası 21 değer için verdiği çıkış değerleri ve gerçek değerler bulunmuştur (Tablo 5.16). TEDAŞ yük grubunun istatistiksel yöntemlerle ve YSA ile hesaplanan 2020 yılına kadar tahmin değerleri grafik olarak Şekil 5.13'de verilmiştir.



Şekil 5.13 TEDAŞ'a enerji satışlarının 2020 yılına kadar tahmin değerleri

5.2.8 TEAŞ'a Enerji Satış Tahminleri

TEAŞ yük tahmini için Tablo 5.7'de verilen 1987 yılından 1998 yılına kadar olan 6 yıllık veriler kullanılarak tahmin değerleri bulunmuştur. Regresyon analizinde bağımsız değişken olarak nüfus, SFGSYİH ve TEDAŞ kullanılmıştır.

R^2 değeri 1'e yakın ve uygun olan, doğrusal regresyon, 2. derece polinom ve doğrusal fonksiyon ile 2020 yılına kadar bulunan tahmin değerleri Tablo 5.17'de verilmiştir. Tahminler için kullanılan fonksiyonlar:

$$\text{Doğrusal Regresyon: } Y = -0,772 * SF - 1,3323 * TED + 6,73106 * N - 5792,4$$

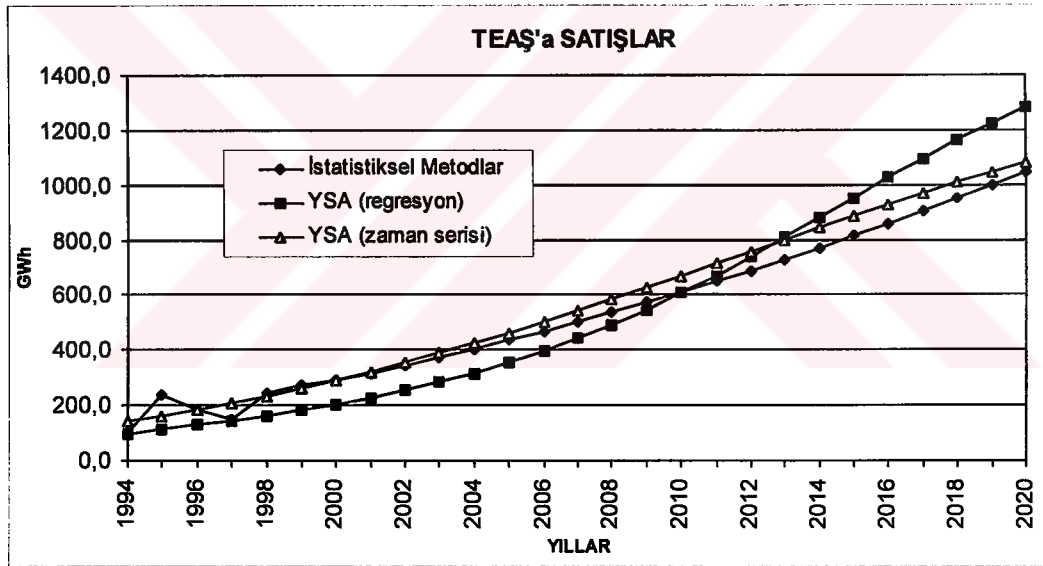
$$\text{2.Derece Polinom: } Y = 0,8046 * X^2 + 18,846 * X + 119,28$$

$$\text{Doğrusal: } Y = 24,479 * X + 111,77$$

Bu fonksiyonlar ile bulunan tahmin sonuçlarının R^2 değerleri ile orantılı ağırlıklı ortalaması alınarak TEAŞ yükleri için tahmin sonuçları bulunmuştur (Tablo 5.17).

Yapay sinir ağıları kullanılarak yapılan birinci tahmin çalışmasında, 4 katmanlı; 1. saklı katmanda 4, 2. saklı katmanda 8 nöron bulunan çok tabakalı ileri beslemeli (multilayer full feed forward) ağ yapısı kullanılmıştır. Giriş değişkenleri olarak regresyonda kullanılan nüfus, SFGSYİH, TEDAŞ parametreleri ve çıkış olarak TEAŞ'a enerji satışları alınarak 3 giriş 1 çıkışlı bir yapay sinir ağı kullanılmıştır. Çıkış ve saklı katmanlarda kullanılan öğrenme algoritması hızlı yayılım (Quick Probagation); nöronlarda bulunan transfer fonksiyonları sigmoid fonksiyonu; azaltılan hata değeri karesel ortalama hata (mean square error) dır.

YSA, eğitim setindeki 6 örnek için 5000 çevrim ve 0,02 hata sınırına kadar eğitilmiş, buradan ağın, 2000-2020 arası 21 değer için verdiği çıkış değerleri bulunmuştur (Tablo 5.17). 0,1-0,9 arasında olan çıkış değerleri Denklem 4.5 ile ters normalizasyon yapılarak gerçek değerler bulunmuştur (Tablo 5.17).



Şekil 5.14 TEAŞ'a enerji satışları 2020 yılına kadar tahmin değerleri

YSA ile yapılan ikinci tahmin çalışmasında zamana bağlı olarak TEAŞ'a enerji satışları tahmini yapılmıştır. Giriş olarak yıllar, çıkış değeri olarak yük değerleri kullanılmıştır. Ağ yapısı yukarıda yapılan tahmin çalışmasındaki ile aynı yalnız 1. saklı katmanda 3 ve 2. saklı katmanda 5 nöron bulunmaktadır. Yıllar ve yükler için normalize edilmiş değerler Tablo 5.8-9'da verilmiştir.

Tablo 5.17 2000-2020 yılları TEAŞ'a enerji satış tahmini

YILLAR	NÜFUS bin	TEDAŞ GWh	SFGSYH milyar TL	DOĞRUSAL REG.	DOĞRUSAL	POLY-2	ORTALAMA	ARTIŞ %	YAPAY SINIRLAR YÖNTEMİ					
									REGRESYON		ZAMAN SERİSİ			
									normalize	gerçek	artış	normalize	gerçek	artış
1994	1334,5	939,1	2360,0	98,6			98,6		0,098155	95,6	*	0,125979	140,8	*
1995	1390,5	1060,2	2553,0	236,7			236,7	140,1	0,108558	112,5	17,7	0,136526	161,3	14,5
1996	1448,8	1233,1	2726,0	184,7			184,7	-21,9	0,118355	128,4	14,2	0,152102	183,3	13,7
1997	1509,6	1457,5	2946,0	147,3			147,3	-20,3	0,128055	144,2	12,3	0,166745	207,2	13,0
1998	1572,9	1649,2	3016,0	245,0			245,0	66,3	0,136448	157,9	9,5	0,182487	232,8	12,4
1999	1638,9	1894,8	3193,5	272,4			272,4	11,2	0,151056	181,6	15,1	0,199348	260,2	11,8
2000	1707,7	2164,5	3373,7	288,1	283,1	290,6	287,1	5,4	0,162916	200,9	10,6	0,217337	289,5	11,2
2001	1779,3	2464,7	3562,5	316,9	307,6	321,5	315,1	9,7	0,1778	225,1	12,1	0,23645	320,6	10,7
2002	1854,0	2774,9	3760,4	347,0	332,1	354,1	343,9	9,2	0,194254	251,9	11,9	0,25668	353,5	10,3
2003	1931,8	3115,4	3967,9	378,3	356,6	388,2	373,7	8,7	0,212734	282,0	11,9	0,277987	388,1	9,8
2004	2012,8	3480,2	4185,8	410,9	381,0	423,9	404,5	8,2	0,233371	315,5	11,9	0,300323	424,5	9,4
2005	2097,3	3869,4	4414,7	444,9	406,5	461,3	436,2	7,8	0,256368	353,0	11,9	0,323618	462,4	8,9
2006	2185,3	4282,9	4655,1	480,3	430,0	500,3	468,9	7,5	0,281911	394,5	11,8	0,347789	501,7	8,5
2007	2276,9	4720,8	4907,9	517,2	454,5	540,8	502,7	7,2	0,310156	440,5	11,6	0,372734	542,3	8,1
2008	2372,5	5183,0	5173,8	555,7	479,0	583,0	537,5	6,9	0,341209	491,0	11,5	0,398335	583,9	7,7
2009	2472,0	5669,5	5453,6	595,8	503,4	626,8	573,4	6,7	0,375107	546,1	11,2	0,424461	626,4	7,3
2010	2575,7	6180,4	5748,2	637,5	527,9	672,2	610,3	6,4	0,411784	605,8	10,9	0,45097	669,5	6,9
2011	2683,8	6715,6	6058,5	681,0	552,4	719,2	648,5	6,2	0,451057	669,7	10,5	0,477712	713,0	6,5
2012	2796,4	7275,2	6385,5	726,3	576,9	767,8	687,7	6,1	0,492597	737,2	10,1	0,504531	756,7	6,1
2013	2913,7	7859,1	6730,2	773,6	601,4	818,0	728,2	5,9	0,535923	807,7	9,6	0,531272	800,2	5,7
2014	3035,9	8467,3	7093,8	822,8	625,8	869,9	769,9	5,7	0,580402	880,1	9,0	0,557772	843,3	5,4
2015	3163,3	9099,9	7477,3	874,0	650,3	923,3	812,8	5,6	0,625279	953,1	8,3	0,583901	885,8	5,0
2016	3296,0	9756,8	7882,1	927,5	674,8	978,4	857,0	5,4	0,669708	1025,4	7,6	0,609511	927,4	4,7
2017	3434,3	10438,1	8309,5	983,1	699,3	1035,0	902,5	5,3	0,712825	1095,5	6,8	0,634476	968,1	4,4
2018	3578,4	11143,7	8760,8	1041,1	723,7	1093,3	949,5	5,2	0,753803	1162,2	6,1	0,658683	1007,4	4,1
2019	3728,5	11873,7	9237,6	1101,6	748,2	1153,2	997,8	5,1	0,791927	1224,2	5,3	0,682037	1045,4	3,8
2020	3885,0	12628,0	9741,4	1164,5	772,7	1214,7	1047,5	5,0	0,826647	1280,7	4,6	0,704455	1081,9	3,5
				R-kare	0,7680	0,6238	0,4806							
				1-Rkare	0,2320	0,3762	0,5194							

YSA eğitim setindeki 6 örnek için 3000 çevrim ve 0,003 hata sınırına kadar eğitilmiş, buradan ağırlık test kümesindeki 2000-2020 arası 21 değer için verdiği çıkış değerleri bulunmuş; 0,1-0,9 arasında olan çıkış değerleri Denklem 4.5 ile ters normalizasyon yapılarak gerçek değerler bulunmuştur (Tablo 5.17). TEAŞ yük grubunun istatistiksel yöntemlerle ve YSA ile hesaplanan 2020 yılına kadar tahmin değerleri grafik olarak Şekil 5.14’de verilmiştir.

5.2.9 KEPEZ ELEKTRİK T.A.Ş. Bölgesi Toplam Yüğü

KEPEZ Elek. T.A.Ş. bölgesinin toplam enerji talep tahmini 5 farklı yol ile elde edilmiştir.

1. KEPEZ Elek. T.A.Ş. bölgesi toplam yük tahmini Tablo 5.10-Tablo 5.17’de elde edilen sektörel yüklerle ait tahmin değerlerinin toplanmasıyla elde edilmiştir. Bölge toplam yükü ve yıllık artış yüzdesi Tablo A.3 “regresyon toplamı” sütununda verilmiştir.
2. Geçmiş 12 yıllık toplam enerji kullanımına ait veriden yararlanılarak bölge toplam enerji talebi zamana bağlı olarak çeşitli fonksiyonlarla bulunmuştur. Bu fonksiyonlar:

Doğrusal: $Y = 194,88 * X + 719,68$

2. Derece Polinom (1999 yılı dahil değil): $Y = 15,738 * X^2 + 111,87 * X + 803,2$

2. Derece Polinom (1999 yılı dahil): $Y = -1,2367 * X^2 + 203,54 * X + 708,14$

Bu fonksiyonlardan doğrusal ve 2. Derece polinom (1999 yılı dahil değil) ile elde edilen değerlerin R^2 değerleri ile ağırlıklı ortalaması alınarak 2020 yılına kadar bölgenin enerji talebi bulunmuştur (Tablo A.3“ortalama” sütunu).

3. YSA yöntemi kullanılarak her bir sektörel yük için regresyon şeklinde bulunan Tablo 5.10-Tablo 5.17’deki tahmin değerleri toplanarak bölgenin 2020 yılı enerji talebi bulunmuştur (Tablo A.3 “YSA regresyon toplamı”).
4. YSA yöntemi ile her bir sektörel yük için bulunan (Tablo 5.10-Tablo 5.17) zamana bağlı tahmin sonuçlarının toplanması ile bölge enerji talebi bulunmuştur (Tablo A.3 “YSA zaman serisi toplamı”).
5. YSA yöntemi ile zamana bağlı olarak bölge toplam enerji talebi tahmini yapılmıştır. Giriş olarak yıllar, çıkış değeri olarak bölge toplam yük değerleri kullanılmıştır. Ağ yapısı, 4 katmanlı; 1. saklı katmanda 3, 2. saklı katmanda 5

bulunan çok tabakalı ileri beslemeli (multilayer full feed forward) ağ yapısı kullanılmıştır. Çıkış ve saklı katmanlarda kullanılan öğrenme algoritması hızlı yayılım (Quick Probagation); nöronlarda bulunan transfer fonksiyonları sigmoid fonksiyonu; azaltılan hata değeri karesel ortalama hata (mean square error) dır. Yıl ve enerji değerleri 0,1-0,9 arasında normalize edilmiştir (Tablo 5.8-9). YSA, eğitim setindeki 12 örnek için 3000 çevrim ve 0,002 hata sınırına kadar eğitilmiş, buradan, ağın 2000-2020 arası 21 değer için verdiği çıkış değerleri bulunmuş; 0,1-0,9 arasında olan çıkış değerleri ters normalizasyon yapılarak gerçek değerler bulunmuştur (Tablo A.3 “YSA zaman serisi” sütunu).

Yukarıda belirtilen yöntemlerle elde edilen, 2020 yılına kadar KEPEZ Elek. T.A.Ş. bölgesi toplam enerji talep tahminleri Şekil A.3’de verilmiştir.

5.3 Puant Güç Tahmini

KEPEZ Elek. T.A.Ş. bölgesi trafo merkezleri ve bu merkezlerin 1990’dan 1999 yılına kadar ölçülmüş puant güç değerleri ile, KEPEZ Elek. T.A.Ş. bölgesinin 1990 yılından 1999 yılına kadar yıllık sistem puant güç değerleri Tablo A.4’de verilmiştir. Sistem puantının olduğu zamanda ölçülen trafo merkezi güç değerleri çok sağlıklı olmadığı için, sistem puantı olarak trafo merkezlerinin puantlarının toplamı alınmıştır. Buradaki değerler MW cinsindendir.

Antalya yöresi sıcak bir bölge olup, sistem yükünün büyük bir kısmını turizm yükleri oluşturmaktadır. Yaz aylarında artan turizm faaliyetleri, soğutma ve sulama amaçlı elektrik enerjisi kullanımı nedeniyle puant güç, ÇEAŞ bölgesinin aksine yaz aylarında oluşmaktadır. 1990-1999 yılları arasında puant güçler, 1993 ve 1998 yıllarında temmuz ayında olmak üzere, ağustos ayında meydana gelmiştir.

5.3.1 Sistem Puantı Tahmini

KEPEZ Elek. T.A.Ş. bölgesi sistem puantı tahmini zamana bağlı üstel ve 2. Derece polinom fonksiyonları ile hesaplanmış; fakat üstel fonksiyon ile değerlerin çok yüksek, polinom fonksiyonu ile düşük çıkması nedeniyle, bu fonksiyonlarla hesaplanan değerler burada verilmemiştir. Sistem puantı üzerinde özellikle hava koşulları etkili olmakta, fakat genel olarak puant gücün artışının bölge enerji artışı ile paralellik göstereceği açıktır. Bu yüzden sistem puantı, bölge enerji tüketimine bağlı olarak regresyon şeklinde hesaplanmıştır. Bölge toplam enerji tüketimi Tablo A.3’de verilen “regresyon toplamı” sütunundaki değerleridir. Regresyon fonksiyonu:

Doğrusal Regresyon: Puant Güç = 0,19066 * Enerji + 21,3751

Bu fonksiyona göre 2020 yılına kadar bulunan sistem puant güç değerleri ve buna bağlı olarak Denklem 4.6 ile bulunan OKS Tablo A.4’de verilmiştir. Burada hesaplanan puant güç değerlerinin önceki yıllarda olduğu gibi yine ağustos ayında gerçekleşeceği kabul edilmiş ve aynı tahmin değerleri ağustos ayı sütununda da verilmiştir. 2020 yılına kadar KEPEZ Elek. T.A.Ş bölgesi puant güç gelişimi Şekil A.4’de gösterilmiştir.

5.3.2 Aylık Sistem Puantı Tahminleri

KEPEZ Elek. T.A.Ş bölgesine ait mevcut puant güç değerleri aylık olarak bilindiği için, 2020 yılına kadar aylık sistem puantlarının da hesaplanması mümkün olmaktadır. Aylık sistem puantları her ay için mevcut 10 yıllık veriden zamana bağlı fonksiyonlar ile bulunabilir. Bu şekilde bulunan değerlerin bazılarının, 2020 yılında ağustos ayında olacağı kabul edilen sistem puantlarını geçtiği görülmüştür. Bu yüzden aylık sistem puantları farklı bir yolla bulunmuştur.

1990-1999 yılları arasındaki mevcut aylık sistem puantları maksimum (puant güç) ve minimum güç değerlerine göre 0-1 arasında normalize edilmiştir. Normalizasyon,

$$P^m_n(i) = \frac{P^m(i) - P^m_{\min}}{P^m_{\max} - P^m_{\min}} \quad i = \text{Ocak, Şubat, ... Aralık}; m = 1990, \dots, 1999 \quad (5.1)$$

formülüne göre yapılmıştır. Burada $P^m_n(i)$ normalize edilmiş güç değerini, $P_n(i)$ normalize edilecek gerçek güç değerini, $P^m_{\min}$ ilgili yıla ait minimum değeri, $P^m_{\max}$ ilgili yıla ait maksimum değeri göstermektedir. Normalize edilmiş güç değerleri Tablo A.5 ve Şekil A.5’de verilmiştir. Normalize edilmiş bu 10 yıllık değerlerin her ay için ortalaması alınarak, ortalama bir yıllık yük eğrisi elde edilmiş olunur (Tablo A.5 “ortalama”). Normalize değerlere göre 10 yıllık yük eğrileri ve ortalama yük eğrisi Şekil 5.16’da verilmiştir.

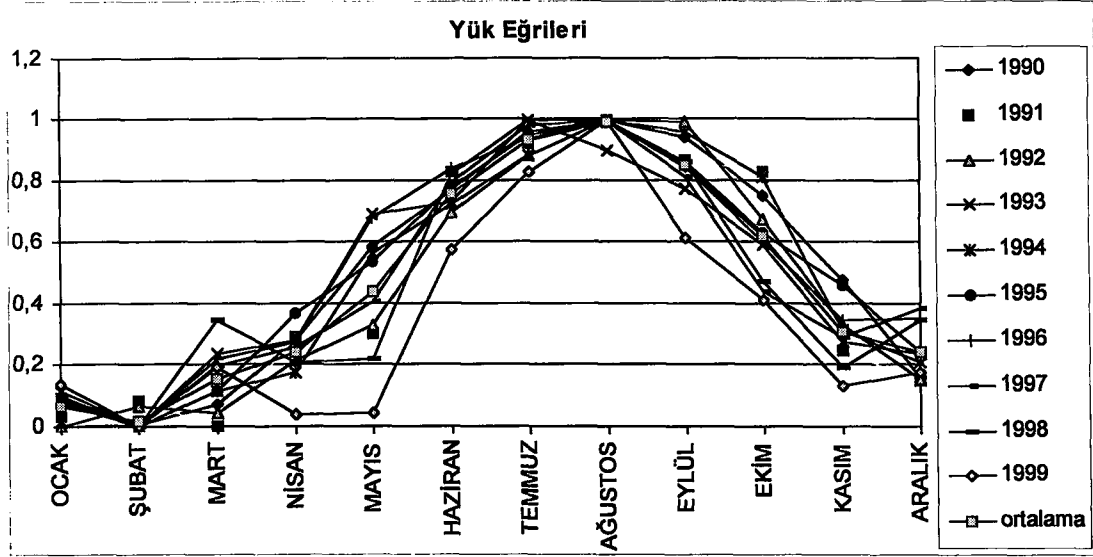
Gelecek yıllara ait aylık puant güç tahminleri için minimum güce ihtiyacımız vardır. Bölüm 5.3.1’de hesaplanan puant güce benzer şekilde minimum güç de, enerjiye bağlı olarak regresyon şeklinde hesaplanabilir. Regresyon fonksiyonu,

Doğrusal Regresyon: Minimum Güç = 0,15988 * Enerji – 62,033

dır. Bu fonksiyona göre 2020 yılına kadar hesaplanan minimum güç Tablo A.4 ve Şekil A.6’da verilmiştir.

$$P^m(i) = P^m_{\min} + (P^m_{\max} - P^m_{\min}) * P_n(i)_{ort} \quad (5.2)$$

burada $i = \text{Ocak, Şubat, ... Aralık}$; $m = 1990, ..., 1999$, $P_n(i)_{\text{ort}}$ ilgili aya ait ortalama normalize değeri göstermektedir.



Şekil 5.15 Yıllık ve ortalama yük eğrileri

2000-2020 yılları arasında aylık güç değişiminin, geçmiş on yıllık değişimlerin ortalaması olan bu eğriye benzer şekilde (Şekil 5.15) olacağı düşünülerek, 2020 yılına kadar hesaplanan maksimum ve minimum güçlerden, Denklem 4.2 kullanılarak 2020 yılına kadar aylık sistem puant güçleri bulunmuştur (Tablo A.4).

5.3.3 Trafo Merkezleri Puant Güç Tahminleri

Trafo merkezlerinin 2020 yılına kadar puant güç değerleri, trafo merkezi puantlarının toplam sistem puantına katkılarından hesaplanmıştır. Trafo merkezi puantları, sistem puantı olduğu zaman trafo merkezlerinde ölçülen güç değerleridir. ÇEAŞ bölgesi trafo merkezleri puant güç hesabında olduğu gibi, mevcut yıllara ait Denklem 4.8 ile bulunan katkı yüzdelere çeşitli zaman fonksiyonları uydurularak, 2020 yılına kadar katkı yüzdeleri bulunmuştur. Katkı yüzdelерinin hesaplanmasında kullanılan fonksiyonlar:

$$\text{Akseki: } Y = 1,0428 * X^{-0,2479}$$

$$\text{Alanya A: } Y = 26,898 * X^{-0,2818}$$

$$\text{Alanya B: } Y = 5,4683 * \ln(X) + 4,0062$$

$$\text{Finike A: } Y = 17,434 * X^{-0,5204}$$

$$\text{Finike B: } Y = -0,5787 * \ln(X) + 7,0404$$

$$\text{Kemer A: } Y = 18,24 * X^{-0,1965}$$

$$\text{Kemer B: } Y = 3,9231 * X^{-0,1932}$$

$$\text{Manavgat A: } Y = 35,082 * X^{-0,4731}$$

$$\text{Manavgat B: } Y = 8,5155 * X^{-0,3761}$$

$$\text{Mancarlık A: } Y = 16,642 * X^{-0,4168}$$

$$\text{Mancarlık B: } Y = 3,2827 * X^{-0,7495}$$

$$\text{Organize Sanayi: } Y = 0,4601 * \ln(X) + 3,1449$$

$$\text{Serbest Bölge: } Y = 3,8321 * X^{-0,4205}$$

$$\text{Serik A: } Y = 12,643 * X^{-0,3428}$$

$$\text{Serik B: } Y = 0,5211 * \ln(X) + 5,4325$$

Yukarıdaki fonksiyonlardan elde edilen katkı yüzdeleri ile Denklem 4.9 kullanılarak 2000-2020 yılları trafo merkezleri puant güçleri bulunmuştur (Tablo A.6).



6. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada ÇEAŞ ve KEPEZ Elek. T.A.Ş görev bölgelerinin 2020 yılına kadar enerji ve puant güç gelişimi, sosyal ve ekonomik veriler ile geçmiş yıllara ait veriler göz önüne alınarak incelenmiş ve bu verilere bağlı olarak tahminler gerçekleştirilmiştir.

ÇEAŞ ve KEPEZ Elek. T.A.Ş bölgelerinin yük tahminleri regresyon, zamana bağlı olarak ve YSA yöntemleriyle yapılmıştır. Bağımsız parametre olarak nüfus, SFGSYİH, KBGSYİH, sanayi endeksi, TEDAŞ bölge enerji satış verileri, yatak kapasitesi ve tesis sayısı alınmıştır. Bu parametrelerden sektörel yükler için uygun olanlar alınarak, regresyon ile yapılan tahminlerde kullanılmıştır. Bunun için öncelikli olarak bağımsız parametrelerin 2020 yılına kadar zamana bağlı tahminleri yapılmıştır. Bu veriler ile üstel ve doğrusal regresyon ile enerji tahminleri bulunmuştur. Ayrıca her bir sektörel yük için uygun zaman fonksiyonları (doğrusal, üstel, 2. derece polinom, 3. derece polinom, logaritmik, kuvvet, hareketli ortalama) ile tahminler yapılmıştır. Regresyon ve zaman fonksiyonları sonuçlarının birleştirilmesi ile sektörel yükler için tahminler bulunmuş; bu tahminlerin toplanması ile bölgelerin 2020 yılına kadar toplam enerji talebi bulunmuştur. Toplam enerji talebinin zamana bağlı fonksiyonları ile ayrıca tahminler yapılmış; farklı zaman fonksiyonları ile bulunan tahmin değerlerin birleştirilmesi ile bölgelerin toplam enerji talebi bir başka yoldan bulunmuştur.

YIL		2000	2001	2002	2005	2010	2015	2020
ÇEAŞ BÖLGESİ (GWh)	Regresyon Top.	8578,4	9294,1	10043,1	12659,0	18373,3	26342,2	37550,9
	Zaman Serisi	8396,9	9116,7	9891,7	12576,7	18448,7	26490,6	37332,6
	YSA (regresyon topl.)	8507,2	9209,2	9955,1	12624,5	18760,0	27347,1	37698,3
	YSA (zaman serisi topl.)	8153,9	8682,9	9230,7	10984,4	14259,2	17917,3	21876,3
	YSA (zaman serisi)	8204,7	8756,1	9329,7	11182,9	14709,4	18728,7	23111,5
	PUANT GÜÇ (MW)	1425	1542	1663	2088	3014	4302	6109
KEPEZ Elek. T.A.Ş. BÖLGESİ (GWh)	Regresyon Top.	2238,9	2579,1	2901,2	4006,5	6294,1	9140,9	12544,7
	Zaman Serisi	2221,4	2493,3	2781,0	3738,9	5652,2	7961,1	10665,7
	YSA (regresyon topl.)	2116,3	2406,3	2725,5	3903,2	6715,8	10483,9	14197,3
	YSA (zaman serisi topl.)	2214,4	2483,7	2769,6	3722,7	5573,8	7603,7	9629,5
	YSA (zaman serisi)	2211,4	2480,5	2766,8	3729,0	5641,8	7796,3	9943,8
	PUANT GÜÇ (MW)	448	513	574	785	1220	1762	2411

Tablo 6.1 ÇEAŞ ve KEPEZ Elek. T.A.Ş Bölgeleri enerji ve puant güç tahminleri

Enerji tahminleri YSA kullanarak da yapılmıştır. YSA ile her bir sektörel yük için regresyon şeklinde bağımsız parametrelere bağlı tahminleri; zamana bağlı sektörel

yük tahminleri ve zamana bağılı toplam enerji talep tahminleri ile bölgelerin toplam enerji talebi bulunmuştur.

Yukarıda anlatılan yöntemlerin verdiği tahmin sonuçları Tablo 6.1’de verilmiştir.

ÇEAŞ bölgesi enerji tahminlerinin istatistiksel metodlar ve YSA ile elde edilen sektörel bazdaki tahmin sonuçları küçük farklılıklar gösterse bile toplam enerji talebi bakımından hemen hemen aynıdır. Bölgenin toplam ve sektörel yüklerdeki değişim genellikle doğrusal olmayan şekilde olmaktadır. Bu bakımdan YSA’nın doğrusal olmayan modelleme ve istatistiksel metotlarda kullanılan doğrusal olmayan fonksiyonların verdiği sonuçların uyumu, tahminlerin geçerliliğini artırmaktadır. Tahminler uzun dönemde sosyo-ekonomik ve teknolojik faktörler altında belirsizlik taşımaktadır ve bu tahminlerin geçerliliğini etkilemektedir. Bu çalışmada çeşitli sosyo-ekonomik faktörler göz önüne alınarak tahminlerin yapılması bu belirsizliği bir ölçüde ortadan kaldırmaktadır. Fakat yine de enerji tüketimini etkileyen parametrelerin belirlenmesinde ve bu değişkenler için yapılan tahminlerde hatalar olabilecektir. Bunun için bölge toplam enerji talebinin zamana bağılı tahminleri yapılarak bağımsız parametrelerden kaynaklanan hatalar bir ölçüde azaltılmış olmaktadır.

Ayrıca TEAŞ tarafından ÇEAŞ bölgesi için yapılan tahminler ile bu çalışmada bulunan sonuçlar arasındaki %90’lık uyum ve Türkiye enerji tüketimi için önümüzdeki 20 yıl için öngörülen yıllık %7 artış oranı ile ÇEAŞ bölgesi için bulunan %8-7’lik artış, sonuçların doğruluğunu pekiştirmektedir.

KEPEZ Elek. T.A.Ş bölgesi için yapılan enerji tahminlerinde de ÇEAŞ bölgesi için yapılan çalışmalara benzer şekilde bir çalışma yapıldığı için tahminler için benzer yorumlar getirilebilir. KEPEZ Elek. T.A.Ş bölgesi için istatistiksel metodlar ve YSA ile yapılan tahminler arasında %15’lik bir fark vardır. Bu fark bölgenin geçmiş yıllara ait enerji tüketim verilerinin kısıtlı olmasından kaynaklanabilir. Verilerin az olması ileriye yönelik tahminlerde, gelişimin hangi yönde, ne hızla olacağı konusunda belirsizlik yaratmaktadır. Yıllık artış yüzdeleri dikkate alındığında, tahminlerin uygun sonuçlar olduğu gözükmemektedir.

YSA ile zamana bağılı tahmin çalışmalarında sonuçlar diğer yöntemlerle elde edilen sonuçlara göre düşük çıkmaktadır. Veri sayısının az olması bu tahminlerin sağlıklı sonuç vermemesine neden olabilmektedir. Buna rağmen, bu sonuçlar ile bölge için en az doğrusal veya doğrusal artıştan daha yüksek bir değer elde edildiğinden, bu değerler de geçerli sonuçlar olarak kabul edilebilir.

ÇEAŞ ve KEPEZ Elek. T.A.Ş bölgeleri için yapılan puant güç tahminleri ortalama kullanım süresi ve enerji artışları dikkate alınarak yapıldığı için sonuçlar tutarlı olmaktadır. Trafo merkezlerinin puanta katkılarının, gerçek değerler yerine katkı yüzdeleri ile hesaplanması daha uygun sonuçlar vermiştir.

Veri sayısının daha fazla olması, farklı bağımsız parametreler kullanılması, bulanık mantık, YSA, istatistik gibi metotların birleştirilmesi ile daha uygun tahmin sonuçları elde edilebilir. Hava koşullarının puant güç tahminlerinde dikkate alınması, bu tahminleri daha geçerli kılacaktır.



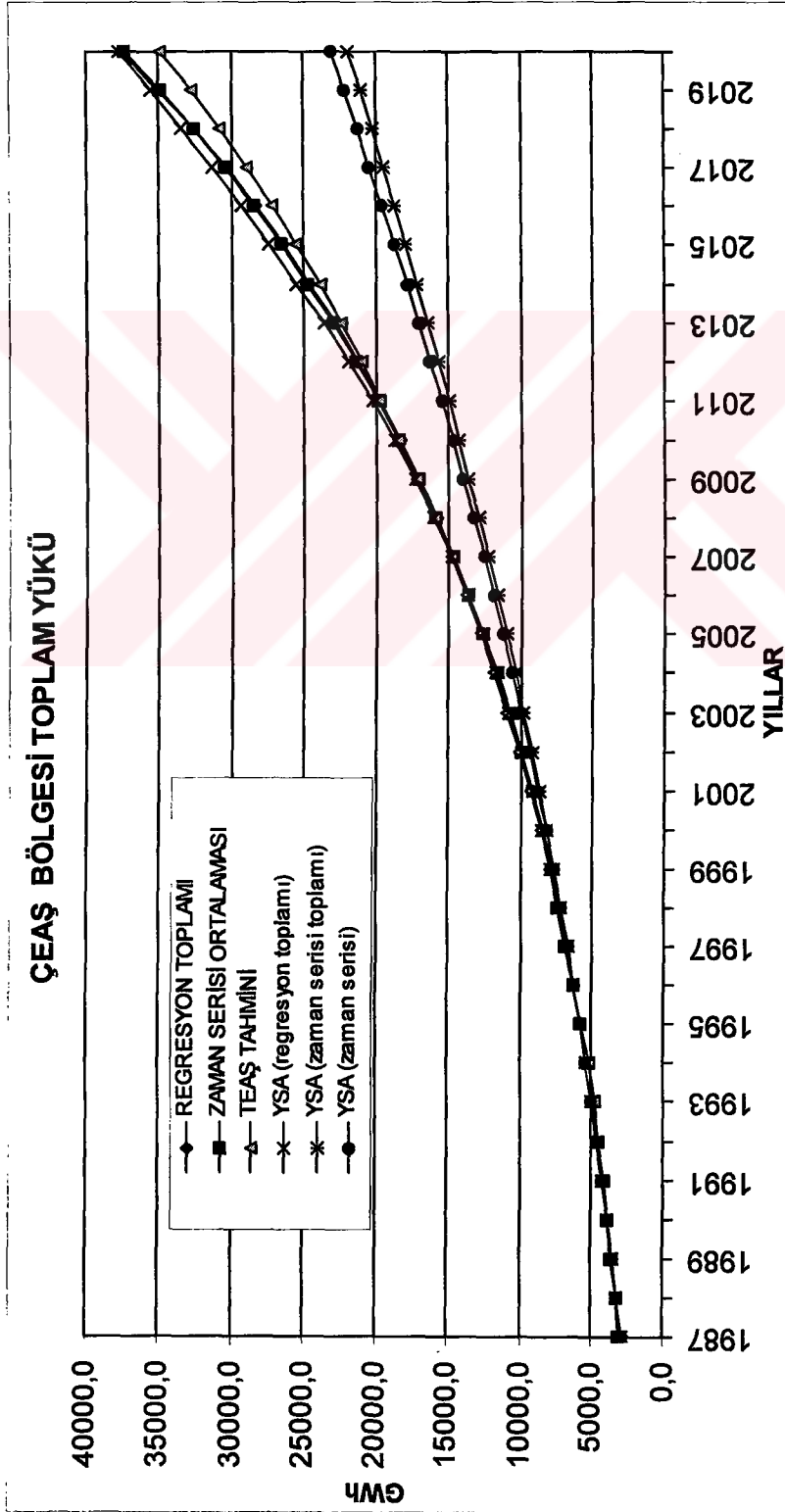
KAYNAKLAR

- [1] **Stoll, Harry G.**, 1989. Least-cost Electric Utility Planning, Wiley, Newyork.
- [2] **Peng, T.M, Hubele, N. F and Karady, G. G.** 1993. An adaptive neural network approach to one-week ahead load forecasting, *IEEE Transactions on Power Systems* v 8 Aug, p.1195-203.
- [3] **Kenç, N.**, 1998. Yük tahmini ve Beyoğlu bölgesine uygulanması, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [4] **Wang, X.**, 1994. Modern power system planning, McGraw-Hill, London
- [5] **Pala, İ.**, 1998. Elektrik sistemlerinde bölgesel yük tahmini, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [6] **Berberoğlu, C.N.**, 1982. Türkiye'nin ekonomik gelişmesinde elektrik enerjisi sorunu, Eskişehir iktisadi ve ticari ilimler akademisi yayınları no:245/165, Eskişehir.
- [7] **Sohtaoğlu, N.H.**, 1997. Türkiye elektrik enerji sektörünün gelişimi; kamu ve özel sektörde kaynak yapısı, *Türkiye 7. enerji kongresi: enerji politikaları ve planlama cilt1*, 3-8 kasım, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Ankara.
- [8] **Bayraktar, B.N. ve Öner Ö.D.**, 1994. Elektrik enerjisi talep ve arz planlamasının değerlendirilmesi, *Türkiye 6. enerji kongresi: teknik oturum tebliğleri cilt 4*, 17-22 Ekim, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Ankara.
- [9] **Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi**, 1990. *Türkiye 5. enerji kongresi* : genel enerji plamlaması çalışmalarının ilk sonuçları , 22-26 Ekim, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Ankara.
- [10] **Kılıç, O.**, 1997. Yapay sinir ağları tekniği kullanılarak belirli bir dönemdeki enerji talebinin tayin edilmesi, *Türkiye 7. enerji kongresi: enerji politikaları ve planlama cilt1*, 3-8 Kasım, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Ankara.

- [11] **Charytoniuk, W. and Niebrzydoeski, J.**, 1998. Confidence interval construction for load forecast, *Electric Power Systems Research* 48 97-103.
- [12] **Chow, T. W. S and Leung, C. T.**, 1996. Neural network based short-term load forecasting using weather compensation, *IEEE Transactions on Power Systems* v 11 Nov, p.1736-42.
- [13] **Park, D. C, El-Sharkawi, M. A and Marks, R. J.**, 2nd, 1991. Electric load forecasting using an artificial neural network, *IEEE Transactions on Power Systems* v 6 May p.442-9.
- [14] **Islam, S. M., Al-Alawi S. M., and Ellithy K. A.**, 1995. Forecasting monthly electric load and enrgy for a fast growing utility using an artificial neural network, *Electric Power System Research* 34, 1-9.
- [15] **Varga, L.**, 1999. Medium term electric load forecasting using artificial neural networks, *IEEE Power Tech'99 Conference*, Budapest, Hungary, Aug 29-Sept 2.
- [16] **Kırkgül, N.S.**, 1993, Türkiye elektrik enerjisi talep tahmini, *Yüksek Lisans Tezi*, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [17] **APK Daire Başkanlığı**, 1999. TEDAŞ Türkiye elektrik dağıtım ve tüketim istatistikleri, Enerji talepleri değerlendirme ve istatistik müdürlüğü, Ankara.
- [18] **Lotufo, A. D. P. and Minussi C. R.**, 1999. Electric power systems load forecasting: A survey, *IEEE Power Tech'99 Conference*, Budapest, Hungary, August 29-September 2.
- [19] **Kalıpsız, A.**, 1994. İstatistik Yöntemler, İ.Ü. Orman Fakültesi, İstanbul.
- [20] **Köksal, B. A.**, 1977. İstatistik analiz metodları, Bogaziçi Üniversitesi, İstanbul.
- [21] **Kayım, H.**, 1985. İstatistiksel ön tahmin yöntemleri, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- [22] **Türkbal, A.**, 1987. Bilimsel araştırma metodları ve uygulamalı istatistik, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.

- [23] **Wadsworth, M.W.**, 1990. Handbook of statistical methods for engineers and scientists, McGraw-Hill, Newyork.
- [24] **Mbamalu, G. A. N and El-Hawary, M. E**, 1993. Load forecasting via suboptimal seasonal autoregressive models and iteratively reweighted least squares estimation, *IEEE Transactions on Power Systems* v 8 Feb p.343-8.
- [25] **Koutsoyiannis, A. ; çev. Senesen Ü. ve Senesen G. G.**, 1989. Ekonometri kuramı : ekonometri yöntemlerinin tanitiminin giriş, Versa Yayıncılık, Ankara.
- [26] **Masters, T.**, 1993. Practical neural network recipes in C++. Academic Press, Boston.
- [27] **Hassoun, M. H.**, 1995. Fundamentals of artificial neural networks, MIT Press, Cambridge.
- [28] **Liu, K., Subbarayan, S. and Shoults, R. R**, 1996. Comparison of very short-term load forecasting techniques, *IEEE Transactions on Power Systems* v 11 May p.877-82.
- [29] **Ripley, B.D.**, 1996. Pattern recognition and neural networks, Cambridge University Press, Cambridge.
- [30] **Azoff, M. E.**, 1994. Neural network time series forecasting of financial markets, Wiley, Chichester.
- [31] **Arslan, H.**, 1999. Yapay sinir ağları ile robotlarda hareket kontrolü, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [32] **Bakirtzis A.G., Theocharis J.B., Kiartzis S.J. and Satsios K.J.**, 1995. Short term load forecasting using fuzzy neural networks, *IEEE Transactions on Power Systems* Vol. 10, No.3, August, p.1518-1524.
- [33] **Mori H. and Kobayashi H.**, 1996. Optimal fuzzy inference short-term load forecasting, *IEEE Transactions on Power Systems* v 11, no.1, February, p.390-396.

- [34] **Kim K.H., Park J.K., Hwang K.J. and Kim S.H.**, 1995. Implementation of hybrid short-term load forecasting system using artificial neural networks and fuzzy expert systems, *IEEE Transactions on Power Systems* v 10, no.3, August, p.1534-1539.
- [35] **Willis, L. H.**, 1996. Spatial electric load forecasting, Marcel Dekker, NewYork.
- [36] **ÇEAŞ, Çukurova Elektrik AŞ.** Yük Tevzi Müdürlüğü işletme raporları.
- [37] **DİE**, Ekonomik ve sosyal göstergeler (Adana, İçel, Hatay, Antalya), Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE) yayınları.
- [38] **Haçerlioğlu, O.**, 1976. Ekonomi sözlüğü, Remzi Kitabevi, İstanbul.
- [39] **Özdemir, A.**, 2000. Kişisel görüşme.
- [40] **KEPEZ Elek.T.A.Ş., KEPEZ ELEKTRİK T.A.Ş.** işletme raporları.



Şekil A.1 1999-2020 yılları ÇEAŞ Bölgesi toplam enerji tahminleri

Tablo A.1 1999-2020 yılları ÇEAŞ Bölgesi toplam enerji tahminleri

YILLAR	ENDÜSTRİ	ELEKTRİK	RESMİ DAİRELER	KÖY	TARIM	DİĞER	REGRESYON TOPLAMI		DOĞRUSAL		ÜSTEL		POLY-2	
							DEĞER	ARTIŞ	DEĞER	ARTIŞ	DEĞER	ARTIŞ	DEĞER	ARTIŞ
1987	1723,3	1099,8	77,0	82,0	25,0	52,0	3059,1							
1988	1748,1	1222,2	89,0	92,0	26,1	56,4	3233,8	5,7						
1989	1914,0	1327,6	96,6	102,9	38,7	37,7	3517,5	8,8						
1990	2107,1	1472,3	99,6	104,7	42,0	43,0	3868,7	10,0						
1991	2034,1	1685,4	111,5	109,5	40,9	45,4	4026,8	4,1						
1992	2209,4	1918,0	124,3	111,6	43,5	45,0	4451,8	10,6						
1993	2228,6	2180,9	125,0	119,5	53,8	53,7	4761,5	7,0						
1994	2365,9	2368,6	133,4	132,7	53,8	59,7	5114,1	7,4						
1995	2732,3	2553,4	138,0	141,6	49,9	76,5	5691,7	11,3						
1996	2973,9	2824,6	139,7	149,1	43,5	90,4	6221,2	9,3						
1997	3304,0	3081,4	137,3	160,2	32,6	108,1	6823,6	9,7						
1998	3397,9	3454,6	138,4	188,7	40,4	130,4	7350,4	7,7						
1999	3630,9	3776,4	151,3	193,9	49,4	111,9	7913,7	7,7						
2000	3895,2	4143,5	156,2	211,0	50,9	121,7	8578,4	8,4						
2001	4177,8	4540,8	161,1	229,8	52,5	132,2	9294,1	8,3						
2002	4479,4	4951,7	166,0	248,1	54,2	143,6	10043,1	8,1						
2003	4800,9	5403,5	171,1	269,1	55,9	156,0	10856,5	8,1						
2004	5142,8	5889,4	176,4	291,7	57,6	169,5	11727,3	8,0						
2005	5506,1	6411,6	181,7	316,0	59,4	184,1	12659,0	7,9						
2006	5891,6	6973,0	187,3	342,0	61,3	200,1	13655,2	7,9						
2007	6300,1	7576,5	193,0	369,8	63,2	217,5	14720,1	7,8						
2008	6732,6	8225,3	199,0	399,5	65,2	236,6	15858,1	7,7						
2009	7189,9	8923,2	205,2	431,1	67,2	257,5	17074,1	7,7						
2010	7673,0	9674,1	211,6	464,9	69,3	280,4	18373,3	7,6						
2011	8182,8	10482,4	218,4	500,8	71,5	305,7	19761,6	7,6						
2012	8720,5	11353,2	225,4	539,0	73,8	333,5	21245,3	7,5						
2013	9287,1	12291,7	232,9	579,6	76,1	364,1	22831,4	7,5						
2014	9883,6	13304,0	240,7	622,8	78,5	398,0	24527,6	7,4						
2015	10511,4	14396,9	248,9	668,6	81,0	435,4	26342,2	7,4						
2016	11171,5	15577,6	257,7	717,4	83,6	476,9	28284,6	7,4						
2017	11865,2	16854,4	266,9	769,2	86,2	522,9	30364,8	7,4						
2018	12593,9	18236,4	276,7	824,2	89,0	574,1	32594,1	7,3						
2019	13358,9	19733,5	287,1	882,7	91,8	631,0	34985,0	7,3						
2020	14161,7	21356,9	298,2	944,9	94,7	694,4	37550,9	7,3						
							R-kare	1-Rkare	0,9722		0,9987		0,0016	
									0,0278		0,0033			

Tablo A.1 1999-2020 yılları ÇEAŞ Bölgesi toplam enerji tahminleri (devam)

POLY-3		ORTALAMA		TEAŞ		REGRESYON TOPLAMI			YAPAY SINIR AĞLARI			ZAMAN SERİSİ		
DEĞER	ARTIŞ	DEĞER	ARTIŞ	DEĞER	ARTIŞ	değer	artış	değer	artış	değer	artış	normalize	gerçek	artış
		3059,1		3059,1		2977,4		2847,2		0,096504		2854,0		
		3233,8	5,7	3233,8	5,7	3218,5	8,1	3162,3	11,1	0,101707		3159,3		10,7
		3517,5	8,8	3517,5	8,8	3483,4	8,2	3491,2	10,4	0,107175		3480,1		10,2
		3868,7	10,0	3868,7	10,0	3814,4	9,5	3834,5	9,8	0,112921		3817,3		9,7
		4026,8	4,1	4026,8	4,1	4156,4	9,0	4192,5	9,3	0,11895		4171,0		9,3
		4451,8	10,6	4451,8	10,6	4498,6	8,2	4565,8	8,9	0,125276		4542,2		8,9
		4761,5	7,0	4761,5	7,0	4881,5	8,5	4954,8	8,5	0,131908		4931,3		8,6
		5114,1	7,4	5114,1	7,4	5114,7	4,8	5360,1	8,2	0,138858		5339,1		8,3
		5691,7	11,3	5691,7	11,3	5692,5	11,3	5781,9	7,9	0,146132		5765,9		8,0
		6221,2	9,3	6221,2	9,3	6216,3	9,2	6220,7	7,6	0,153741		6212,4		7,7
		6823,6	9,7	6823,6	9,7	6802,6	9,4	6677,0	7,3	0,161693		6679,0		7,5
		7350,4	7,7	7350,4	7,7	7272,4	6,9	7151,2	7,1	0,169999		7166,4		7,3
8102,5	10,2	7729,6	5,2	7896,5	7,4	7861,2	8,1	7643,4	6,9	0,178668		7675,0		7,1
8875,8	9,5	8396,9	8,6	8577,2	8,6	8507,2	8,2	8153,9	6,7	0,187695		8204,7		6,9
9723,9	9,6	9116,7	8,6	9336,3	8,8	9209,2	8,3	8682,9	6,5	0,197092		8756,1		6,7
10651,2	9,5	9891,7	8,5	10091,6	8,1	9955,1	8,1	9230,7	6,3	0,206868		9329,7		6,6
11662,1	9,5	10724,6	8,4	10908,0	8,1	10775,0	8,2	9796,9	6,1	0,217017		9925,2		6,4
12760,9	9,4	11618,6	8,3	11790,5	8,1	11662,5	8,2	10381,5	6,0	0,227545		10542,9		6,2
13952,1	9,3	12576,7	8,2	12744,3	8,1	12624,5	8,2	10984,4	5,8	0,238451		11182,9		6,1
15240,1	9,2	13602,2	8,2	13740,9	7,8	13668,3	8,3	11605,4	5,7	0,24974		11845,3		5,9
16629,3	9,1	14698,4	8,1	14803,1	7,7	14798,4	8,3	12243,7	5,5	0,261397		12529,3		5,8
18124,0	9,0	15869,0	8,0	15947,4	7,7	16021,7	8,3	12899,1	5,4	0,273422		13234,8		5,6
19728,8	8,9	17117,8	7,9	17180,1	7,7	17340,6	8,2	13571,0	5,2	0,285809		13961,7		5,5
21447,9	8,7	18448,7	7,8	18508,1	7,7	18760,0	8,2	14259,2	5,1	0,298553		14709,4		5,4
23285,8	8,6	19865,9	7,7	19720,4	6,6	20280,4	8,1	14962,5	4,9	0,311632		15476,8		5,2
25246,9	8,4	21373,9	7,6	21014,1	6,6	21904,7	8,0	15680,5	4,8	0,325037		16263,4		5,1
27335,6	8,3	22977,3	7,5	22392,6	6,6	23627,3	7,9	16412,8	4,7	0,338754		17068,3		4,9
29556,2	8,1	24681,1	7,4	23861,6	6,6	25442,9	7,7	17158,8	4,5	0,352769		17890,6		4,8
31913,3	8,0	26490,6	7,3	25426,9	6,6	27347,1	7,5	17917,3	4,4	0,367053		18728,7		4,7
34411,1	7,8	28411,4	7,3	27094,9	6,6	29325,6	7,2	18687,9	4,3	0,381588		19581,6		4,6
37054,1	7,7	30449,5	7,2	28872,3	6,6	31365,2	7,0	19469,9	4,2	0,39635		20447,8		4,4
39846,7	7,5	32611,1	7,1	30766,3	6,6	33452,7	6,7	20262,8	4,1	0,411321		21326,2		4,3
42793,4	7,4	34903,1	7,0	32784,6	6,6	35570,4	6,3	21065,1	4,0	0,426461		22214,6		4,2
45898,4	7,3	37332,6	7,0	34935,3	6,6	37698,3	6,0	21876,3	3,9	0,441747		23111,5		4,0
0,9987														
0,0013														

Tablo A.2 ÇEAŞ Trafo merkezleri; trafo merkezlerinin puant güce katkı ve toplam sistem puantı tahminleri

BARA	AKBELEN		AKGÜBRE M. TER		ANAMUR		ANTAKYA 1		ANTAKYA 2		BAĞÇE		B. ADANA		B. ADANA		CEYHAN		CEYHAN		CIHADE	
YIL	30	K.Y.	66	K.Y.	30	K.Y.	30	K.Y.	30	K.Y.	30	K.Y.	15	K.Y.	63	K.Y.	30	K.Y.	63	K.Y.	30	K.Y.
1987	39,8	7,49	1,0	0,19	3,3	0,62	42,0	7,90	0,0	0,00	0,0	0,00	15,0	2,82	15,9	2,99	17,5	3,29	2,4	0,45	0,0	0,00
1988	37,8	6,45	5,2	0,89	2,6	0,44	40,0	6,83	0,0	0,00	0,0	0,00	19,8	3,38	17,9	3,06	21,0	3,59	5,5	0,94	0,0	0,00
1989	46,4	7,68	0,5	0,08	3,5	0,58	46,4	7,68	0,0	0,00	0,0	0,00	18,5	3,06	17,3	2,86	22,0	3,64	3,6	0,60	0,0	0,00
1990	62,6	9,43	5,0	0,75	4,6	0,69	50,2	7,56	0,0	0,00	0,0	0,00	17,3	2,61	17,9	2,70	20,1	3,03	3,9	0,59	0,0	0,00
1991	62,0	9,40	5,0	0,76	5,3	0,80	41,0	6,22	0,0	0,00	0,0	0,00	16,5	2,50	19,1	2,90	19,0	2,88	3,9	0,59	0,0	0,00
1992	83,2	11,31	3,5	0,48	3,3	0,45	51,4	6,99	0,0	0,00	3,4	0,46	18,8	2,56	23,0	3,13	20,8	2,83	5,0	0,68	0,0	0,00
1993	78,2	10,17	1,5	0,20	3,9	0,51	46,2	6,01	9,4	1,22	7,5	0,98	18,1	2,35	21,0	2,73	19,6	2,55	4,5	0,59	14,3	1,86
1994	104,1	11,33	0,5	0,05	5,5	0,60	48,0	5,22	8,6	0,94	5,7	0,62	16,0	1,74	22,1	2,41	16,2	1,76	3,8	0,41	19,0	2,07
1995	113,8	11,29	4,5	0,45	7,1	0,70	56,0	5,56	14,0	1,39	8,0	0,79	19,7	1,95	24,6	2,44	19,0	1,89	4,7	0,47	16,0	1,59
1996	123,8	11,93	4,5	0,43	8,1	0,78	54,0	5,20	22,5	2,17	8,0	0,77	22,8	2,20	21,5	2,07	19,8	1,91	7,4	0,71	22,0	2,12
1997	125,2	10,59	3,0	0,25	10,7	0,90	51,0	4,31	38,0	3,21	9,5	0,80	19,6	1,66	22,2	1,88	22,0	1,86	5,9	0,50	24,0	2,03
1998	101,6	8,58	2,0	0,17	9,0	0,76	56,6	4,78	52,5	4,43	10,0	0,84	20,0	1,69	16,2	1,92	15,5	1,31	4,8	0,41	18,0	1,52
1999	130,0	10,10	0,0	0,00	12,5	0,97	64,0	4,97	52,2	4,05	9,2	0,71	14,3	1,11	22,4	1,74	25,2	1,96	5,5	0,43	26,0	2,02
2000	142,9	10,03	3,7	0,26	11,2	0,79	69,5	4,88	57,5	4,03	11,9	0,84	23,6	1,65	29,6	2,08	24,5	1,72	7,2	0,50	30,4	2,13
2001	158,0	10,25	3,9	0,25	12,3	0,80	73,8	4,79	65,4	4,24	13,0	0,85	24,7	1,61	31,5	2,04	25,6	1,66	7,7	0,50	33,1	2,15
2002	173,7	10,44	4,2	0,25	13,4	0,80	78,1	4,70	73,7	4,43	14,2	0,86	26,0	1,56	33,5	2,01	26,7	1,61	8,2	0,49	35,9	2,16
2003	190,6	10,62	4,5	0,25	14,6	0,81	82,9	4,62	82,6	4,60	15,5	0,86	27,3	1,52	35,6	1,98	27,9	1,55	8,8	0,49	39,0	2,17
2004	208,7	10,77	4,8	0,25	15,8	0,82	87,9	4,54	92,1	4,76	16,9	0,87	28,6	1,48	37,8	1,95	29,1	1,50	9,4	0,48	42,2	2,18
2005	228,0	10,92	5,2	0,25	17,2	0,82	93,3	4,47	102,3	4,90	18,4	0,88	30,1	1,44	40,2	1,93	30,4	1,46	10,0	0,48	45,7	2,19
2006	248,6	11,05	5,5	0,25	18,7	0,83	98,9	4,40	113,2	5,03	19,9	0,89	31,6	1,41	42,8	1,90	31,8	1,41	10,7	0,48	49,4	2,20
2007	270,6	11,17	5,9	0,24	20,2	0,84	104,9	4,33	124,8	5,15	21,6	0,89	33,2	1,37	45,5	1,88	33,2	1,37	11,5	0,47	53,4	2,20
2008	294,1	11,29	6,3	0,24	21,9	0,84	111,3	4,27	137,3	5,27	23,4	0,90	34,9	1,34	48,3	1,85	34,7	1,33	12,3	0,47	57,6	2,21
2009	319,4	11,39	6,8	0,24	23,7	0,85	118,0	4,21	150,7	5,38	25,4	0,90	36,7	1,31	51,4	1,83	36,3	1,29	13,1	0,47	62,2	2,22
2010	346,3	11,49	7,2	0,24	25,7	0,85	125,1	4,15	165,1	5,48	27,4	0,91	38,5	1,28	54,6	1,81	37,9	1,26	14,0	0,46	67,0	2,22
2011	375,2	11,59	7,8	0,24	27,8	0,86	132,6	4,10	180,5	5,57	29,6	0,91	40,5	1,25	58,0	1,79	39,6	1,22	14,9	0,46	72,2	2,23
2012	406,1	11,67	8,3	0,24	30,0	0,86	140,6	4,04	197,1	5,67	32,0	0,92	42,5	1,22	61,6	1,77	41,3	1,19	15,9	0,46	77,8	2,24
2013	439,1	11,76	8,9	0,24	32,3	0,87	149,1	3,99	214,9	5,75	34,5	0,92	44,7	1,20	65,5	1,75	43,1	1,16	17,0	0,46	83,7	2,24
2014	474,6	11,84	9,5	0,24	34,9	0,87	158,0	3,94	234,0	5,84	37,2	0,93	47,0	1,17	69,5	1,73	45,0	1,12	18,2	0,45	90,1	2,25
2015	512,6	11,92	10,1	0,24	37,6	0,87	167,5	3,89	254,5	5,92	40,1	0,93	49,4	1,15	73,9	1,72	47,0	1,09	19,4	0,45	96,9	2,25
2016	553,3	11,99	10,8	0,23	40,6	0,88	177,6	3,85	276,5	5,99	43,2	0,94	51,9	1,12	78,5	1,70	49,1	1,06	20,7	0,45	104,1	2,26
2017	597,0	12,06	11,5	0,23	43,7	0,88	188,4	3,80	300,2	6,06	46,6	0,94	54,5	1,10	83,4	1,68	51,3	1,04	22,1	0,45	111,9	2,26
2018	643,9	12,13	12,3	0,23	47,1	0,89	199,8	3,76	325,7	6,13	50,1	0,94	57,3	1,08	88,6	1,67	53,6	1,01	23,5	0,44	120,3	2,27
2019	694,3	12,19	13,2	0,23	50,7	0,89	211,9	3,72	353,2	6,20	54,0	0,95	60,2	1,06	94,2	1,65	55,9	0,98	25,1	0,44	129,3	2,27
2020	748,5	12,25	14,1	0,23	54,6	0,89	224,8	3,68	382,8	6,27	58,1	0,95	63,3	1,04	100,1	1,64	58,4	0,96	26,8	0,44	138,9	2,27

Tablo A.2 ÇEAŞ Trafo merkezleri; trafo merkezlerinin puant güce katkı ve toplam sistem puantı tahminleri (devam)

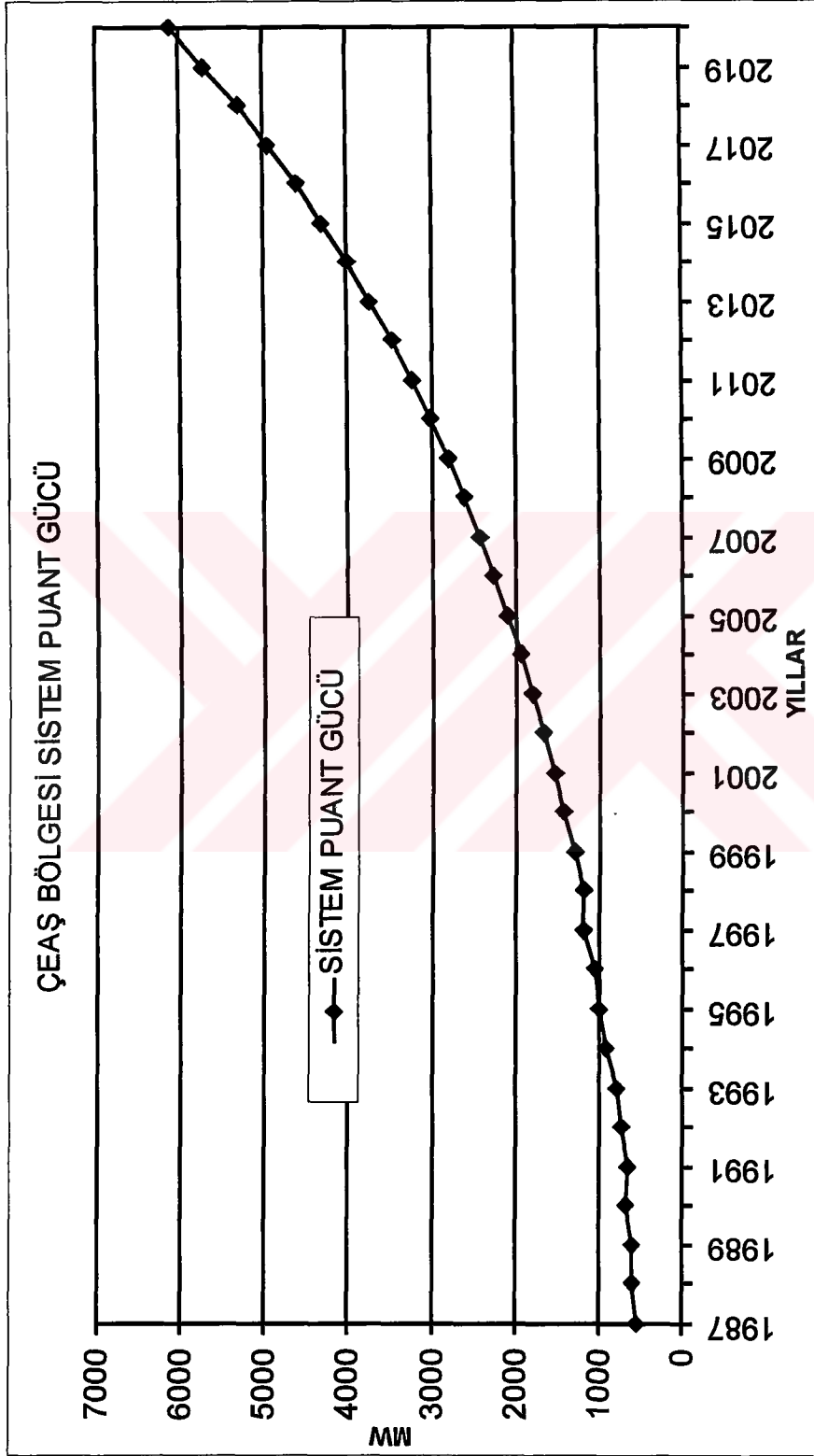
İSKENDERUN 2		İSKENDERUN 2		KARAHAN		KARASALI		KARASALI		KARASALI		KOZAN		KRONSA M. TER.		MERSİN		MİHMANDAR		MİHMANDAR		MİSİS	
TEMİZ	K.Y.	YAZICI	K.Y.	30	K.Y.	30	K.Y.	30	K.Y.	30	K.Y.	30	K.Y.	30	K.Y.	15	K.Y.	15	K.Y.	30	K.Y.	30	K.Y.
30	0,0	154	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,17	4,0	0,75	10,4	1,96	6,2	1,17	5,2	0,98	2,1	0,40	5,4	1,02	0,0	0,00
0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,8	0,14	2,3	0,39	9,0	1,54	6,0	1,02	5,2	0,89	3,2	0,55	6,4	1,09	0,0	0,00
0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,8	0,13	2,3	0,38	10,0	1,65	7,1	1,17	3,5	0,58	3,6	0,60	8,6	1,42	0,0	0,00
0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,9	0,14	2,2	0,33	12,0	1,81	6,0	0,90	3,3	0,50	3,6	0,54	14,0	2,11	0,0	0,00
5,2	0,79	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,8	0,12	2,3	0,35	10,1	1,53	6,5	0,99	4,2	0,64	2,3	0,35	11,5	1,74	2,7	0,41
0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	1,0	0,14	2,4	0,33	10,2	1,39	8,5	1,16	3,9	0,53	1,8	0,24	14,1	1,92	3,3	0,45
0	0,00	0,0	0,00	1,3	0,17	1,0	0,13	0	0,13	0	0,00	17,8	2,32	8,8	1,14	12,0	1,56	2,4	0,31	14,0	1,82	4,6	0,60
27,0	2,94	58,0	6,31	1,6	0,17	1,3	0,14	1,3	0,14	2,3	0,25	19,0	2,07	10,0	1,09	8,5	0,93	3,4	0,37	17,8	1,94	9,0	0,98
26,8	2,66	60,0	5,95	1,7	0,17	1,4	0,14	1,4	0,14	2,3	0,23	18,9	1,88	7,0	0,69	13,8	1,37	4,0	0,40	20,6	2,04	11,0	1,09
26,8	2,58	55,0	5,30	13,4	1,29	1,5	0,14	1,5	0,14	2,4	0,23	21,7	2,09	8,0	0,77	13,3	1,28	4,0	0,39	23,0	2,22	16,5	1,59
27,6	2,33	50,0	4,23	32,8	2,77	2,2	0,19	2,2	0,19	2,1	0,18	23,2	1,96	10,7	0,90	14,0	1,18	3,8	0,32	24,0	2,03	18,0	1,52
33,5	2,83	55,0	4,64	27,2	2,30	1,9	0,16	1,9	0,16	2,3	0,19	23,1	1,95	21,5	1,82	8,6	0,73	3,8	0,32	20,0	1,69	26,2	2,21
25,0	1,94	58,0	4,50	45,7	3,55	2,0	0,16	2,0	0,16	2,3	0,18	26,3	2,04	25,8	2,00	15,1	1,17	0,0	0,00	0,0	0,00	27,5	2,14
31,8	2,23	59,3	4,16	42,6	2,99	2,1	0,15	2,1	0,15	2,5	0,18	28,2	1,98	16,3	1,14	14,6	1,03	4,6	0,33	30,9	2,17	28,2	1,98
33,7	2,18	61,7	4,01	49,2	3,19	2,3	0,15	2,3	0,15	2,6	0,17	30,6	1,99	17,7	1,15	16,0	1,04	4,9	0,32	33,9	2,20	31,7	2,06
35,6	2,14	64,3	3,87	56,1	3,37	2,5	0,15	2,5	0,15	2,7	0,16	33,2	2,00	19,1	1,15	17,5	1,05	5,2	0,32	37,0	2,22	35,5	2,13
37,7	2,10	67,2	3,74	63,5	3,54	2,7	0,15	2,7	0,15	2,9	0,16	36,0	2,00	20,7	1,15	19,0	1,06	5,6	0,31	40,4	2,25	39,6	2,20
40,0	2,07	70,3	3,63	71,5	3,69	2,9	0,15	2,9	0,15	3,0	0,16	39,0	2,01	22,4	1,16	20,7	1,07	5,9	0,31	44,0	2,27	43,9	2,27
42,5	2,03	73,7	3,53	80,0	3,83	3,1	0,15	3,1	0,15	3,2	0,15	42,2	2,02	24,2	1,16	22,5	1,08	6,3	0,30	48,0	2,30	48,6	2,33
45,1	2,00	77,3	3,44	89,0	3,96	3,3	0,15	3,3	0,15	3,4	0,15	45,6	2,03	26,2	1,16	24,5	1,09	6,7	0,30	52,2	2,32	53,6	2,38
47,9	1,98	81,1	3,35	98,8	4,08	3,6	0,15	3,6	0,15	3,5	0,15	49,2	2,03	28,3	1,17	26,6	1,10	7,1	0,29	56,7	2,34	58,9	2,43
50,9	1,95	85,2	3,27	109,2	4,19	3,9	0,15	3,9	0,15	3,7	0,14	53,1	2,04	30,5	1,17	28,8	1,11	7,6	0,29	61,5	2,36	64,7	2,48
54,0	1,93	89,5	3,19	120,4	4,30	4,2	0,15	4,2	0,15	3,9	0,14	57,3	2,04	32,9	1,17	31,2	1,11	8,1	0,29	66,7	2,38	70,9	2,53
57,4	1,90	94,1	3,12	132,4	4,39	4,5	0,15	4,5	0,15	4,2	0,14	61,8	2,05	35,4	1,17	33,8	1,12	8,6	0,28	72,2	2,40	77,6	2,57
61,0	1,88	98,9	3,06	145,4	4,49	4,8	0,15	4,8	0,15	4,4	0,14	66,6	2,06	38,1	1,18	36,5	1,13	9,1	0,28	78,2	2,41	84,7	2,62
64,8	1,86	104,1	2,99	159,2	4,58	5,2	0,15	5,2	0,15	4,7	0,13	71,7	2,06	41,0	1,18	39,5	1,14	9,7	0,28	84,6	2,43	92,4	2,66
68,9	1,84	109,5	2,93	174,1	4,66	5,6	0,15	5,6	0,15	4,9	0,13	77,1	2,07	44,1	1,18	42,7	1,14	10,3	0,28	91,4	2,45	100,6	2,69
73,2	1,83	115,2	2,87	190,1	4,74	6,0	0,15	6,0	0,15	5,2	0,13	83,0	2,07	47,4	1,18	46,1	1,15	10,9	0,27	98,7	2,46	109,4	2,73
77,8	1,81	121,3	2,82	207,4	4,82	6,5	0,15	6,5	0,15	5,5	0,13	89,3	2,07	51,0	1,19	49,7	1,16	11,6	0,27	106,6	2,48	119,0	2,77
82,8	1,79	127,7	2,77	225,9	4,89	6,9	0,15	6,9	0,15	5,8	0,13	96,0	2,08	54,8	1,19	53,6	1,16	12,4	0,27	115,0	2,49	129,2	2,80
88,0	1,78	134,6	2,72	245,8	4,97	7,4	0,15	7,4	0,15	6,1	0,12	103,2	2,08	58,9	1,19	57,8	1,17	13,1	0,27	124,0	2,51	140,2	2,83
93,6	1,76	141,8	2,67	267,3	5,03	8,0	0,15	8,0	0,15	6,5	0,12	110,9	2,09	63,3	1,19	62,4	1,17	14,0	0,26	133,8	2,52	152,0	2,86
99,5	1,75	149,5	2,62	290,4	5,10	8,6	0,15	8,6	0,15	6,9	0,12	119,1	2,09	68,0	1,19	67,2	1,18	14,9	0,26	144,2	2,53	164,8	2,89
105,9	1,73	157,6	2,58	315,4	5,16	9,2	0,15	9,2	0,15	7,3	0,12	128,0	2,10	73,0	1,19	72,4	1,19	15,8	0,26	155,5	2,54	178,5	2,92

Tablo A.2 ÇEAŞ Trafo merkezleri; trafo merkezlerinin puan güce katkı ve toplam sistem puanı tahminleri (devam)

NACARLI	OSMANIYE		PAVAS		SEKA TAŞUCU		SEYHAN		ŞEHİTLİK		ŞEHİTLİK		TARSUS		TARSUS		TAŞUCU	
	K.Y.	15	K.Y.	30	K.Y.	154	K.Y.	30	K.Y.	15	K.Y.	30	K.Y.	15	K.Y.	30	K.Y.	30
0,0	0,00	6,0	1,13	18,0	3,39	16,5	3,10	13,0	2,45	15,5	2,92	26,0	4,89	34,5	6,49	13,0	2,45	15,8
0,0	0,00	6,9	1,18	15,0	2,56	16,0	2,73	25,0	4,27	13,0	2,22	21,4	3,65	36,0	6,15	13,0	2,22	19,0
0,0	0,00	7,5	1,24	19,0	3,14	23,2	3,84	4,0	0,66	15,0	2,48	22,4	3,71	40,0	6,62	13,0	2,15	11,0
0,0	0,00	8,8	1,33	18,8	2,83	25,9	3,90	2,0	0,30	12,3	1,85	16,2	2,44	34,0	5,12	12,4	1,87	15,2
0,0	0,00	9,6	1,46	22,0	3,34	17,5	2,65	6,0	0,91	12,0	1,82	32,6	4,94	40,0	6,07	11,8	1,79	15,6
0,0	0,00	10,3	1,40	15,5	2,11	18,1	2,46	3,0	0,41	12,8	1,74	23,6	3,21	45,0	6,12	14,6	1,99	12,6
22,0	2,86	11,2	1,46	6,0	0,78	27,0	3,51	4,0	0,52	11,4	1,48	25,2	3,28	26,5	3,45	14,7	1,91	14,4
20,0	2,18	11,6	1,26	6,2	0,67	26,0	2,83	3,0	0,33	12,2	1,33	27,4	2,98	30,0	3,26	14,2	1,55	16,0
23,0	2,28	13,0	1,29	6,2	0,62	27,0	2,68	3,0	0,30	14,1	1,40	28,6	2,84	34,0	3,37	14,0	1,39	17,6
31,5	3,03	14,8	1,43	7,0	0,67	28,0	2,70	5,0	0,48	12,6	1,21	28,4	2,74	37,0	3,56	13,0	1,25	19,7
37,5	3,17	11,5	0,97	9,0	0,76	25,0	2,11	3,0	0,25	11,6	0,98	31,0	2,62	44,0	3,72	14,0	1,18	29,2
38,5	3,25	12,0	1,01	12,0	1,01	36,9	3,12	4,0	0,34	10,8	0,91	18,6	1,57	40,0	3,38	11,2	0,95	32,0
45,0	3,50	13,8	1,07	14,2	1,10	27,0	2,10	4,6	0,36	11,3	0,88	28,6	2,22	46,0	3,57	10,8	0,84	34,0
46,8	3,28	17,5	1,23	10,7	0,75	37,2	2,61	4,5	0,32	14,3	1,00	33,0	2,31	47,2	3,31	15,9	1,12	28,7
51,4	3,34	18,9	1,22	11,0	0,71	39,9	2,59	4,7	0,31	15,0	0,97	34,7	2,25	49,4	3,21	16,6	1,07	30,8
56,3	3,38	20,3	1,22	11,3	0,68	42,7	2,57	5,0	0,30	15,7	0,94	36,4	2,19	51,7	3,11	17,2	1,04	32,9
61,5	3,43	21,9	1,22	11,7	0,65	45,8	2,55	5,3	0,29	16,5	0,92	38,3	2,13	54,2	3,02	17,9	1,00	35,2
67,1	3,47	23,6	1,22	12,1	0,62	49,0	2,53	5,6	0,29	17,3	0,89	40,2	2,08	56,8	2,93	18,7	0,96	37,7
73,1	3,50	25,4	1,22	12,6	0,60	52,5	2,51	5,9	0,28	18,2	0,87	42,3	2,03	59,5	2,85	19,5	0,93	40,3
79,5	3,53	27,4	1,22	13,0	0,58	56,2	2,50	6,3	0,28	19,1	0,85	44,5	1,98	62,3	2,77	20,3	0,90	43,1
86,4	3,57	29,4	1,22	13,6	0,56	60,1	2,48	6,6	0,27	20,1	0,83	46,8	1,93	65,3	2,70	21,1	0,87	46,1
93,7	3,59	31,6	1,21	14,1	0,54	64,3	2,47	7,0	0,27	21,2	0,81	49,3	1,89	68,5	2,63	22,0	0,84	49,3
101,5	3,62	34,0	1,21	14,7	0,52	68,8	2,45	7,4	0,26	22,3	0,80	51,8	1,85	71,7	2,56	22,9	0,82	52,7
109,9	3,65	36,5	1,21	15,3	0,51	73,5	2,44	7,8	0,26	23,5	0,78	54,5	1,81	75,2	2,49	23,9	0,79	56,3
118,9	3,67	39,2	1,21	16,0	0,49	78,6	2,43	8,3	0,26	24,8	0,77	57,3	1,77	78,8	2,43	24,9	0,77	60,1
128,5	3,69	42,1	1,21	16,7	0,48	84,0	2,41	8,8	0,25	26,2	0,75	60,3	1,73	82,5	2,37	25,9	0,74	64,1
138,8	3,72	45,2	1,21	17,5	0,47	89,7	2,40	9,3	0,25	27,6	0,74	63,4	1,70	86,5	2,32	27,0	0,72	68,5
149,8	3,74	48,4	1,21	18,3	0,46	95,8	2,39	9,9	0,25	29,1	0,73	66,7	1,66	90,6	2,26	28,1	0,70	73,1
161,6	3,76	51,9	1,21	19,1	0,44	102,3	2,38	10,5	0,24	30,8	0,72	70,2	1,63	94,9	2,21	29,2	0,68	78,0
174,3	3,78	55,7	1,21	20,0	0,43	109,3	2,37	11,1	0,24	32,5	0,70	73,8	1,60	99,5	2,16	30,4	0,66	83,3
187,9	3,79	59,7	1,21	21,0	0,42	116,7	2,36	11,8	0,24	34,3	0,69	77,6	1,57	104,3	2,11	31,7	0,64	88,9
202,5	3,81	64,0	1,21	22,0	0,41	124,6	2,35	12,5	0,23	36,3	0,68	81,7	1,54	109,3	2,06	33,0	0,62	94,9
218,1	3,83	68,6	1,20	23,1	0,41	133,1	2,34	13,2	0,23	38,4	0,67	86,0	1,51	114,6	2,01	34,3	0,60	101,3
234,9	3,85	73,5	1,20	24,2	0,40	142,2	2,33	14,0	0,23	40,6	0,66	90,5	1,48	120,1	1,97	35,7	0,58	108,1

Tablo A.2 ÇEAŞ Trafo merkezleri; trafo merkezlerinin puant güce katkı ve toplam sistem puantı tahminleri (devam)

TOROSLAR	YAKAKÖY		YUMURTALIK		YUMURTALIK		ZEYİTLİ		SİSTEM PUANTI				SATILAN ENERJİ		Ortalama Kullanım
	K.Y.	6.3	K.Y.	30	K.Y.	6.3	K.Y.	30	K.Y.	2. Der. Pol.	Östel	Yıllık art.	GW/h	%	
30	K.Y.	6.3	K.Y.	30	K.Y.	6.3	K.Y.	30	OK'S'ye göre	MW	Saat	Yıllık art.	MW	Saat	Saat
1,6	0,30	15,4	2,90	1,0	0,19	2,2	0,41	42,7	8,03			13,88	3059	-	5755
1,8	0,31	14,0	2,39	1,2	0,20	2,0	0,34	42,3	7,22			10,18	3234	5,71	5521
2,6	0,43	15,5	2,56	1,1	0,18	2,1	0,35	43,0	7,12			3,18	3518	8,77	5821
2,2	0,33	20,3	3,06	6,6	0,99	1,9	0,29	46,0	6,93			9,86	3869	9,98	5827
2,9	0,44	18,3	2,77	5,1	0,77	2,2	0,33	47,6	7,22			-0,66	4027	4,09	6106
2,2	0,30	15,7	2,13	5,0	0,68	2,1	0,29	49,6	6,74			11,52	4452	10,55	6053
3,8	0,49	19,4	2,52	4,2	0,55	0,0	0,00	47,2	6,14			4,53	4762	6,96	6193
3,5	0,38	18,7	2,04	5,9	0,64	1,9	0,21	52,0	5,66			19,52	5114	7,41	5565
3,7	0,37	19,1	1,90	6,0	0,60	2,1	0,21	53,6	5,32			9,69	5692	11,29	5647
4,4	0,42	23,5	2,26	6,0	0,58	2,1	0,20	50,0	4,82			2,99	6221	9,30	5993
4,0	0,34	24,0	2,03	6,0	0,51	1,9	0,16	57,0	4,82			13,92	6824	9,68	5770
6,6	0,56	24,0	2,03	8,4	0,71	2,0	0,17	60,0	5,07			0,14	7350	7,72	6207
5,8	0,45	24,2	1,88	3,2	0,25	2,2	0,17	62,0	4,82			8,73	7914	7,66	6147
6,3	0,44	28,6	2,01	9,3	0,65	2,3	0,16	70,2	4,93	1413	6073	1408	6094	6094	6019
6,9	0,45	30,6	1,98	10,2	0,66	2,4	0,16	74,5	4,83	1542	6029	1519	6117	6117	6029
7,5	0,45	32,6	1,96	11,1	0,67	2,6	0,15	78,9	4,75	1663	6038	1640	6123	6123	6038
8,2	0,46	34,7	1,94	12,1	0,68	2,7	0,15	83,7	4,66	1795	6047	1771	6131	6131	6047
8,9	0,46	37,1	1,91	13,2	0,68	2,9	0,15	88,8	4,59	1937	6055	1911	6135	6135	6055
9,6	0,46	39,5	1,89	14,4	0,69	3,1	0,15	94,3	4,51	2088	6063	2063	6135	6135	6063
10,4	0,46	42,2	1,87	15,7	0,70	3,3	0,15	100,0	4,45	2249	6070	2227	6130	6130	6070
11,3	0,47	45,0	1,86	17,1	0,70	3,5	0,14	106,1	4,38	2422	6077	2405	6122	6122	6077
12,2	0,47	47,9	1,84	18,5	0,71	3,7	0,14	112,5	4,32	2607	6084	2596	6109	6109	6084
13,2	0,47	51,1	1,82	20,1	0,72	3,9	0,14	119,3	4,26	2803	6090	2802	6093	6093	6090
14,3	0,47	54,5	1,81	21,8	0,72	4,2	0,14	126,6	4,20	3014	6097	3025	6074	6074	6097
15,4	0,48	58,0	1,79	23,6	0,73	4,4	0,14	134,2	4,14	3238	6102	3265	6052	6052	6102
16,7	0,48	61,8	1,78	25,5	0,73	4,7	0,14	142,3	4,09	3478	6108	3525	6027	6027	6108
18,0	0,48	65,8	1,76	27,6	0,74	5,0	0,13	150,9	4,04	3735	6113	3805	6000	6000	6113
19,4	0,48	70,1	1,75	29,8	0,74	5,3	0,13	160,0	3,99	4009	6119	4108	5971	5971	6119
20,9	0,49	74,7	1,74	32,2	0,75	5,7	0,13	169,7	3,94	4302	6124	4434	5941	5941	6124
22,5	0,49	79,6	1,72	34,8	0,75	6,0	0,13	179,9	3,90	4615	6129	4787	5909	5909	6129
24,2	0,49	84,7	1,71	37,5	0,76	6,4	0,13	190,8	3,85	4951	6133	5167	5876	5876	6133
26,1	0,49	90,3	1,70	40,5	0,76	6,8	0,13	202,4	3,81	5310	6138	5578	5843	5843	6138
28,0	0,49	96,2	1,69	43,6	0,77	7,3	0,13	214,7	3,77	5696	6143	6022	5810	5810	6143
30,2	0,49	102,5	1,68	47,1	0,77	7,8	0,13	227,8	3,73	6109	6147	6500	5777	5777	6147



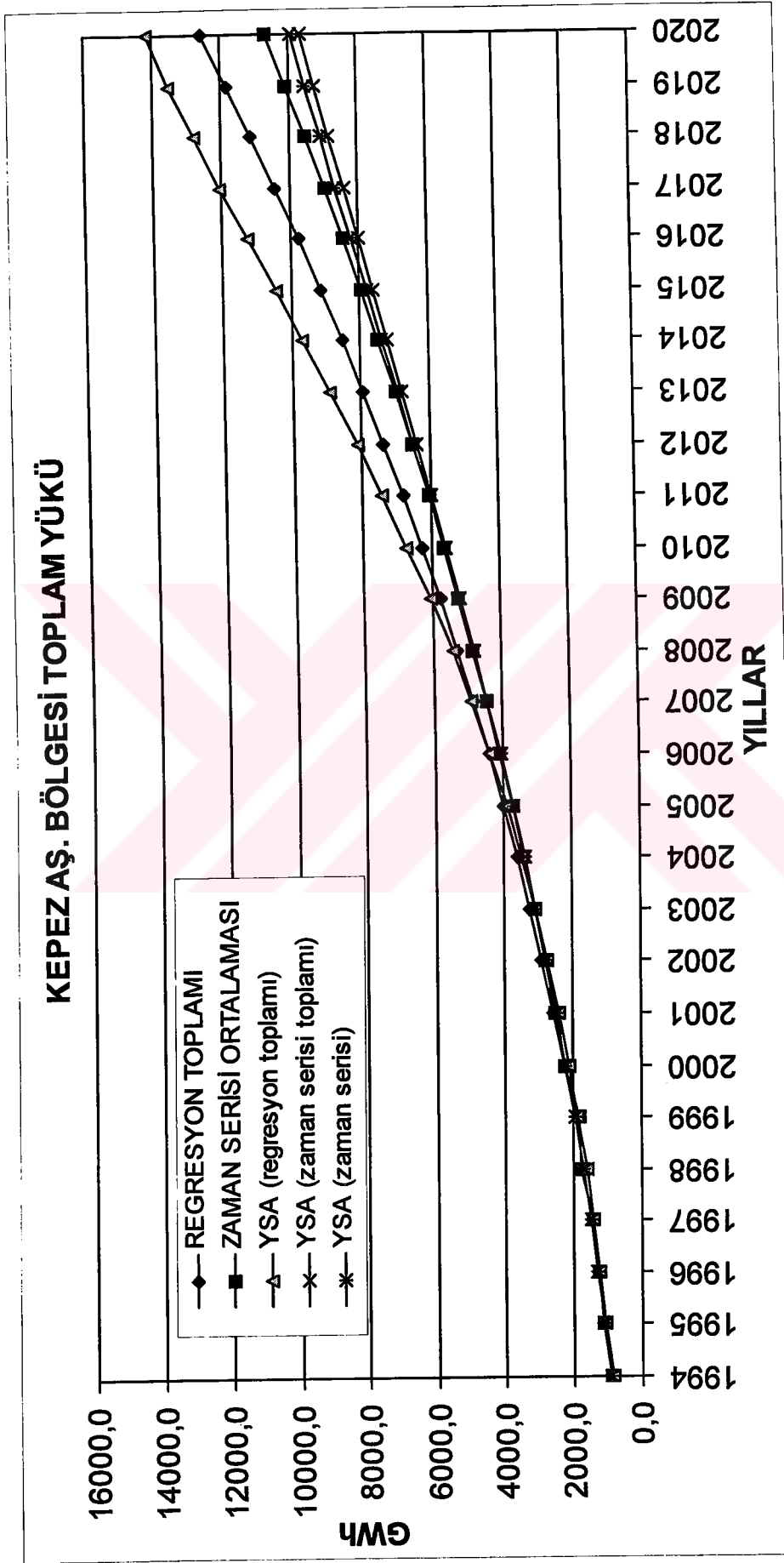
Şekil A.2 ÇEAŞ Bölgesi sistem puant gücü tahmini

Tablo A.3 2000-2020 yılları KEPEZ AŞ. Bölgesi toplam enerji tahminleri

YILLAR	TARIM	ENDÜSTRİ	RESMİ DAİRELER	TURİZM	DİĞER	KÖY	TEDAŞ	TEAŞ	REGRESYON TOPLAMI	
									DEĞER	ARTIŞ
1994	31,0	84,5	38,4	121,9	31,0	97,2	392,7	98,6	895,4	
1995	35,2	106,5	40,0	153,5	38,0	93,6	461,0	236,7	1164,4	30,0
1996	35,7	121,5	43,7	182,0	43,8	108,4	549,5	184,7	1269,3	9,0
1997	31,1	150,4	62,8	235,7	35,0	127,7	652,7	147,3	1442,8	13,7
1998	31,4	178,9	74,1	264,4	37,2	145,0	811,7	245,0	1787,7	23,9
1999	29,6	184,2	77,0	240,9	34,8	139,7	872,3	272,4	1850,9	3,5
2000	31,4	225,9	101,8	338,7	38,2	179,3	1036,6	287,1	2238,9	21,0
2001	31,2	252,8	119,7	380,4	38,5	204,0	1237,7	315,1	2579,1	15,2
2002	31,1	280,6	139,5	423,0	38,8	230,0	1414,5	343,9	2901,2	12,5
2003	31,0	309,3	161,2	466,5	39,0	259,2	1607,4	373,7	3247,4	11,9
2004	30,8	338,9	185,0	511,1	39,4	291,1	1815,1	404,5	3615,8	11,3
2005	30,7	369,5	210,7	556,7	39,7	325,5	2037,4	436,2	4006,5	10,8
2006	30,7	401,1	238,4	603,4	40,0	362,5	2274,4	468,9	4419,3	10,3
2007	30,6	433,6	268,1	651,1	40,4	402,0	2526,0	502,7	4854,5	9,8
2008	30,5	467,1	299,8	700,0	40,9	444,1	2792,2	537,5	5312,0	9,4
2009	30,4	501,7	333,5	749,9	41,3	488,7	3072,9	573,4	5791,9	9,0
2010	30,3	537,3	369,3	801,1	41,9	535,7	3368,1	610,3	6294,1	8,7
2011	30,3	574,0	407,0	853,4	42,5	585,2	3677,8	648,5	6818,7	8,3
2012	30,2	611,7	446,9	907,0	43,2	637,1	4001,9	687,7	7365,7	8,0
2013	30,2	650,6	488,7	961,9	44,0	691,4	4340,2	728,2	7935,1	7,7
2014	30,1	690,6	532,6	1018,0	44,9	748,0	4692,7	769,9	8526,8	7,5
2015	30,1	731,8	578,6	1075,5	45,9	806,9	5059,3	812,8	9140,9	7,2
2016	30,0	774,2	626,7	1134,3	47,2	868,1	5439,8	857,0	9777,3	7,0
2017	30,0	817,7	676,9	1194,6	48,6	931,6	5834,0	902,5	10435,9	6,7
2018	29,9	862,6	729,2	1256,3	50,2	997,2	6241,9	949,5	11116,7	6,5
2019	29,9	908,7	783,7	1319,5	52,1	1065,0	6663,1	997,8	11819,7	6,3
2020	29,8	956,1	840,3	1384,2	54,3	1135,0	7097,5	1047,5	12544,7	6,1

Tablo A.3 2000-2020 yılları KEPEZ AŞ. Bölgesi toplam enerji tahminleri (devam)

DOĞRUSAL		POLY-2		POLY-2		ORTALAMA		YAPAY SINIR AĞLARI				ZAMAN SERİSİ				
DEĞER	ARTIŞ	DEĞER	ARTIŞ	DEĞER	ARTIŞ	DEĞER	ARTIŞ	REGRESYON TOPLAMI		AMAN SERİSİ TOPLA		normalize		gerçek		artış
		1999 yılı dahil değil		1999 yılı dahil		895,4		değer	artış	değer	artış	936,2	0,102487	939,3		
						1164,4	30,0	1070,9	22,5	1111,2	18,7	1111,2	0,112357	1113,3	18,5	
						1269,3	9,0	1269,3	18,5	1300,6	17,0	1300,6	0,123041	1301,6	16,9	
						1442,8	13,7	1451,6	14,4	1505,0	15,7	1505,0	0,134578	1505,0	15,6	
						1787,7	23,9	1619,5	11,6	1725,1	14,6	1725,1	0,147006	1724,2	14,6	
						1850,9	3,5	1889,2	16,6	1961,2	13,7	1961,2	0,160355	1959,5	13,7	
2083,8	12,6	2357,5	27,4	2072,3	12,0	2221,4	20,0	2116,3	12,0	2214,4	12,9	2214,4	0,174643	2211,4	12,9	
2278,7	9,4	2705,4	14,8	2257,3	8,9	2493,3	12,2	2406,3	13,7	2483,7	12,2	2483,7	0,189902	2480,5	12,2	
2473,6	8,6	3084,8	14,0	2439,8	8,1	2781,0	11,5	2725,5	13,3	2769,6	11,5	2769,6	0,206146	2766,8	11,5	
2668,5	7,9	3495,7	13,3	2619,9	7,4	3084,5	10,9	3080,1	13,0	3071,7	10,9	3071,7	0,223371	3070,5	11,0	
2863,4	7,3	3938,1	12,7	2797,4	6,8	3403,8	10,4	3471,8	12,7	3389,7	10,4	3389,7	0,241569	3391,4	10,4	
3058,2	6,8	4411,9	12,0	2972,5	6,3	3738,9	9,8	3903,2	12,4	3722,7	9,8	3722,7	0,260721	3729,0	10,0	
3253,1	6,4	4917,2	11,5	3145,2	5,8	4089,9	9,4	4376,7	12,1	4069,8	9,3	4069,8	0,280795	4083,0	9,5	
3448,0	6,0	5454,0	10,9	3315,3	5,4	4456,7	9,0	4894,0	11,8	4429,7	8,8	4429,7	0,301746	4452,3	9,0	
3642,9	5,7	6022,3	10,4	3483,0	5,1	4839,4	8,6	5456,3	11,5	4801,4	8,4	4801,4	0,323514	4836,1	8,6	
3837,8	5,3	6622,0	10,0	3648,2	4,7	5237,9	8,2	6063,9	11,1	5183,2	8,0	5183,2	0,34603	5233,1	8,2	
4032,6	5,1	7253,3	9,5	3810,9	4,5	5652,2	7,9	6715,8	10,8	5573,8	7,5	5573,8	0,36921	5641,8	7,8	
4227,5	4,8	7916,0	9,1	3971,2	4,2	6082,3	7,6	7409,5	10,3	5971,6	7,1	5971,6	0,392958	6060,5	7,4	
4422,4	4,6	8610,1	8,8	4129,0	4,0	6528,2	7,3	8140,7	9,9	6375,0	6,8	6375,0	0,41717	6487,4	7,0	
4617,3	4,4	9335,8	8,4	4284,3	3,8	6990,0	7,1	8902,9	9,4	6782,5	6,4	6782,5	0,441732	6920,4	6,7	
4812,2	4,2	10092,9	8,1	4437,1	3,6	7467,6	6,8	9687,5	8,8	7192,5	6,0	7192,5	0,466515	7357,3	6,3	
5007,0	4,0	10881,5	7,8	4587,5	3,4	7961,1	6,6	10483,9	8,2	7603,7	5,7	7603,7	0,491414	7796,3	6,0	
5201,9	3,9	11701,6	7,5	4735,3	3,2	8470,3	6,4	11279,7	7,6	8014,7	5,4	8014,7	0,516294	8235,0	5,6	
5396,8	3,7	12553,2	7,3	4880,8	3,1	8995,4	6,2	12061,8	6,9	8424,0	5,1	8424,0	0,541032	8671,1	5,3	
5591,7	3,6	13436,2	7,0	5023,7	2,9	9536,4	6,0	12816,7	6,3	8830,4	4,8	8830,4	0,565508	9102,7	5,0	
5786,6	3,5	14350,7	6,8	5164,2	2,8	10093,1	5,8	13532,1	5,6	9232,6	4,6	9232,6	0,589605	9527,5	4,7	
5981,4	3,4	15296,7	6,6	5302,2	2,7	10665,7	5,7	14197,3	4,9	9629,5	4,3	9629,5	0,613219	9943,8	4,4	
0,9736		0,9739		0,9737	R-kare											
0,0264		0,0261		0,0263	1-Rkare											



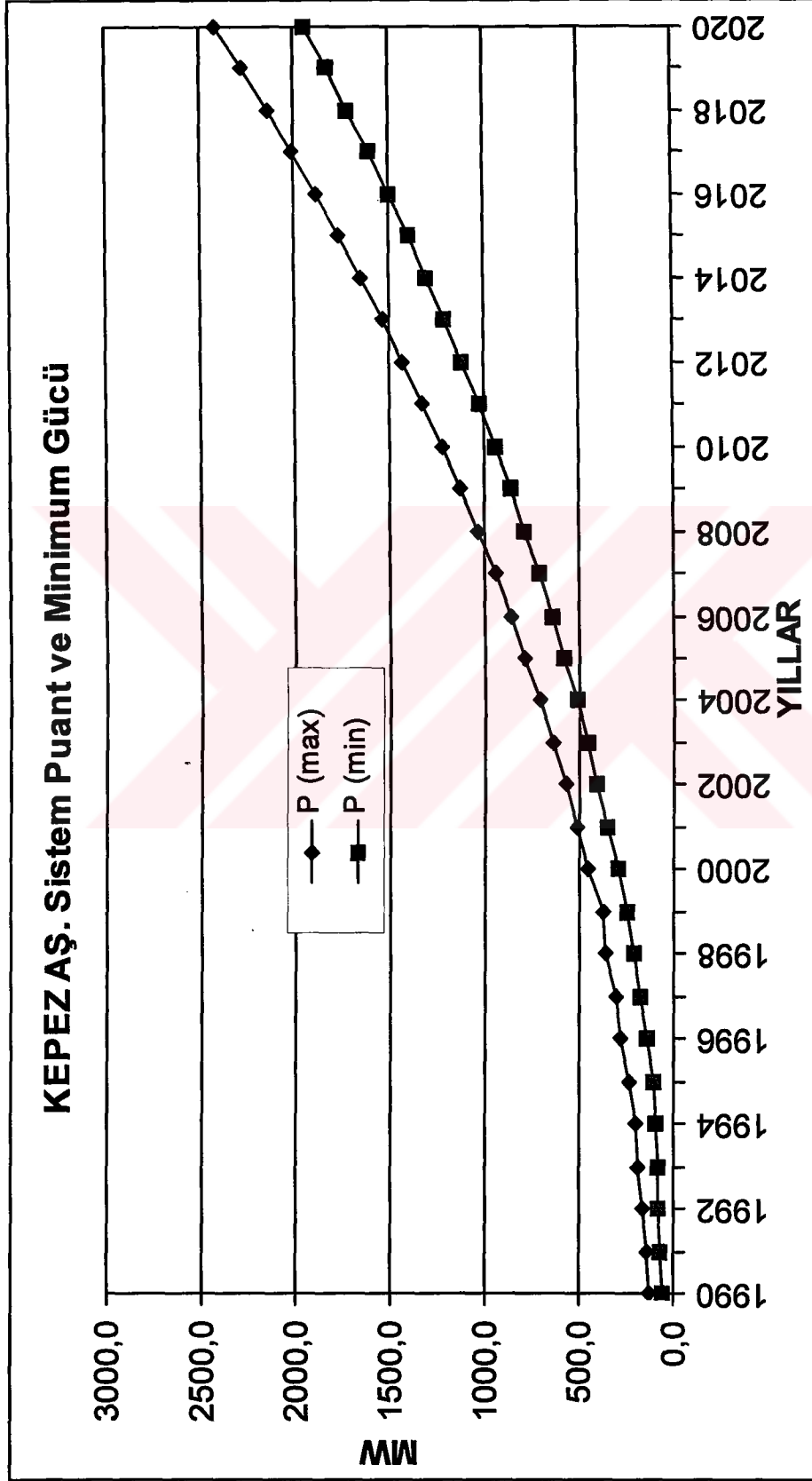
Şekil A.3 2000-2020 yılları KEPEZ AŞ. Bölgesi toplam enerji tahmini

Tablo A.4 2000-2020 yılları KEPEZ AŞ. sistem puant gücü tahmini

Yıl \ Ay	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Puant [MM]	Enerji [GWh]	Oks	P (max) [MM]	P (min) [MM]
	Değer	Değer	Değer	Değer	Değer	Değer	Değer	Değer	Değer	Değer	Değer	Değer	Değer	Değer	Değer	Değer	Değer
1990	58,2	58,5	62,9	77,2	97,9	110,3	123,1	126,0	122,1	109,0	90,6	69,0	126			126,0	58,2
1991	66,9	70,6	64,4	86,4	87,2	126,8	133,8	139,7	129,6	126,8	82,9	75,5	140			139,7	64,4
1992	76,4	82,1	80,3	94,6	104,2	135,2	151,0	160,8	160,0	133,3	104,3	89,4	161			160,8	76,4
1993	90,0	77,3	103,3	107,9	153,7	157,8	187,6	176,3	162,5	142,8	107,3	103,0	188			187,6	77,3
1994	103,4	94,1	106,5	111,8	150,8	166,9	182,5	194,6	190,6	175,6	125,3	114,9	195	895	*	194,6	94,1
1995	115,3	105,5	120,0	151,0	171,5	201,4	222,3	228,8	211,4	183,1	162,0	135,0	229	1164	30,0	228,8	105,5
1996	135,6	135,8	165,9	173,7	229,3	251,3	265,5	273,9	262,1	219,1	183,6	184,0	274	1269	9,0	273,9	135,6
1997	191,0	178,6	202,5	210,2	228,4	275,9	298,9	301,1	277,7	232,0	214,0	225,4	301	1443	13,7	301,1	178,6
1998	225,5	214,7	263,5	244,4	245,6	330,9	356,0	356,6	336,5	281,3	241,6	263,7	356	1788	23,9	356,0	214,7
1999	262,4	244,0	269,8	249,4	250,0	320,4	354,3	377,4	325,6	298,8	261,9	267,2	377	1851	3,5	377,4	244,0
2000	305,6	298,3	319,3	332,4	362,3	411,0	438,2	448,0	425,6	390,5	342,5	332,4	448	2239	21,0	448,2	298,3
2001	360,7	352,9	375,3	399,3	421,3	473,3	502,3	512,8	488,9	451,4	400,1	389,3	513	2579	15,2	513,1	360,7
2002	412,8	404,5	428,3	443,2	477,1	532,3	563,1	574,1	548,9	509,0	454,6	443,1	574	2901	12,5	574,5	412,8
2003	468,8	460,0	485,3	501,1	537,1	595,7	628,4	640,0	613,3	571,0	513,2	501,0	640	3247	11,9	640,5	468,8
2004	528,5	519,1	546,0	562,7	600,9	663,1	697,9	710,2	681,9	636,9	575,6	562,6	710	3616	11,3	710,8	528,5
2005	591,7	581,7	610,3	628,0	668,6	734,7	771,6	784,6	754,6	706,9	641,7	628,0	785	4006	10,8	785,2	591,7
2006	658,5	648,0	678,2	697,1	740,2	810,3	849,4	863,2	831,4	780,8	711,6	697,0	863	4419	10,3	864,0	658,5
2007	728,9	717,7	749,9	769,9	815,6	890,0	931,5	946,1	912,4	858,7	785,3	769,8	946	4855	9,8	946,9	728,9
2008	803,0	791,1	825,2	846,4	894,9	973,7	1017,8	1033,2	997,5	940,5	862,7	846,3	1033	5312	9,4	1034,2	803,0
2009	880,6	868,1	904,2	926,6	978,0	1061,6	1108,3	1124,6	1086,8	1026,4	943,9	926,6	1125	5792	9,0	1125,6	880,6
2010	961,9	948,6	986,8	1010,6	1065,0	1153,6	1203,1	1220,2	1180,3	1116,3	1029,0	1010,6	1220	6294	8,7	1221,4	961,9
2011	1046,8	1032,7	1073,2	1098,4	1156,0	1249,6	1302,0	1320,1	1277,9	1210,2	1117,8	1098,3	1320	6819	8,3	1321,4	1046,8
2012	1135,3	1120,4	1163,2	1189,9	1250,8	1349,8	1405,2	1424,3	1379,7	1308,1	1210,4	1189,8	1424	7366	8,0	1425,7	1135,3
2013	1227,5	1211,7	1256,9	1285,1	1349,4	1454,1	1512,6	1532,7	1485,6	1410,0	1306,8	1285,0	1533	7935	7,7	1534,3	1227,5
2014	1323,2	1306,6	1354,3	1384,1	1452,0	1562,4	1624,2	1645,4	1595,8	1516,0	1406,9	1384,0	1645	8527	7,5	1647,1	1323,2
2015	1422,6	1405,1	1455,4	1486,8	1558,4	1674,9	1740,0	1762,3	1710,0	1625,9	1510,9	1486,7	1762	9141	7,2	1764,2	1422,6
2016	1525,6	1507,2	1560,2	1593,2	1668,7	1791,4	1860,1	1883,5	1828,5	1739,8	1618,6	1593,1	1884	9777	7,0	1886,5	1525,6
2017	1632,2	1612,8	1668,6	1703,3	1782,8	1912,1	1984,3	2009,0	1951,0	1857,7	1730,1	1703,3	2009	10436	6,7	2011,1	1632,2
2018	1742,4	1722,0	1780,7	1817,2	1900,8	2036,7	2112,7	2138,6	2077,7	1979,5	1845,4	1817,1	2139	11117	6,5	2140,9	1742,4
2019	1856,2	1834,7	1896,4	1934,8	2022,6	2165,5	2245,3	2272,5	2208,5	2105,3	1964,4	1934,7	2272	11800	6,3	2274,9	1856,2
2020	1973,5	1950,9	2015,7	2056,0	2148,2	2298,2	2382,1	2410,5	2343,5	2235,1	2087,1	2055,9	2411	12545	6,1	2413,1	1973,5

Tablo A.5 KEPEZ AŞ. normalize edilmiş puan güç değerleri

YIL / AY	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
1990	0	0,004428	0,069373	0,279705	0,585978	0,769004	0,957196	1	0,942435	0,749815	0,478229	0,159114
1991	0,033218	0,082381	0	0,29232	0,30295	0,829126	0,922137	1	0,86633	0,828461	0,245815	0,147489
1992	0	0,067536	0,046209	0,21564	0,329384	0,696682	0,883886	1	0,990521	0,674171	0,330569	0,154028
1993	0,115141	0	0,235721	0,277425	0,692656	0,729828	1	0,897552	0,772439	0,593835	0,271985	0,233001
1994	0,092537	0	0,113433	0,176119	0,564179	0,724378	0,879602	1	0,960199	0,810945	0,310448	0,206965
1995	0,079481	0	0,117599	0,369019	0,53528	0,777778	0,947283	1	0,858881	0,629359	0,458232	0,238848
1996	0	0,001446	0,219089	0,275488	0,677513	0,836587	0,939262	1	0,842372	0,60376	0,347072	0,349964
1997	0,101224	0	0,195102	0,257959	0,406531	0,794286	0,982041	1	0,80898	0,435918	0,28898	0,382041
1998	0,076433	0	0,345364	0,210191	0,218684	0,822364	1	0,997169	0,861996	0,471338	0,190375	0,34678
1999	0,137931	0	0,193403	0,04048	0,044978	0,572714	0,826837	1	0,611694	0,410795	0,134183	0,173913
ortalama	0,063597	0,015579	0,153529	0,239435	0,435813	0,755275	0,933824	0,989472	0,851585	0,62084	0,305589	0,239214



Şekil A.4 KEPEZ AŞ. sistem puant ve minimum güç tahminleri

Tablo A.6 KEPEZ AŞ.Trafo merkezlerinin puan güce katkı tahminleri

YILLAR	Atseki		Alanya-A		Alanya-B		Finike-A		Finike-B		Kemer-A		Kemer-B		Manavgat-A	
	Değer	K.Y.	Değer	K.Y.	Değer	K.Y.	Değer	K.Y.	Değer	K.Y.	Değer	K.Y.	Değer	K.Y.	Değer	K.Y.
1990/ğışustos	1,0	0,79	25,8	20,48			14,8	11,75			21,2	16,83			39,0	30,96
1991/ğışustos	1,3	0,93	28,7	20,55			18,5	13,25			23,2	16,61			43,2	30,93
1992/ğışustos	1,6	1,00	38,6	24,00			19,1	11,88			26,1	16,23			33,0	20,52
1993/temmuz	1,6	0,85	42,8	22,81			21,6	11,51			26,0	13,86			50,7	27,03
1994/ğışustos	1,7	0,87	47,0	24,15			18,9	9,71			32,4	16,65			24,2	12,44
1995/ğışustos	1,7	0,74	48,2	21,07	7,2	3,15	19,6	8,57			23,7	10,36	14,3	6,25	22,2	9,70
1996/ğışustos	1,6	0,58	41,0	14,97	25,2	9,20	21,2	7,74	19,0	6,94	28,2	10,30	10,6	3,87	38,0	13,87
1997/ğışustos	1,7	0,56	43,6	14,48	30,0	9,96	13,3	4,42	19,0	6,31	40,0	13,28	10,5	3,49	44,0	14,61
1998/temmuz	1,8	0,51	32,4	9,10	43,2	12,13	14,5	4,07	27,4	7,70	41,9	11,77	11,6	3,26	50,0	14,04
1999/ğışustos	2,0	0,53	45,8	12,14	44,4	11,76	15,3	4,05	20,3	5,38	45,3	12,00	11,0	2,91	46,0	12,19
2000	2,6	0,58	61,3	13,69	61,9	13,80	22,4	5,01	27,4	6,11	51,0	11,39	12,4	2,78	50,6	11,28
2001	2,9	0,56	68,5	13,35	75,2	14,65	24,5	4,78	30,8	6,00	57,4	11,19	13,8	2,69	55,6	10,83
2002	3,2	0,55	75,0	13,06	88,3	15,38	26,4	4,59	34,0	5,91	63,3	11,02	15,1	2,63	59,9	10,43
2003	3,5	0,54	81,9	12,79	102,6	16,02	28,3	4,42	37,4	5,84	69,6	10,86	16,4	2,57	64,5	10,07
2004	3,8	0,53	89,1	12,54	118,0	16,60	30,3	4,26	41,0	5,77	76,1	10,71	17,9	2,51	69,2	9,74
2005	4,1	0,52	96,7	12,31	134,4	17,12	32,3	4,12	44,8	5,71	83,1	10,58	19,4	2,47	74,2	9,45
2006	4,5	0,52	104,6	12,11	152,0	17,59	34,5	3,99	48,8	5,65	90,3	10,45	21,0	2,43	79,3	9,18
2007	4,8	0,51	112,8	11,91	170,8	18,03	36,7	3,87	53,1	5,60	97,9	10,34	22,6	2,39	84,6	8,94
2008	5,2	0,50	121,3	11,73	190,7	18,44	39,0	3,77	57,5	5,56	105,8	10,23	24,4	2,36	90,1	8,71
2009	5,6	0,50	130,2	11,56	211,8	18,81	41,3	3,67	62,1	5,51	114,0	10,12	26,2	2,32	95,7	8,50
2010	6,0	0,49	139,3	11,41	234,1	19,17	43,7	3,58	66,9	5,47	122,5	10,03	28,0	2,30	101,5	8,31
2011	6,4	0,48	148,8	11,26	257,7	19,50	46,1	3,49	71,8	5,44	131,3	9,94	30,0	2,27	107,4	8,13
2012	6,8	0,48	158,5	11,12	282,5	19,81	48,6	3,41	77,0	5,40	140,4	9,85	32,0	2,24	113,5	7,96
2013	7,3	0,47	168,5	10,98	308,5	20,11	51,2	3,34	82,4	5,37	149,9	9,77	34,1	2,22	119,7	7,80
2014	7,7	0,47	178,9	10,86	335,8	20,39	53,8	3,27	87,9	5,34	159,6	9,69	36,2	2,20	126,0	7,65
2015	8,2	0,46	189,5	10,74	364,4	20,65	56,4	3,20	93,6	5,31	169,6	9,62	38,4	2,18	132,5	7,51
2016	8,7	0,46	200,3	10,63	394,2	20,91	59,1	3,14	99,5	5,28	180,0	9,54	40,7	2,16	139,1	7,38
2017	9,2	0,46	211,5	10,52	425,4	21,15	61,9	3,08	105,6	5,25	190,6	9,48	43,0	2,14	145,8	7,25
2018	9,7	0,45	222,9	10,41	457,8	21,38	64,7	3,02	111,9	5,23	201,5	9,41	45,5	2,12	152,7	7,13
2019	10,2	0,45	234,7	10,31	491,6	21,61	67,6	2,97	118,3	5,20	212,7	9,35	47,9	2,11	159,7	7,02
2020	10,7	0,45	246,6	10,22	526,6	21,82	70,4	2,92	124,9	5,18	224,2	9,29	50,4	2,09	166,8	6,91

Tablo A.6 KEPEZ AŞ. Trafo merkezlerinin puant güce katkı tahminleri (devam)

Manavgat-B		Mancarlık-A		Mancarlık-B		O.Sanayi		Sebest B.		Serik-A		Serik-B		TOPLAM
Değer	K.Y.	Değer	K.Y.	Değer	K.Y.	Değer	K.Y.	Değer	K.Y.	Değer	K.Y.	Değer	K.Y.	
		21,0	16,67	3,2	2,50									126,0
		18,0	12,89	2,6	1,83	4,2	3,01							139,7
		16,0	9,95	2,8	1,74	5,8	3,61			17,8	11,07			160,8
		16,7	8,90	2,7	1,44	7,0	3,73			18,5	9,86			187,6
14,8	7,61	15,1	7,76	2,6	1,34	7,8	4,01	9,1	4,68	21,0	10,79			194,6
24,0	10,49	20,0	8,74	2,6	1,14	9,0	3,93	11,0	4,81	25,3	11,06			228,8
11,8	4,31	22,7	8,29	1,7	0,62	9,2	3,36	13,2	4,82	15,0	5,48	15,5	5,66	273,9
12,0	3,99	22,8	7,57	2,3	0,76	12,5	4,15	13,5	4,48	19,3	6,41	16,6	5,51	301,1
14,0	3,93	25,3	7,11	2,2	0,62	14,8	4,16	35,0	9,83	22,0	6,18	19,9	5,59	356,0
22,5	5,96	19,7	5,22	1,3	0,34	16,0	4,24	39,8	10,55	23,0	6,09	25,0	6,62	377,4
18,4	4,10	27,5	6,13	2,4	0,54	18,8	4,20	38,9	8,69	26,7	5,95	28,1	6,27	448,2
20,0	3,90	30,3	5,91	2,6	0,51	21,8	4,25	47,1	9,19	29,5	5,74	32,7	6,37	513,1
21,4	3,73	32,8	5,71	2,8	0,48	24,6	4,29	55,5	9,65	31,9	5,56	37,0	6,45	574,5
22,9	3,58	35,5	5,54	2,9	0,45	27,7	4,33	64,6	10,09	34,5	5,39	41,7	6,52	640,5
24,6	3,46	38,3	5,38	3,1	0,43	31,0	4,36	74,7	10,50	37,3	5,25	46,8	6,58	710,8
26,3	3,34	41,1	5,24	3,2	0,41	34,5	4,39	85,6	10,90	40,2	5,12	52,1	6,63	785,2
28,0	3,25	44,1	5,11	3,4	0,39	38,2	4,42	97,4	11,27	43,2	5,00	57,7	6,68	864,0
29,9	3,16	47,2	4,99	3,6	0,38	42,1	4,45	110,1	11,62	46,3	4,89	63,7	6,73	946,9
31,8	3,08	50,4	4,88	3,7	0,36	46,3	4,47	123,8	11,97	49,5	4,79	70,0	6,77	1034,2
33,8	3,00	53,7	4,77	3,9	0,35	50,6	4,50	138,4	12,30	52,8	4,69	76,6	6,81	1125,6
35,8	2,93	57,1	4,68	4,1	0,34	55,2	4,52	154,1	12,61	56,3	4,61	83,6	6,84	1221,4
37,9	2,87	60,6	4,59	4,3	0,32	60,1	4,55	170,7	12,92	59,8	4,53	90,9	6,88	1321,4
40,1	2,81	64,2	4,50	4,5	0,31	65,1	4,57	188,4	13,22	63,5	4,45	98,5	6,91	1425,7
42,3	2,76	67,9	4,43	4,7	0,30	70,4	4,59	207,2	13,51	67,2	4,38	106,5	6,94	1534,3
44,6	2,71	71,7	4,35	4,8	0,29	75,9	4,61	227,1	13,79	71,1	4,32	114,7	6,97	1647,1
47,0	2,66	75,5	4,28	5,0	0,29	81,6	4,63	248,0	14,06	75,0	4,25	123,4	6,99	1764,2
49,4	2,62	79,4	4,21	5,2	0,28	87,6	4,64	270,1	14,32	79,1	4,19	132,3	7,02	1885,5
51,8	2,58	83,5	4,15	5,4	0,27	93,7	4,66	293,3	14,58	83,2	4,14	141,6	7,04	2011,1
54,3	2,54	87,6	4,09	5,6	0,26	100,2	4,68	317,6	14,83	87,5	4,08	151,3	7,07	2140,9
56,9	2,50	91,7	4,03	5,8	0,26	106,8	4,69	343,1	15,08	91,8	4,03	161,3	7,09	2274,9
59,5	2,47	96,0	3,98	6,0	0,25	113,7	4,71	369,7	15,32	96,2	3,99	171,6	7,11	2413,1

EK B

THINKS PORGRAMI HAKKINDA BİLGİ

THINKS Logical Designs Consulting Inc. tarafından yapay sinir ağı uygulamaları için geliştirilmiş bir programdır. Windows tabanlı, görsel, kolay kullanım arayüzü ile kullanışlı bir programdır.

Programın sağladığı Yapay Sinir Ağı Ağ yapıları:

Multilayer Normal Feed Forward

Multilayer Full Feed Forward

Total Recurrent

Prior Recurrent

Erman Recurrent

Jordan Recurrent

Cascade

Cascade Recurrent

Hata Tipleri:

Mean Square Error

Mean Absolute Error

Mean Fourth Power Error

Hyperbolic Square Error

Bipolar Hyperbolic Square Error

Cross Entropy Error

Classification Error (Graded)

User Defined (EVALNET)

Girişlere uygulanan işlem:

Mean/Std Deviation

Max Min Preprocessing

Sum to 1 Normalization

Sum of Squares to 1

Yukarıda verilene ek olarak eğitim kümesindeki işleme girecek örneklerin sayısı (batch size) belirlenebilmektedir.

Programda 3 saklı katmana kadar ağ yapısı oluşturulabilmekte böylece çıkış katmanı ile birlikte 5 katmanlı bir ağ yapısı elde edilebilmektedir. Her saklı katmanda kullanılabilir nöron sayısı 0-999 arasında olabilmektedir. Saklı katmanlarda ve çıkış katmanında kullanılacak öğrenme algoritmaları:

- Back Propagation (BPN)
- Quick Propagation (QP)
- Jacobs Enhanced Back Propagation
- Kohonen Winner Take All
- Simulated Annealing (SA)
- Recurrent Back Propagation
- Learning Vector Quantization
- Cascade Correlation
- Solis & Wetts Rand. Opt.
- Simplex Simulated Annealing
- Powell's Optimization (POW)
- Conjugate Gradients (CG)
- Probabilistic Neural Network
- General Regression Neural Network
- Levenberg Marquardt (LM)
- None

Giriş Fonksiyonu:

- Dot Product
- L2 Distance
- L1 Distance
- Quadratic Sum
- Radial Basis Function
- Sigma Pi
- General Regression Sum

Transfer Fonksiyonları:

- Sigmoid
- Bipolar Sigmoid
- Arc Tangent

Bipolar Arc Tangent
Sine
Bipolar Sine
Linear
Threshold Linear
Bipolar Threshold Linear
Threshold
Bipolar Threshold
Gaussian
Cauchy
Winner Take All
Sine Periodic

Bütün öğrenme algoritmalarında öğrenme, momentum ve diğer parametreler belirlenebilmektedir.

Eğitim kümesi ve sınama kümesinin aynı anda işlenmesini ve buradaki hataların, ağırlıkların, girişlerin, çıkışların, sayısal ve grafik olarak değişimleri program koşturulurken izlenebilmekte; iterasyon sayısına veya hataya göre öğrenme durdurulabilmektedir.