

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
ÜRETİM YÖNETİMİ VE PAZARLAMA BİLİM DALI**

**DİNAMİK FİYATLAMA: TÜRKİYE’DE ELEKTRİK
FİYATLAMASI İÇİN BİR MODEL ÖNERİSİ**

**Hazırlayan
Ahmet TÜRKMEN**

**Danışman
Doç. Dr. Mehmet S. İLKAY**

Doktora Tezi

**Kasım 2014
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
ÜRETİM YÖNETİMİ VE PAZARLAMA BİLİM DALI**

**DİNAMİK FİYATLAMA: TÜRKİYE’DE ELEKTRİK
FİYATLAMASI İÇİN BİR MODEL ÖNERİSİ**

(Doktora Tezi)

**Hazırlayan
Ahmet TÜRKMEN**

**Danışman
Doç. Dr. Mehmet S. İLKAY**

**Kasım 2014
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Ahmet TÜRKMEN

İmza:

YÖNERGEYE UYGUNLUK

“DİNAMİK FİYATLAMA: TÜRKİYE’DE ELEKTRİK FİYATLAMASI İÇİN BİR MODEL ÖNERİSİ” adlı Doktora tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Öneresi ve Tez Yazma Yönergesi’ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan
Ahmet TÜRKMEN

Danışman
Doç. Dr. Mehmet S. İLKAY

İşletme Anabilim Dalı Başkanı

Prof. Dr. Osman UNUTULMAZ

Doç. Dr. Sıtkı İLKAY danışmanlığında Ahmet TÜRKMEN tarafından hazırlanan “DİNAMİK FİYATLAMA: TÜRKİYE’DE ELEKTRİK FİYATLAMASI İÇİN BİR MODEL ÖNERİSİ” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

14 / 11 / 2014

Tez savunma sınav tarihi

JÜRİ:

Danışman : Doç. Dr. Mehmet S. İLKAY
 Üye : Prof. Dr. İnci VARİNLİ
 Üye : Prof. Dr. Filiz ÇALIŞKAN
 Üye : Yrd. Doç. Dr. Ahmet HASKÖSE
 Üye : Yrd. Doç. Dr. Celal ÖZTÜRK

g. Sıkay
e. Varinli
Filiz Çalışkan
Ahmet Hasköse
Celal Öztürk

ONAY :

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 21/11/2014 tarih ve 30..... Sayılı kararı ile onaylanmıştır.

21 / 11 / 2014
 Prof. Dr. Lütfullah CEBECİ
 Enstitü Müdürü
 Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ / TEŞEKKÜR

Başta akademik hayata atılmamda bana desteklerini esirgemeyen ve bu yolda beni teşvik eden annem Nigar Türkmen ve babam Prof. Dr. Kerim Türkmen'e,

Tez çalışmam boyunca yol göstericiliği ve emekleri için kıymetli danışmanım Doç. Dr. Mehmet S. İlkay'a,

İdari konularda sağladığı destek için bölüm başkanım Prof. Dr. Osman Unutulmaz'a,

Doktora öğrenimim boyunca hem ders içi hem ders dışı katkıları, açık fikirli tutumları, bana duydukları güven, motive edici destekleri ve olumlu yaklaşımlarından dolayı kıymetli hocalarım Prof. Dr. Mahir Nakip, Prof. Dr. Filiz Çalışkan ve Yrd. Doç. Dr. Ahmet Hasköse'ye,

Tezde yapılan uygulamalarda gösterdikleri katkıdan dolayı Yrd. Doç. Cüneyt Dumrul ve Uzm. Sabri Güngör'e,

Tez yazım sürecinde geç saatlere kadar benle çalışarak manevi desteklerini esirgemeyen ve beni daha çok çalışmaya teşvik eden aziz dostlarım Doç. Dr. Ayşe Aslıhan Çelenk ve Yrd. Doç. Dr. İnanç Özekmekçi'ye,

Erciyes Üniversitesinde bulunduğum süre boyunca edindiğim ve her türlü olumsuzlukta yanımda olmaya gayret eden dostlarım ve meslektaşlarım Arş. Gör. Haluk Aytekin ve Arş. Gör. S. Çağrı İlkay'a,

Odamı benle paylaşma zorluğuna olgunlukla katlanan oda arkadaşım Arş. Gör. M. Emin Gül'e

teşekkürlerimi sunarım.

Ahmet TÜRKMEN

Kayseri - 2014

DİNAMİK FİYATLAMA: TÜRKİYE’DE ELEKTRİK FİYATLAMASI İÇİN BİR MODEL ÖNERİSİ

Ahmet TÜRKMEN
Erciyes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü
Doktora Tezi, Kasım 2014
Danışman: Doç. Dr. Mehmet S. İLKAY

ÖZET

Modern toplumun gereksinimleri doğrultusunda elektriğin her geçen gün daha çok talep edilmesi kaçınılmaz hale gelmiştir. Bu artan talep aynı zamanda yeni yönetsel problemleri de beraberinde getirmektedir. Bu problemlerden biri ve belki de en önemlisi, elektrik enerjisinin dağıtım öncesinde fiyatlamasının tam isabetli olarak yapılamamasıdır.

Bu problemin çözümünde, üretilen elektriğin etkin olarak kullanılabilmesi ve bunun sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi için üretilen elektriğin piyasa talebiyle tam olarak örtüşmesi gerekmektedir. Stoklanamayan bir ürün olan elektrik enerjisinin üretimi ile tüketimi arasında bir tampon olmaması, bu ürünün üretimiyle tüketiminin neredeyse eş zamanlı olarak yapılması gerekliliğini doğurmaktadır. Bu alış verişin etkin olması, elektrik enerjisi arzının piyasa talebine eşit olmasına bağlıdır. Arz ile talep arasındaki bu denge saatlik olarak sağlanabilmelidir.

Gelir yönetimi çerçevesinde üretilen elektrik enerjisinin doğru fiyatlanması problemine dinamik fiyatlamayla çözüm üretilebilmektedir. Bu problemin çözümünde farklı illerin hava sıcaklıkları, döviz kurları ve tarihi verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tür bir çalışmada yüksek sayıda veriyle çalışılması zorunludur. Piyasadaki arz talep dengesinin oluşabilmesi ise gün öncesi piyasasında elektrik üreten kuruluşların öngörülen miktarda ve belirlenen fiyatlardan elektrik üretmeye hazır olmalarına bağlıdır.

Gelir yönetimi çerçevesinde elektriğin dinamik olarak fiyatlanması problemi için etkin bir çözüm yöntemine izin veren bir model oluşturulması bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır. Problemin karmaşık yapısından dolayı makul sürelerde denge piyasasında oluşan fiyatlara en yakın fiyatları verebilecek bir modelin buna uygun bir metotla çalışması gerekmektedir. Bu tez çalışmasında geliştirilen model, bir yapay sinir ağı kullanılarak çalıştırılmış, elde edilen sonuçlar farklı ağ yapıları, alternatif model veri

setleri ve alternatif uygulamalarla karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalarda seçilen illerin ortalama sıcaklığını içeren veri setini barındıran modelin Türkiye ortalaması sıcaklıklarını içeren veri setinin performansından daha yüksek performans ortaya koyduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Dinamik fiyatlama; Gelir yönetimi; Yapay sinir ağları; Enerji fiyatlaması.

**DYNAMIC PRICING: A MODEL STUDY FOR ELECTRICITY PRICING
IN TURKEY**

Ahmet TÜRKMEN
Erciyes University, Graduate School of Social Sciences
Ph. D. Dissertation, November 2014
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Mehmet S. İLKAY

ABSTRACT

Due to necessities of the modern society, increasingly need for electric energy has become inevitable. Those necessities also bring new managerial problems with them. One of the most important problems in the subject can be shown as accurately pricing electricity before delivery.

In order to solve this problem, produced electric energy has to be used efficiently and has to meet the market demand precisely. Because there can be no stock buffer between production and consumption of electric energy, the production and consumption has to be simultaneous. Efficiency of this interaction depends on the equity of market supply and demand sides. The equilibrium between supply and demand has to be satisfied on a hourly basis.

The problem of correctly pricing the electric energy, under revenue management considerations, can be solved by dynamic pricing methods. In solution phase, various cities weather temperature values, foreign exchange rates, and historical data are required. In such research, working with a high number of data is inevitable. Reaching the equity of market supply and demand depends on electricity producing organizations' readiness to produce electricity from prices decided in the day ahead market.

Aim of this study is to provide a model that offers an efficient model to the problem of dynamically pricing electricity under revenue management considerations. Due to the complex nature of the problem, the model that would return to the closest possible values that occur in the equity market has to be worked by using a suitable method. In this study, the provided model is worked with artificial neural networks, results are compared with other networks with different configurations, alternative model databases, and alternative applications. In this study, the model with selected cities

database is found more successful in comparison with the model with Turkey average daily temperature values.

Key Words: Dynamic pricing; Revenue management; Artificial neural networks; Energy pricing.

İÇİNDEKİLER

DİNAMİK FİYATLAMA: TÜRKİYE’DE ELEKTRİK FİYATLAMASI İÇİN BİR MODEL ÖNERİSİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK.....	i
YÖNERGEYE UYGUNLUK	ii
ONAY	iii
ÖNSÖZ / TEŞEKKÜR	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
KISALTMALAR	xi
TABLolar LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xiii
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

LİTERATÜR İNCELEMESİ: FİYATLAMA, GELİR YÖNETİMİ VE DİNAMİK FİYATLAMA

1.1. FİYATLAMA.....	11
1.2. ENERJİNİN FİYATLANMASI	13
1.2.1. Doğalgaz Fiyatlaması.....	13
1.2.2. Elektrik Fiyatlaması	15
1.3. DİNAMİK FİYATLAMA.....	22

İKİNCİ BÖLÜM

ELEKTRİK PİYASASI, TÜRKİYE ELEKTRİK PAZARI

VE

PAZAR ANALİZLERİ

2.1. ELEKTRİK PİYASASI	40
2.2. TÜRKİYE ELEKTRİK PAZARI	45
2.3. PEST ANALİZİ	49
2.3.1. Politik Faktörler	50
2.3.2. Ekonomik Faktörler	51
2.3.3. Sosyokültürel Faktörler	52
2.3.4. Teknolojik Faktörler	53
2.4. PORTER’IN 5 GÜCÜ ANALİZİ	54
2.4.1. Alıcıların Gücü	54
2.4.2. Tedarikçilerin Gücü	56

2.4.3. İkame Tehditleri.....	58
2.4.4. Pazara Giriş Engelleri	59
2.4.5. Sektör İçi Rekabet.....	61

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

YAPAY SİNİR AĞLARI

3.1. ZAMAN SERİLERİ.....	63
3.2. YAPAY SİNİR AĞLARI.....	66

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

TÜRKİYE PAZARINDA YSA KULLANARAK ELEKTRİĞİN FİYATLANMASI İÇİN BİR MODEL ÖNERİSİ

4.1. VERİLERİN TOPLANMASI	76
4.2. VERİLERİN İLİŞKİLENDİRİLMESİ	79
4.3. VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	82
4.4. ÖNERİLEN MODEL.....	88
4.5. MODELİN FARKLI YAPAY SİNİR AĞI KURULUMLARINDA GÖSTERDİĞİ PERFORMANS.....	91
4.6. MODEL SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	96
SONUÇ.....	98
KAYNAKLAR.....	100
EKLER.....	113
ÖZGEÇMİŞ	119

KISALTMALAR

ARIMA	: Otoregresif Entegre Hareketli Ortalama
ARMA	: Otoregresif Hareketli ortalama
AWNN	: Adaptif Dalgalı Sinir Ağı
DGP	: Denge Piyasası
DINAMO	: Dinamik Envanter Tahsisat ve Sürdürme Optimizasyonu
EDAŞ	: Dicle Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
EPRI	: Elektrik Gücü Araştırma Enstitüsü
EÜAŞ	: Elektrik Üretim Anonim Şirketi
GARCH	: Genel Otoregresif Durumsal Heterosedastisti
GÖP	: Gün Öncesi Piyasası
GZP	: Gerçek Zamanlı Piyasa
İSKİD	: İklimlendirme, Soğutma, Klima İmalatçıları Derneği
KCETAŞ	: Kayseri ve Civarı Elektrik Türk Anonim Şirketi
MAD	: Ortalama Mutlak Sapma
MAPE	: Mutlak Ortalama Hata Yüzdesi
MSE	: Ortalama Karekök Hata
PEST	: Politik, Ekonomik, Sosyokültürel, Teknolojik analiz
PMUM	: Piyasa Mali Uzlaştırma Merkezi
RMSE	: Karesel Ortalama Hata
SSE	: Toplam Karekök Hata
TCMB	: Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası
TEDAŞ	: Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TOU	: Kullanım Süre Zarfı (Time of Use)
TRY	: Türk Lirası
USD	: Amerikan Doları
YSA	: Yapay Sinir Ağı / Yapay Sinir Ağları

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1. Metodolojik çerçeve özeti.....	7
Tablo 2. Dinamik fiyatlama literatür değerlendirmesi özet tablo	39
Tablo 2.4.1. Alıcıların gücü özet tablosu	55
Tablo 2.4.2. İkame tehdidi özet tablosu	58
Tablo 2.4.3. Pazara giriş engelleri özet tablosu	59
Tablo 4.2.1. Veri seti (kesit)	79
Tablo 4.2.2. Veri seti son satır (kesit)	81
Tablo 4.2.3. Veri seti son sütun (kesit).....	81
Tablo 4.3.1. Günlük fiyat ortalamaları (kesit)	84
Tablo 4.3.2. Deney veri seti (kesit).....	85
Tablo 4.4.1. Yeni veri seti başlangıç satır ve sütunları (kesit)	89
Tablo 4.4.2. Yeni veri seti bitiş sütunları (kesit).....	89
Tablo 4.4.3. YSA Pseudo Kodu.....	90
Tablo 4.5.1. Türkiye ortalama günlük sıcaklıkları veri seti model sonuçları.....	92
Tablo 4.5.2. Seçilen büyük şehirler veri seti model sonuçları.....	94
Tablo 4.5.3. Türkiye bütün iller veri seti model sonuçları	95
Tablo 4.6.1. Uygulanan modellerin performans kıyaslamaları	97

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Sosyal bilimlerde tümevarım – tündengelim ilişkisi.....	4
Şekil 2.1.1. Monopolistik elektrik pazarı modeli.....	42
Şekil 2.1.2. Entegre satın alım acentası elektrik pazarı modeli	43
Şekil 2.1.3. Entegre olmayan satın alım acentası elektrik pazarı modeli.....	43
Şekil 2.1.4. Toptancı elektrik pazarı modeli.....	44
Şekil 2.1.5. Perakende rekabet elektrik pazarı modeli	44
Şekil 2.4.1. Porter’ın 5 gücü şeması.....	54
Şekil 3.2.1. Doğrusal (Linner) fonksiyon.....	69
Şekil 3.2.2. Sigmoid fonksiyon.....	70
Şekil 3.2.3. Hiperbolik fonksiyon	70
Şekil 3.2.4. İleri beslemeli yapay sinir ağı şeması.....	71
Şekil 3.2.5. Geri beslemeli yapay sinir ağı yapısı.....	72
Şekil 4.5.1. Türkiye ortalama günlük sıcaklıkları veri seti model sonuçları grafiği.....	93
Şekil 4.5.2. Türkiye ortalama günlük sıcaklıkları veri seti model sonuçları grafiği (kesit)	93
Şekil 4.5.3. Seçilen büyük şehirler veri seti model sonuçları grafiği.....	94
Şekil 4.5.4. Seçilen büyük şehirler veri seti model sonuçları grafiği (kesit).....	95

GİRİŞ

Modern yaşamın gereksinimleri ve zorunlulukları elektrik tüketimini kaçınılmaz hale getirmektedir. Elektrik enerjisinin kullanımı bir lüks değil, hem pek çok iş kolu hem günlük yaşam açısından bir mecburiyet olduğundan bu ürünün arzı talep miktarını değil, elektriğe olan talep arz büyüklüğünü belirlemektedir. Bu problemin çözümünde, üretilen elektriğin etkin olarak kullanılabilmesi ve bunun sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi için üretilen elektriğin piyasa talebiyle tam olarak örtüşmesi gerekmektedir. Stoklanamayan bir ürün olan elektrik enerjisinin üretimi ile tüketimi arasında bir tampon olmaması, bu ürünün üretimiyle tüketiminin neredeyse eş zamanlı olarak yapılması gerekliliğini doğurmaktadır. Bu alış verişin etkin olması, elektrik enerjisi arzının piyasa talebine eşit olmasına bağlıdır. Arz ile talep arasındaki bu denge saatlik olarak sağlanabilmelidir. Bu durum da elektrik enerjisinde her geçen gün daha yeni ve daha etkili fiyatlama yöntemlerine gereksinim duyulmasına yol açmaktadır. Enerji kullanımının hem piyasalara hem günlük yaşama bu denli etki ettiği günümüzde, depolanamayan bir enerji olan elektrik enerjisinin dinamik olarak fiyatlanması da kesintileri ve/veya israfı önlemek açısından büyük önem taşımaktadır.

Çalışmanın temel iddiası ise yapay sinir ağları yardımıyla oluşturulacak olan bir dinamik fiyatlama modelinin günümüz koşullarıyla yapılmakta olan gün öncesi piyasası fiyatlamalarından daha adil ve daha yakın sonuçlar ortaya çıkararak mevcut durumdan daha iyi bir fiyatlama performansı elde edilebileceğidir. Bu doğrultuda, çalışmanın temel amacı; yapay sinir ağları kullanarak gün öncesi piyasasında denge piyasasına mevcut durumdan daha yakın sonuçlar elde etmek olarak belirlenmiş, bunun yanı sıra altı adet de yan amaç belirlenmiştir. Bu yan amaçlardan ilki elektrik piyasası ve bu piyasayı diğer pazarlardan ayrı kılan karakteristik özelliklerinin incelenip açıklanmasıdır. Bunun için literatür taramasının yanı sıra mantıksal çözümlemelere de yer verilmiştir. İkinci alt amaç olarak fiyatlama, enerjinin fiyatlaması ve dinamik fiyatlama kavramlarının araştırılıp tezin konusuyla ilişkilendirilmesi belirlenmiştir. Tezin üçüncü alt amacı ise çalışılan konuda yapılan literatür taramasının temel

işletmecilik analizleriyle de birleştirilerek pratikteki durumun teorideki bilgilerle bütünlüştirilmesine katkıda bulunmaktadır. Dördüncü alt amaç, fiyatlama ve fiyat tahmininde kullanılan geleneksel yöntemlerle yapay sinir ağlarının karşılaştırılmalı olarak tartişılması, tezin önerdiği yöntemin güçlü ve zayıf yanlarının bilimsel ve pragmatik olarak karşılaştırılmasıdır. Tezin beşinci alt amacı ise elektriğin Türkiye pazarı özelinde dinamik olarak fiyatlanması için gerekebilecek teknik verilerin detaylı olarak seçilip toplanması, çalışmaya faydalı olabilecek ancak erişilemeyen yahut toplanmayan veri türlerinin tespit edilmesi ve bu sayede aynı konuyu daha ileride çalışmayı planlayan akademisyen ve profesyoneller için bir çerçeve hazırlanması olarak belirlenmiştir. Tezin altıncı alt amacı ise hem mevcut duruma hem de ileriye yönelik çözümler ve önerilerde bulunarak elektriğin dinamik fiyatlanması konusunda farkındalığın artırılmasına katkıda bulunmaktadır.

Bu tez çalışması her ne kadar akademik bir doktora tez çalışması olsa da farklı paydaşlar için farklı anlamlar ifade etmektedir. Tezin ana konusu ve birincil muhatabı göz önüne alınacak olunursa çalışmanın ilk olarak akademik öneminden bahsetmek gerekmektedir. Çalışılan konu örnek pazarı ele alışı açısından yeni bir bakış sunmaktadır. Daha önce yapılmış olan çalışmalardan farklı olarak bu tezde sıcaklık verileri ülke genel sıcaklığının yanı sıra farklı kriterlere göre ayrılmış bölgesel sıcaklıkları da göz önünde bulundurduğundan akademik alanda elektriğin dinamik olarak fiyatlanması anlayışına yeni bir bakış açısı katmaktadır. Buna ek olarak sıcaklık değerleriyle döviz kuru ve tatil – iş günü verilerinin de eklenmesi tezin özgünlüğünü artırmakla beraber akademik literatüre elektriğin dinamik fiyatlamasının modellenmesi açısından yeni bir yöntem de önermektedir. Çalışmanın konusu her ne kadar spesifik de olsa içinde hem fiyatlama, hem üretim yöntemleri, hem finansal bilgiler, hem de araştırma yöntemleri açısından sosyal bilimler içerisinde bir yönetim bilimi olan işletme biliminin pek çok unsurunu barındıran bütüncül bir tez oluşturulmaya gayret edilmiştir. Tez bu yönüyle yöneticilik bilimi içerisindeki bütüncül çalışmaların yaygınlaşması adına da katkıda bulunmuştur.

Tezden fayda sağlayacağı hesaplanan paydaşlardan bir diğer i ise tezin konusu olan pazarın bizzat kendisidir. Diğer pazarların büyük çoğunluğundan farklı olarak elektrik pazarındaki en önemli konu en yüksek fayda veya ortalama olarak en yüksek karı sağlamak değer; dengeli, isabetli ve istikrarlı bir pazara sahip olmaktır. Özetlemek

gerekirse, tezin maksadı mevcut gün öncesi piyasasından daha az hata yapan bir dinamik fiyatlandırma modeli önerebilmek olduğundan pazarın kendisi bu tezin önemli paydaşlarındandır.

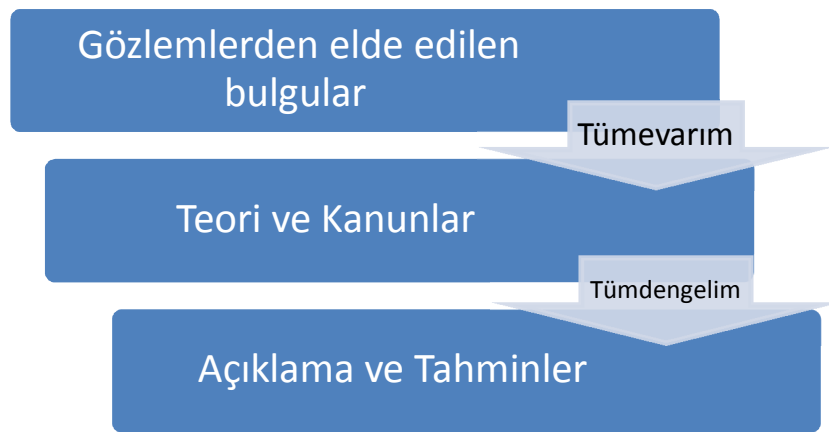
Çalışmanın bir diğer önemi ise gelir yönetimi perspektifinde fiyatlandırma ve dinamik fiyatlandırma konularında dikkate değer bir literatür özeti içermesidir. İleride bu konuları çalışmak isteyen müstakbel bilim insanları için bu tez güvenilir bir kaynak olarak değerlendirilebilecektir.

Çalışmanın konusu, günümüzde kaçınılmaz olarak ihtiyaç duyulan elektrik enerjisinin pazar ve ekonomik koşullar içinde dinamik olarak fiyatlandırmasının modellenmesidir. Modelin uygulanmasında elektrik enerjisi gün öncesi piyasası fiyatlarıyla denge piyasası fiyatları esas alınmıştır. Enerji pazarları içerisinde elektrik piyasası seçilmiş ve Türkiye özelinde çalışılmıştır. Tезin temelini oluşturan dinamik fiyatlandırma ve söz konusu pazarın koşulları gereği bu çalışmada saatlik denge piyasa verileri kullanılmıştır. Bu bağlamda tez içerisinde öncelikli olarak “*dinamik fiyatlandırma*” kavramı üzerinde durulmuş, yöntemleri irdelenmiş, pazarın ve sektörün özellikleri tanıtılmış ve elde bulunan bilgiler, araştırma sonucu ortaya çıkarılan veriler ve de bilimsel yöntemler aracılığıyla bir model oluşturulmuştur. Oluşturulan ve yapay sinir ağları aracılığıyla çalıştırılan bu modelde elektriğin fiyatının saatlik olarak doğru tahmin edilebilmesi için hem var olan modellerin belirli özellikleri hem de özgün öğeler kullanılmıştır. Elektriğin denge piyasasındaki saatlik fiyatlarının öngörülmesi için ülkenin ortalama sıcaklığı değil, seçilen şehirlerin günlük ortalama sıcaklıkları kullanılmıştır. Bunun yanı sıra çalışmanın konusu olan pazarda elektrik enerjisinin üretimi önemli miktarda doğal gazla bağlı olduğundan ve bu ürünün büyük kısmı yurt dışından Amerikan Doları karşılığında alındığından modele günlük Amerikan Doları – Türk Lirası kapanış değerleri de eklenmiştir. Mevsimsellik etkisi, günün belirli saatlerinin etkisi, iş günü – tatil etkisi ve bir önceki yılın aynı günü, saati, ayı gibi etmenlerin de elektriğin fiyatının oluşmasında etkili olmalarından dolayı modele eklenmişlerdir. Deneysel olarak geliştirilen ağdan çıkan sonuçlara göre ise kullanılan modelle Gün Öncesi Piyasasındaki 23,51 olan ortalama yüzde hata değeri 20,81’e kadar indirilmiştir. Bu sonuç saat başına ortalama yaklaşık 4 Türk Lirası daha düşük hatayı ifade etmektedir.

Bilimsel araştırmalardaki en önemli konulardan biri tezin çalışılması ve takip edilmesinin kolaylaştırılması açısından doğru metodolojinin kullanılmasıdır. Tez konusu ve amaçları belirlendikten sonraki adım bunlara uygun metodolojik yapının ortaya konmasıdır. Temel olarak iki farklı metodolojik felsefeden bahsedilebilir. Bunlar pozitivism ve olguculuk olarak gösterilebilir. Bu felsefelerden hangisinin daha iyi olduğu tartışmasına verilen cevap ise “farkı konularda birbirlerinden iyidirler” şeklindedir (Saunders, Lewis ve Thornhill, 2007). Bu durum, seçilecek olan felsefenin çalışma konusu ve amaçlarına göre belirlenmesi gerektiği durumunu ortaya koymaktadır. Pozitivist felsefe, sosyal bilimlerde bir durumun ardındaki nesnel gerçekliklerle ilgilenirken olgucu felsefe ise insan davranışının araştırmacı gözünden değerlendirilmesine dayalıdır (Hussey ve Hussey, 1997).

Bu çalışmanın konusu kişisel çıkarımlara değil, objektif gözlemlere dayandığından araştırma felsefesi olarak pozitivism daha uygun görülmüştür. (Gill ve Johnson, 2002)

Araştırma felsefesinden sonra metodolojinin sonraki adımı araştırma yaklaşımı belirlemek olmuştur. Araştırma yaklaşımları tümevarım ve tümdengelim olarak ikiye ayrılmaktadır (Saunders, Lewis ve Thornhill, 2007). Her zaman için öyle olmasa da genellikle tümevarımcı yaklaşım pozitivismle, tümden gelim ise olguculukla daha iyi uyum sağlamaktadır (Chalmers, 1982).



şekil 1. Sosyal bilimlerde tümevarım – tümdengelim ilişkisi

Genel kabul olarak gözlemlenebilir gerçekliklerin bir araya getirilmesiyle kanun ve teori benzeri sonuçlar ortaya çıkarılması sürecine tümevarım, kanun ve teoriler yardımıyla açıklamalar ortaya atma sürecine ise tümden gelim denmektedir (Chalmers, 1982, s.6).

Araştırmada model desteğiyle objektif gözlemlerden yola çıkarak belirli bir kural dizisi belirlenerek çalışıldığından ve buna yönelik araçlar kullanıldığından, (Ghauri ve Gronhaug, 2005) tümevarımcı bir yaklaşım seçilmiştir. Tümevarım yönteminin seçilmesinin bir diğer sebebi ise tez çalışmasının kantitatif verilerle sürdürülmüş olmasıdır.

Çalışmada gözlemlenebilir verilerin belirli bir kural oluşturması ve ölçülebilir sonuçlar ortaya çıkarması nedeniyle tümdengelimci yaklaşım bu çalışma için uygun bulunmamıştır. Çalışmanın ele aldığı konu elektrik fiyatlarının toplumsal olarak algılanması ve bu durumun kişisel olarak yorumlanmasını değil, belirli bir yöntem ve belirli araçlar kullanarak daha az hata yapan bir yöntem geliştirilmesi olması sebebiyle tümevarımcı bir araştırma yaklaşımı kullanılmasına karar verilmiştir.

Araştırma felsefesi ve araştırma yaklaşımının belirlenmesinden sonraki adım ise araştırma tasarımı seçimi olarak ortaya çıkmıştır. Araştırma tasarımı yalnızca hangi veri ve tekniklerin kullanılması değil, aynı zamanda söz konusu araştırma için ne şekilde delillere ihtiyaç duyulacağının belirlenmesi ve bu delilleri uygun şekilde yorumlamaya yönelik genel bir kurulum oluşturulması anlamına gelmektedir (Saunders, Lewis ve Thornhill, 2007, s119). Bir başka deyişle, araştırma tasarımı, çalışmanın amacına ne şekilde ulaşılabileceğinin tasarlanması anlamına gelmektedir. Araştırma tasarımı genel olarak keşfedici, tanımlayıcı ve açıklayıcı olarak üçe ayrılmaktadır (Saunders, Lewis ve Thornhill, 2007, s133).

Tez çalışmasının konusu elde edilen veriler yardımıyla elektriğin dinamik fiyatlamasının ne şekilde mevcut durumdan daha isabetli bir şekilde yapılabileceğiyle ilgilendiğinden bu çalışma tanımlayıcı veya açıklayıcı değil, keşfedici bir çalışma olarak düşünülmelidir. Bir başka deyişle çalışma var olan bir durumla ilgili yorum yapma veya tanı koyma değil, yeni bir bakış veya yöntem geliştirme çabası içerdiği için araştırma tasarımı keşfedici olarak belirlenmelidir (Robson, 2002).

Araştırma stratejisi, yapılan bir araştırmanın yürütülmesinde kullanılan taktiklerin bir araya geldiklerinde oluşturdukları genel görünümü tarif etmektedir. Strateji; deney, anket, vaka çalışması, yerleşik teori, etnografi ve arşiv araştırmaları gibi yöntemleri içermektedir. Araştırma konusuna göre seçilen her stratejinin kendine has zorlukları ve

fırsatlarının yanı sıra yine kendine has avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır (Bell, 2005).

Bu çalışma belirli bir ülkedeki belirli bir pazarda seçilmiş bir olay üzerine yapılandırılmıştır. Türkiye pazarı özelinde elektriğin dinamik fiyatlandırılması çalışıldığından bu durum tek bir olgunun detaylı bir şekilde araştırılmadan ortaya çıkarılamayacak yönlerini ortaya koyması bakımından bir vaka çalışması olarak stratejilendirilmiştir (Denscombe, 2005). Araştırma stratejisi bir vaka çalışması olarak belirlenmiş olmakla beraber bu çalışma bir konuyla ilgili varsayımlarda bulunmakta, aynı zamanda ortaya atılan model yardımıyla kantitatif olarak bir deneme sunmaktadır.

Belirli bir problemin derinlemesine araştırılması ve özellikle bir konuya yoğunlaşması açısından da araştırma stratejisinin vaka çalışması olması uygundur (Bell, 2005). Aynı zamanda vaka çalışmaları “neden?”, “nasıl?” ve “ne?” sorularına daha detaylı cevaplar verdikleri için keşfedici bir tasarımla daha uyumludurlar (Yin, 2003).

Her araştırma stratejisinin kendine has artıları ve eksileri olduğundan vaka çalışmaları için bu avantaj ve dezavantajlardan bahsedilmesinde de fayda vardır. Vaka çalışmalarının avantajlarından bahsedilecek olunursa, ilk olarak bir tek konuda derinlemesine çalışmaya müsait olmaları gösterilebilir. Bunun yanı sıra vaka çalışmaları birden fazla araştırma metodunun kullanılmasına da elverişlidir. Vaka çalışmaları, ele alınan vakaya bağlı olarak birden çok veri tipinin kullanılmasına da müsaittir. Bu stratejinin araştırmacı üzerinde koşulları değiştirme veya kontrol etme yönünde bir baskı oluşturmaması da vaka çalışmalarının avantajlı yönlerinden biridir. Vaka çalışmalarının bir diğer avantajı ise teori oluşturma ve teori test etme süreçlerinin etkin olarak kullanılabilmesinden kaynaklanmaktadır. Özetlenecek olunursa, çalışılan konunun derinlemesine ele alınmasının gerekliliği, birden çok metodun karşılaştırılmasının istenmesi, birden çok veriyle çalışılıyor olması, gözlemler ve koşulların değiştirilme ihtiyacının olmayışı ve aynı zamanda ortaya çıkarılan neticenin test edilebilirliği açısından vaka çalışması stratejisi bu tezin araştırma konusuyla uyumludur.

Dezavantajları sıralanacak olunursa vaka çalışmaları tek bir konuyla ilgilendiğinden genellemelerinin güvenilirliği tartışmalı olabilmektedir. Bunun yanı sıra vaka çalışmalarının spesifik bir konuya yönelmesi zaman zaman çalışma sonuçlarının soyut

bilgi olarak algılanmasına sebep olmaktadır. Seçilen vakanın kendine has koşulları problemin net olarak tanımlanabilmesini zorlaştırmaktadır. Vaka çalışmalarının bir diğer dezavantajı ise bu tarz araştırmaların gözlemci etkisine tabi olabilmesinden kaynaklanmaktadır. Tez çalışması göz önüne alındığında bu dezavantajları tek tek irdelemek gerekmektedir. Genellemelerin güvenilirliği her ne kadar bu çalışmada da bir sorun gibi görünmekte olsa da daha yakından bakıldığında böyle bir sorunun yaşanmasının çok olası görülmediğini belirtmek gerekmektedir. Çalışılan vaka gereği kullanılan verilerin bir kısmı genellemeyi zorlaştırmakta olsa da benzer veriler kullanılarak farklı pazarlarda aynı yöntemin izlenmesinin önünde bir engel yoktur. Modele dahil edilen şehirlerden olan Diyarbakır ilinin 2010-2013 yıllarını kapsayan dönemdeki ortalama günlük sıcaklıkları başka bir pazardaki elektrik fiyatlarını etkilemeyecektir ancak araştırılan pazarı etkileyecek olan farklı bir bölgenin sıcaklığının kullanılmasının önünde bir engel bulunmamaktadır. İkinci olarak vaka çalışmalarının sonuçlarının soyut bilgi olarak algılanması da bu tez çalışmasına uygulanamayacak bir genellemedir. Çünkü model sonucunda elde edilen sonuçlar soyut veriler değil, ölçülebilir, sayısal kavramlardır ve belirli performans kriterleriyle test edilebilmektedir. Öte yandan çalışma konusunun kısıtları veri toplama ve verilere ulaşma konusunda belirli alanlarda sıkıntılara sebep olsa da genel anlamda var olan verilere ulaşılmasında yalnızca gecikme gözlemlenmiştir. Hem üzerinde çalışılan veriler, hem de elde edilen sonuçlar ölçülebilir ve test edilebilir veriler olduğundan gözlemci etkisinden de zarar görmekten uzaktır.

Çalışmanın metodolojik özellikleri Tablo 1’de özet halinde gösterilmiştir.

Tablo 1. Metodolojik çerçeve özeti

Araştırma Felsefesi	Pozitivist
Araştırma Yaklaşımı	Tümevarım
Araştırma Tasarımı	Keşfedici
Araştırma Stratejisi	Vaka Çalışması
Çalışılan Veri Türü	Sayısal – Kantitatif Veriler

Haftanın gününe, günün iş günü olup olmamasına, mevsime, Amerikan Doları – Türk Lirası paritesine ve günün saatine göre yüksek dalgalanmalar gösteren elektrik fiyatlarının gelir yönetimi çerçevesinde dinamik olarak satlık fiyatlanması konusu geniş ve detaylı bir veri seti gerektirmektedir. Çalışmada bu verilerin bir kısmı tutulmadığından çalışma bu veriler olmadan sürdürülmüştür ve bu durum çalışmanın kısıtlarını oluşturmaktadır. Saatlik olarak fiyatlanan elektrik fiyatları için saatlik talep verileri modelin isabetini daha da yükseltecek verilerdir ancak bu veriler tutulmadığından ulaşılamamıştır. Bunun yanı sıra Amerikan Doları – Türk Lirası verileri ve sıcaklık verileri de günlük olarak tutulduğundan modele saatlik olarak eklenememiştir.

Tezin takip edilirliliğini artırmak için ise tezin dört bölümde ele alınmasına karar verilmiştir. Tezin bütünlüğü ve ilgi sıralaması açısından her kendinden önce ve sonra gelen bölümlerle bağlantısı kısa bilgiler halinde sunulmuş, bilimsel yöneme özen gösterilmiştir. Tezin ilk bölümü fiyatlama, gelir yönetimi ve tahmin konularında literatür taraması ve bilimsel çerçevede konunun incelenmesine ayrılmıştır. Bu bölümde ilk olarak fiyatlama konusunun genel prensipleri izah edilmiş, literatürden örnek çalışmalar ve fiyatlamının teorik altyapısıyla ilgili temel bilgiler sağlanmıştır. Bölümün devamında, fiyatlama prensipleri çerçevesinde enerjinin fiyatlanmasıyla ilgili literatür taramasına yer verilmiş, geçmiş çalışmalardan örnekler sunulmuştur. Aynı kısımda elektrik özelinde enerjinin fiyatlanmasıyla ilgili bilgiler sunulduktan sonra konuyla ilgili geçmişte yapılan çalışmalar hakkında bilgi verilmiş, bu çalışmaların tez konusu ve yöntemiyle yakınlık ve benzerlikleri tartışılmıştır. Bölümün son başlığı altında ise dinamik fiyatlama ve fiyat tahmini kavramları hakkında bilimsel altyapının yanı sıra konuyla ilgili çalışmalara yer verilmiştir.

Tezin ikinci bölümünde teze konu olan piyasa mekanizması ele alınmıştır. İlk olarak elektrik piyasası, bu piyasanın karakteristik özellikleri ve kendine has koşulları hakkında bilgiler sunulmuştur. Bu kısımda elektrik pazarının genel koşulları hakkında temel bilgiler önceki çalışmalar ve güncel durum da tartışılarak incelenmiştir. Bölümün devamında Türkiye’deki elektrik pazarı hakkında bilgi verilmiştir. Söz konusu pazarın özgün yapısı bilimsel çerçevede ele alınmıştır. Elektrik pazarı ve Türkiye örneğinin açıklanmasının ardından bilimsel bütünlük sağlanması ve bölüm içinde verilen temel bilgilerin sınıflandırılıp detaylandırılabilmesi için bölüme temel işletmecilik

analizlerinden PEST analizi ve Porter'ın 5 Gücü de eklenmiştir. PEST analizinde Türkiye'deki elektrik pazarına etki eden faktörler tartışılmıştır. İlk olarak söz konusu analiz gereğince Türkiye'deki elektrik pazarıyla ilgili politik ve yasal konular hakkında bilgi verilmiştir. Analiz, piyasanın ekonomik açıdan ele alınmasıyla devam etmiş, hem Türkiye'nin ekonomik gelişimiyle ilgili kısa bilgiler verilmiş, hem de Türkiye elektrik pazarının ekonomik perspektiften ele alınması sağlanmıştır. Analizin üçüncü boyutu olarak ise Türkiye'deki elektrik piyasasının yapısını etkileyen sosyokültürel faktörler üzerinde durulmuştur. Ülkelerin sosyokültürel yapısının enerji tüketim alışkanlıkları ve Türkiye'deki sosyokültürel yapının elektrik pazarıyla olan ilişkisinden bahsedilmiştir. Analizin son kısmında ise teknolojik değişimlerin pazardaki etkisi tartışılmıştır. Bölümdeki ikinci analiz olan Porter'ın 5 gücü analizi ise Türkiye'deki elektrik pazarındaki yönetsel erki konu almakta ve pazarla ilgili derinlemesine bilgi sunmaktadır. Bu analizin ilk basamağında piyasaya yeni girecek olan muhtemel oyuncuların oluşturduğu tehdit ele alınmış, konuyla ilgili yasal ve mantıksal kısıtlamalardan bahsedilmiştir. Analizin ikinci basamağı ise sağlayıcıların piyasa üzerindeki pazarlık gücünü konu alır. Üçüncü basamakta ikame tehdidi tartışılmış, hem sağlayıcının hem de söz konusu hizmetin ikame edilip edilemeyeceği konuları tartışılmıştır. Analizin dördüncü basamağı, satın alıcıların piyasadaki pazarlık gücünü incelemektedir. Beşinci ve son basamak olarak ise sektördeki rekabetçi davranışı konu almaktadır.

Tezin üçüncü bölümü fiyatlama ve fiyat tahminiyle ilgili teorik bilgilere ayrılmıştır. Bu bölüm tezin yöntem ve uygulama hakkında teknik bilgiler sunması açısından tezin ampirik temelini oluşturmaktadır. Bu bölümde ilk olarak zaman serileri ve benzer fiyat oluşturma yöntemleri üzerinde durulmuş, bu yöntemlerle ilgili genel bilgilerin yanı sıra bu yöntemin elektrik pazarındaki uygulamalarına literatürden örnekler de sunulmuştur. Bölümün sonraki kısmı yapay sinir ağlarıyla ilgili teorik bilgi ve uygulama örneklerine ayrılmıştır. Bu kısımda yapay sinir ağlarıyla literatürden çalışmalara da yer verilmesinin yanı sıra yapay sinir ağlarının başarı kriterleriyle ilgili bilgiler de verilmiştir.

Dördüncü bölüm ise tez uygulamasında kullanılan verilerin incelenmesine ayrılmıştır. Dört kısma ayrılan bu bölümde veri elde etme süreci, verilerin ilişkilendirilmesi, verilerin değerlendirilmesi ve tartışılması, son olarak da tezde çalışılan model önerisi üzerinde durulmuştur. Verilerin elde edilme süreci kısmında hangi verilerin hangi

kurum veya kaynaklardan toplandığının açıklanmasının yanı sıra veri toplama süreci hakkında da bilgiler verilmiştir. Kurumlardan istenen bilgiler, kurumların sağladıkları ve sağlayamadıkları veriler ve bu süreçteki yazışmalar hakkındaki bilgiler bu kısımdadır. Bölümün ikinci kısmında ise elde edilen verilerin modelle ve birbirleriyle ne şekilde ilişkili oldukları açıklanmıştır. Bu kısımda verilerin modele dahil olup olmamalarına karar verilme sürecinde kullanılan yöntem ve analizler açıklanmış, söz konusu süreç hakkında sağlanan bilgiler literatürden örneklerle de desteklenmiştir. Üçüncü kısım ise ikinci kısmın tamamlayıcı bir özeti şeklinde ortaya çıkmaktadır. Verilerin ilişkilendirildikten sonra kendi aralarında değerlendirilmesi ve model oluşumuna katkıları bu kısımda ele alınmıştır. Dördüncü bölümün son kısmında ise tezin konusu olan model önerisi tarif edilmiştir. Bu kısım açıklanırken bir önceki bölümdeki yapay sinir ağlarıyla ilgili bilgilere de atıfta bulunulmuştur. Modelin performansının ve başarısının hangi kritere göre değerlendirileceği de mantıksal çerçevede bu bölümde anlatılmıştır.

Bu bölümde aynı zamanda tezin konusu olan model ve sonuçlara ayrılmıştır. Kullanılan modelin sonuçlarının yanı sıra bu sonuçların ne anlama geldiği tartışılmış, denenen ağ yapıları ve modellerin önerilen modelle performans ve sonuç açısından karşılaştırmasına yer verilmiştir. Bu kısımda aynı zamanda model sonuçlarının belirlenen performans kriterine göre gün öncesi piyasası verileriyle mukayesesi yapılmıştır. İkinci kısımda zaman serisi yöntemlerinin bazılarıyla önerilen modelin performansının karşılaştırmasına da yer verilmiştir. Bölümün son kısmı ise ileriye yönelik uygulama önerilerine ayrılmıştır. Özellikle ulaşılamayan bir takım verinin ileriye dönük yapacağı katkı bu bölümde tartışılmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

LİTERATÜR İNCELEMESİ: FİYATLAMA, GELİR YÖNETİMİ VE DİNAMİK FİYATLAMA

Tezin bu bölümünde fiyatlama ve gelir yönetimi kavramlarıyla ilgili literatür bilgisine yer verilmiş, daha sonra Enerjinin fiyatlaması konusu ele alınmıştır. Enerjinin fiyatlanması literatür incelemesi sonucunda elde edilen bulgular çerçevesinde doğalgaz fiyatlaması ve elektrik fiyatlaması şeklinde iki başlık altında ele alınmıştır. Bölümün son kısmında ise dinamik fiyatlama ve tahminleme ilgili literatür incelemesine yer verilmiştir.

1.1. FİYATLAMA

Fiyatlama, en basit anlamıyla tüketicilerin bir ürün veya hizmete sahip olmak için ödemesi gereken fiyatın belirlenmesi demektir (Kotler, 2003). Pazarlama karmasının bir üyesi olan fiyat, bu karmada yer alan 4P'nin gelir sağlayan tek P'si konumundadır. Kotler ve Armstrong'a göre, fiyatlama ideal satış fiyatının belirlenmesiyle başlayıp hedef maliyetlerin bu fiyata uygun hale getirilmesiyle devam etmektedir. Bu durum fiyatlama stratejisinin pazar konumlamasına göre değişebileceğini göstermektedir.

Fiyatlama kararları, dahili ve harici faktörlere göre şekillenmektedir. Dahili faktörler söz konusu ürün ve/veya hizmetleri sunan organizasyonun kendi bünyesini etkileyen faktörlerken, harici faktörler genel itibariyle pazara yöneliktir. Pazar hedefleri, pazarlama karması stratejisi, maliyetler ve kurumsal kararlar fiyatlama kararlarını etkileyen dahili unsurlardır. Harici faktörlere örnek olarak ise pazarın ve talebin doğası, rekabet ve diğer çevresel faktörler gösterilebilir (Kotler, 2003, 348).

Pazarlama karmasından ayrı, bağımsız olarak düşünmek gerekirse, fiyatlama her bir satıcının belirli soruları cevaplayarak vermek zorunda olduğu temel bir karardır (Talluri ve Van Ryzin, 2005). Van Ryzin ve Talluri doğru fiyatlama kararını “Fiyatların doğru

olmasını istersiniz; potansiyel müşterilerinizi ürkütmeyecek kadar düşük, potansiyel karınızı yok etmeyecek kadar yüksek” şeklinde özetlemektedirler (Talluri ve Van Ryzin, 2005, s1). Ürün ve/veya hizmet satan her birey ve/veya kuruluş, fiyatlama kararı verirken satışın ne zaman yapılacağı, birim başına hangi fiyatın isteyeceği ve gerektiğinde fiyatların ne zaman düşürülmesi gerektiği gibi sorulara cevap aramak zorundadır. Bu sorulara cevap aranırken ilk göze çarpan bu cevapların bir takım belirsizlikler altında araştırılması zorunluluğudur. Bu durum yalın olarak fiyatlama olarak adlandırılmamaktadır, çünkü yöneticiler yalnızca fiyatları değil, bulundukları piyasadaki belirsizliği de yönetmek durumundadırlar. Bu uygulamaya literatürde “hasıla yönetimi”, “fiyatlama ve gelir yönetimi”, “gelir süreç optimizasyonu”, “talep yönetimi” ve “talep zinciri yönetimi” gibi isimler verilse de, bu çalışmada “gelir yönetimi” adıyla ele alınmaktadır.

Gelir yönetimi her ne kadar köklerini Adam Smith’in “Görünmez El” eserinden alsada, bazı yönleriyle geleneksel fiyatlama anlayışından farklıdır. Bu farklılık “talep yönetimi” veya “fiyatlama” süreçlerindeki bir yenilikten değil, bu süreçlerin yapılış şekline kaynaklanmaktadır. Bu yaklaşım tarzı iki farklı yenilik sayesinde ortaya çıkmıştır. Bu yenilikler, ekonomi ve yöneylem araştırmasındaki bilimsel gelişmeler ve yeni teknolojinin kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Çünkü, dinamik fiyatlamayı da içeren gelir yönetimi uygulamaları karmaşık ve büyük verilerin birbirleriyle ilişkilendirilerek işlenmesi olmadan mümkün olmayacaktır.

Gelir yönetiminin başlangıcı, Amerikan Sivil Havacılık Dairesi’nin havayolları fiyatları üzerindeki kontrolünü sınırlandıran 1978 “Havacılık Serbestleştirme Kanunu” olarak gösterilmektedir. Bu kanunun en önemli yanı, havacılık organizasyonlarının Amerikan Sivil Havacılık Dairesi’nin onayı olmadan hizmet, takvim ve fiyat değişikliği yapmalarının önünü açmasıdır. Bu yeni gelişme, daha önceden iktisat bilminde fiyat için belirlenen arz-talep anlayışına yeni bir boyut kazandırmıştır. Ürün ve kullanıcı temelli fiyatlandırmadan ilk dinamik fiyatlamaya geçiş, üçüncü boyut olan zaman boyutunu da fiyatlama çerçevesine dahil etmekle başlamıştır ve dinamik fiyatlamanın ilk uygulaması olan “DINAMO” ortaya çıkmıştır.

Özet olarak, gelir yönetiminde fiyatlama yapılırken yalın fiyatlamaya ek olarak tüketici davranışları, dış faktörler ve zaman faktörlerin de dikkate alınmaktadır.

1.2. ENERJİNİN FİYATLANMASI

Fiyatlaması Gelir yönetimi kapsamında yapılan pek çok sektör bulunmaktadır. Bunlara havayolları, oteller, kiralık araç, medya ve yayıncılık, doğalgaz, elektrik, tur operatörleri, şans oyunları, gemicilik, demiryolları, taşımacılık, sinema ve spor etkinlikleri gibi alanlar örnek olarak verilebilir. Bu kısımda enerjinin gelir yönetimi kapsamında fiyatlanması incelenmiştir. Bu perspektifle enerjinin fiyatlanması göz önüne alındığında bu alan doğal gaz ve elektrik fiyatlaması olarak ikiye ayrılabilir.

1.2.1. Doğalgaz Fiyatlaması

1980'lerin ortalarında Amerika Birleşik Devletleri'nde ilk örnekleri görülen serbestleştirme hareketleriyle beraber doğalgaz sektörü uzun vadeli kontratlardan spot piyasaya doğru yönelmeye başlamıştır. Yerel dağıtım şirketlerini de içine alan bu durum, sonuç olarak fiyatlarda ve talepte yüksek dalgalanmalara sebep olmuştur. Pazarı yeniden şekillendiren bu gelişme, üç kademeli bir sağlayıcı tasarımı sunmuştur. Bu tasarımda en tepede üretici, onun altında toptancılar ve onların altında da yerel dağıtım şirketleri bulunmaktadır.

Konuyla ilgili akademik çalışmalar da reel sektördeki gelişmelerle paralellik göstermektedir. Bishop, Graham ve Jones (1984), makalelerinde fosil yakıt piyasasındaki dalgalı fiyat ve talebin hem sektör, hem de firmalar üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Bu çalışmaya göre farklı pazarlama ve fiyat stratejilerinin farklı koşullarda birbirine üstünlük sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.

Aynı konuda Masten ve Crocker (1985) bir çalışma yapmış, bu çalışmada uzun vadeli kontratlardan bahsedilmiştir. Fiyatlamada henüz gelir yönetiminin bu yıllarda tam oturmaya başlamadığı da çalışmanın uzun vadeli kontratlamayı önermesi ve bunun üzerine kurallar koyma çabası delil olarak gösterilebilir. Yöntem açısından her ne kadar gelir yönetimini içermese de, cevap vermek istediği sorular bakımından literatüre katkıda bulunmuş bir çalışma olan bu makale de yüksek dalgalanma ve fiyatlama kararları üzerinde durmuştur.

Mulherin (1986), ise makalesinde ilk olarak piyasadaki fiyat ve talep dalgalanmalarının yanı sıra endüstri ve pazardaki yüksek karmaşıklık ve belirsizliğe dikkat çekmiştir. Hubbard ve Weiner (1986), da makalelerinde doğal gaz piyasasındaki uzun vadeli kontratlama anlayışını incelemiş ve hem fiyat hem minimum satın alma konuları üzerinde belirsizlik koşulları altında verilen kararları tartışmışlardır. Bu çalışmalara göre, doğalgazın fiyatlanmasındaki belirsizliklerin ortadan kaldırılması için kontratlama uygulamasının faydalı olacağı sonucuna ulaşılmıştır.

1990'a gelindiğinde, Hubbard ve Weiner'ın (1990) makalesinden de anlaşılacağı gibi, hala tam olarak gelir yönetimi anlayışı benimsenmemiş ancak; çalışma 1950'lerin verilerinden yola çıkılarak yapıldığından ve ilk belirlenen fiyatla piyasada oluşan fiyatların farklı olmasıyla ilgilenen bir çalışma olduğundan yeni bir bakış açısı ortaya çıkmıştır. Bunu destekler nitelikte olan bir diğer çalışma da King ve Cuc'ın (1996), araştırmalarıdır. Kuzey Amerikan doğalgaz pazarının fiyat yakınlaşmalarının incelendiği bu çalışma, zamana dayalı değişimler gösteren piyasa hareketlerinin varlığından bahsetmekte ve 1980'lerin ortalarından beri yapılan serbestleştirme hareketlerinin doğal sonuçlarını tartışmaktadır. Araştırmacılar bu çalışmalarında pazarın 1990'lı yıllardaki kısıtlarına tabi olduklarını ancak yeni serbestleştirme ve teknolojik gelişmeler neticesinde yeni bir fiyatlama anlayışının gerekliliğine dikkat çekmişlerdir. Sonuç olarak ise tek bir Kuzey Amerika doğalgaz pazarından bahsetmek için henüz erken olduğu sonucuna ulaşmışlardır. 1980'lerin ortalarında başlayan serbestleştirme hareketleri dünyanın diğer ülkelerinde de takip edilmiş, Golombek, Gjelsvik ve Rosendahl (1995), makalelerinde aynı serbestleştirmenin Avrupa Ülkelerinde uygulanması halinde uzun vadede fiyat açısından daha kararlı bir pazara sahip olup %15-%20 arası bir refah artışı sağlanabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Doğalgaz fiyatlama çalışmaları 2000'li yıllara gelindiğinde gelir yönetimi anlayışını daha belirgin bir şekilde benimsemeye başlamıştır. Joskow ve Kahn (2001), makalelerinde belirli bir zaman aralığında ortaya çıkan gelir yönetimi ve fiyatlama hareketlerini incelemişler. Çalışmalarında elektriğin fiyatlanmasındaki temel etmenlerin doğalgaz fiyatları, talep ve ihracat koşulları olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Bu çalışmada sonuç olarak hem doğalgaz hem elektrik pazarının kendine has davranış şekilleri olduğu sonucuna ulaşmışlar, her pazarın ayrı ayrı kendi koşullarıyla incelenmesi gerekliliğini ortaya koymuşlardır. Bu çalışmanın ortaya koyduğu

prensipieri destekler nitelikte bir diğeri alışma, Mu'nun (2007), makalesi olarak gösterilebilir. Bu çalışmada hava koşulları, depolama becerileri ve depo kapasitesi gibi etmenler kullanılarak Amerika Birleşik Devletleri ulusal doğal gaz pazarındaki temel etmenler ve fiyat dalgalanmaları üzerinde durulmuştur. Çalışmada sonuç olarak günlük ve anlık etmenlerin dalgalanma üzerinde etkili olduğu neticesine varılmış, örneğin pazartesi günleri dalgalanmaların daha yüksek olduğu yargısına ulaşılmıştır. Lai, Margot ve Secomandi (2010), ise makalelerinde bir dinamik programlama yaklaşımı denemiş, doğal gaz stok dalgalanmaları üzerinde durmuşlardır. Periyodik optimizasyon bakış açısının gelir yönetimi anlayışında kullanıldığı bir Monte Carlo simülasyonunu da içeren makalede çıkan sonuçların optimuma yakın olduğu, ayrıca bu sonuçların metal ve petrol gibi ürünler üzerinde de uygulanabilir neticeler verdiği sonucuna varılmıştır.

1.2.2. Elektrik Fiyatlaması

Enerji piyasasının bir alt dalı olan elektrik pazarına bakılacak olursa, Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa Birliği lkelerinin 1990'ların ortalarından itibaren yapılan değişikliklerle bu konunun gelir yönetimi kapsamında ele alınmaya başlandığı söylenebilir. Her ne kadar günümüzde uluslar arası elektrik piyasalarında belirgin bir gelir yönetimi uygulaması bulunmasa da, piyasa özellikleri nedeniyle uzun zamandan beri risk ve talep yönetimi konularında geniş bir literatür bulunmaktadır. Bu nedenle elektrik pazarının da gelir yönetimi kapsamındaki uygulamalara yakın bir gelecekte geçebileceği söylenebilir. Talluri ve Van Ryzin'in da belirttiği gibi, üretim ve iletim kapasiteleri nispeden sabit olmakla birlikte, elektriğe olan talep ve dolayısıyla fiyatlar mevsim, sıcaklık, haftanın günü ve günün belirli saatlerine göre dalgalanmalar göstermektedir (Talluri ve Van Ryzin, 2005, s552).

Elektriğin fiyatlanması anlamında en etkili serbestleştirmeler genellikle üretim, dağıtım ve perakende şirketlerinin birbirinden ayrılması, dolayısıyla daha rekabetçi bir pazar oluşturulması amacıyla yapılmıştır.

Yapılan bu değişiklikler ve serbestleştirmeler sonucunda; elektrik toptan satış piyasası dinamik ve pazar bazlı gelir yönetimine doğru kayarken, kanun koyucuların belirlediği mevzuat dolayısıyla perakende elektrik satış fiyatları büyük ölçüde sabit kalmıştır. Bu sebeple kurulan EPRI (Elektrikler Gücü Araştırma Enstitüsü "*Electric Power Research Institute*") elektrik enerjisi fiyatlamasında gelir yönetimi konusuyla yakından

ilgilenmeye başlamış olup elektrik yükü tahminlerini de hava tahmini raporlarına göre düzenlemeye başlamıştır. (Talluri ve Van Ryzin, 2005)

Elektriğin gelir yönetimiyle fiyatlaması konusuyla ilgili yapılan araştırma ve çalışmalardan ilki, Atkinson'ın (1979) makalesi olarak gösterilebilir. Bu çalışmada günün farklı saatleri için farklı fiyat uygulamalarının kullanımı ilk kez bilimsel bir çerçevede ele alınmış, dönemsellik etkisi ve hava durumunun etkileri üzerinde durulmuştur. Çalışmada birbirini takip eden mevsimlerin trendi takip etmesinin yanı sıra benzerlikler de gösterdiği ve gün içi sıcaklıkların da fiyatlar üzerinde etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Caves ve Christensen'in (1980), makalesi de Atkinson'ın öne sürdüğü iddiaları destekler niteliktedir. Bu çalışmada ek olarak pik saatlerde ve pik dışı saatlerde ortaya çıkan tüketim davranışları incelenmiştir. Bu iki çalışmanın ortak yönü ise tüketim davranışlarının fiyata göre esastikiyet gösterebileceği iddiası taşımalarıdır.

Munashinge (1981), çalışmasında dönemin elektrik fiyatlama yöntemlerinin üzerinde durmuştur. Çalışmasında tarifelerin öneminden bahsederken aynı zamanda uzun vadede marjinal maliyetle ilgili çıkarımlarda bulunmuştur. Dönemin elektrik fiyatlama prensip ve uygulamalarını incelediği çalışmasında sonuç olarak yeni bir felsefeyle talebin mümkün olduğunca arza uydurulması gerektiği sonucuna varmıştır. Öte yandan, Schweppe, Caramanis ve Tabors (1985)'te makalelerinde bunun tam tersi bir sonuca ulaşmışlardır. Talebin hava koşulları ve elektrik kesintileri gibi olaylardan etkilendiği ve talebin hava koşulları ve elektrik kesintilerine uydurulamayacağını yaptıkları sayısal örnekte de göstermiştir. Benzer şekilde, Aigner'ın (1985) çalışması da benzer bir sonuç ortaya koymuştur. Çalışmada TOU (Time of Use) fiyatlamasının mevcut piyasa koşullarında mümkün olmadığı, bir başka deyişle talebi arza uydurmaktansa arzı talebe göre ayarlamak gerektiği sonucuna varılmıştır.

Joseph G. Hirschberg (1989), çalışmasında yaptığı çıkarımlarla literatüre farklı bir yönden katkıda bulunmuştur. Hirschberg, çalışmasının sonuç kısmında elektriğe olan talebin saatten saate değiştiğini göstermenin yanı sıra bu kaymaların demografik yapıyla da ilgili olduğunu ileri sürmüştür. Bu bilgiler yorumlanacak olunursa, farklı demografik yapıdaki yerleşim birimleri birbirinden farklı talep davranışları göstermesi beklenebilir.

Bunun yanı sıra Woo'nun (1990), makalesi modern anlamda elektrik piyasalarının davranışına daha yakın bir yaklaşım içermektedir. Bu makalede daha faydalı veya daha

karlı bir fiyatlama yöntemindense daha istikrarlı bir fiyatlama yöntemi araştırılmış, netice olarak elektrik pazarında başa baş noktasının ancak belirsizliğin olmadığı durumda ulaşılabilceği sonucuna varılmıştır. Bu sonuç da elektrik piyasasında talebin arza göre değil, arzın talebe göre şekillenmesi gerektiğini gösteren bir başka delil olarak sunulabilir.

Sembitzky'nin (1992), çalışması da literatürün gelişimi açısından kayda değer sonuçlar önermiştir. Dönemin elektrik fiyatlama uygulamalarının incelendiği ve yeni kavramların tartışıldığı çalışmada netice olarak elektrik piyasasının kendine has yapısından dolayı klasik marjinal maliyet yaklaşımının özellikle gelişmekte olan pek çok ülkede felakete yakın sonuçlar verebileceği sonucuna ulaşılmıştır. Buna ek olarak, çalışmada tepkisel fiyatlama ve akıllı fiyatlama isimleriyle geçen dinamik fiyatlama yöntemlerinin elektrik piyasası için daha uygun yöntemler olduğu görüşü benimsenmiştir.

Aubin ve diğerleri (1995), tekrar talebi arza uydurmayı hedefleyen bir çalışma yapmışlarsa da, makalelerinin sonuç kısmında bahsettikleri gibi hem verilerin yetersizliği hem de fiyat elastikiyetinin tam olarak ölçülememesinden dolayı çalışmalarından savlarını destekleyen güvenilir sonuçlar alınamamıştır.

90'lı yılların ikinci yarısına geçildiğinde ise bekleneceği gibi akademik alanda da elektriğin fiyatlanması konusunda gelir yönetimi anlayışına doğru bir hareket gözlemlenmektedir. Joskow'un (1997), makalesi buna bir örnek olarak sunulabilir. Bu çalışmada daha başarılı bir model arayışı olmakla beraber fiyatlama yöntemleri üzerinde de durulmuş, sonuç olarak yapılan düzenlemelerle ilgili öngörülere yer verilmiştir. Çalışmada piyasa düzenlemelerinden sonra gelir yönetimi çerçevesinde fiyatlama stratejileri izlenmesinin hem rekabet hem de pazarın dengesi açısından zorunlu hale geleceği sonucuna ulaşılmıştır. Buna paralel olarak aynı yıl yayınlanan bir başka makalede Henley ve Peirson (1997), hava sıcaklığı ve elektrik talebi arasındaki ilişkiyi bilimsel olarak ele alarak fiyatlamının da bu duruma tabi olması gerektiğinden bahsetmiştir. Sonuçlar kısmında ise kısa vadede elektriğe olan talebin değerlendirilebilmesi açısından sıcaklığın önemli bir değişken olduğu sonucunun yanı sıra günün her saati için eşit beklentinin geçerli olmadığı da ortaya konmuştur.

Bahsi geçen düzenlemelerin ardından oraya çıkan yeni durumu araştıran makalelerden biri de Rudkevich, Duckworth ve Rosen'in (1998), çalışmasıdır. Bu çalışmada çok

sayıda sağlayıcının olduğu durumlarda dahi elektrik fiyatının kısa vadeli marjinal maliyetin üzerinde kaldığı ve mevcut uygulamaların yeni bir fiyatlama mekanizması olmadan yetersiz kalacağı sonucuna ulaşılmıştır. Aynı yıl, Wang ve Ramsay'in (1998), çalışması yeni bir fiyatlama yaklaşımı arayışına cevap verme yönünde atılmış ilk adım olarak gösterilebilir. Çalışma, hafta sonu ve resmi tatilleri de hesaba katarak elektrik piyasasında gelir yönetimi anlayışında modelleme açısından bir yenilik sunmaktadır. Bu tezin önerdiği modelde de çalışma günler ayrı, tatil günleri ayrı gösterilmiştir. Bu makale, tez çalışmasında model geliştirme aşamasında modele girmesi gereken veriler seçilirken referans alınan önemli makalelerdendir. Makale hem yapay sinir ağlarının kullanımı hem de iş günü – tatil ayrımı içermesiyle yöntem açısından tezde de benimsenen bir yaklaşım önermektedir.

Elektrik pazarının serbestleşmesini takip eden süreçte, incelenen makalelerden de anlaşılacağı gibi, talebi arza uyarlama anlayışı terk edilip arzı talebe uyarlama anlayışı benimsenmiş, bu durum da piyasadaki talebin doğasını anlama ve tahmin edebilme gereksiniminin artmasına yol açmıştır. Bu yönde yapılan çalışmalardan bir başkası da Kirschen ve diğerlerinin (2000), makalesidir. Makalede pazar yapısının elektriğe olan talebe etkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre elektrik pazarı farklı saatlerde farklı tepkiler vermektedir.

2000'li yıllara gelindiğinde ise gelir yönetimi açısından sonraki günün fiyatlarının isabetli tahmin edilebilmesinin önemi kavranmış, akademik çalışmalar daha çok bu hususta yoğunlaşmaya başlamıştır. Nogales ve diğerlerinin (2002), makalesi dinamik regresyon ve transfer fonksiyon modelleriyle İspanya ve Kaliforniya'daki elektrik pazarını konu almıştır. Saatlik verilerle çalışması yönünden tez çalışmasına da benzeyen bu makalede haftanın günleri için ayrı ayrı ortalama hatalar incelenmiştir. Çalışmada belirli haftalar seçilmiş, her iki modelde de %5 civarı hata farkı ortaya çıkmıştır. Aynı araştırmacılar aynı pazarları bir yıl sonra yayınlanan makaleleriyle (Nogales vd, 2003) yeniden incelemiş, ancak bu kez bir ARIMA yöntemi denenmiştir. Aynı başarı kriterlerinin kullanıldığı bu makalede ortalama hata %10'a yakın çıkmıştır. Makaledeki problemli alanlardan biri de çalışmanın hataları günlük olarak değerlendirmesidir. Bir başka deyişle, önerilen yöntemin her saat için ne kadar hata yaptığındansa gerçek fiyatlarla modelin fiyatlarının günlük ortalamaları temel almasıdır.

Zaman serisi modellerinin popülerlik kazanmasının ardından bu alanda yapılan çalışmalar da artmış, Cuaresma vd, (2004) bir ARMA modelini makalelerinde çalışmışlardır. 16 Haziran 2000'den 15 Ekim 2001'e kadar olan zaman aralığının çalışıldığı makalede başarı kıstası olarak bu tezde de kullanılan MAE (ortalama mutlak hata) kullanılmış, başarılı sonuçlar elde edilmiştir. 29 farklı oto regresyon modelinin incelendiği bu çalışmada en iyi MAE değeri ortalaması 20.33 £ olan gözlem aralığında 2.57 £ olarak bulunmuştur. Bir başka deyişle, ortalama mutlak hata, fiyat ortalamasının %13'ü kadardır.

Gonzalez, San Roque ve Garcia-Gonzalez de (2005), makalelerinde İspanya pazarını çalışmışlardır. Yapay sinir ağı temelli çalışmalarında Markov zinciri yöntemini denemişlerdir. Çalışmalarında başarı kriteri olarak MAPE yani ortalama mutlak hata yüzdesi kullanan araştırmacılar %16 gibi başarılı bir sonuç elde etmeyi de başarmışlardır. Bu sonuç haftanın günlerini ayrı ayrı değerlendiren bir yapay sinir ağı modelinin bu tür çalışmalarda ne kadar faydalı sonuçlar verebileceğini göstermektedir.

Öte yandan Garcia ve diğerleri (2005), makalelerinde bir GARCH modelini ARIMA ile kıyaslarken yine İspanya ve Kaliforniya pazarları ele alınmıştır. Haftalık ortalama hataların başarı kriteri olarak kabul edildiği çalışmada GARCH yöntemi ARIMA'ya kıyasla daha başarılı sonuçlar vermiş, elektrik pazarında sonraki günün fiyatlarının tahmini için GARCH modellerinin ARIMA modellerinden daha uygun bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır. 2005 yılında yapılan bir diğer çalışma ise Conejo ve diğerlerinin (2005), makalesidir. Bu makalede de ARIMA ile otoregresif olmayan modller karşılaştırılırken 2002 yılı İspanya verileri kullanılmıştır. Yine haftalık yüzdelik hatanın kullanıldığı bu çalışmada Wavelet-ARIMA yönteminin yalın ARIMA'dan daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

2005 tarihli yayınlardan bir başkası da Cartea ve Figueroa'nın (2005), çalışmasıdır. Bu çalışmada da tezde olduğu gibi tarihi veriler kullanılmış ancak bu veriler aylık, çeyreklik ve mevsimlik olarak belirlenmiştir. Farklı olarak bu makale daha çok bir risk yönetimi çalışmasıdır. Çalışmada mevsimsel etkilerin göz önünde bulundurulması ve arzın bu etkilere düzenlenmesinin riski azaltacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Aynı yıllarda tezin konusundan farklı olmakla birlikte elektrik pazarında gelir yönetimine ilişkin farklı çalışmalar da bulunmaktadır. Borenstein (2005), makalesinde

gerçek zamanlı fiyatlamanın rekabetçi bir elektrik piyasasında faydalı olduğunu ortaya koymuştur.

Yapay sinir ağlarının kullanımının ve uygulamalarının yaygınlaşmasıyla beraber akademik alanda elektriğin fiyatlanmasında yapay sinir ağı çalışmaları 2005 yılından sonra artış göstermeye başlamıştır. Mandal, Senjyu ve Funabashi (2006), makalelerinde 1-6 saat arası ileri tahmin yapmışlardır. Bu çalışma, bir sonraki saat ve sonraki 6 saati tahmin etmeye yönelik bir yapay sinir ağı çalışması olduğundan gün öncesi ve denge piyasası gibi formel verilerin tam anlamıyla kullanılmasına müsaade etmemekle beraber saatlik yük ve fiyat verilerinin elde olduğu durumlarda sonraki saat için %10 civarı bir MAPE değerine, 6 saat sonraki tahmin için ise %20'lik bir MAPE değerine ulaşmıştır. Makalede kullanılan verilerin tez verilerine kıyaslandığında eksikleri olmakla birlikte en önemli avantajı tezde kullanılamayan elektrik yükü verilerine erişimin sağlanmış olmasıdır.

2006 yılında yayınlanan bir diğer makalede ise N. Amjady (2006), yapay sinir ağlarına bulanıklık da eklemiş, bu alanda yeni bir yaklaşım denemiştir. Başarı kriteri olarak haftalık ortalama hata kullanan Amjady, bulanıklığın yapay sinir ağlarında ARIMA'dan daha iyi sonuçlar verdiği sonucuna ulaşmıştır.

Geman ve Roncoroni'nin (2006), makalesi ise daha çok elektrik fiyatlarının yapısı üzerinde durmuş, teorik bir literatür değerlendirmesi olarak da algılanabilecek bir çalışmayla teorik literatüre katkıda bulunmuştur.

Huisman, Huurman ve Mahieu (2007), ise saatlik veriler üzerinde çalışmış ve panel veri kullanımının da elektrik pazarında gelir yönetimine uygun olduğu neticesine varmışlardır. Bu çalışma ise Avustralya, Yeni Zelanda ve Birleşik Krallık gibi ülkeler arasında çaprazlama bir fiyat çalışması olması yönüyle özgün bir çalışmadır. Li ve diğerleri (2007), çalışmalarında FIS, LSE ve bu ikisinin karması olan yöntemler denemiş, LSE yönteminin en iyi performansı gösterdiği sonucuna ulaşmışlardır.

Yapay sinir ağlarının elektrik piyasasında gelir yönetimi üzerine uygulamalarına bir diğer örnek ise Pao'nun (2007), makalesidir. Bu makalede araştırmacı yapay sinir ağının başarısının yanı sıra kıyasla daha kısa ve uzun zaman kısıtlarında da yapay sinir ağının performansını karşılaştırmış, olumlu sonuçlar elde etmiştir. Sonuçları RMSE,

MAE ve MAPE kriterlerine göre yorumlayan Pao, 2002 – 2005 yılları arasında 1096 günlük veri kullanmış, sonuçları sonraki hafta, iki hafta sonra, üç hafta sonra, bir ay sonra ve üç ay sonra şeklinde ayırmıştır. Farklı zaman aralıkları kullanarak oto regresyonla yapay sinir ağını kıyaslaması bakımından farklı bir makale olmakla beraber, sonraki günün her saati değil, günlük ortalama fiyatları çalışmasından dolayı kıyasla daha zayıf bir çalışma olduğu da ileri sürülebilir.

Mandal ve diğerleri (2007), çalışmalarında yapay sinir ağlarından faydalanmış, ancak Pao gibi onlar da günlük verilerle çalışmışlardır. Çalışmalarında başarı kistası olarak MAE'yi kullanan araştırmacılar hafta içi için günlük ortalama 5\$ civarı bir iyileştirmeye ulaşmışlardır.

Yapay sinir ağlarının elektrik piyasasında gelir yönetimi alanındaki örneklerinin yoğun olduğu bir yıl olan 2007 yılındaki bir diğer çalışma da Catalao ve diğerlerinin (2007), çalışmasıdır. Levenberg-Marquardt algoritmasının kullanıldığı çalışmada İspanya örnek pazarı kullanılmış, performans ölçütü olarak MAPE belirlenmiş, mevsimlere göre %5 ile %14 arası sonuçlar elde edilmiştir. ARIMA ile karşılaştırılan sonuçlarda yapay sinir ağlarının her mevsim için yaklaşık ortalama %1 daha iyi performans gösterdiği gözlemlenmiştir.

Yapay sinir ağlarının elektrik fiyatlamasında kullanımına bir diğer örnek, Pindoriya, Singh ve Singh'in (2008), makalesidir. Yine İspanya pazarının çalışıldığı bu makalede AWNN yönteminin Wavelet-ARIMA, MLP ve Bulanık yapay sinir ağlarına kıyasla haftalık ortalama hata kriterlerine göre daha iyi performans gösterdiği sonucuna varılmıştır. Bu çalışmada incelenen örnek olayın tez çalışmasından en büyük farkı bu pazarın bir düopol olmasıdır. Yapılan farklı çalışmalardan biri de Wron ve Misiorek'in (2008), çalışmasıdır. Bu çalışmada 12 zaman serisi modeli kıyaslanmış, örnek olay olarak Nordik Pazar kullanılmıştır. Çalışmada her ne kadar her bir yöntemin kendine has avantajları ve dezavantajları olduğu sonucuna ulaşılsa da, genel olarak yarı parametrik modellerin genelde daha iyi performans gösterdiği neticesine ulaşılmıştır.

Aggrawal, Saini ve Kumar'ın (2009), ve Faruqui ve Sergici'nin (2010), makaleleri ise, kendilerinden sonra bu alanda yapılan çalışmaların çoğu gibi 2000 yılından sonra elektriğin fiyatlanması alanındaki gelişmeleri değerlendiren birer literatür taraması özelliğindedir.

Bahsedilen çalışmalardan da anlaşılacağı gibi, her yöntemin kendine has avantaj ve dezavantajı olmakla birlikte, genel olarak yapay sinir ağlarının ARIMA ve benzeri yöntemlere kıyasla daha yüksek isabet sağladığı bilinmektedir. Bununla birlikte, literatür araştırmasından iş günü ve tatil günlerinin farklı değerlendirilmesi gerektiği, sıcaklığın ve talebi gösteren elektrik yük değerlerinin önemli veriler olduğu, literatürde sıklıkla kullanılan performans kriterlerinin neler olduğu ve tez çalışmasının literatürdeki çalışmalardan ne gibi farkları olduğu da ortaya konmuştur.

1.3. DİNAMİK FİYATLAMA

Dinamik fiyatlandırma genel tanım olarak teknolojinin gelişmesiyle birlikte özellikle hızlı veri akışının gereksinimlerinden ötürü ortaya çıkmış bir fiyatlandırma türüdür. Bir başka deyişle, dinamik fiyatlandırma daha çok fiyat seviyesinin değil, ürün miktarının talep yönetiminde etkili olduğunu kabul eden bir gelir yönetimi mekanizmasıdır. Pazardaki dalgalanmalar ve tüketicilerden toplanan verilerle ilgilenip bunlara tepki göstermede kullanılmaktadır. Dinamik fiyatlandırma en basit anlatımıyla, aynı ürüne tüketicilerin ne kadar ücret ödemeye hazır olduklarını inceleyip buna göre tutum sergileme tekniğidir. Bu fiyatlandırma tekniği, daha çok hava yolları, enerji sektörü ve benzeri alanlarda tepkiselliğinden dolayı tercih edilmektedir. (Elmaghraby ve Keskinocak, 2003)

Bu konunun gelişmesinde ilk araştırmacılardan biri John F. Muth olarak gösterilebilir. Muth (1961), makalesinde iktisadi teoriden de faydalanan beklentilerin fiyatları nasıl etkileyebileceğini tartışmıştır. Bu makalede pazarda veya ekonomideki değişimlerin beklentileri şekillendirdiği, dolayısıyla talebi ortaya çıkardığı savunulurken kendinden önce ortaya atılmış olan dinamik ekonomik modellerin pazar gerçekliklerini yansıtmadığını savunmuş, izole bir pazardaki arz-talep ve başa baş noktaları gibi önemli göstergelerin nelere bağlı olduğunu istatistiki açıdan göstermek istemiştir.

Dinamik fiyatlandırma anlayışı için bir başlangıç sayılabilecek bu çalışmayı Alfred E. Kahn'ın (1970), en mühim eseri olarak gösterebilecek olan makalesi izlemiş, 1970 yılında basılan bu eser, çoklukla marjinal maliyet prensiplerine atıfta bulunmuştur. Kahn, daha sonra bu akademik çalışmalarını New York'ta elektrik alanında pratiğe çevirme şansı bulmuş, arz ve fiyatın daha verimli kullanılmasını sağlamaya yönelik çalışmalara devam etmiştir (Joskow ve Wolfram, 2011).

Bahsedilen her iki akademisyen de çalışmalarını zaman serileri, elektrik üretim maliyetleri ve stoklanması mümkün olmayan enerjiden dolayı ortaya çıkan maliyetler üzerine oturtmuşlardır. Bu iki çalışmanın ana faydası, farklı zamanlarda farklı talepler ve farklı maliyetler olduğundan, göreceli olarak farklı fiyatlandırma uygulanmasının verimliliği artırabileceğini görüşünün benimsenmesi olmuştur.

Bu çalışmaların ardından 1978 yılında yayınlanan “*Peak-load Pricing: European Lessons for US Energy Policy*” (Mitchell, Manning ve Acton, 1978) kitabında ise geleneksel enerji fiyatlamalarının geçerliliği sorgulanmış, çalışmanın temel konusu olan ve günümüzde “*dinamik fiyatlandırma*” olarak adlandırılan farklı bir enerji fiyatlandırma politikası önerilmiştir.

Dinamik fiyatlandırma ile ilgili model kurma konusundaki ilk girişimlerden biri ise Bruce Robinson ve Chet Lakhani (1975) tarafından denenmiştir. Bu çalışmada daha ziyade geleneksel fiyatlandırma modelleriyle dinamik fiyatlandırma modelleri karşılaştırılmış, dinamik fiyatlandırma modellerinin üstünlüğü açıklanmıştır. Çalışmada, modelin içine dahil edilen değişkenler ise talep, arz ve maliyetler olduğundan daha çok genel bir yaklaşım sergilenmiştir.

Robinson ve Lakhani’nin çalışmaları gibi istatistiki verilere dayanan ve zaman serileriyle yakından ilişkili olan bu tekniklere ek olarak Rajan, Steinberg ve Steinberg (1992), yaptıkları çalışmalarında bu çalışmayla bazı noktalarda benzerlikler göstermektedir. Bu makalede önerilen tez konusuna benzer olarak monopolistik bir firma ele alınmış olsa da araştırılan konu enerjinin fiyatlandırılması değildir. Çalışmada kullanılan model, birden fazla ürünün birbirini takip eden zamanlarda piyasaya sürülürken eski ürünlerin piyasayı terk etmelerini pazardaki talebe göre fiyatlandırmayı öngörmektedir. Ortaya konan formül ise çevrim süresi bilinen bir ürünün çevrim süresi ile toptancının ortalama ürün zamanında elde ettiği kardan satın alma maliyeti, fire maliyeti, çevrim süresince stok tutma maliyeti ve her çevrim başına sabit maliyetlerin çıkarılmasından ibarettir. Araştırmacılar bu formül doğrultusunda optimal yaşam döngüsü süresini hesaplayabilmeyi hedeflemişlerdir.

Tezde ele alınan çalışma konusuna daha yakın bir konuyu ise Severin Borenstein ve Andrea Shepard (2009) incelemiş, petrol piyasasında dinamik fiyatlandırmayı talep esaslı modelleme yoluna gitmişlerdir.

Günümüze yaklaştıkça konuya olan ilgi artmış, Wen Zhao ve Yu-Shen Zheng, (2010), yayınlarında belli bir zamandan sonra stoklanamayan ürünlerin dinamik olarak fiyatlanmasını çalışmışlardır. Bu çalışmada arz, talep, elde bulunan ürün miktarı ve her ürünün son satış süresine kalan zaman modele dahil olmuştur. Bu durum, fiyatlama anlayışının gelir yönetimine doğru ilerlediğini göstermektedir; çünkü fiyatlama yalnızca arz ve talebi değil, belirli bir zaman ufkunu da göz önünde bulundurmaktadır. Aynı yıl, Richard E. Chatwin (2000) makalesinde aynı konuya talebin stokastik olması farkıyla yaklaşmıştır.

Petruzzi ve Dada (2002), ise makalelerinde olasılık dağılımı yöntemiyle kullanılan bir model oluşturulmuş, sabit ancak bilinmeyen bir talep düzeyi modele koyulmuştur. Bu çalışmada model her iterasyonda fiyatlayan firmanın önceki gözleminden sonuçlar çıkararak belirli bir zaman için fiyat düzeyini ayarlama yoluna gidilmiştir. Bu çalışmada sonuç olarak optimal stoklama kararları ve hesaplama yönelik algoritmalar da ortaya konmuştur.

Dinamik fiyatlama konusunda son dönemlerdeki en kapsayıcı çalışmalardan biri olan çalışmada Elmaghraby ve Keskinocak (2003) dinamik fiyatlamanın çalışılabilirliği için bir literatür tasnifi önerilmiştir. Buna göre fiyatlamadaki karar unsurları; yeniden doldurulabilme, talebin zamana bağımlılığı, Miyop ve Stratejik Tüketiciler gibi unsurlar tanımlanmıştır. Pazarların da sınıflandırıldığı çalışmada tarif edilen piyasa türleri ise; yeri doldurulamayan stoklu zamandan bağımsız talepli pazarlar (NR-I), yeri doldurulabilen stoklu, bağımsız talepli, miyop tüketicili pazarlar (R-I-M) olarak genellenmiştir.

Gaimon (2003), çalıştığı makalede farklı varsayımlar üzerine modeller geliştirilmiştir. İlk varsayımda organizasyonun mevcut kapasitesinin sabit olmadığı, ikincisinde kapasite artırımının ek maliyete sebep olduğu, son olarak da zaman ve fiyata bağlı talep varsayımları incelenmiş, optimal kontrol modeli bu varsayımlar üzerine kurulmuştur.

Tüketicinin dinamik fiyatlamaya tepkisini ölçen bir başka çalışma da Ahmad Faruqui ve Stephen George (2005), tarafından çalışılmış eserdir. Bu makalede enerji kullanımını etkileyen faktörler arasına günlük değişimler, iklim alanları, mevsimler, klima sahibi olma ve diğer kullanıcı karakteristikleri de eklenmiştir.

Bir diğerk önemli makalede ise Lin (2005), talep tahmininin isabetli olarak bilinmediğı ancak satış başlamadan kabaca tahmin yapılabildiğı bir senaryo incelenmiştir. Modelde zaman ilerledikçe firma gerçek zamanlı satış verilerini daha isabetli tahmin yapabilmek için kullanmaktadır. Bu çalışmada alınan sonuçlar ise tahminin doğru yapılamadığı zamanlarda dinamik fiyatlamasının optimal sonuçtan uzaklaşmasını göstermiş, doğru kurulmayan modellerin ne denli riskli olduğu konusunda uyarı mahiyeti taşıyan neticeler temsil etmiştir.

Bu çalışmaların yanı sıra literatürde dinamik fiyatlamayla ilgili daha az spesifik olmakla birlikte dinamik fiyatlamayı ilgilendiren farklı çalışmalar da bulunmaktadır. Robinson ve Lakhani'nin (1975), çalışmalarının katkısı halen elektrik endüstrisi de dahil, pek çok alanda kullanılan marjinal fiyatlamasının hızlı gelişen sektörlerde optimuma yaklaşmadığını göstermesi, çözüm olarak da dinamik modeller önermesi olmuştur. Gelişmekte olan sektörlerin geleneksel fiyatlama tekniklerindense daha mütevazı ama geliştirilmiş dinamik fiyatlama yöntemleriyle uzun vadede daha yüksek büyüme sağlayabilecekleri kanısına ulaşılmıştır. Bu makaleden 10 yıl sonra ise Dhebar ve Oren de (1985), çalışmalarıyla monopolist bir pazarda yeni bir ürün veya hizmetin dinamik fiyatlama stratejisini araştırmışlardır. Talep yönlü bu problemde farklı olarak müşterilerin geleceğe ilişkin büyüme beklentileri de hesaba katılmış, netice olarak daha büyük bir pazar beklentisi durumunda dinamik fiyatlamasının kullanımının daha faydalı olacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Eliashberg ve Jeuland (1986), makalelerinde dinamik fiyatlamasının öncelikli alanı olan kaybolan ürünlerdense dayanıklı ürünler üzerine bir uygulaması çalışılmıştır. Çalışma, iki farklı piyasa kurulumuyla ilgilenmiştir. Bunların ilki, tekelci pazar şeklinde olup, bu pazarda uygulanan dinamik fiyatlama tekniklerinin özelliklerini irdelemiştir. Daha sonra ise pazara giren bir rekabetçi firmanın varlığıyla birlikte değişiklikler ortaya koyulmuş, duopolistik pazarda dinamik fiyatlamasının davranışları incelenmiştir.

Çalışma, dinamik fiyatlamada “miyop” ve “stratejik” alıcı şekliyle bilinen müşteri tiplerine ek olarak, firmaları da ileriye görebilme özelliklerine göre “miyop”, “miyop olmayan” ve “şaşırmış” şeklinde üçe ayırmıştır. Tekelci pazarlardaki davranışsal özelliklere bakılacak olunursa, miyop olmayan tekelci kuruluş, eninde sonunda rekabetçi bir kuruluşun pazara dahil olacağını öngörerek hareket edecek olan kurumdur.

Miyop tekелci ise, duopolistik pazar ihtimalini tamamen göz ardı etmektedir. Şaşırmış tekелci de yeni rekabetçi girişini göz ardı etmekle birlikte miyoptan farklı olarak daha uzun bir zaman aralığına göre hareket etmektedir.

Çalışmanın sonuçlarına göre ise organizasyonların birbirlerinden farklı fiyat koşullarıyla hareket etmeleri gerekliliği ortaya koyulmuş, bu durum da pazarlardaki firmaların dinamik fiyatlama çerçevesinde tutumlarına göre farklı hareket ettiklerinde farklı sonuçlar alacağını göstermesi açısından literatüre katkıda bulunmuştur. Özetle ifade edilecek olunursa, miyop tekелci rekabetin etkilerini abartılı şekilde algılamakta, miyop olmayan ise küçümsemektedir.

Çalışma, aynı zamanda farklı ürünlerin davranışları açısından da dinamik fiyatlama aracılığıyla çıkarımları ortaya koymaktadır. Örnek olarak, daha yüksek fiyatı olan ürünlerin daha keskin fiyat düşüşleri yaşamaları gerektiği sonucu ortaya çıkmıştır. Araştırmacılar, inceledikleri problemin doğasının spesifik oluşundan dolayı, her ne kadar problemlerinin sağlık endüstrisi ve benzeri alanlar dışında çok kullanışlı olmadığını kabul etseler de, çalışmaları dinamik fiyatlamanın literatürde başka yerlerde ne şekilde kullanılabileceğini göstermesi açısından bu çalışma literatüre katkıda bulunmuştur.

Gaimon (1988), makalesinde zaman ögesini de modeline alarak kısıtlı kapasiteye sahip bir firmanın stok yönetimi, üretim kararları ve eş zamanlı dinamik fiyatlama uygulamalarını çalışmıştır. İkinci bir senaryo olarak firmanın ek kapasite edindikten sonraki durumu ve son olarak da zaman ve fiyatın bir fonksiyonu olarak talebin olduğu üçüncü bir senaryo üzerinde durmuştur. Rakamsal sonuçlar, teknolojik gelişme sayesinde yeni kapasitenin ertelenebileceğini ve bu durumda daha ilerde daha yüksek ölçekteki bir geliştirmeye karşılaşılabileceğini göstermiştir. Buna ek olarak üretim kapasitesinin yeni teknoloji alınarak geliştirilmesinin birim üretim maliyetlerini düşürerek optimum fiyatı değiştireceği bilgisine ulaşılmıştır.

Bayus (1992), da makalesinde yine dayanıklı tüketim mallarının dinamik fiyatlamasına bir örnek vermiştir. Bu çalışma, temel olarak “sonraki nesil” ürünlerin pazara girişi üzerinde durmuş, ürünlerin yaşam döngüleriyle birbirini takip eden ürünlerin dinamik olarak fiyatlanması ve çıkış stratejileriyle eş zamanlı yürütülen penetrasyon stratejilerinin birlikte fiyatlanmasını amaçlamıştır.

Çalışmada yaşam döngüsünün sonuna yaklaşan bir ürünün teknolojik üstünü pazara girerken bu iki ürünün dinamik olarak fiyatlanmasından dolayı tek fiyat stratejisine kıyasla dinamik fiyatlamamanın avantajları açıklanmıştır.

Dinamik fiyatlamamanın gelir yönetimi uygulamalarının erken örneklerinden biri de Gallego ve Van Ryzin'in (1994), çalışması olarak gösterilebilir. Araştırmacıların üzerinde çalıştıkları problemde sezonluk ürünler, seyahat ve yüksek kalite ürünler araştırılmıştır. Bu çalışmada üzerinde durulan sezon etkisi ve problemin uçuşlardaki boş koltuklar gibi kaybolan ürünlere de uygulanabileceğinin gösterilmiş olması dinamik fiyatlamamanın belirli bir zaman sınırından önce satışının tamamlanması gereken ürünlerle uyumluluğunu ortaya koymaktadır. Uygulamanın yapıldığı problemde ise stok miktarı ve süre girdileri kullanılmış, üstel dağılım gösteren talep fonksiyonu girdisine yer verilmiştir. Gallego ve van Ryzin de (1997) çalışmalarında üçüncü boyut olarak zaman değişkenini kullanarak modellerini dinamik gelir yönetimi haline getirmişlerdir.

Kopalle, Rao ve Assunção (1996), çalışmalarında farklı bir alanda dinamik fiyatlamamanın etkilerini ölçmeyi denemişlerdir. Bu çalışmada, kullanıcılar tarafından çokça satın alınan ve birbirinin kısmi muadilleri olan iki ürünü iki farklı senaryo altında fiyatlamaya yönelik bir amaç güdülmüştür. Bu senaryoların birinde sözü geçen markalar perakendeciler tarafından, diğerinde ise tamamen oligopoller tarafından yönetilmektedir. Araştırmacılar, bu iki farklı senaryo üzerinden optimal bir fiyatlama politikası belirlemeye gayret ederken dinamik fiyatlamayı kullanarak bu yöntemin farklı alanlarda kullanımını da göstermiş olmaktadır.

Çalışmanın konusu referans fiyatları olduğundan, araştırmacılar dinamik fiyatlamayı algılanan kazanç ve algılanan zarar gibi kavramsal öğelerin ölçümünde kullanmışlar, netice olarak da döngüsel bir fiyatlama politikasının oluştuğunu göstermişlerdir.

Chintagunta ve Rao (1996), düopolistik bir pazarda farklılaştırılmış bir dinamik fiyatlama modeli üzerinde çalışmışlardır. Bu problemde firmanın talep fonksiyonu tüketicilerin faydasını maksimize eden bir modeldir. Pazardaki marka tercihleri de zamanla değişmekte olup bu durum da öğrenen bir sistemle takip edilmektedir.

Çalışmalarının sonucunda ise sabit fiyatlarla dinamik fiyatlama karşılaştırılmış, sabit fiyat modellerinin satış verileri üzerinden nasıl bulunabileceği üzerine bilgiler

verilmiştir. Bu çalışmada da sabit fiyatlardansa dinamik fiyatların her iki paydaş açısından da daha tatmin edici olduğu gösterilmiştir.

Gallego ve Ryzin (1997), bir diğer makaleleriyle 1994 yılında ortaya koydukları prensipleri farklı bir alanda daha uygulamışlardır. Bu çalışmalarında birden çok çok ürün olan bir sektörde dinamik fiyatlamasının kullanılmasını tartışmışlar, belirli satış süresi kısıtında son ürünlerin satışının beklenen toplam karı maksimize etmesi amacına ulaşmaya çalışan bir problem kurmuşlardır. Bu çalışmalarının sonucunda ise dinamik fiyatlamasının farklı örneklerde kullanılması ve etkinliklerinin gösterilmesi olmuştur. Çalışma sonuçları, gelir yönetiminin temellerini etkileyen ana prensiplerin bir kısmını ortaya koymuştur. Daha önce bahsedildiği gibi bu çalışmada gelir yönetiminin bir diğer ismi olan hasılat yönetimi (“yield management”) terimi kullanılmış, gelir yönetimi çerçevesinde birden çok ürünün bulunduğu bir pazarda dinamik fiyatlama uygulaması başarılı bir şekilde sunulmuştur.

You (1999), ise makalesinde gelir yönetimi ve dinamik fiyatlamasının temel konularından olan havayolu fiyatlamayı aktarmalı uçuşlar başlığı altında incelemiştir. Belirli bir zamandan önce satılması zorunlu olan uçak koltuklarının fiyatları yalnızca tek bir uçuş için değil, birden çok uçuş için modellenmiştir. Bu durum havayolu şirketinin iki farklı problemi çözmesi gerektiğini göstermektedir. Bu problemler koltukların açılış fiyatları ve hangi fiyata ne zaman kapanmaları gerektiği problemleridir. Çalışmada dinamik fiyatlama modelleriyle stokastik bir talep formülü kullanılmıştır. Çalışmanın önemli sonuçlarından biri, satış zamanlarının bir dizi kritik karar süresine indirgenebileceği iddiasıdır.

Masuda ve Whang (1999), tek bir kurumun sahip olduğu bir veri iletişim ağını incelemişlerdir. Ağı yöneten sistem yöneticisinin hedefi ise sınırsız sayıda kullanıcının olduğu bu ağın verimini bir bütün olarak yükseltmektir. Alternatif dinamik fiyatlama kurallarının tartışıldığı bu makalede sistem yöneticisinin talep konusunda önceden bir bilgisi bulunmamaktadır. Çalışma kullanılan yöntem açısından teze her ne kadar benzemese de sistemin dengede tutulmasının amaç olarak benimsenmesi ve talebin önceden bilinmemesinden ötürü amaç ve kısıt bakımından tezle benzerlikler de göstermektedir.

Dinamik fiyatlandırma, hava yolu ve elektrik sektörleri gibi pek çok hızlı gelişen sektörde kullanılmaya yanı sıra yazılım sektöründe de kullanılmıştır. Dinamik fiyatlandırma konusunun literatürde çeşitlenmesini sağlayan çalışmalardan birini de Kephart, Hanson ve Greenwald (2000) ortaya koymuştur. Bu çalışmada küresel ekonomide internetin bir bilişim ekonomisi şeklinde büyüyeceğini öngörüsünde bulunmuşlardır. Bu durumda ortaya çıkacak olan yazılımların da dinamik fiyatlandırma yöntemiyle fiyat belirlemeye yardımcı olan ara yazılımlar olacağı öngörüsüyle “insan” fiyat belirleyicilerle “fiyat-botları” arasındaki farklardan yola çıkarak muhtemel sonuçları ortaya koymuşlardır.

Bu çalışmanın özellikle dinamik fiyatlandırmanın bilgisayarlar tarafından yapılmasının gelecekte ortaya çıkarabileceği fırsat ve sıkıntıları ortaya koymaya aday olması açısından literatüre katkı yaptığı düşünülmektedir. Araştırmacılar, bu tezin araçlarından olan yapay sinir ağları gibi öğrenen sistemlerin kullanılması gerektiği neticesine ulaşmış olsalar da, uzun vadede bu sistemlerin kontrolsüz kullanımının ortaya çıkarabileceği kolektif davranışların bir kısmın zararlı da olabileceği neticesine ulaşmışlardır.

Chatwin, (2000) yaptığı çalışmada optimal dinamik fiyatlandırma ile stokastik talep ve sonsuz olmayan fiyat setlerini incelemiştir. Bir başka deyişle, kullanılan problemde sürekli zaman altında belirli sayıda yok olan malların son kullanılabilme süreleri bitmeden satılabilmesi araştırılmıştır.

Taleple fiyatın ters orantılı olduğu bu çalışmada aynı zamanda son satış süresine yaklaşıldıkça firmanın stok tutma yönelimi de azalmaktadır. Ortaya çıkan sonuçlar da son zamana yaklaşıldıkça fiyatların ve talebin yükselmesi durumu ve toptancının eldeki stoklar tüketildikten sonra talebi karşılayabilmesi için yeniden stok bulabilme durumları altında çeşitlendirilmiştir.

Zhao ve Zheng (2000) ise çalışmalarında homojen olmayan talep koşulu altında kaybolan ürünleri incelemişlerdir. Araştırmacılar, önceden belirlenmiş bir zaman kısıtı üzerinden eldeki stokları satma hedefi güden bir dinamik fiyatlandırma modeli üzerinde durmuşlardır. Ortaya koydukları sonuçlardan ilgi çekici olanları özetlenecek olursa, verilen bir zamandaki optimal fiyat, stokla birlikte düşmektedir. Araştırmacılar, çalışmalarında rakamsal verilere de yer vermişler, bu veriler doğrultusunda da bu koşullar altında dinamik fiyatlandırma uygulandığında %2.4 ila %7.3 arasında bir gelir iyileştirmesi olduğu ortaya çıkmıştır. Çalışma, özellikle rakamsal olarak seyahat

hizmetleri sektöründe dinamik fiyatlamamanın kullanımının önemini ortaya koymuştur ki, elektrik endüstrisi de kaybolan ve zaman kısıtı bulunan ürünlerle ilgilenmesi açısından sözü geçen sektörle benzerlikler göstermektedir.

Wurman (2001), makalesinde internet ve yeni teknolojilerin ortaya çıkmasıyla dünyanın yeni ve çok büyük bir pazar haline dönüştüğünü ve bu pazarda tepkisel fiyatlamaların kaçınılmaz olacağını savunmuştur. Bir başka deyişle, ticaret artık çarşılarından çıkmış, bütün dünya bir ticaret ortamı haline gelmiş, bu durumda da sanal ortamda yapılan satışların dinamik fiyatlamayla daha karlı olabileceğini ileri sürmüştür.

Dinamik fiyatlamayla ilgili yapılan bir diğer çalışma ise Kauffman ve Wang'ın (2001) makaleleridir. Bu çalışma, dinamik fiyatlama çalışmalarının bir sonraki basamağa geçişinde gelir yönetimi çerçevesinde dinamik fiyatlamamanın belirli bir pazara dışardan giren bir oyuncu olduğunda ne şekilde faydalı olabileceğini göstermesi açısından yardımcı olmuştur. Bu çalışmalarında, probleme sonradan dahil olan satın alıcıların etkisini de araştırmışlar, uygun problem olarak da mobshop.com isimli alışveriş sitesinin dinamik fiyatlama yöntemini incelemişlerdir. Bu sistemin özellikleri incelenecek olursa, sitedeki fiyatlar, yeni alıcılar fiyat verdikçe düşmektedir.

Çalışmada sonuç olarak ortaya çıkan durumlardan bahsedilecek olunursa, 3 saatlik periyotlarla mevcut fiyat önermelerinin yeni önermelerin oluşumunda olumlu etki yaptıkları neticesine ulaşılmıştır.

Dinamik fiyatlamamanın gelir yönetimi çerçevesinde kullanılmaya başlamasının yaygınlaşması ise 2000'li yılların başlarında gelişen bir durumdur. Bu çalışmalara örnek olarak Borenstein, Jaske ve Rosenfeld'in (2002) makaleleri örnek gösterilebilir. Araştırmacılar, çalışmalarında dinamik fiyatlamamanın elektrik sektöründeki talep etkisini incelemişlerdir. Çalışma, elektriğin dinamik fiyatlaması konusuna aktif talep tarafını eklediği için önemli addedilmektedir. Talebin davranışını açıklamak için çalışmada ilk olarak hangi iktisadi araçların talep tarafını etkilediği de tartışılmıştır.

Çalışma, günün şartlarında kullanılan kritik sıçrama zamanları ve fiyat tarifeleri üzerinden kurulan fiyat mekanizmasına da deyinmiş ve dinamik fiyatlamamanın ortaya çıkışını da tarif etmiştir.

Çalışmada son olarak asıl çalışma konusu olan tüketicilerin tepkisi tartışılarak pilot ve uzun vadeli programların etkileri tartışılmış, sonuç olarak dinamik fiyatlamamanın hem son kullanıcı hem de satıcı için, hem perakende hem de toptan satışlarda daha yüksek fayda sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.

Faruqui ve George (2002) ise makalelerinde dinamik fiyatlamamanın basit formlarını konu edinmişlerdir. Çalışmalarında fiyatların yalnızca uç şartlarda değiştiği ve dolayısıyla gerçek zamanlı fiyatlamamanın arıtılmış etkilerinin geniş bir pencerede gözlemlenmesi gerektiğini savunarak, daha önceleri göz ardı edilen dinamik fiyatlama yöntemlerinin en basit anlamda dahi olsa geniş kapsamdaki etkilerini araştırmışlardır.

Petruzzi ve Dada (2002) ise çalışmalarında öğrenen sistemlerle birlikte dinamik fiyatlama ve envanter kontrolü üzerinde durdukları çalışmalarında arz ve talep arasındaki koordinasyonun özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmalarında hem arz hem de talebin karar verici tarafından etkilenebileceğini göstermişler, öğrenme sürecinin önemini vurgulamışlardır.

İlk başta bilinmeyen pazar değişkenlerinin zamanla öğrenildiği bir sistemde pazarın ve fiyatların karşılıklı tepkileri incelenmiş, verilen problemin sınırlarında fiyatların zamanla yükselip düşeceği bir model kurulmuştur. Elde edilen sonuçlar, optimal stok miktarı kararlarını da içermektedir.

Garbarino ve Lee (2003), çalışmalarında gelir yönetimi çerçevesinde olmasa da dinamik fiyatlamamanın pazardaki satın alıcılar üzerindeki nitel etkilerini incelemişlerdir. . Araştırmacılar güven kavramı üzerinde durup dinamik fiyatlamamanın güven üzerindeki etkisini iki boyutlu bir alanda incelemişlerdir. Bu çalışmadan da anlaşılacağı gibi, dinamik fiyatlama kavramı yalnızca rakamsal veriler değil, farklı göstergelerle belirlenebilen soyut kavramların anlaşılmasında da kullanılmıştır.

Elmaghraby ve Keskinocak (2003) ise dinamik fiyatlamayla ilgili literatürün değerlendirilmesi ve bir araya getirilmesini amaçlayan bir makale yayınlamışlardır. Bu çalışmalarında, dinamik fiyatlama kavramında etkili olan faktörleri de sıralamışlardır. Buna göre, bu faktörler kısaca talep verilerine ulaşımın kolaylığı, yeni teknoloji sayesinde fiyatları değiştirmenin hem daha kolay hem daha masrafsız oluşu ve dinamik

fiyatlamada kullanılan analiz gereçlerinin daha bulunur olması, kısa vadede kaybolan ürünlerde dinamik fiyatlamamanın kullanılışının önünü açtığı ileri sürülmüştür.

Monahan, Petruzzi ve Zhao (2004) da çalışmalarında sabit tedarik ve rastsal talep içeren bir problemi incelemişlerdir. Problemin görselliğinin artırılması için problem bir gazete bayii problemi olarak sunulmuş, bu sayede de dinamik fiyatlamamanın günlük hayata da uygulanabileceği gösterilmiştir.

Bertsimas ve Boer (2005) çalışmalarında birden çok ürünün varlığında dinamik fiyatlama ve envanter kontrolü konusunda çalışmışlardır. Çalışmalarında örnek vaka olarak havayolu işletmeciliği kullanılmıştır. Amaç fonksiyonu, tek periyot modeli olup farklı talep dağılımları içermektedir. Dinear ve dinamik programlamanın bir türevi olan problemlerinin çözümü için sezgisel bir yöntem önermişlerdir ve kullandıkları modelin geleneksel modellere kıyasla daha iyi performansı olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Biller vd. (2005) yaptıkları çalışmalarında dinamik fiyatlamamanın otomotiv sektöründeki etkilerini incelemişlerdir. Bu çalışmalarında özellikle direkt olarak müşteriye satış yapılması ve bunun için de aracı olarak internet kullanılmasını öngörmüşlerdir. Bu çalışmalarında araştırmacılar, yalnızca otomotiv sektörü değil, direk olarak müşteriye internet üzerinden satış yapan tüm araçların davranışlarının prensip olarak incelenebileceğini ortaya koymuşlardır.

Çıkardıkları sonuçlara göre, bu yolu takip eden firmalar tedarik zinciri performanslarını da yükseltmeye meyillidirler ve bu kazançları ortaya koymak için araştırmacılar fiyatlama ve üretim çizelgeleme ve de stok kontrolü gibi alanlarda da dinamik fiyatlamayla direk satışın etkileri üzerinde durmuşlardır. Bir “greedy” algoritması üzerinde çalıştırılan problemde optimal çözümün bulunduğu gösterilmiş, fiyat değişiklikleri sayesinde önemsenecek ölçüde fayda sağlanabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Aviv ve Pazgal (2005) çalışmalarında dinamik fiyatlamamanın yalnızca belirli kısıtlarla değil, belirsizliklerin bulunduğu ortamlarda da kullanılabileceğini göstermişler, “kısmi gözlemlenmiş Markov karar süreci” üzerinde durmuşlardır. Bu çalışmada kullandıkları örnek vakada mevsimsel özellikler gösteren ürünlerin satışında karşılaşılan sıkıntılar ele

alınmış, perakendecinin fiyatları dinamik olarak değiştirerek gelirini maksimize etmeye çalıştığı bir amaç fonksiyonu kurulmuştur.

Kullanılan model, taleple ilgili pek çok farklı belirsizliği bir araya getirmiş, bunun çözümünün de gözlemlerle mümkün olduğu ileri sürülmüştür. Çalışmada dört farklı aktif öğrenen sezgisel yöntemle problemin çözümü denenmiştir.

Bu çalışma, hem yapay sinir ağları gibi sezgisel yöntemler altında dinamik fiyatlamamanın kullanımını hem de talep yönlü fiyat politikasının bu yöntemler altında kullanımını gösterdiğinden tez konusuyla örtüşmekte ve yöntem açısından önemli bir kaynak teşkil etmektedir.

Faruqui ve George (2005) ise çalışmalarında dinamik fiyatlama kullanarak elektrik tüketicilerinin tepkilerini de ölçmeyi planlamışlardır. Bu çalışma temel olarak dinamik fiyatlamaya kullanıcıların tepkisini rakamsallaştırmak olsa da, elektriğin dinamik fiyatlanması üzerine yapılmış önemli bir çalışmadır.

Çalışma, bir vaka analizi özelliği göstermekte olup ABD'nin Kaliforniya eyaletindeki bir pilot uygulamayla ilgilidir. Araştırmacılar, hane halkı kullanıcılarıyla ve kobilerle ilgilenmişlerdir ki, tanım gereği hane halkı kullanıcılar miyop, endüstriyel kullanıcılar ise stratejik kullanıcı durumundadırlar. Daha açık bir ifadeyle, bu çalışma yalnızca fiyatlamamanın kullanımda etkisi olması muhtemel olan kitleyi değil, aynı zamanda hane halkını da incelemektedir.

Çalışmanın sonuçlarına bakılacak olunursa, hane halkı ve kobiler sıçrama zamanı elektrik kullanımlarını zamana göre değişen fiyatlara uyumlu olarak düşürmüşlerdir. Ölçülen tepkisellik ise fiyat oranları, iklim, mevsimsellik, klimaya sahip olup olmama ve diğer kullanıcı özelliklerine göre de değişmektedir.

Maglaras ve Meissner (2006) ise makalelerinde çok ürünli gelir yönetimi konusunda dinamik fiyatlamayı kullanmışlardır. Ele aldıkları problemdeki firma, toplam beklenen karını belirli bir zaman sınırında maksimize etmeye çalışmaktadır. Bu amaç fonksiyonuna ulaşmak için de dinamik ve statik yöntemlerin kullanımı karşılaştırılmıştır. Bu çalışma, iyi incelenmiş gelir yönetimi problemlerinin firmalar

tarafından kontrol edilebilir şekilde nasıl basit şekillerde formüle edilebileceğini de göstermektedir.

Çalışmada ayrıca farklı kapalı form karakterizasyonları önerilmiş olup dinamik sezgisellerin kullanımına ilişkin farklı önermeler de bulunmaktadır. Sonuç olarak da çalışmada akış sezgisellerinin asimptotik optimal performanslarına ulaşılabilirliği gösterilmiştir.

Haws ve Bearden (2006), dinamik fiyatlama ve tüketici adalet algısı üzerinde durmuşlardır. Çalışmalarında, dinamik fiyatlama kullanan bir satıcı firmayla alıcıların satın alma davranışları incelenmiş, fiyatlama uygulamalarının satıcı ve alıcı üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Satan ve satın alan tarafların adalet algısı üzerinde yapılan çalışmada satıcı- tüketici, zaman ve fiyat farklılıkları incelenerek satın almadan ortaya çıkan tatminin adaleti üzerine çıkarımlarda bulunulmuştur. Ortaya çıkan sonuçlar ise dinamik fiyatlamadan kaynaklanabilecek menfi etkilere de vurgu yapmaktadır.

Bunun yanı sıra Lin (2006), gerçek zamanlı verilerden öğrenen bir sistemi ele almıştır. Çalışmasında satıcı firma elindeki stokları zahmetsizce görüntüleyebilmektedir ancak yalnızca kabaca talep tahmininde bulunabilmektedir. Satışlar devam ettikçe, firma bu verilerden talep geliş özelliklerini çıkarmakta, öğrenerek fiyatlamayı buna göre yapmaya başlamaktadır.

Lin (2006), bu çalışmasında öğrenen bir sistem kullanan bir firmanın talep tahminini nasıl daha isabetli hale getirebileceğini ve fiyatlar üzerinde değişiklik yaparak beklenen toplam karın nasıl artırılabilirliğini göstermeye çalışmıştır. Son olarak sonuçlar kayıp müşteri, mevsimsel talep, toplu talep ve fiyat setleri gibi kavramlar üzerinde de bilgi vermektedir.

Adida ve Perakis ise (2006) makalelerinde dinamik fiyatlamayı geri sipariş olmayan bir envanter kontrolü probleminde kullanmışlardır. Talep bazlı akıcı bir model denemişler, bu modelde de talep, fiyatın lineer bir fonksiyonu olarak verilmiştir.

Ji ve Liu (2006) ise dinamik fiyatlama yöntemini farklı bir konuya uyarlamışlardır. “bencil internet kullanıcısı” şeklinde tarif ettikleri kullanıcıların lisanssız kullanıcılar

varlığında inanç destekli dinamik fiyatlama yaklaşımı altındaki davranışlarını incelemişler, zaman üzerindeki etkileri tartışmışlardır.

Kullandıkları simülasyonda çifte giriş mekanizması ortaya çıkmış ve bütçe kısıtları incelenmiştir.

Bertsimas ve Perakis de (2006) çalışmalarında dinamik fiyatlamanın öğrenen bir yaklaşımla birlikte kullanımını hedeflemişlerdir. Sundukları optimizasyon yaklaşımında talep fiyatın bir fonksiyonudur ve fiyatların dinamik olarak değiştirilmesiyle karın maksimize edilmesi hedeflenmektedir.

Çalışmalarının rakamsal verileri ele alındığında dinamik fiyatlamanın miyop politikalara kıyasla çoğunlukla daha iyi performans gösterdiklerini belirlemiştir.

Lim ve Shantikumar (2007) çalışmalarında dinamik gelir yönetimi, optimal fiyatlama politikaları ve talep modelleriyle ilgilenmişlerdir. Uygulama alanına bakılacak olunursa, gerçeğe mümkün olduğunca yakın bir talep süreci işletmeyi denemişler, parametrelerin de verilerin güncellenmesiyle değişmesi gerektiğini savunmuşlardır.

Bunun yanı sıra, verilerin yetersiz olduğu durumlarda ve gerçek hayatın modelin kabullenmelerinin dışına çıkması durumlarında karşılaşılabilecek sıkıntıları ortaya koymuşlardır. Yaptıkları çalışma tek ürünli dinamik gelir yönetimi üzerine olmakla birlikte pazardaki talep seviyesinin belirsizliği de modellerinde belirtilmiştir.

Popescu ve Wu, (2007) çalışmalarında dinamik fiyatlama yöntemini tekeli bir firmanın tekrar eden faaliyetlerini fiyatlamada kullanmışlardır. Ele aldıkları örnek vakada tüketiciler hafızaya sahip olduklarından mevsimsel tepkiler de vermektedirler ve pazarda oluşan fiyatları hatırladıkları fiyatlarla karşılaştırıp buna göre karar verme eğilimindedirler. Bu durum, referans alınan fiyat düzeyiyle pazarda oluşan fiyat düzeyine verdikleri tepkilerin bir karşılaştırması olarak da tarif edilebilir.

Araştırmacılar, optimal fiyatlama politikalarının tüketicileri monoton fiyatlamanın varlığına ve sürekli bir indirim olduğuna ikna ettiğini ileri sürmüşlerdir. Çalışmanın sonucu olarak ise araştırmacılar, yöneticilerin dinamik fiyatlamayı göz ardı etmeleri durumunda uzun vadede fiyatlarının düşük kalacağı ve dolayısıyla gelir kaybedecekleri ileri sürülmüştür.

Tsao ve Sheen (2008) ise makalelerinde kaybolan ürünlerin dinamik fiyatlamasını gecikmeli ödemenin varlığında incelemişlerdir. Modellerinde fiyat ve zamana bağlı bir talep fonksiyonunu kısıtlı bir zamana tabi envanter üzerine kurmuşlardır. Çalışmanın amacı optimal perakende fiyatını bulmak ve net geliri maksimize etmektir.

Sonuçlarda ortaya çıkan veriler incelenecek olunursa tutundurma faaliyetinin önemi vurgulanmış, dinamik karar mekanizmasının sabit karar mekanizmasına göre kar maksimizasyonunda daha avantajlı olduğu gösterilmiştir.

Bu çalışmalardan da anlaşılacağı gibi gelir yönetimi çerçevesinde dinamik fiyatlama her ne kadar çoğunlukla bozulan veya kaybolan ürünler adıyla bilinen mal ve hizmetlerin fiyatlanmasında kullanılıyor olsa da Araman ve Caldentey'in (2009) çalışmalarında gösterildiği gibi dayanıklı tüketim malları için de kullanılabilmektedir. Araman ve Caldentey, çalışmalarında fiyata duyarlı bir talep fonksiyonu kullanmışlar, modellerini öğrenen bir sistemle desteklemişlerdir.

Çözmek istedikleri problemde amaç fonksiyonları indirimli uzun vadeli ortalama gelirleri maksimize etmektir. Perakendeciye özne alan çalışmalarında problemi bir baskı kontrol problemi olarak sunmuşlar ve önerdikleri modelin performansını rakamsal olarak değerlendirmişlerdir.

Besbes ve Zeevi'nin (2009) çalışmalarında ise edindikleri konu tez çalışmasının konusuna da teorik çerçevede benzemektedir. Besbes ve Zeevi, çalışmalarında talep fonksiyonunun bilinmediği bir ortamda optimale yakın algoritmalarla ilgilenmişlerdir. Bu çalışmada elde mevcut bir stok, dinamik şekilde ayarlanan fiyatlar ve sonsuz olmayan bir satış ufku kısıtları altında beklenen gelirlerin maksimizasyonu problemi üzerinde durulmuştur. Problemde ortaya çıkan talep zamanla gözlemlenmiş ancak fiyatla talep arasındaki fonksiyon tam olarak bilinmemektedir.

Araştırmacılar, “pişmanlık” üzerinde durmuş, bu kavramı da ortaya çıkacak olan en düşük fiyatla satın almanın yapıldığı fiyat arasındaki fark olarak özetlemişlerdir. Kullandıkları metotla buldukları pişmanlığın değerlerinin alt sınıra yakın olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Levin, McGill ve Dediak'ın (2009) makalelerinde ise araştırmacılar stratejik tüketicilerin varlığında oligopol özelliği gösteren bir pazarda dinamik fiyatlamayı incelemişlerdir.

Daha detaylı ifade etmek gerekirse, yok olan ürünlerin varlığındaki bir oligopol pazarda fiyatların değişeceğinden haberdar olan ve satın alma kararlarını buna göre yapan satın alıcıların varlığını kabul eden bir problem kullanılmıştır. Bu modele göre hem firmalar hem de tüketiciler oyun teorisinde olduğu gibi stratejik hareket etmek istemişlerdir. Firmaların amaçları beklenen karlarını maksimize etmekken tüketicilerin amaçları ise en uygun fiyata satın alma işlemlerini yapmaktır.

Kullanılan modeller farklı rekabet seviyeleri ve firmaların arasındaki asimetrik dengeyi de göz önünde tutmaktadır. Çalışmanın sonucu olarak ise tüketicilerin stratejik davranışlarının firmaların karı üzerinde önemli etkilere sahip olduğu yönündedir.

Faruqui ve Sergici, (2010) aynı zamanda dinamik fiyatlamanın teorik kısmı açısından da önemli bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada araştırmacılar 2001 yılında yaşanan elektrik krizinin etkilerini ve krizi takip eden uygulamaları tartışmışlardır. Bu çalışmada 15 farklı deneyden çıkarılan sonuçlara yer verilmiştir.

Çalışmanın sonucunda ise yükselen fiyatlara hane halkı tepkisinin kullanımı düşürmek şeklinde olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Fiyatların değişmesindeki etkilerin fiyat değişimi, merkezi havalandırmaya sahip olma ve diğer teknolojik bileşenlerin varlığı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Sözü edilen teknolojilerin varlığında ise tepe talebinin %27 ile %44 arasında düştüğü sonucuna ulaşılmıştır.

Farias ve Roy (2010), makalelerinde gelir yönetimi anlayışının bir gereği olan karşılıklı etkileşim ve responsif fiyatlamayı çalışmışlar, inceledikleri problemde bir bayiinin kısıtlı envanter ve belirsiz talep karşısında sınırsız bir zaman aralığında karını maksimize etmeye çalıştığı bir durumla ilgilenmişlerdir. Bayi, satış verilerinden öğrenmektedir ve dolayısıyla fiyatların hem kar hem de ilerideki gözlemler üzerindeki etkilerini hesaba katmalıdır.

Araştırmacılar basit bir sezgisel yöntem önermişlerdir. Hesaplamalardan ortaya çıkan sonuçlar yöntemlerinin önemli ölçüde kar getirisi üzerinde etkili olduğunu göstermiştir.

Cabral (2011) ise dinamik fiyatlama alanında iki ağın davranışını incelemiştir. Probleminde müşteriler ölüp yerine yenileri gelmekte, bu değişim sabit bir süreçle gerçekleşmektedir. İki firma yeni müşteriler için giriş fiyatları önererek rekabet etmektedirler.

Bu çalışmada Cabral, farklı kurallar deneyip bu kuralların dinamik fiyatlama ve müşteri seçimleri üzerindeki etkilerini araştırmıştır.

Yapılan literatür taramasından da anlaşılabacaktır ki, özellikle gelir yönetimi anlayışı çerçevesinde dinamik fiyatlama pek çok farklı alanda kullanılabilmekte olmakla beraber, hava taşımacılığı, internet üzerinden satış ve elektrik gibi alanlarda daha faydalı bir araç olarak gösterilmektedir. Bilgi akışının yüksek olduğu, büyük verilerin işlenmesinin gerektiği, ürün yaşam döngüsünün kısa olduğu ve dolayısıyla yüksek tepkisellik gerektiren alanlarda dinamik fiyatlamanın sunduğu olanaklar farklı isimler altında işlense de hem piyasada hem de akademik dünyada yoğun ilgi çekmektedir.

Tablo 2. Dinamik fiyatlamaya literatür değerlendirmesi özet tablo

YAYIN TARİHİ	YAZAR(LAR)	KULLANILAN YÖNTEM	LİTERATÜRE KATKI
1979	Atkinson	Otoregresif hata modelleri, YSA	Günün farklı saatlerinin ve dönemselliğin elektrik fiyatlaması çerçevesinde ele alındığı ilk bilimsel makale
1990	Woo	Otoregresif zaman serileri	Elektrik pazarlarında talebin arza göre değil, arzın talebe göre şekillenmesi gerektiğini gösteren ilk çalışma
1995	Golombek, Gjelsvik ve Rosendahl	Otoregresif zaman serileri	Enerji pazarlarındaki serbestleşmenin dinamik fiyatlamaya farklı pazarlarda uygulanabileceğini gösteren ilk çalışma
1997	Henley ve Peirson	Parametrik ve parametrik olmayan zaman serileri	Hava sıcaklığı ve elektrik talebi arasındaki ilişkinin ele alındığı ilk çalışma
1998	Wang ve Ramsay	YSA	İş günü ve tatillerin farklı değerlendirilmesi gerektiğini YSA yardımıyla gösteren ilk bilimsel çalışma
2001	Joskow ve Kahn	Otoregresif zaman serileri	Elektrik fiyatlamasında farklı emtia fiyatları, talep ve ihracat koşullarının dikkate alındığı ilk bilimsel uygulama
2005	Gonzalez, San Roque ve Garcia-Gonzalez	Markov zinciri modelleri, zaman serileri	Elektriğin dinamik fiyatlamasında YSA ile zaman serilerini kıyaslayarak YSA uygulamalarının avantajlarını gösteren ilk çalışma
2006	Mandal, Senjyu ve Funabashi	YSA	Elektriğin dinamik fiyatlamasında takip eden saatlerin çalışıldığı ilk uygulama
2007	Pao	YSA	Elektriğin YSA yardımıyla dinamik fiyatlamasında farklı zaman aralıklarının test edildiği ilk çalışma

İKİNCİ BÖLÜM

ELEKTRİK PİYASASI, TÜRKİYE ELEKTRİK PAZARI VE PAZAR ANALİZLERİ

2.1. ELEKTRİK PİYASASI

Elektrik piyasası gerek pazar koşulları gerekse ticarete konu olan malın özellikleri açısından genel anlamda farklılıklar içermektedir. Bu farklılıklardan biri, üretilen mal olan elektriğin çok kısa bir süre içerisinde tüketilmesi zorunluluğu olarak gösterilebilir. Hunt (2002), bu sürenin bir nanosaniye olduğunu belirtip bir tüketicinin elektrik kullanan bir cihazı çalıştırdığı anda elektriğe ulaşabilmesi için eş zamanlı bir üretim olması gerektiğini ifade etmektedir.

Bu durum, üretim tesisinin kullanıcısı olan her yere her an yeteri kadar elektrik üretmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Üretim ve tüketimin eş zamanlı olduğu bu ürünün depolanamaması da, beraberinde stoksuz çalışma zorunluluğunu ortaya çıkarmaktadır. Bu durum, elektriğin bir ürün olarak sunulduğu pazarda stoklanabilen ürünler gibi bir tampon stok olmadan sunulması anlamına gelmektedir. Elektrik stoklanamayan bir ürün olduğu için enerjinin anlık talepten fazla üretilmesi durumunda enerji fazlası, talepten az üretilmesi durumunda ise enerji açığı ortaya çıkmaktadır.

Tüketilebilecek olan enerjiden fazlasının üretilmesi, yani enerji fazlasının olması ve fazla enerjinin depolanamamasından dolayı kullanılamayan enerjinin israfına yol açmaktadır. Öte yandan, enerji açığı durumunda ise üretilen enerjinin talebi karşılayamaması ve dolayısıyla da bazı durumlarda enerji kısıtlamaları bazı durumlarda ise enerji kesintilerine neden olabilmektedir.

Enerji piyasaları da kendi aralarında gün öncesi piyasası, gün içi piyasası ve gerçek zamanlı piyasa olarak üçe ayrılmaktadır. Gün öncesi piyasası, bir önceki günden sonraki günün her bir saati için elektrik fiyatların belirlenmesi uygulamasıdır. Elektriğin

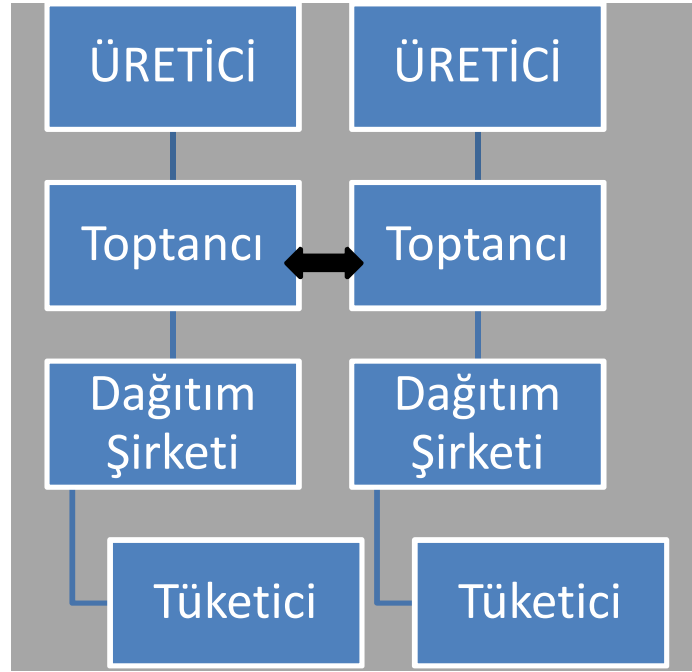
dağıtım ve piyasanın dengelenmesinden sorumlu olan erk, sonraki günün her bir saati için piyasayı dengede tutmaya yönelik fiyatları belirlemekle yükümlüdür.

Gün içi piyasası ise adından anlaşılacağı gibi, gün içinde ortaya çıkan, sürekli alım satım anlayışıyla çalışan bir piyasadır. Çoğunlukla gün öncesi piyasası kapandıktan sonra devreye girmektedir ve belirlenen zamandan belli bir süre öncesinde alım satım ve fiyat oluşumu gerçekleşmektedir.

Gerçek zamanlı piyasa ise, sistem işletmecisi erkin sistemi dengede tutmaya yönelik çalıştığı piyasadır. Elektrik piyasalarının kendine has durumu dikkate alındığında bu uygulamanın kar elde etmekten ziyade israftan kaçınmayı ve piyasayı dengede tutmayı hedeflediği anlaşılmaktadır. Sistemin işleticisi olan erk arz – talep dengesi bozulduğu durumlarda fazla enerjiyi sistemden çıkarmakta ve aksi durumda eksik olan enerjiyi piyasaya dahil etmektedir.

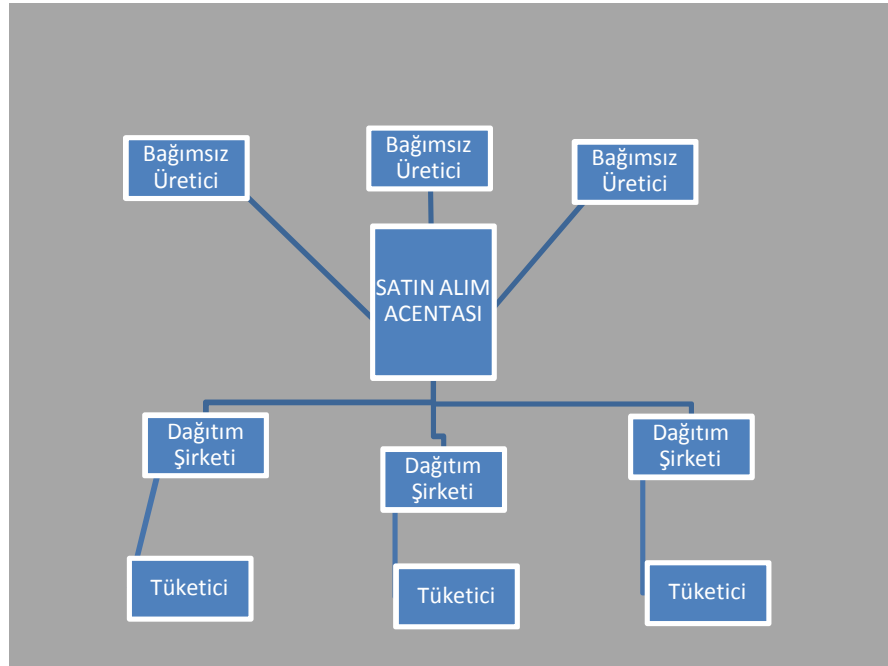
Buradan da anlaşılacağı gibi, arada bir stok olmadığı, elektriğin üretilir üretilmez tüketime sunulması gerektiği bilgileri ışığında denebilir ki, elektrikteki arz, arada bir tampon olmadan talep tarafına ulaşmaktadır. Elektriğin üretimiyle tüketimi sürecinde ortaya çıkan gerçek zamanlı piyasada ise fiyatların istikrarlı olarak dengeye yakın durması hem üretenin risk yapısı hem de tüketicilerin hizmetten sürekli ve yüksek kalitede faydalanabilmeleri açısından büyük önem taşımaktadır.

Elektrik piyasalarındaki yenilik ve düzenlemelerin büyük bir kısmı elektrik üretim, dağıtım ve perakende satış kurumlarının birbirinden ayrılması üzerinedir. Hunt ve Shuttleworth, (1996) elektrik pazarı modellerini dört başlıkta incelemektedir. Bunlardan ilki monopolistik modeldir. Bu modelde elektrik üretim, iletim ve perakende satış faaliyetlerini tek bir kurum yürütmektedir.

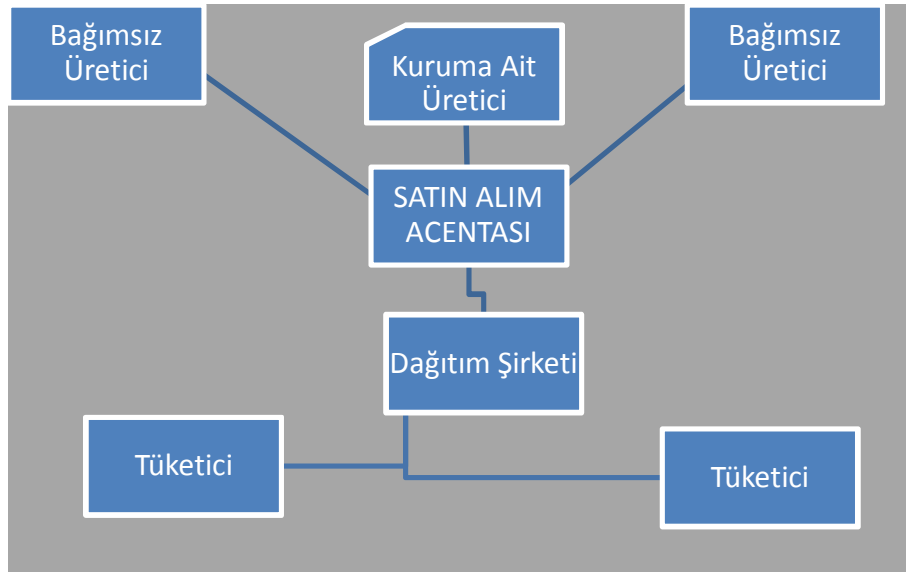


Şekil 2.1.1. Monopolistik elektrik pazarı modeli

İkinci model ise satın alma acentası modeli olarak bilinmektedir. Bu modelde ise, elektrik üreticileri arasında rekabete izin verilmekle birlikte tek bir monopolistik dağıtıcı bulunmaktadır. Bu model de kendi içinde; entegre, entegre olmayan ve yarı entegre modeller olarak üçe ayrılmaktadır. Entegre modelin farkı, sözü edilen toptancı dağıtımcı kuruluşun piyasada farklı üreticilerle birlikte kendi üretim tesislerinin bulunması, aynı zamanda kendi dağıtım firmasının da piyasada bulunması durumudur.

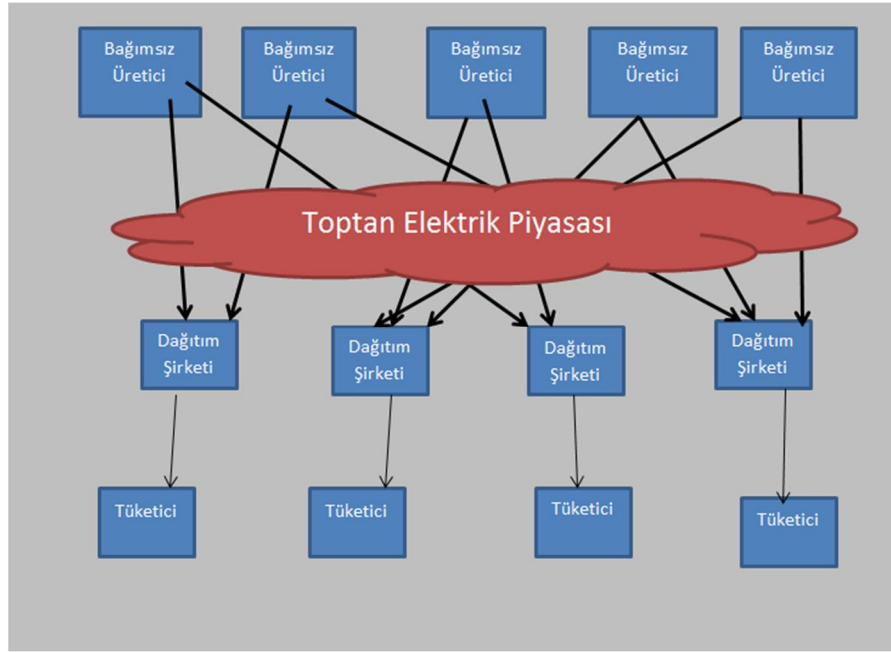


Şekil 2.1.2. Entegre satın alım acentası elektrik pazarı modeli



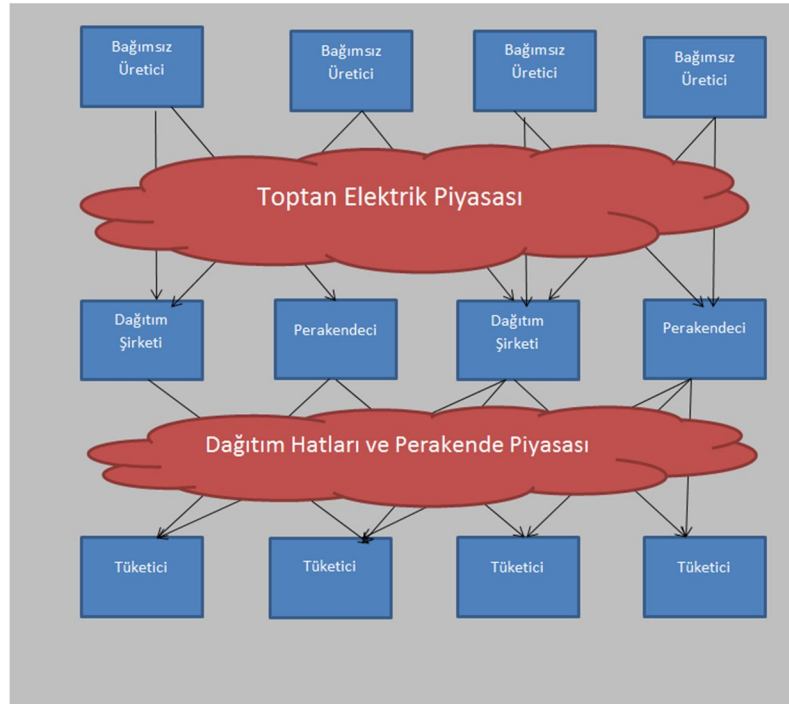
Şekil 2.1.3. Entegre olmayan satın alım acentası elektrik pazarı modeli

Toptancılık modeli ise üretim ve dağıtım şirketlerinin kendi aralarında rekabet etmeleri durumudur. Bu modelde çok sayıda üretici bir toptancı piyasası aracılığıyla dağıtım firmalarına ulaşmakta, dağıtım firmaları da son tüketiciye elektriği ulaştırmaktadır. Kendi içinde farklılık gösteren bu pazarda da birden çok dağıtıcı olabilmekle beraber çoğu uygulamada toptancı pazarının altında bulunan dağıtım pazarı monopolistik özellik gösterir.



Şekil 2.1.4. Toptancı elektrik pazarı modeli

Dördüncü ve son model olan perakende rekabet modelinde ise üretim, toptancılık ve perakende katmanları kendi içlerinde rekabet edebilmektedir. İlk iki model genellikle devlet tekelinde veya devlet kontrolünde olan pazarlarken üçüncü ve dördüncü modeller serbestleşme ve düzenlemeler sonucunda ortaya çıkmış serbest piyasa modelleridir.



Şekil 2.1.5. Perakende rekabet elektrik pazarı modeli

Elektrik piyasalarında serbestleşme hareketlerinin ardından fiyat ve ücret yönetiminde de değişiklikler görülmeye başlanmıştır. Toptancı piyasaların daha dinamik, gelir yönetimine daha uygun hareket eder hale gelmeleriyle birlikte perakende fiyatlar çoğunlukla kanun ve yönetmeliklerden dolayı büyük ölçüde sabit kalmıştır.

Sorumluluk alanlarına bakılacak olursa da enerji firmalarının ve özellikle elektrik firmalarının hem kurallar hem de iktisadi gerçekliklerden dolayı farklı ölçeklerde çalıştıkları söylenebilmektedir. Enerji firmaları ülke ve hatta pan-Europe gibi kıta çapında faaliyet gösterebildikleri gibi KCETAŞ ve Amsterdam Power Exchange gibi daha yerel olarak da faaliyet gösterebilmektedirler. Faaliyet gösterdikleri coğrafi alan ve piyasa düzenlemelerinden bağımsız olarak söylenebilir ki; her elektrik şirketinin birincil amacı arz ve talebe uygun ve çoğunlukla gerçek zamanlı fiyat belirlemek suretiyle enerji piyasasının istikrarını ve dengesini sağlamaktır.

Elektrik piyasasında gelir yönetiminin daha isabetli ve daha etkin kullanılabilmesi için ise yalnızca üretim ve dağıtım alanında fiyatlama değişimleri değil, tüketiciler konusunda da farklılıklar oluşturulması gerekmekte olduğu yapılan literatür araştırmasından da ortaya çıkmaktadır. Buna örnek olarak piyasada denenmiş örnekleri bulunan pik yük fiyat uygulaması gösterilebilir. Bu fiyat uygulamasına göre elektriğe en yüksek talebin olduğu zaman aralığında fiyatların yüksek, elektriğe olan talebin en düşük olduğu zaman aralığında ise düşük olması gibi bir uygulama olabilecektir. Ancak bu durum hem faturalama hem de kapasite kontrolü üzerinde kullanıcıya bilgi ulaştırması alanında yeni problemleri de beraberinde getirebilecektir. Bu kullanım için farklı sayaçlar gerekeceği ve ölçüm maliyetlerinin de farklılaşacağı hesaba katıldığında dinamik fiyatlamanın tüketicilere kadar yayılması için alınması gereken teorik ve pratik yolun henüz başında olduğumuz sonucuna varılabilir.

2.2. TÜRKİYE ELEKTRİK PAZARI

Tezin konusu olan pazar da elektrik pazarının genel koşullarına tabidir. Bir başka deyişle, pazarın farklı oluşu ürünün farklılaşmasına sebep olmamış, sağlanan elektriğin davranışı ürünün doğası gereği bu pazarda bir farklılık göstermemiştir. Elektrik pazarlarının doğası gereği Türkiye pazarı veya herhangi bir pazarda elektriğin ürün olarak davranışı aynıdır ve üretildiğinden çok kısa sürede tüketilemezse pazarda enerji

fazlası durumu ortaya çıkacak, bu fazla enerji de stoklanamadığından yok edilmek durumunda kalınacaktır.

Elektrik pazarındaki düzenleme ve yenilik hareketleri Amerika Birleşik Devletleri'yle sınırlı kalmamış, serbestleşme hareketleri gelişmekte olan pazarlara da sıçramıştır. Türkiye'deki ilk serbestleşme veya şeffaflaşma yönünde atılmış olan adım ise 20 Şubat 2001'te kabul edilip 3 Mart 2001'de resmi gazetede yayımlanmış olan 4628 sayılı "elektrik piyasası kanunu" olarak gösterilebilir. Bu kanunun birinci maddesinde; elektriğin yeterli, kaliteli, sürekli, düşük maliyetli ve çevreye uyumlu bir şekilde tüketicilerin kullanılmasına sunulmasının hedeflendiği belirtilmektedir. Kanunun bir diğer amacı ise elektrik piyasasının güçlü, istikrarlı ve şeffaf bir hale getirilmesidir.

Kanundan da anlaşılacağı gibi, bu kanun Türkiye'deki elektrik piyasasının dengeli ve şeffaf bir piyasa olarak yeniden düzenlenmesi hedeflenmiş, ikinci maddede ise bu düzenlemenin hangi kuruluş tarafından sağlanacağı açıklanmıştır. 4628 sayılı kanunun ikinci maddesine göre söz konusu pazarda elektriğin üretimi, iletimi, dağıtımı, satışı, ithalatı ve ihracatı düzenlenmiş, "Elektrik Piyasası Düzenleme Kurulunun" (EPDK) kurulması ve bu kurumun çalışma usul ve esaslarının belirtilmesine karar verilmiştir. 41 sayfa ve 4 kısımdan oluşan bu kanunda elektrik üzerinde yapılan ticari alım satım işlevi ise "dengeleme piyasası" olarak bilinen piyasaya yönlendirilmiştir.

Türkiye'de fiyatların oluşması ve takibi konusunda temelde iki piyasadaki bahsedilebilir. Bu piyasalar Gün Öncesi Piyasa (GÖP) ve Gerçek Zamanlı Piyasa (GZP) olarak tanımlanmıştır. Türkiye'de uygulamada olan GZP'nin benzerlerinden farkı ise; elektriğin iletiminin hemen yapılması ancak, ödemenin PMUM tarafından uzlaştırma bittikten sonra yapılması olarak gösterilebilir.

Türkiye pazarında GÖP ve GZP spot piyasalar olarak kabul edilmekte olup, henüz bir perakende veya fiziksel türev piyasası bulunmamasından dolayı Türkiye pazarının serbestleşme hareketlerinde henüz giriş aşamasında olduğu söylenebilir.

Gün öncesi piyasası, bir gün önceden her bir saat için bir fiyat belirleyip piyasanın dengesini sağlamakla yükümlü olmasına rağmen gün içinde gerçekleşecek olan talep ve sağlayıcıların tam olarak üretim bilgilerindeki belirsizliklerinin bilinmemesinden dolayı denge piyasasında ayarlamalar yapılması kaçınılmaz bir durumdur. Piyasada

talebi arza uydurma anlayışı yapılan denemeler ve çalışmalar sonucunda başarısız olduğundan ve arzı talebe uydurmanın tek gerçekçi çözüm olmasından dolayı piyasa içindeki bu arz talep dengesizliği elektrik enerjisi tedarikçilerinin üretim kapasitelerinin belirlenenden farklı olarak kullanılması yoluyla aşılmaktadır.

Bunun yanı sıra, üretim veya iletim araçlarında arızalar oluşması, elektriğin kaynağıyla ilgili sıkıntılar yaşanması ve özellikle tüketim tahmininin doğru tespit edilememesi gibi durumlardan dolayı gün öncesi piyasasıyla denge piyasası arasında farklılıklar görülmesi kaçınılmazdır.

Tezde çalışılan 01.01.2010 – 31.12.2013'ü kapsayan dört yıllık dönem incelenecek olunursa toplamda 35.064 saatin ancak 8.108 saatinde denge piyasası gün öncesi piyasasında öngörülen fiyatta oluşmuştur. Bu hususta yapılan hesaplamanın (Ek-11)'de görülmesi mümkündür.

Bu durum daha önce bahsedildiği gibi bu saatlerde ya enerji açığı ya da enerji fazlasıyla baş edilmek zorunda kalındığını göstermektedir. Tahmin edilen miktardan fazla bir talep olduğunda arzı sağlayan merkeze fazladan elektrik üretmesi için ödenecek bir tutar bulunmaktadır. Piyasalara bu tutar yansıtılamayacağından bu durum başlı başına bir maliyet olarak ortaya çıkacaktır. Öte yandan belirlenen miktardan daha düşük bir talep olması durumunda ise ikili anlaşmaların izin verdiği ölçüde üretim azaltılarak fazla üretim maliyetinden kaçınılması gerekmektedir.

Bir başka deyişle, piyasanın dengesi gün öncesi piyasada belirlenen fiyattan daha yüksek veya daha düşük bir değerde de oluşsa ortaya kullanıcıya yansıtılamayacak olan bir maliyet çıkmaktadır.

Elektrik üretimi değerlerine bakılacak olursa, Elektrik Üretim Anonim Şirketi (EÜAŞ) Türkiye pazarındaki en büyük üretici olarak ortaya çıkmaktadır. Bir kamu kuruluşu olan EÜAŞ'ın 2012 yılı Pazar payı %38 olmuştur.

Bunun yanı sıra Türkiye'de toptan satış piyasasında dört farklı enstrümanla elektrik alış ve satışı yapılmaktadır. Bunlar ikili anlaşmalar, GÖP, GZP ve dengesizlik olarak ortaya çıkar. İlgili kanuna göre ikili anlaşmalarda ticaret teslimatın gerçekleşeceği günden önceki gün saat 16:00'a kadar yapılabilmektedir. Daha önce vurgulandığı gibi

Türkiye’de elektrik piyasasında bir tezgah üstü piyasası henüz oluşmamasına rağmen geçmişten gelen sözleşmeler bulunmakta ve bu sayede halen pek çok ikili anlaşma devam etmektedir. GÖP’te ise genel bir enerji havuzundan alım ve satım yapılabilmektedir. GZP ise GÖP ve denge piyasası arasında oluşan fark durumunda yapılan ticareti tarif etmektedir. Dengesizlik ise daha çok istemsiz yapılan bir ticaret türü olarak tarif edilebilir.

Dengeleme güç piyasası ise GÖP ile birlikte dengede bir sistem sunulmuş olsa da gün içinde daha önce sayılan sebeplerden dolayı ortaya çıkan farklılıklar neticesinde denge fiyatının GÖP’ten farklı bir yerde oluşması durumunu kapsamaktadır. Bu piyasanın esas amacı ise daha önce de üzerinde durulduğu gibi ticaret değil, sistemin gerçek zamanda dengede tutulmasıdır. Bir başka açıdan bakmak gerekirse, GÖP değerleri DGP’ye ne kadar yakınsa birim elektrik başına o kadar az zarar edilmiş olunur. GÖP değerleri denge piyasasının ister üstünde kalsın ister altında, bu durum bir maliyete sebep olmaktadır.

Pazar rakamlarına bakılacak olursa, Türkiye’de 2013 yılında 245,5 Milyar kWh elektrik tüketilmiş, 239.3 Milyar kWh elektrik üretilmiştir. Aynı yıl üretilen elektriğin oransal olarak kaynak dağılımına bakılacak olunursa, söz konusu pazarda üretilen elektriğin %43,8’lik oranla doğalgaz dönüşümü şeklinde yapılmış olduğu görülmektedir. Bu oranı %25,4’le kömür takip etmekte olup sıvı yakıtların oranı yaklaşık %2 olarak ortaya çıkmaktadır. Bu rakamlar bir araya getirildiğinde ise Türkiye’de üretilen elektriğin %71,2’lik kısmının fosil yakıtlardan elde edildiği görülmektedir. Fosil yakıtlar dışında üretilen elektriğin %24,8’i hidroelektrik santrallerinden, %4’ü ise yenilenebilir kaynaklardan elde edilmiştir. Türkiye’de 2014 yılı itibarıyla nükleer santral bulunmamaktadır.

Elektrik piyasasının serbestleşmesi hedefinin ortaya koyulduğu 4628 sayılı kanuna 6446 sayılı yeni Elektrik Piyasası Kanunu da eklenerek elektrik sektörünün şeffaflaşması için yeni bir adım daha atılmıştır. 14 Mart 2013’te kabul edilen 6446 sayılı kanunun amacı; “elektriğin yeterli, kaliteli, sürekli, düşük maliyetli ve çevreye uyumlu bir şekilde tüketicilerin kullanımına sunulması için rekabet ortamında özel hukuk hükümlerine göre faaliyet gösteren mali açıdan güçlü, istikrarlı ve şeffaf bir elektrik enerjisi piyasasının

oluşturulması ve bu piyasada bağımsız bir düzenleme ve denetimin yapılmasının sağlanması” olarak belirtilmiştir.

2.3. PEST ANALİZİ

PEST analizi, bir projenin politik, ekonomik, sosyokültürel ve teknolojik açıdan analiz edilip bahsedilen alanlarda hangi kısıtlara tabi olduğunun ortaya çıkarılmasında kullanılmaktadır. Tez çalışmasının modelleme kısmına geçmeden önce projenin hangi kısıtlara tabi olduğu ve bu kısıtlardan hangilerinin modele ne şekilde dâhil edilebileceğinin ortaya çıkarılabilmesi için öncelikli olarak bir PEST analizi, ve ardından da Porter’ın 5 Gücü analizi yapılması uygun bulunmuştur.

Tümden gelim yönteminde “fiyat” olgusunun nihai hedef olduğu hatırlanacak olursa, bu olgusun oluşumundaki kısıtların da incelenmesi gerekmektedir. Söz konusu hedefe ulaşılabilmesi için kullanılması uygun görülen analizlerden ilki PEST analizidir. Bu analiz kısaca bir pazardaki dört farklı bileşeni incelemektedir. Bu bileşenler; politik, ekonomik, sosyo-kültürel ve teknolojik faktörlerdir. Bu faktörler, çalışmada birer birer ele alınmak istenmiştir. Politik faktörler incelenirken, elektrik üretim, fiyatlama ve tüketimindeki yasal kısıtlar ele alınacaktır. Bunlara örnek olarak hukuki anlamda satın alınan veya satılan elektriğin kontrat ve kanunlar çerçevesindeki değerleri araştırılacaktır. Ekonomik faktörler ele alındığında ise temel iktisadi kavramlardan olan talep kavramı öne çıkmaktadır. Bir başka deyişle, depolanamayan bir ürün olan elektriğin taleple mümkün olduğunca eleşmesi ve piyasa süpürme fiyatından işlem görmesi gerekmektedir. Aksi taktirde ya fırsat maliyeti ortaya çıkacaktır, ya da üretilen veya satın alınan elektriğin bir kısmı satılamadan yok olacaktır. Bunun yanı sıra, ekonomik açıdan satın alıcıların maddi gücü de ekonomik faktörün bileşenlerinden biri olarak göz önüne alınmak durumundadır.

Ekonomik faktörlerden bir diğeri de yapılan satın alma ve satış anlaşmalarında kullanılan para cinsi veya hammaddelerin emtia fiyatları olarak gösterilebilir. Çalışmada bu hususlar da modele dahil edilmek istenmektedir. PEST analizinin üçüncü bileşeni olan sosyo-kültürel faktörler göz önüne alınacak olursa, tüketicilerin demografik yapısının da hesaba katılması gerektiği sonucuna ulaşılabilecektir. Yapay sinir ağları gibi sezgisel yöntemler, tarihi verilerden öğrenen sistemler olduklarından, tüketim alışkanlıkları ve nüfus gibi veriler de bu faktörün girdilerindendir.

PEST analizinin son bileşeni olan teknolojik faktörler kısmında, teknoloji ve elektrik kullanımının ilişkisi incelenmiştir. Örnek vermek gerekirse; belirli bir bölge veya ülkenin tümünde teknolojin gelişmesinden ötürü teknolojiye ulaşımın iktisadi bedelinin düşmesi, teknolojik cihazların (klimalar, buzdolapları, elektrikli ısıtıcılar vb.) kullanımını artırıp elektrik tüketimini artırabilir. Öte yandan, yeni teknolojilerin ortaya çıkışı aynı zamanda kullanılan bu ürünlerin enerji açısından daha tasarruflu bir hale dönüşmesine de neden olabilecektir.

Takip eden kısımda bu dört faktör ayrı ayrı incelenip tartışılmıştır.

2.3.1. Politik Faktörler

Türkiye’deki elektrik pazarı politik açıdan incelenecek olursa ilk olarak bu pazarı kontrol eden iki kanundan bahsetmek gerekmektedir. Bu kanunlar, önceki kısımda bahsedildiği gibi 6446 ve 4628 sayılı kanunlardır. Piyasanın kontrol mekanizması ve hukuki kuralları bu kanunlarla belirlenmiştir. 2001 yılında yayımlanan 4628 sayılı kanundan sonra dengeleme ve uzlaştırma için Aralık 2003’te yayımlanan ve elektrik piyasasında mali uzlaştırma yapılanmasını düzenleyen tebliğ yayımlanmıştır.

Bu tebliği 1 Temmuz 2006’da yayımlanan geçici dengeleme ve uzlaştırma yönetmeliği takip etmiş, bu yönetmeliğe göre üretim tesislerinin günlük üretim planlarının hazırlanması ve teklif sunma hakları kurala bağlanmıştır. 14 Nisan 2009’da ise nihai yönetmelik yayımlanarak 1 Aralık 2009’da yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmelikle gün öncesi dengelemeyle gerçek zamanlı dengeleme birbirinden ayrılmıştır.

1 Aralık 2011 tarihinde ise gün öncesi planlama kaldırılarak yerine gün öncesi piyasası getirilmiştir. Nihai olarak 2013 Martında yürürlüğe giren 6446 sayılı Enerji Piyasası Kanunuyla Türkiye pazarındaki serbestleştirme çalışmaları şimdilik sonlandırılmıştır.

Bu hukuki kısıtlar dışında bahsedilmesi gereken bir diğer konu da ülkedeki politik risk ve döviz açısından bu riskin yaratabildiği kırılganlıktır. Yukarıda bahsedildiği gibi, uluslararası anlaşmalar ve enerji piyasasının yapısı özellikle USD para birimiyle paralellik gösterdiğinden, gösterge olarak USD para biriminin hareketlerinin elektrik fiyatlarına da etki edeceği düşünülmüştür.

Buna bağılı olarak, çalışmada modele eklenecek verilerden biri de her gün için ayrı ayrı önceki iş gününün USD/TRY kapanış değeri olacaktır. Bununla birlikte hem siyasi riske bir gösterge eklenmiş, hem de USD hareketlerinin elektrik fiyatları üzerindeki etkisi modele dâhil edilmiş olacaktır.

Hukuki düzenlemeler ve kısıtlar da göz önüne alındığında, ortaya farklı bilgiler çıkmaktadır. Bunlardan öne çıkanları serbest tüketici olabilme hakkı ve kendi elektriğini üretme konusunda yapılan düzenlemelerdir. Serbest tüketiciler, taahhüt mantığı üzerinden hareket eden tüketiciler olup genel fiyatlamadan farklı değerlendirilebilmekte olup fazladan bir öngörülebilirlik kattıklarından GÖP fiyatlarının tahminini belirli bir ölçüde kolaylaştırmaktadırlar. Modelde serbest tüketiciler sayı veya büyüklük olarak alınmamıştır, ancak yapay sinir ağlarının öğrenme aşamasında toplam veri içerisinde sonuçları bulunacağından etkileri bu şekilde hesaba katılmış olacaktır. Kendi elektriğini üretme konusuna gelindiğinde ise bunun temiz enerji veya kojenerasyon şekliyle yapılması durumunda bu haktan faydalanan kullanıcılar alıcı olarak sistemin dışında kalmakla birlikte, kullanmadıkları elektriği sisteme satmaları şekliyle sisteme dahil olmaktadır. Model üzerinde gösterilmemekle beraber, kendi elektriğini üreten firmaların sisteme olan katkıları satılan elektriği kendi kullandıkları kadar düşürüp sisteme satın alma alternatifi sunarak fiyatın tüketici lehine yaklaşması şekliyle özetlenebilir. Bu durum da sistemin bir parçası ve YSA'nın öğrenme sürecinde bulunan bir durum olduğundan modelde ayrıca gösterilmemektedir.

2.3.2. Ekonomik Faktörler

Türkiye’de elektriğin üretimi üzerindeki politik etmenler incelenecek olunursa ilk olarak Rusya’yla yapılmış olan doğalgaz anlaşmasından bahsetmek gerekmektedir. Daha önce belirtildiği gibi, Türkiye’de üretilen enerjinin %44’e yakını doğalgaz dönüşümünden yapılmaktadır. Türkiye, 2012 yılı rakamlarıyla 632 Sm³ doğalgaz üretirken 45922 Sm³ ithal etmiştir. Bu ithalatın da %58’i Rusya’dan yapılmıştır.

Bu bilgiler ışığında Türkiye’nin elektrik üretimi için doğalgaza, doğalgaz için ise dışarıya bağımlı olduğu söylenebilir. İthalatın doğalgaz arzındaki payının %98 olması da bu duruma ikinci bir delil olarak gösterilebilir.

Türk elektrik pazarının ekonomik açıdan incelenmesi, pazarın yapısı ve çevreyle ilişkileri açısından bilgilendirici olacaktır. 2011’de yaklaşık %9, 2012’de ise yaklaşık %2 büyüme verisi elektrik tüketimine de dolaylı olarak yansımaktadır. Bu rakamlar yıllık elektrik tüketim artış hızının açıklanmasında yardımcı olmakla beraber, modelin gerçeğe uyumunun kontrolünde de kullanışlı rakamlardır.

Yine 2012 yılı rakamlarına bakılacak olunursa, yaklaşık 1.12 trilyon dolarlık bir gayrisafi yurtiçi hasıla (2011’de 1.1 trilyon) ve kişi başına düşen 15.000 (2011’de 14.900) dolarlık milli gelir de kaçınılmaz olarak ülkedeki elektrik ve enerji harcamalarının yükselmesini işaret etmektedir.

Öte yandan komşu ülkelerden satın alınan enerjinin de USD para birimi üzerinden yapıldığı hatırlanmalıdır. Bu iki durum birlikte ele alındığında hem USD/TRY değerinin artışı, hem de milli gelirin yükselmesine bağlı olarak refah seviyesindeki artış, yıldan yıla hem toplam elektrik tüketimini hem de birim elektrik fiyatlarının yükselmesini açıklayıcı niteliktedir.

Modeldeki verilerle de karşılaştırıldığında bu yükseliş yukarıda gösterilen bilgilerle örtüşmekte olup, modelin hem öğrenme hem de sonuç verilerini doğrulamaktadır.

Elektrik pazarının ekonomik durumuna başka bir açıdan bakılacak olunursa, pazarın 2012 yılında yaklaşık 4.400 kWh elektrik ithal ettiği görülmektedir. Bu durum da daha önce bahsedildiği gibi USD/TRY değerinin önemini doğrulamakta, USD’nin günlük değerlerinin modelde bulunması için farklı bir sebep sunmaktadır.

2.3.3. Sosyokültürel Faktörler

Elektrik tüketim seviyesi ve tüketim alışkanlıkları bir pazarın sosyokültürel yapısına da bağlı olduğundan, PEST analizinin sosyokültürel boyutu özellikle model açısından büyük önem arz etmektedir. Eldeki verilerin yapısından da anlaşılacağı gibi, günün belli saatlerinde elektrik tüketimi zirve yaparken, bazı saatlerde günün genelinden düşük değerlerdedir. Dolayısıyla, gün içinde saatler arasında da fiyat farklılıkları ortaya çıkmaktadır. Çalışmada tasarlanan model saatlik verileri baz aldığından ötürü yukarıda bahsedilen konuyla birebir uyumludur.

Gün içindeki saatlik dalgalanmalar dışında yine verilerden anlaşılabilceği gibi mevsimsel dalgalanmalar da göze çarpmaktadır. Bu dalgalanmalar hem USD/TRY değerinin yıl içindeki hareketlerine, hem de mevsimsel elektrik kullanım alışkanlıklarına işaret etmektedir. Kullanılan model, öğrenme verilerinde bu durumu da göz önüne almaktadır. Sosyokültürel etkilerden bir diğeri ise, toplamda bahsedilen bu durumların yerel olarak ve özellikle şehirden şehre farklılık gösterebilmesidir. Gün içerisindeki sıcaklık değişimine farklı illerde hanede yaşayan kişi sayısına ve kişilerin sıcaklık karşısında gösterdikleri dirence göre farklı tepkiler verilebilir. Bu farklı tepkiler elektrik tüketimi davranışlarında da farklılığa yol açacaktır.

Sıcaklığın genele etkisini daha gerçekçi bir şekilde yorumlayıp modele dahil etmek için ise modelde her ilin ortalama ve en yüksek sıcaklık verileri ayrı ayrı girilmiş, nüfus, mevsim ve şehrin sosyokültürel özellikleri bu bağlamda yansıtılmıştır.

2.3.4. Teknolojik Faktörler

Elektrik tüketimiyle doğrudan ilişkili olan bir diğerkonu ise teknolojinin kullanımı ve teknoloji kullanımının maliyetidir. Daha önce bahsedildiği gibi, elektrik pazarında bir mevsimsellik etkisi bulunmaktadır. Bu etkinin belirli bir kısmının yazın kullanılan soğutma aletlerinden kaynaklandığı çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir. (Cartea ve Figueroa, 2005)

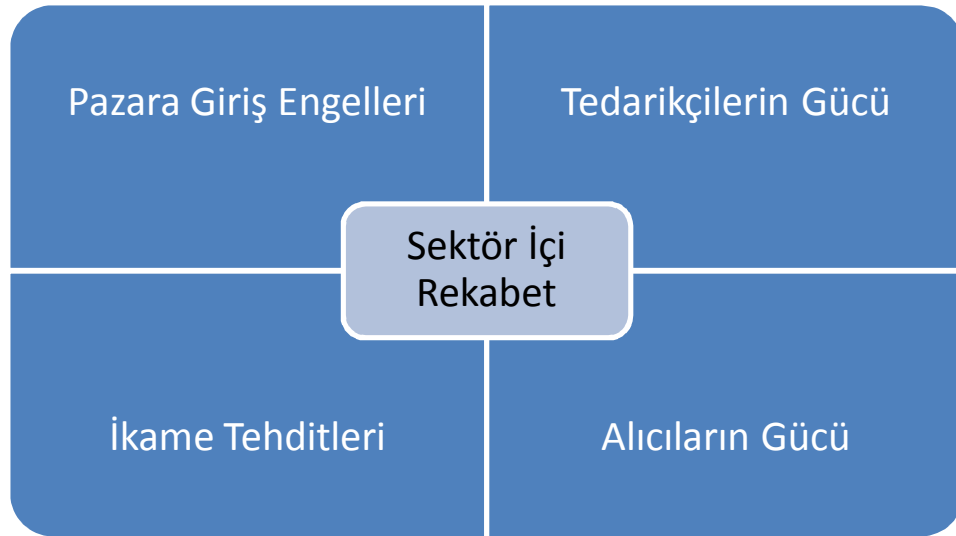
Ekonomi başlığı altında bahsedilenler hatırlanacak olunursa, kişi başına düşen milli gelir artışı ve gayrisafi yurtiçi hasılanın yükselişi neticesinde daha çok yerde klima ve benzeri teknolojiler kullanılmaya başlanmıştır.

“İklimlendirme, Soğutma, Klima İmalatçıları Derneği” (İSKİD) verilerine bakıldığında örneğin 2011 yılında 1.382.664 klima üretilmiş, 725.506 klima da ithal edilmiştir. 2012 yılında ise 1.108.484 klima üretilip 440.589 klima ithal edilmiştir. Verilerden de anlaşılacağı gibi, sayılar düşmüş gibi görünse de klimaya olan talep devam etmektedir ve Türkiye pazarı henüz doymuş gibi görünmemektedir. Öte yandan hatırlanması gereken bir diğerkonu da bu üretim ve ithalatın bir kısmı yeni klima olmakla birlikte klima sayısındaki artış tam olarak bu sayı değildir, bu sayının bir kısmı elde bulunan ve ömrünü tamamlamış klimaların yenilenmesinde kullanılmıştır.

Son olarak üzerinde durulması gereken nokta ise elektrik tüketen ev eşyalarının sayısı artmakla birlikte, teknolojinin gelişmesinden dolayı aynı verimle ya da daha da yüksek verimle çalışan elektronik eşyaların saat başına tükettiği elektrik seviyesinin düşmesidir. Piyasada sayısı günden güne artan ancak birim başına eskisi kadar elektrik tüketmeyen ev aletlerinin günlük elektrik tüketimine etkisi sosyokültürel faktörlerle bir araya getirildiğinde elektrik tüketimi açısından kıymetli göstergelerdir.

2.4. PORTER'IN 5 GÜCÜ ANALİZİ

Fiyatın nasıl ortaya çıktığını belirlemede kullanılan teknik analizlerden ziyade, modelin oluşturulmasında öncelikli olarak temel yönetim analizleri yapılmalıdır. Bunlardan ilki olarak Porter'ın 5 gücü gösterilebilir. Bu modele göre, fiyat kararları verilirken dikkat edilmesi gereken 5 farklı unsur vardır. Bu unsurlar; pazara giriş engelleri, tedarikçilerin gücü, ikame tehditleri, alıcıların gücü ve sektör içi rekabet olarak gösterilmektedir.



Şekil 2.4.1. Porter'ın 5 gücü şeması

2.4.1. Alıcıların Gücü

Alıcıların bir pazardaki gücü, veya pazarlık kuvvetleri en temel anlamda bir ürünün satın alıcılarının üreticilere daha yüksek kaliteli ürünler, daha iyi müşteri hizmetleri ve/veya daha düşük fiyatlar ortaya koymaları için uygulayabilecekleri baskı gücünü ifade etmektedir. Alıcıların gücünün yüksek ve düşük olduğu durumlar Tablo 2.4.1'de ana hatlarıyla gösterilmiştir.

Tablo 2.4.1. Alıcıların gücü özet tablosu

ALICILARIN GÜCÜ YÜKSEK	ALICILARIN GÜCÜ DÜŞÜK
Alıcılar satıcılardan daha yoğunsa	Satıcılar alıcılardan daha yoğunsa
Alıcıların satıcı değiştirme maliyeti düşükse	Değiştirme maliyeti yüksekse
Geriye entegrasyon yüksekse	Geriye entegrasyon düşükse
Alıcılar fiyata duyarlıysa	Alıcılar fiyata duyarsızsa
Alıcılar ürün hakkında geniş bilgiye sahipse	Alıcılar ürün hakkında bilgili değilse
Alıcılar yüksek miktarlarda alım yapıyorsa	Alıcılar düşük miktarlarda alım yapıyorsa
Ürün farksızsa	Üründe yüksek farklılık varsa
Pazarda ikameler bulunuyorsa	Pazarda ikameler bulunmuyorsa

Tablodaki bilgiler elektrik pazarı üzerine uygulandığında ortaya çıkan sonuçlar maddeler halinde gösterilmiştir:

- Milyonlarca alıcı ve pek az satıcı bulunduğundan satıcılar alıcılardan daha yoğunudur. (düşük alıcı gücü)
- Şu anki durumda son kullanıcılar için satıcı değiştirme opsiyonu olmamakla birlikte 6446 sayılı kanun pazardaki rekabeti artırmayı hedeflemektedir. Günümüzde alıcıların satıcı değiştirme imkanı olmasa da bu durum yakın gelecekte değişebilir. (orta-düşük alıcı gücü)
- Elektrik pazarında geriye entegrasyon bulunmamaktadır. (düşük alıcı gücü)
- Ürüne olan talep, fiyat elastik değildir. Dolayısıyla alıcılar fiyata duyarlı sayılmazlar. (düşük alıcı gücü)
- Alıcıların elektrik pazarı hakkında geniş bilgiye sahip olduklarını gösteren bir delil olmadığı gibi, son kullanıcıların miyop kullanıcı olduğu söylenebilir. (düşük alıcı gücü)

- Son kullanıcı tarafından bakıldığında pazardaki elektriğin çok küçük bir kısmı son tüketici tarafından satın alınmaktadır. (düşük alıcı gücü)
- Türkiye pazarında bir adet hane halkı bir adet de sanayi voltaj tipi bulunmaktadır. (düşük alıcı gücü)
- Doğalgaz dönüşüm ve güneş enerjisi gibi uygulamalar mümkün olsa da Türkiye elektrik pazarında ana şebeke elektrik enerjisinin ekonomik ikamesi bulunmamaktadır. (düşük alıcı gücü)

Bu bilgiler özetle sunulacak olunursa, son kullanıcıların Türkiye elektrik pazarındaki alıcı gücü çok düşük olarak ortaya çıkmaktadır.

2.4.2. Tedarikçilerin Gücü

Tedarikçilerin gücü, ele alınan pazardaki işletme ve organizasyonların fiyatları yükseltme, kaliteyi düşürme, ellerinde bulunan ürüne ulaşımı kısıtlama gibi uygulama güçlerini temsil etmektedir. Tedarikçilerin gücünün yüksek olduğu durumlarda alıcıların gücü düşük, alıcıların gücünün yüksek olduğu durumlarda ise tedarikçilerin gücü düşüktür. Bir başka deyişle, tedarikçilerin gücünün ölçümü alıcıların gücünün ölçümünün tersi olarak da ifade edilebilir. Alıcıların gücü başlığı altında bu durum gösterildiğinden, tedarikçilerin gücünün açıklanmasında aynı tabloyu kullanarak bu hususta bir yargıya ulaşmak mümkündür.

Satıcıların gücünün düşük olduğunu ortaya koyan tabloya bakarak tedarikçilerin gücünün yüksek olduğunu söyleyebilmekle birlikte, tabloda yer almayan birkaç hususa değinmekte de fayda vardır. Türkiye’de elektriğin iletimi ve dağıtımını sırasıyla TEİAŞ ve TEDAŞ tarafından yürütülmektedir. Bunun yanı sıra, EÜAŞ da piyasaya sürülen elektriğin 2012 verilerine göre %38’ini, 2013 verilerine göre ise %33’ünü sağlamakla birlikte pazarın geri kalanını etkileyecek büyüklükte başka tedarikçiler bulunmamaktadır. Serbest üretim şirketlerinin toplam üretimi 2013 yılında toplam elektrik üretiminin %35’i civarında olmuştur. (Kaynak: http://www.enerji.gov.tr/yayinlar_raporlar/Sektor_Raporu_EUAS_2012.pdf ve http://www.enerji.gov.tr/yayinlar_raporlar/Sektor_Raporu_EUAS_2013.pdf)

Yine maddeler halinde gösterilecek olursa bu bilgiler de eklenerek Türkiye elektrik pazarında tedarikçilerin gücünün değerlendirmesi aşağıdaki gibi olacaktır:

- Milyonlarca alıcı ve pek az satıcı bulunduğundan satıcılar alıcılardan daha yoğundur. (yüksek tedarikçi gücü)
- Şu anki durumda son kullanıcılar için satıcı değiştirme opsiyonu olmamakla birlikte 6446 sayılı kanun pazardaki rekabeti artırmayı hedeflemektedir. Öte yandan aynı kanunun getirdiği yeniliklerden biri tüketicilere serbest tüketici olabilme hakkı verilmesidir. (orta-yüksek tedarikçi gücü)
- Elektrik pazarında geriye entegrasyon bulunmamaktadır. (yüksek tedarikçi gücü)
- Ürüne olan talep, fiyat elastik değildir. Dolayısıyla alıcılar fiyata duyarlı sayılmazlar. (yüksek tedarikçi gücü)
- Alıcıların elektrik pazarı hakkında geniş bilgiye sahip olduklarını gösteren bir delil olmadığı gibi, son kullanıcıların miyop kullanıcı olduğu söylenebilir. (yüksek tedarikçi gücü)
- Son kullanıcı tarafından bakıldığında pazardaki elektriğin çok küçük bir kısmı son tüketici tarafından satın alınmaktadır. (yüksek tedarikçi gücü)
- Türkiye pazarında bir adet hane halkı bir adet de sanayi voltaj tipi bulunmakta, bu durumda her iki tip tüketici için yalnızca birer tip farksız ürün bulunmaktadır. (yüksek tedarikçi gücü)
- Doğalgaz dönüşüm ve güneş enerjisi gibi uygulamalar mümkün olsa da Türkiye elektrik pazarında ana akım elektrik enerjisinin ekonomik ikamesi bulunmamaktadır. (yüksek tedarikçi gücü)
- Çok büyük ölçekte ve güçlü tedarikçiler bulunmaktadır. (yüksek tedarikçi gücü)
- Pazarda belli başlı üretici ve sağlayıcılar bulunmakta olduğundan bir oligopol tehdidi de bulunmaktadır. (yüksek tedarikçi gücü)

Bu bölümün birinci alt başlığında tarif edilen piyasa modelleri hatırlanacak olunursa, Türkiye’de Şekil 2.1.1’de gösterilen pazardan Şekil 2.1.4’te gösterilen pazara doğru bir hareket oluşturulması için yasal düzenlemeler yapılmış, bu düzenlemeler hayata geçirilmeye başlanmıştır. Bu durum göz önüne alındığında, Türkiye’de tedarikçilerin gücünün şu an için yüksek olduğu, ancak kanunlarla belirlenmiş olan politikaların sürdürülmesi durumunda bu gücün azalmaya başlayacağı kanısına ulaşılabilir.

2.4.3. İkame Tehditleri

İkame tehdidi, özet olarak bir pazarda ticaretin konusu olan bir ürünün tüketicilerinin bu ürüne ikame başka bir sektörden bir ürün kullanmayı tercih etmeleri olasılığı olarak tarif edilebilir. Bir başka deyişle, tüketiciye piyasadaki bir ürünle benzer faydalar sağlayan, başka bir endüstri kolunun ürettiği bir ürünün varlığı, pazardaki ürünün hakimiyeti açısından bir tehdit olarak tanımlanmaktadır.

Piyasadaki bir ürünün yakın ikamesinin varlığı, o piyasadaki rekabet şartlarını etkilemekte, tüketicilerin bu ikameyi seçme olasılıklarından ötürü söz konusu piyasadaki karlılığı şekillendirmektedir. İkame tehditlerini belirleyen faktörlere bakıldığında ise tüketicilerin gücüyle tedarikçilerin gücünü de belirleyen faktörlerin bazılarının burada da geçerli olduğu yargısına ulaşılabılır. Tüketicilerin ikame ürüne yönelmelerinin maliyeti eğer düşükse, bu durumda bir ikame tehdidi olduğu söylenebilir. Bunun dışında uzun vadede eğer ikame ürün tedarikçilerin sağladığı üründen daha az maliyetliyse bu durum da bir ikame tehdidini işaret etmektedir. Sektörün sağladığı ürüne kıyasla ikame ürünün performans ve/veya kalite konusundaki üstün yanları da bir ikame tehdidinin bulunduğunu gösterir.

Bu durum Tablo 2.4.2’de özetlenmiştir:

Tablo 2.4.2. İkame tehdidi özet tablosu

İkame Tehdidi Yüksek	İkame Tehdidi Düşük
Tüketicilerin değişim maliyetleri düşükse	Tüketicilerin değişim maliyeti yüksekse
İkame ürün pazarda sağlanan üründen ucuzsa	İkame ürün pazarda sağlanan üründen daha pahalıysa
İkame ürünün kalitesi pazarda sağlanan ürünün kalitesine eşit veya daha yüksekse	İkame ürünün kalitesi pazarda sağlanan ürünün kalitesine ulaşamıyorsa
İkame ürünün performansı pazarda sağlanan üründen yüksekse	İkame ürünün performansı pazarda sağlanan üründen düşükse

Günümüzde elektrik enerjisinin Türkiye’de ana akım pazardan almayıp farklı yollarla elde etmek mümkün olsa da, gaz, solar panel ve rüzgar enerjisi gibi alternatif bireysel ya da serbest tüketici üretiminin verimlilik açısından eksiklerinin bulunması ve bu alternatiflere yönelirken ödenmesi gereken yüksek kurulum ücretleri göz önüne alındığında, ikame tehdidinin düşük olduğu söylenebilir. Türkiye’deki kurulu elektrik pazarı açısından ikame tehdidi düşüktür.

2.4.4. Pazara Giriş Engelleri

Pazara giriş engelleri, veya pazara yeni giriş tehdidi, belirli bir pazara yeni rakiplerin dahil olması tehdidini tarif etmektedir. Giriş engellerinin düşük olması, pazara girmek isteyen yeni aktörlerin artmasına yol açacaktır. Temelde iki faktöre dayanan bu durum, karlı bir pazar bulunup bulunmaması ve bu pazara giriş yapmak için aşılması gereken zorluların seviyesine göre şekillenmektedir. Pazara giriş engelleri bir pazardaki rekabetin yapısını etkileyen faktörlerdendir.

Bir başka deyişle, pazara giriş engellerinin düşük olduğu pazarlarda yeni rakiplerin pazara girme tehdidi daha yüksektir. Tablo 2.4.3’te bu durum gösterilmiştir:

Tablo 2.4.3. Pazara giriş engelleri özet tablosu

Yeni Rakip Tehdidi Yüksek	Yeni Rakip Tehdidi Düşük
Karlılık ölçek ekonomisi gerektirmiyorsa	Karlılık ölçek ekonomisi gerektiriyorsa
Ürünler farklılaştırılmamışsa	Ürünler farklılaştırılmışsa
Pazardaki markalar bilinmiyorsa	Pazara hakim markalar bulunuyorsa
Tüketicilerin geçiş maliyetleri düşükse	Tüketicilerin geçiş maliyetleri yüksekse
Kurulum maliyeti düşükse	Kurulum maliyeti yüksekse
Dağıtım kanallarına ulaşım kolaysa	Dağıtım kanallarına ulaşım zorsa
Yasal kısıtlar düşükse	Yasal kısıtlar yüksekse

Tabloda sıralanan bu hususlar Türkiye'deki elektrik pazarı için maddeler halinde karşılaştırılmıştır:

- Elektrik piyasalarında karlılık veya sürdürülebilirlik bir ölçek ekonomisi gerektirmektedir. Bir başka deyişle, pazara yeni giren bir firmanın kısa sürede yüksek sayıda tüketici sayısına ulaşması gerekir. (yeni rakip tehdidi düşük)
- Elektrik pazarında kullanılan ev tipi ve sanayi tipi ürünler belirli gerilim ve voltajda elektrikle çalışmakta olduğundan bu pazardaki ürünün farklılaştırılması günümüz imkanlarıyla mümkün görülmemektedir. (yeni rakip tehdidi yüksek)
- Türkiye'deki elektrik pazarının elektrik üretim pazarı ve elektrik dağıtım pazarı şeklinde iki alt pazara ayrılması durumunda ortaya iki farklı sonuç çıkmaktadır. Elektrik üretim pazarında serbest üreticilerin de bulunmasına rağmen pazara hakim bir firma (EÜAŞ) olduğu söylenebilir, ancak bu pazarda EÜAŞ'ın yıllara göre payı azalmakta, serbest üreticilerin ise artmaktadır. Bu durum, elektrik üretim pazarında giriş bariyerlerinin çok yüksek olmadığını gösterebilir. Dağıtım alt pazarına gelindiğinde ise, TEDAŞ'ın bu alt pazarı 21 alt bölgeye ayırdığı görülmektedir. Bu bölgelerdeki dağıtım vazifesi özelleştirmeler yoluyla 21 farklı şirket ve konsorsiyuma delege edilmiştir. Günümüzde bu dağıtım bölgelerinde kendilerine dağıtım görevi devredilmiş firmalar dışında rakip firma bulunmamaktadır. Bu durum ise elektriğin dağıtım alt pazarında henüz bir yeni rakip tehdidinin bulunmadığını göstermektedir. (yeni rakip tehdidi orta-düşük)
- Türkiye elektrik pazarında son tüketicilerin kendilerine elektrik sağlayan kuruluşlarla kontratları ya da bu kuruluşlara karşı bir yasal yükümlülükleri bulunmamaktadır. Bu da pazara yeni giren bir kuruluş olması durumunda bu kuruluşu tercih etmelerinin önünde bir engel olmadığını göstermektedir. (yeni rakip tehdidi yüksek)
- Türkiye'de özellikle elektrik dağıtım alt pazarında kurulum maliyetlerinin yüksek olduğu söylenebilmektedir. Buna örnek olarak, 1990 yılında özelleştirilmiş olan, Kayseri'de faaliyette bulunan KCETAŞ firması gösterilebilir. 600 bin civarı abonenin bulunduğu dağıtım bölgesinde yapılan yıllık enerji dağıtım miktarı yaklaşık 3 milyar kWs olarak gösterilmektedir. Kahramanmaraş ve Adıyaman bölgelerinde faaliyette bulunan Göksu EDAŞ firması ise yaklaşık 520 bin aboneye hizmet vermekte, yıllık ortalama 4 Milyar

kWs elektrik dağıtımını üstlenmektedir. Bu firmanın özelleştirilmesi ise 1996 yılında 60 Milyon Amerikan Doları karşılığında olmuştur. Bu gibi alt yapıya sahip ve bu değerdeki firmalarla rekabet etmek için ise eğer aynı dağıtım hatları kullanılmayacaksa yapılması gereken yatırımın bu rakamdan çok daha yüksek olması gerektiği sonucuna varılabilir. (yeni rakip tehdidi düşük)

- Günümüzde Türkiye elektrik pazarında dağıtım kanallarını birer firma kullandığından ikinci bir firmanın aynı bölgede faaliyet gösterdiği bir durumda dağıtım kanalını kendi oluşturmasının mı isteneceği, yoksa mevcut dağıtım olanaklarının rakipler arasında mı paylaşılacağı konusu netlik kazanmamıştır. (yeni rakip tehdidi belirsiz)
- 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu ele alındığında, Türkiye'deki elektrik pazarının bir rekabet ortamında faaliyet göstermesi istendiği görülmektedir. Bu durum da aynı kanunun 5. maddesinin ikinci kısmında kurallara bağlanmıştır. Bir başka deyişle, kanunların izin verdiği ölçüler dışında bir firmanın bu pazara girmesi mümkün değildir. (yeni rakip tehdidi ortalama)

Bu maddeler ele alındığında, Türkiye elektrik piyasasında yeni rakip tehdidinin orta düzeyde olduğunu söylemek mümkündür ancak yapılan 6446 sayılı kanunda da belirtildiği gibi daha şeffaf ve rekabetçi bir pazar haline getirilmesi hedeflenen Türkiye elektrik pazarında yeni rakip tehdidinin zamanla artması da beklenmektedir.

2.4.5. Sektör İçi Rekabet

Porter'ın 5 gücü analizinde diğer başlıklar altında sunulan bilgilerden yola çıkılarak Türkiye elektrik pazarında üretimde kontrollü bir rekabet olduğu, devletin bu alt pazardan bir tekel olarak çekilmek istediği görülebilir. Bu durum EÜAŞ'ın toplam elektrik üretimindeki payının giderek azalması şeklinde ortaya çıkmaktadır. Öte yandan, dağıtım alt pazarında da 21 bölgede faaliyet gösteren 21 farklı kuruluş arasında şu an için bir rekabet bulunmamaktadır. Bunun sebebi bu şirketlerden her birinin yalnızca kendi pazarında faaliyet göstermekle mükellef olmasıdır. Bu durum ele alındığında, sektör içi rekabetin yüksek olmadığı sonucuna ulaşılabilir.

Porter'ın 5 gücü analizi çerçevesinde bakılacak olunursa, elektrik fiyatlarını tümevarım yöntemine göre etkileyebilecek iki unsur olduğu söylenebilir. Bu unsurlar, tedarikçilerin gücü gereği ortaya çıkacak olan maliyetler ve alıcıların gücü gereği ortaya çıkacak olan

talep büyüklüğüdür. Elektrik pazarlarında talebi arza uydurmanın mümkün olmadığı, arzın talebe uyması zorunluluğu da göz önüne alınacak olunursa, Türkiye elektrik pazarında faaliyet göstermekte olan şirketlerin gelir yönetimini bilimsel yöntemler ve 6446 sayılı kanunda da belirtildiği gibi istikrarlı, güvenilir bir piyasa oluşturma gayesiyle yönetme zorunlulukları ortaya çıkmaktadır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

YAPAY SİNİR AĞLARI

Geçmiş dönemlere ilişkin gözlem değerleri yardımıyla geleceğe yönelik tahminler yapmayı amaçlayan zaman serisi modelleri tıp, mühendislik, işletme, ekonomi ve finans gibi birçok alanda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Zaman serileri yardımıyla tahmin yapmak için değişik yöntemler kullanılarak oluşturulan farklı modeller bulunmaktadır. Bu modeller arasında en çok bilinen ve yaygın olarak kullanılan ARIMA modelleridir. Seriyi oluşturan veriler arasında doğrusal bir ilişkinin olduğunu varsayan ve bu doğrusal ilişkiyi modelleyebilen ARIMA modelleri durağan ya da çeşitli istatistiksel yöntemlerle durağan hale getirilen zaman serilerine başarıyla uygulanabilmektedir. Oysa uygulamada karşılaşılan birçok zaman serisi sadece doğrusal ilişki içermemektedir. Yapısı gereği hem doğrusal hem de doğrusal olmayan ilişkileri modelleyebilen yapay sinir ağları (YSA) son yıllarda zaman serilerinin analizinde kullanılan alternatif yöntemlerden biri olmuştur.

3.1. ZAMAN SERİLERİ

Zaman serileri ve uygulamaları ileriye dönük fiyat belirleme çalışmalarında sıklıkla kullanılan yöntemlerdendir. Zaman serileri, belirli bir zaman ve spesifik bir çokluk belirten verilerle ilgilenmektedir. Zaman serilerinde gözlemlerin sıralamaları da ölçümler kadar önemlidir.

Zaman serilerinde önemli olan hususlardan biri de gözlemlerdeki hataların bağımsız olmasıdır. Bir başka deyişle, zaman serisi modellerinde modelin anlamlı olabilmesi için hataların birbirini etkilememesi veya takip etmemesi gerekmektedir. Zaman serilerinde başka bir önemli husus da sezon etkileridir. Yılbaşına yakın tatil sezonuyla birlikte bazı mallar için satışların yükselmesi bu duruma örnek gösterilebilir.

Zaman serilerinde başvurulacak yöntemlerden biri de endeksleme yöntemidir. Bu yöntem, yapılmış bir ölçüm değerinin 100 olarak kabul edilmesi ve sonraki ölçümlerin bu ilk ölçüme oranlanması şeklinde oluşmaktadır. Zaman serilerinde bir artış veya azalışın referans ölçümüne göre değişiminin daha kolay yorumlanması ve anlaşılması için kullanılan endeksleme yöntemi daha çok fiyatların değişim hızının görselleştirilmesinde kullanışlı bulunmaktadır.

Fiyat endeksleri de kendi aralarında tartılı ve tartısız fiyat endeksi olarak ikiye ayrılmaktadır. Tartısız fiyat endeksinde örneğin birden fazla ürün satan bir firmada satılan ürünlerin ağırlık olarak birbirlerinden üstünlükleri bulunmadığı kabulüyle basit ortalamaları alınmaktadır. Bu da her zaman aralığı için ortalama fiyatın baz alınan zamandaki ortalama fiyatının yüzdesi olarak ifade edilmesi anlamına gelmektedir. Tartılı fiyat endekslerinde ise toplam ortalamalar yapılan satışların fiyatlarıyla da orantılanmaktadır. Bir başka deyişle, bu yöntemde ürünlerin birbirinden farklı değerleri olduğundan farklı ağırlıkları bulunmaktadır.

Bu endekslerin yanı sıra basit zaman serilerinde analizlerin bileşenleri de bulunmaktadır. Bu bileşenler trend bileşeni, mevsimsellik bileşeni, çevrimsel bileşen ve kuralsız bileşen olarak özetlenebilir. Bu bileşenlerden ilki olan trend bileşeni incelenecek olunursa, belirli bir zaman içerisindeki istikrarlı yükseliş ve düşüşlerin söz konusu ürün veya pazarı inceleyen araştırmacılar açısından önemli bilgiler olduğu söylenebilir. Örneğin yıllık gelirin yıllara göre gösterildiği bir tabloda gözlemlenen yukarı doğru hareket, yıllık gelirin yıllara göre bir artış trendinde olduğu bilgisini verecektir.

İkinci bileşen olarak mevsimsellik bileşeni incelenmiştir. Pek çok piyasada bir trend hareketinin yanı sıra kendini belirli bir zaman içinde daha küçük zaman birimlerinde tekrar eden yukarı veya aşağı hareketlere rastlamak mümkündür. Bu hareketler, ileride yapılacak gelir yönetimi veya tahmin çalışmaları açısından mevsimselliğin devam edeceği öngörüsüyle birlikte önemli ipuçları sunmaktadır.

Bahsedilen bileşenlerden üçüncüsü olan çevrimsellik incelendiğinde ise mevsimselliğe benzeyen bir durumdan bahsetmek mümkündür. Bazı piyasalarda mevsimsel veya düzenli bir hareket gözlemlenmemekle birlikte çevrimsel bir artış – azalış düzeni gözlemlenebilmektedir. Bu bilgilerden de anlaşılabacaktır ki izlenen piyasa veya üründe

yalnızca bu bilgiler kullanılacak olsaydı tahmin yapmak için zorlanılmayacak, belirgin trend, sezonsal ve/veya çevrimsel hareketler önceden kestirilip isabetli sonuçlara ulaşılabilinecekti. Durum böyle olmadığından bileşenlerden dördüncüsü olan ve regresyon modellerinde rastsal hata olarak bilinen duruma çok yakın olan dördüncü ve düzensiz bir bileşenden bahsetmek gerekmektedir. Bu düzensiz bileşen, mevcut bir trend, sezonsallık ve/veya çevrimsellik bulunduğu hallerde ortaya çıkan beklenmedik ve basit yöntemlerle kestirilemeyecek durumların izahında kullanılmaktadır.

Bu bahsedilen düzensiz bileşenin çok büyük veya çok sık olduğu durumlarda eldeki veri setini tablolardan incelemek ortaya çıkan yüksek ve çok sayıda kırılmadan dolayı zorlaşacaktır. Bu durumda bu etkinin ortadan kaldırılması neredeyse imkansız olsa dahi hareketli ortalamalar yöntemiyle etkinin azaltılması mümkündür. En basit tanımıyla hareketli ortalamalar uygulaması kırılmaya sebep olan ölçümün kendisine komşu olan ölçümlerle kendi toplamının ortalamasını almak şeklinde özetlenebilmektedir. Baştaki ve sonraki ölçümler dışındaki her ölçümün bir kendini takip eden bir de kendinden sonra gelen komşusu bulunduğu için hareketli ortalamaların en az ölçümle yapısını üçlüdür.

Bu yöntem aynı zamanda mevsimsellik etkisinin ortadan kaldırılması için de kullanılmaktadır. Mevsimsellik etkisi kaç farklı mevsim veya sezon olarak inceleniyorsa o bölgeyi kapsayan gözlemlerin ortalamasının alınması toplam çevrimde oluşan mevsimsellik etkisini ortadan kaldıracaktır.

Zaman serileri çalışmalarında hareketli ortalamadan sonra gelen adım ise üstel düzeltme olarak gösterilebilir. Üstel düzeltme, güncel ve geçmiş değerlerin kullanılarak gelecekteki verilerin tahmin edilmesi yöntemlerindendir. Bu model aynı zamanda daha gelişmiş tahmin modellerinin de temelini oluşturmaktadır. Üstel düzeltme modelleri genel olarak mevsimsel etkiye sahip olmayan ve istikrarlı trendler içeren veri toplulukları için önerilmektedir. Trend ve mevsim etkilerinin olmadığı ortamda güncel değeri belirlemek ve bu değeri gelecek veriler için kullanmak üstel düzeltmenin amacıdır. Ağırlık kullanılan bir yöntem olan üstel düzeltmede belirlenecek olan değerden bir önceki veri en yüksek ağırlığa sahiptir ve bu ağırlıklar hesaplamada kullanılan son veriye gittikçe azalır.

Zaman serileri içersine bir diğer model de Holt-Winters üstel düzeltme tahmin modelidir. Bu modelin yalın üstel düzeltme modellerine karşı avantajı ise trend ve mevsimsel etkilere izin vermesidir. Holt-Winters modellerinde 0 ve 1 arasında değerler alan üç düzeltme sabiti atanarak ağırlıklı ortalamaların yeni giren verilere araştırmanın amacı ve araştırmacının tercihleri doğrultusunda daha sağlıklı uygulanması da mümkündür. Seviye, trend ve mevsimsellik faktörleri ayrı ayrı fonksiyonlarla belirlenmektedir. Bir başka deyişle, üstel düzeltme modellerinde veri setlerinin uygulandığı düzeltme işlemi hem nesnel hem de öznel kriterlere dayanabilir.

Zaman serisi modellerinin tahmin için kullanılan modellerinin en yaygın olanları ise otoregresif modellerdir. Bu modellerde gecikmeli bağımlı değişkenler çoklu regresyon modelleriyle birlikte ele alınarak ortaya çıkarılmaktadır. Bu durum, bir değişkenin hedef değişkene olan etkisinin bir veya birkaç zaman birimi sonra olan etkisinin eş zamanlı etkisinden daha büyük olduğu durumlarda kullanılmasının sebebidir. Otoregresif modellerde ileriye dönük tahminler yapmak için diğer parametrelerin etkilerinin de görüleceği kadar büyük bir hedef seti de belirlenmelidir.

İşletme ve iktisat alanında yaygın olarak kullanılan otoregresyon modellerinden biri ise ARIMA modelleridir. ARIMA modelleri temelde Holt-Winters ve üstel düzeltme modellerine dayanmaktadır. Bu yöntem mevsimsellik ve gecikme içeren değerlerin bulunduğu veri setlerinde başarıyla uygulanabilmektedir. Gecikme ve mevsimsellik kurallarının doğru uygulanabilmesi ise yeterli tecrübe veya akıl yürütmeye mümkün olabilmektedir. Model çalıştırıldıktan sonra da eldeki seri verinin yorumlanması ve beklenen mantıksal çerçevede olup olmadığının da tartışılması gerekmektedir. ARIMA modelleri yorumlama ve deneysellik açısından yüksek esneklik sağlasa da yapısı gereği lineer ilişkilerle ilgilenmekte olduğundan bazı eksikleri de bulunmaktadır.

3.2. YAPAY SİNİR AĞLARI

Fiyat belirlemede öncelikli olarak kullanılan iki yöntem olan zaman serileri ve YSA karşılaştırıldığında YSA'nın daha kullanışlı ve isabetli bir yöntem olduğu bilinmektedir. (Kohzadi ve Boyd, 1996)

Pao'nun (2007) makalesinden de anlaşılabileceği gibi YSA modelleri hem kısa hem orta hem de uzun vadede kullanışlı modellerdir. Bu makalede bir enerji firmasının kısa

vadede spot marketler için tepkiselliğin önemli olduğu, orta vadede kontratlama politikalarının belirlenmesinin gerektiği üzerinde durulmuştur. Kurulan model neticesinde ise YSA ile yapılan çalışmalarda fiyatlama tahmini yapılacak zaman ister kısa vade ister uzun vade olsun, YSA'nın isabetli bir yöntem olduğu tespit edilmiştir.

Yapay sinir ağları adını aldığı sinir sistemi gibi pek çok hücrenin birbirine bilgi aktarımı prensibine dayalı olarak çalışmaktadır. Sinir hücreleri bir grup halinde işlev gördüklerinden ağ olarak adlandırılırlar ve böyle bir grupta binlerce nöron bulunabilir. Çözülme istenen problem ve değişkenlerin birbirleriyle ilişkileri göz önüne alındığında ağın yapısı her problem türü için farklılıklar gösterecektir. Ağın yapısı belirlenirken, elde bulunan veriler, elde edilmek istenen sonuç ve bu sonuca giderken kullanılacak olan mantık ve/veya sebep-sonuç silsilesi, ağdaki katman sayısında belirleyici durumdadır. Yapay nöronlar denilen işlem elemanları, sinir ağının dağılışı şekli, yapısı, ağın sahip olduğu öğrenme kuralı ve stratejisi bir sinir ağının karakteristik özelliklerini belirler. Nöronların aynı doğrultu üzerinde bir araya gelmeleriyle katmanlar oluşmaktadır. YSA'lar üç katmandan oluşur. Bu katmanlar sırasıyla;

a) Giriş Katmanı: Bu katmandaki işlem elemanları dış dünyadan bilgileri alarak ara katmanlara transfer ederler. Bazı ağlarda giriş katmanında herhangi bir bilgi işleme olmaz. Her katmanda o katmana ait farklı bağımlı ve bağımsız değişkenler olacağından, girdi olarak kullanılacak olan her grup veri farklı nodüllerde temsil edilmek durumundadır. Böylece, hangi verinin nereden elde edildiği ve tam olarak hangi koşullar altında hangi veriyi temsil ettiği de kesin bir şekilde belirlenmiş olacaktır.

b) Ara Katman (Gizli Katman): Giriş katmanından gelen bilgiler işlenerek çıkış katmanına gönderilirler. Bu bilgilerin işlenmesi ara katmanlarda gerçekleştirilir. Bir ağ içinde birden fazla ara katman olabilir.

c) Çıkış Katmanı: Bu katmandaki işlem elemanları ara katmandan gelen bilgileri işleyerek ağın girdi katmanından sunulan girdi seti için üretmesi gereken çıktıyı üretirler. Üretilen çıktı dış dünyaya gönderilir. Problem ve ağın yapısına göre, bir yapay sinir ağı birden çok konuyu cevaplamakta kullanılabilmekte, başka bir deyişle, birden çok çıktı nodülü barındırabilmektedir. Örneğin, talep tahmini yapılırken, aynı girdiler farklı şekillerde veya sıralarda kullanılarak birden çok pazar için netice tahmini geliştirilebilmektedir. Bunun yanı sıra, bir katmanın çıktı nodülü, başka bir katmanın

girdi nodülü olarak da davranabilmektedir. Bu durum çok katmanlı yapay sinir ağlarının tamamında gözlemlenmektedir.

Katmanların özellikleri değerlendirildiğinde anlaşılmaktadır ki, girdi ve çıktı nodüllerinin tanımlanmasının yanı sıra her bir nodülün aralarındaki ilişkinin de belirlenmesi gerekmektedir. Bazı nodüller arasında hiçbir ilişki olmamasına rağmen, bazıları birbirini pozitif veya negatif yönde etkileyebilmektedirler. Bu karşılıklı etkileşim, tamamen problemin yapısı ve elde edilmek istenen sonuca göre belirlenmektedir.

YSA'da her bir hücre çalışılan konunun özelliklerine göre işlem görmektedir. Yapay sinir hücresine gelen veri girişinin hesaplanması toplama işlemi olarak adlandırılır. Ağırlıklı toplamı bulabilmek için yapay sinir hücresinin girişindeki her bir ağırlığın ait olduğu girişlerle çarpımının toplamına eşik değeri ilave edilir. Eşik değeri biyolojik sinir hücrelerinin yüzeylerindeki potansiyel farkının bir benzerini yapay sinir hücrelerinde elde etmek için kullanılan kat sayıdır. Bu durum formül (1)'de gösterilmiştir.

$$net = \sum_i^n x_i \cdot w_i + \theta \quad ; \quad (1)$$

net: hücre değeri;

x: girdi verisi;

w: ağırlık;

Θ: eşik değeri;

Talep ve/veya fiyat tahmini yapan yapay sinir ağlarını birbirinden ayıran ikinci özellikleri ise **aktivasyon fonksiyonlarıdır**. En kısa tanımıyla, bir aktivasyon fonksiyonu, girdinin çıktıya dönüşürken izlediği yoldur. Aktivasyon fonksiyonları, her bir iterasyonda veya aşamada, her bir nodülün aktif mi pasif mi olduğunun belirlenmesinde kullanılır. Öğrenen sistemler olan yapay sinir ağları, bu aktivasyon fonksiyonları sayesinde öğrenirler. Bu da bir eşik fonksiyonunun, yani elde edilen değere göre nodülün davranışını 0 veya 1'le çarpan bir fonksiyonla veya bir sigmoid

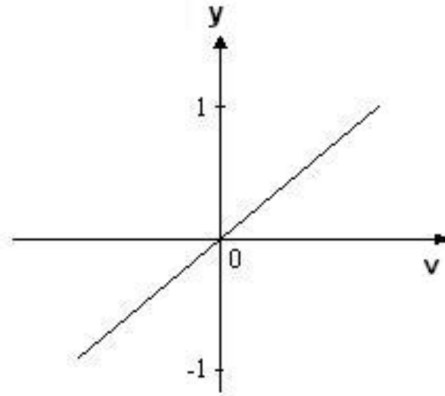
fonksiyonla değerlendirilmesi demektir. Her bir nodüle temas eden verinin eşik değerleriyle yorumlanması sonucunda ortaya mantıksal bir ilişki ortaya koymaktadır.

Petri ağlarında da bulunan bu fonksiyonlar, her bir nodun ateşleyip ateşlemeyeceğine, veya ateşlemenin ne şekilde olacağına karar veren mekanizmalardır.

Öğrenme eğrisi olarak da isimlendirilebilen aktivasyon fonksiyonları bir YSA'da bir nöronun çıkış genliğini istenilen değerler arasına sınırlamak için kullanılır. Aktivasyon fonksiyonu hücreye gelen net girdiyi, diğer bir deyişle toplama fonksiyonunu işleyerek bu hücreye gelen girişlere karşılık gelen çıkışı belirler. Bu aktivasyon fonksiyonları hücre modellerinde hücrenin gerçekleştirdiği işleme göre çeşitlilik arz etmektedir. En çok kullanılan aktivasyon fonksiyonları aşağıda açıklanmıştır.

a) Doğrusal (Lineer) aktivasyon fonksiyonu:

Doğrusal bir problemi çözmek amacıyla kullanılan doğrusal fonksiyon, hücrenin net girdisini doğrudan hücre çıkışı olarak verir. Doğrusal fonksiyonunun çıkışı girişine eşittir. YSA'ların çıkış katmanında kullanılan doğrusal fonksiyonun grafik görünümü Şekil 3.2.1'deki gibidir.



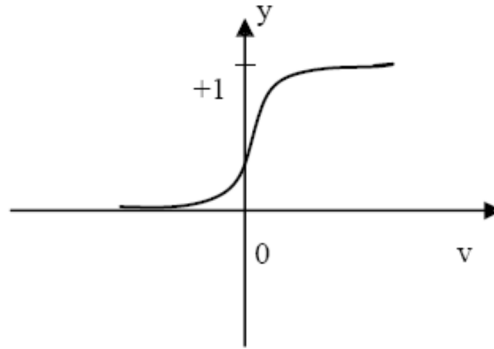
Şekil 3.2.1. Doğrusal (Linner) fonksiyon

b) Sigmoid Fonksiyon

Kendisinin ve türevinin sürekli olması nedeniyle YSA'larda en çok tercih edilen aktivasyon fonksiyonlarından olan Sigmoid fonksiyonu, giriş değerine karşılık doğrusal

olmayan çıkış veren, sınırlı monoton artan bir fonksiyondur. Bu fonksiyonun formülü ve grafik gösterimi aşağıdaki gibidir:

$$F(v) = \frac{1}{1 + e^v} \quad (2)$$

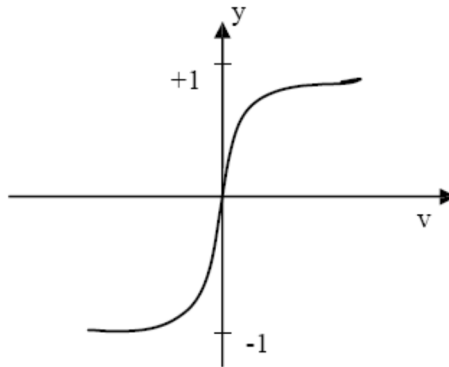


Şekil 3.2.2. Sigmoid fonksiyon

c) Tanjant Hiperbolik Tipli Fonksiyon

Uygulamalarda çok kullanılan aktivasyon fonksiyonlarından biri de Tanjant Hiperbolik fonksiyondur. Tanjant hiperbolik aktivasyon fonksiyonu da lineer olmayan türevi alınabilir bir fonksiyondur. YSA uygulamalarında en çok tercih edilen aktivasyon fonksiyonlarından biridir. Giriş uzayının genişletilmesinde etkin bir şekilde kullanılan bir fonksiyondur. Fonksiyonun formül ve grafiksel gösterimi Şekil 3.2.3'te gösterilmiştir:

$$F(v) = \frac{1 - e^{-2v}}{1 + e^{2v}} \quad (3)$$

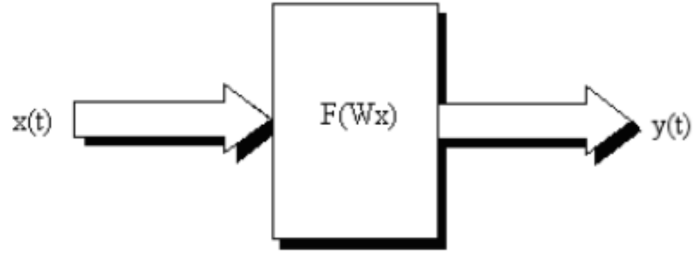


Şekil 3.2.3. Hiperbolik fonksiyon

Yapay sinir ağı, ağ yapılarına göre de birbirinden ayrılmaktadırlar. Birbirleri ile bağlantılı işlemcilerden (nöronlardan) oluşan yapay sinir ağlarının yapısını, bu nöronlar arasındaki bağlantıları belirler. YSA'ları yapılarına ve öğrenme algoritmalarına göre sınıflandırmak mümkündür. Yapay sinir ağı, yapılarına göre iki ana grupta incelenir.

İleri beslemeli yapay sinir ağları

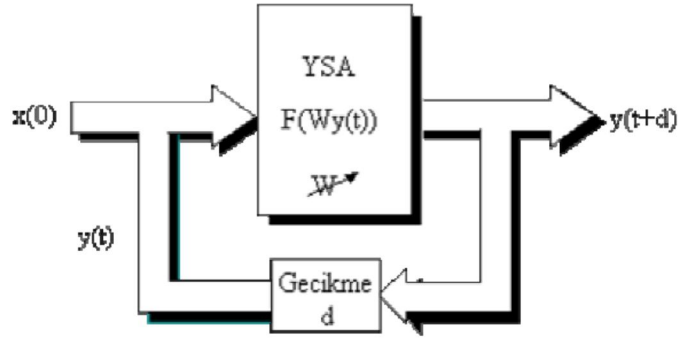
İleri beslemeli bir ağda hücreler katmanlar şeklindedir. Giriş katmanı, tek yönlü olarak çıkışa doğru iletilmekte, her katman çıkışı diğer katmana giriş olarak uygulanmaktadır. Bu tür yapay sinir ağlarında hücreler dış ortamlardan aldıkları bilgileri hiçbir değişikliğe uğratmadan ara katmandaki hücrelere iletirler. Bilgi, ara katman veya katmanlarda işlenerek ağ çıkışı belirlenir. İleri beslemeli yapay sinir ağlarında en sık kullanılan öğrenme algoritması geriye yayılım öğrenme algoritmasıdır. Şekil 3.2.4'te ileri beslemeli yapay sinir ağı gösterilmiştir.



Şekil 3.2.4. İleri beslemeli yapay sinir ağı şeması

Geri beslemeli yapay sinir ağları

Geri beslemeli sinir ağı, giriş ve ara katmanlardan en az birinden işlemci eleman çıkışları kendisine veya diğer işlemci elemanlara geri beslenerek giriş olarak uygulanması ile elde edilen ağ yapısıdır. Böylece, girişler hem ileri yönde, hem de geri yönde aktarılmış olur. Dinamik yapılarından dolayı geri beslemeli YSA'lar önceden tahmin uygulamalarında başarılı bir şekilde kullanılır. Geri beslemeli ağlara örnek olarak Hopfield, Narmax, Elman ve Jordan ağları verilebilir. Geri beslemeli ağların grafiksel gösterimi Şekil 3.2.5'te verilmiştir.



Şekil 3.2.5. Geri beslemeli yapay sinir ağı yapısı

YSA’larda öğrenme yani gözlem ve eğitim sonucu oluşan davranış değişiklikleri, bir takım metot ve kurallar yardımıyla ağırlıkların değiştirilmesiyle sağlanabilmektedir. Öğrenme aşaması yapay sinir ağının çok önemli bir parçasıdır. Öğrenme algoritması, eldeki problemin özelliğine göre öğrenme kuralının YSA’ya nasıl adapte edileceğini belirtir. Ağın genelleme yapabilmesi işlemine ise “ağın öğrenmesi” denir.

Yapay sinir ağlarının modellenmesinde ayırıcı unsurlardan olan öğrenme algoritmaları problemin yapısına göre farklılıklar gösterir. Sonlu ve sonsuz veri setleri üzerinde gösterilebilen bu olgu, yapay sinir ağının her bir nodun diğer nodlarla ilişkisinin yönünü öğrenmesini sağlamaktadır. Öğrenme çeşitlerine göre üçe ayrılan modellerde, öğrenme şekli eldeki verinin yeterliliği, sonuçların gerçekçiliği ve mantık silsilesine göre de belirlenmekle birlikte, çoğunlukla üç yöntem de denendikten sonra en iyi sonucu veren öğrenme şekli kullanılır.

Temelde öğrenme metotları, danışmalı, danışmasız ve takviyeli olmak üzere üç grupta toplanır. Aşağıda bu metotlar hakkında tanımlayıcı bilgilere yer verilmiştir.

Danışmalı öğrenme metodu

Yapay sinir ağı modellerindeki öğrenme şekillerinden ilki, danışmanlı öğrenmedir. Canlılarda sesleri yorumlamanın öğretilmesi gibi benzerleri olan bu öğrenme şekli, modeli kuranın her bir iterasyon veya ilişkinin yönünü ve şeklini belirli bir düzeye kadar kendi istekleri doğrultusunda yönlendirmesi şeklinde görülür.

Bu öğrenme metodunda sistemin eğitiminde kullanılacak doğru örnekler mevcuttur ve bunun yanı sıra dışardan bir eğiticinin sinir ağına müdahalesi söz konusudur.

Danışmanlı öğrenme algoritması istenen çıkış sinyalinin sağlamak için bir danışmana ihtiyaç duyar. Tüm giriş çıkış çiftleri, ağı öğrenmesi gereken özelliklerini temsil eder. Yani, YSA'nın eğitiminin tamamlanması ve doğru sonuçların elde edilebilmesi için uygun bir öğrenme kuralı seçilerek YSA bu kural çerçevesinde eğitilir. Ağ girdi kısmını alır ve o anki bağlantı ağırlıklarının temsil ettiği bilgi ile bir çıktı oluşturur. Çıkış değerleri ile ağı gerçek çıkışları arasındaki fark hata olarak hesaplanır ve bu hata YSA ağırlıklarının yeniden düzenlenmesinde kullanılır.

Danışmasız öğrenme metodu

Çalışma mantığı probleme ait giriş bilgilerine bağlı olarak öğrenmeyi gerçekleştirme şeklindedir. Ağ, kendine gösterilen örnekleri alır ve belli bir kritere göre sınıflandırır. Giriş bilgilerine göre ağ öğrenme kurallarını kendi kendine geliştirir. Ağ, kendi öğrenme kriterlerini kendisi oluşturur. Danışmansız öğrenmede belirli bir fonksiyonla çalışıldığından modeli kuranın öğrenmeyi yönlendirmesi gibi bir durum söz konusu değildir.

Takviyeli öğrenme metodu

Bu öğrenme metodu danışmalı öğrenmeye yakın bir metottur, ancak bu yöntemde arzu edilen çıkışın bilinmesine gerek yoktur. Hedef çıktıyı vermek için bir YSA'ya bir çıkış verilmemekte, elde edilen çıkışın verilen girişe karşılık doğruluğunu değerlendiren bir ölçüt kullanılmaktadır.

Bu öğrenme şeklinde, nodların belirli bir kısmındaki değerler verilmemekte, girdiler tarafından meydana getirilmektedir. Bir başka deyişle, çıktının neticesini fonksiyonlara tabi olan nodüllerin çevreleriyle ilişkileri belirlemektedir. Daha açık bir ifadeyle, belirli bir zamanda belirli bir nodül belirli bir işlev yerine getirerek genel olarak bilinmeyen dinamiklerin etkisi altında bir sonuca ulaşır. Bu da tanım gereği bu öğrenme türünü yapay sinir ağlarla dinamik fiyatlandırma için en uygun öğrenme yöntemi yapmaktadır. Bu öğrenme türünün en önemli amacı, çalışılmakta olan tezin amacı gibi, uzun vadede belirli daha kısa zaman dilimleri için uygulanabilecek bir çalışma prensibi keşfetmek, ortaya çıkarmaktır. Bu öğrenme yöntemi aynı zamanda oyun teorisi, sıralı karar mekanizmaları ve dinamik programlama gibi daha temel alanların çalışma prensibine dayanmaktadır.

Yapay sinir ağıları öğrenme seti ve test setine göre de farklılıklar göstermektedir.

Öğrenme seti ve test setine göre modeller hem problemin yapısına hem de çalışanın tercihlerine göre farklılıklar göstermektedir. Elde olan tüm verilerin belirli bir kısmının sinir ağına öğrenme verisi olarak verilmesi gerektiğinden, bu oran ve setin içindeki veri sayısı ne kadar yüksekse, öğrenmenin o kadar iyi olacağı varsayılabilir. Literatürde verilerin öğrenme ve test setleri olarak ayrılmalariyla ilgili genel bir kanı veya yöntem önerisi bulunmamakla beraber, bilim insanları genellikle %95-%5, %90-%10, %80-%20 ve %70-%30 seçeneklerini daha sık uygulamaktadır. Öte yandan, bazı durumlarda veriler baştan sona değil, eşit parçalar halinde kendi aralarında da bölümlenebilmektedir. Örneğin, önünde beş yılı kapsayan bir öğrenme veri seti bulunan bir araştırmacı, aylık performanslar üzerinden yorum yapmak istiyorsa, bu beş yıl içindeki 60 ayın son 6 ayını değil, her ayın son 3 gününü test verisi olarak seçebilmektedir. Öğrenme seti ve test seti belirlemede bir diğer önemli husus ise modelin geri kalanının ve fonksiyonların çalışma mekanizmalarıdır. Örneğin; Box-Jenkins modellerinde yapı gereği az değişken türü bulunması ve bunlar arasındaki gürültü ve lineer olmayan ilişkilerin önemszenmesi nedeniyle, yalnızca 50 veriyle bile test seti kurulabilmektedir.

Veri normalleştirme işlemi de yapay sinir ağıları modellerinin ayrılmasında kullanılan bir diğer kıstastır. Veri normalleştirme, çoğunlukla öğrenme sürecinin öncesinde yapılmaktadır. Yukarıda bahsedildiği gibi, her bir girdi nodülü, bir başka katmanın çıktı nodülü olarak davranabildiğinden, aralarındaki lineer olmayan ilişki veri transferinde çıktıların istenen şekilde olup olmadığını belirlemektedir. Bir başka deyişle, istenen çıktı verileri, ağıın çıktı kısmında istenen değer birimiyle uyumlu olmalıdır. Fonksiyonlar lineer bile olsa, hesaplama hatalarından da kaçınabilmek açısından, verilerin standartlaştırılması faydalı olacaktır.

Genel anlamda dört standartlaştırma yöntemi vardır. Bunlardan ilki, kanal boyunca normalleştirmedir. Kanal, bir test setindeki tüm girdi vektörlerinin arasında belirli bir pozisyonda bulunan element seti olarak tanımlanmaktadır. Bu durumda, her kanal bağımsız bir girdi değişkeni olarak da tanımlanabilir. Kanal boyunca normalleştirme, sütun sütun ilerleyip matrise giren değişkenleri normalleştirdiğinden, her girdi değerini kendi başına normalleştirmektedir denebilir. İkinci normalleştirme yöntemi ise kanallar

arası normalleştirir. Bu tarz normalleştirmede, girdi vektörleri bireysel olarak normalleştirilir, yani normalleştirme işlemi veri kalıbındaki her girdi değerini kapsar. Üçüncü normalleştirme yöntemi ise karma kanal normalleştirir. Bu yöntem, kanallar arası ve kanal boyunca normalleştirmenin bir karışımı olarak ortaya çıkmaktadır. Dördüncü normalleştirme çeşidi olan dışsal normalleştirme ise, bütün öğrenme verilerini belirli bir aralıkta normalleştiren bir yöntemdir.

Öngören yapay sinir ağı modellerinin son bileşeni olan **performans değerlendirmelerinde** de yukarıda bahsedildiği gibi problemin yapısı ve modelin amacı temel rol oynar. Her problem kendi koşullarını da beraberinde getirdiğinden, her modelin performans değerlendirme kriterleri de verilerin ve modelin yapısına göre değişkenlik göstermektedir. Bununla beraber, talep veya fiyat öngörüsü üzerine kurulan modeller tanım gereği isabetli olmaları istendiğinden, daha sık kullanılan beş genel performans değerlendirme fonksiyonu bulunmaktadır.

Bunlar;

- Ortalama mutlak sapma (MAD)
- Toplam karekök hata (SSE)
- Ortalama karekök hata (MSE)
- Karesel ortalama hata (RMSE)
- Mutlak ortalama yüzde hata (MAPE)

olarak gösterilebilir.

Bahsedilen performans değerlendirme yöntemlerinin hepsi kullanışlı olmakla birlikte, yüzdelik isabet oranı ve yüzdelik hata payının kaybolan ürünlerin fiyatlanmasında önemli olduğu düşünülerek MAPE olarak bilinen performans değerlendirme yöntemi kullanılması uygun bulunmuştur.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

TÜRKİYE PAZARINDA YSA KULLANARAK ELEKTRİĞİN FİYATLANMASI İÇİN BİR MODEL ÖNERİSİ

Bu bölümde hazırlanan modelde kullanılan verilerin toplanması süreci, bu verilerin değerlendirilmesi ve modelle ilişkilendirilmesinin yanı sıra modelde kullanılan yapay sinir ağının özellikleri de tarif edilmiştir. Modelin özelliklerinin anlatılmasının ardından ise farklı veri setleri ve sinir ağı mimarileriyle elde edilen sonuçlar ve performans değerlendirmeleri sunulmuştur. Modelde elde edilen sonuçlar aynı zamanda GÖP verileriyle ve ARIMA yönteminin uygulandığı örnek bir ayla da mukayese edilmiştir.

4.1. VERİLERİN TOPLANMASI

Önerilen model ve yöntemin DGP verilerine mümkün olduğunca yakın sonuçlar vermesi gerekmektedir. Bu çalışmanın yapılabilmesi için toplanan verilerin bir kısmı resmi kaynaklardan edinilen arşiv bilgileri, bir kısmı ise farklı basılı kaynaklardan elde edilmiş olan teorik ve yöntemsel bilgilerdir. Sıcaklık, denge piyasa fiyatı, döviz kuru gibi veriler geçmiş ölçümlere dayalı resmi kaynaklardan edinilmiş piyasa verileridir. Bu verilerden ilki olan ve modelin “hedef verisi” olarak tarif edilen veriler saatlik denge piyasası fiyat verileridir.

Denge piyasası verileri <https://dgpys.pmum.gov.tr/dgpys/> adresinden alınmıştır. Bahsedilen internet sitesi piyasa mali uzlaştırma merkezinin (PMUM) resmi sitesi olup denge piyasasındaki fiyatlara ait resmi rakamları paylaşmaya yönelik bir hizmet sunmaktadır. Sitenin yapısından dolayı istenen zaman aralığında oluşan fiyatlara ulaşmak için belirli bir zaman aralığı girilmesi ve hangi piyasanın verilerinin istendiğinin belirtilmesi gerekmektedir.

Bahsedilen internet sitesinde kullanılan uygulamanın özelliklerinden dolayı ise saatlik olarak paylaşılan bu veriler en fazla 744 saatlik olarak sunulabilmektedir. Bu sayı ise 31

gün çeken bir aydaki toplam saat sayısıdır. Bir başka deyişle, saatlik denge piyasası verileri her ay için ayrı ayrı alınıp depolanmıştır. Siteden 2009 yılının Temmuz ayından daha eski verilere ulaşmak mümkün olmadığı gibi, saatlik değerler bu tarihten daha önce tutulup arşivlenmemiştir. Tezin temel konusunu ilgilendiren bu veriler ay ay indirilip (Ek-1)'de sunulduğu gibi alt alta eklenerek gerekli veri toplama çalışması yapılmıştır.

Birincil verilerden bir diğeri ise modelin gün öncesi piyasası verilerine kıyaslandığında ne derece isabetli olduğunu görebilmek için gerekli olan gün öncesi piyasası fiyat verileridir. Gün öncesi piyasası fiyat verileri de denge piyasası fiyatları gibi <https://dgpys.pmum.gov.tr/dgpys/> adresinden aynı yöntemle elde edilip alt alta eklenmiştir. Gün öncesi piyasası fiyat verileri de denge piyasası fiyat verileriyle aynı kısıtlara sahip olduğundan Temmuz 2009'dan daha eski verilere ulaşmak bu piyasa için de mümkün değildir.

Talep ve arz verileri de üretilen ürünün anında tüketilmesini gerektiren elektrik pazarında fiyat belirleme açısından önem taşıyan verilerdir. Bu bilgiden yola çıkıldığında talep verilerinin tüketim verileri olduğu söylenebilir. Bunun yanı sıra arz verileri de piyasaya aktarılan elektrik verileri, bir başka deyişle yük değer verileridir. Elektrik piyasalarında arz ve talep arada stok bulundurulamamasından dolayı sürekli karşı karşıya olduklarından teoride eşit olmaları, eşit olmadıkları durumlarda sistem yöneticisi erkin eşitlemeyi enerji alımı veya enerji atımı yapmak suretiyle sağlaması gerekmektedir. Bu verilere ulaşabilmek için ise tez araştırması veri toplama sürecinde TEİAŞ'a yazılı resmi bilgi talebinde bulunulmuştur. Bu bilgi talebinde 81 il için 2008-2013 yılları arası saatlik yük verileri istenmiş, netice olarak ise bu kurumda bu verilerin saatlik veya günlük olarak tutulmadıkları öğrenilmiştir. Bunun üzerine TEDAŞ'la ve yerel elektrik dağıtıcısı firmanın yetkilileriyle bağlantı kurulmuş, bu kurum yetkililerinden de elektrik sayaç okumalarının aylık olarak yapılmasından dolayı bu verilerin saatlik veya günlük olarak bulunmadığı öğrenilmiştir. Tez çalışması bu verilerden yoksun şekilde devam ettirilmiştir.

Modelde ihtiyaç duyulan bir diğeri veri kümesi ise gün içinde elektrik tüketiminin dalgalanmasını ve bu dalgalanmanın şiddetini etkileyen günlük sıcaklık verileridir. Tezin çalışma nesnesi olan Türkiye pazarının büyük ve yüksek nüfuslu bir pazar olduğu

ve elektrik tüketiminin homojen dağılmadığı varsayımı hesaba katıldığından daha yerel verilere ihtiyaç duyulmuştur. Bu doğrultuda Türkiye Cumhuriyeti Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden konuyla ilgili bilgi talebinde bulunulmuştur. Bu veri talebinde 2007-2013 yılları arasında 81 il merkezi için ölçülen günlük ortalama sıcaklıklar istenmiştir. Söz konusu veriler saatlik olarak arşivlenmediğinden modele günlük ortalama değerlerin konulmasına karar verilmiştir. Türkiye Cumhuriyeti Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün verdiği cevapta (Ek-2)'de sunulan bilgiler bulunmaktadır. Bu belge incelendiğinde ise tezde kullanılması planlanan verilerden ikisinin yer almadığı anlaşılmıştır. Sağlanan bilgiler içerisinde istenen tarih aralığında Balıkesir iline ait günlük ortalama sıcaklıklar bulunmamaktadır. Eksik olan bir diğer bilgi ise araştırmacının ilk aşamada modele koymayı planlamadığından istememiş olduğu Türkiye geneli günlük sıcaklık ortalaması verileridir. Tez çalışmasının iddialarından biri illerin sıcaklık ortalamalarının kullanıldığı bir modelin Türkiye geneli sıcaklık ortalamalarının kullanıldığı bir modelden daha doğru sonuçlar vereceği yönündedir. Bundan dolayı biri Türkiye geneli ortalama sıcaklık verileri içeren, diğeri tez çalışması sürecinde seçilmiş illerin ortalama sıcaklıklarını içeren iki ayrı model geliştirilmek istenmiş, bundan dolayı Türkiye geneli ortalama sıcaklık verilerine de ihtiyaç duyulmuştur. Bahsedilen bu iki veriye de Erciyes Üniversitesi Sürekli Eğitim Merkezi'nin bilgi başvurusu sonucu ulaşılmış, gönderilen bilgi dosyası (Ek-3)'te sunulmuştur. Gönderilen veriler içerisinde eksik olan günler için ise 31'li hareketli ortalama kullanılarak veri türetilmiş, bu sayede eksik olan bir günün kendinden önce ve sonra gelen 15'er günün ortalaması olması ve trend hareketini etkilememesi sağlanmıştır. Bu şekilde işlem gören veriler tüm verilerin %0,01'i kadardır.

Türkiye'de elektrik üretimi açısından doğal gaz, doğal gaz için ise döviz karşılığı yapılan anlaşmalara bir bağımlılık olduğu görülmektedir. Bu bilgiden yola çıkarak tezde Amerikan Doları'nın kullanılması gerektiğine karar verilmiş, bu verilere de resmi kaynaklardan ulaşılmıştır. Modele günlük Amerikan Doları satış verilerinin eklenmesi kararlaştırılmış, 2008-2013 arası günlük veriler toplanmıştır. Amerikan Doları resmi tatil günlerinde işlem görmediğinden bu günlerde kendilerinden önceki son iş günü verileri o günün verisi olarak kabul edilmiştir. (Ek – 4)

Bunların yanı sıra zaman göstergeleri de model kurulumu için gerekli verilerdendir. Toplanan verilerin hem otoregresif zaman serileri hem de yapay sinir ağlarında öncelik

sıralamalarının belirlenmesi açısından tarihsel olarak sıralanması gerekmektedir. Bunun yanı sıra elektrik tüketiminde tüketici davranışı açısından bir iş günü – tatil farkı bulunmaktadır. Çalışmaya bu veri de bir kukla veri olarak eklenmiştir. Bu ayırım MS Excel programıyla yapıp modele eklenmiştir. Elektrik tüketimi davranışlarında bir mevsimsellikten bahsedilebilmektedir. Bu durumun modele eklenebilmesi için ise her bir verinin hangi aya ait olduğu da yanına yazılmıştır.

Verilerin birbirleriyle öncelik ilişkisi olduğu göz önüne alınarak önceki yılın, önceki ayın ve önceki günün aynı saatindeki davranışlarının da önemli olduğu düşünülerek modele “günün saati”, “yılın saati”, “haftanın günü” ve “yılın günü” verileri yine MS Excel yardımıyla eklenmiştir.

4.2. VERİLERİN İLİŞKİLENDİRİLMESİ

Verilerin birbirleriyle ne şekilde ilişkili olduklarının açıklanması için veriler tek tek ele alınmak istenmiştir. Veri setinin ilk satırını da içeren kesit Tablo 4.2.1’de gösterilmiştir.

Tablo 4.2.1. Veri seti (kesit)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	Tarih	Günün Saati	Yılın Saati	Haftanın Günü	Yılın Günü	Yılın Ayı	Günü/Tatil	USD/TRY	ADANA	ANTALYA	AFYON	ERZ	AMASYA	ANKARA	ANTALYA	ARTVIN	AYDIN	BALIK	
2	01.07.2009	1	4345	3	182	7	195	1	1.5247	28,6	32,0	22,3	19,4	25,0	26,2	26,2	19,7	27,7	
3	01.07.2009	2	4346	3	182	7	195	1	1.5247	28,6	32,0	22,3	19,4	25,0	26,2	26,2	19,7	27,7	
4	01.07.2009	3	4347	3	182	7	195	1	1.5247	28,6	32,0	22,3	19,4	25,0	26,2	26,2	19,7	27,7	
5	01.07.2009	4	4348	3	182	7	195	1	1.5247	28,6	32,0	22,3	19,4	25,0	26,2	26,2	19,7	27,7	
6	01.07.2009	5	4349	3	182	7	96	1	1.5247	28,6	32,0	22,3	19,4	25,0	26,2	26,2	19,7	27,7	
7	01.07.2009	6	4350	3	182	7	45	1	1.5247	28,6	32,0	22,3	19,4	25,0	26,2	26,2	19,7	27,7	
8	01.07.2009	7	4351	3	182	7	48	1	1.5247	28,6	32,0	22,3	19,4	25,0	26,2	26,2	19,7	27,7	
9	01.07.2009	8	4352	3	182	7	167	1	1.5247	28,6	32,0	22,3	19,4	25,0	26,2	26,2	19,7	27,7	
10	01.07.2009	9	4353	3	182	7	195	1	1.5247	28,6	32,0	22,3	19,4	25,0	26,2	26,2	19,7	27,7	
11	01.07.2009	10	4354	3	182	7	195	1	1.5247	28,6	32,0	22,3	19,4	25,0	26,2	26,2	19,7	27,7	
12	01.07.2009	11	4355	3	182	7	195	1	1.5247	28,6	32,0	22,3	19,4	25,0	26,2	26,2	19,7	27,7	
13	01.07.2009	12	4356	3	182	7	195	1	1.5247	28,6	32,0	22,3	19,4	25,0	26,2	26,2	19,7	27,7	
14	01.07.2009	13	4357	3	182	7	195	1	1.5247	28,6	32,0	22,3	19,4	25,0	26,2	26,2	19,7	27,7	
15	01.07.2009	14	4358	3	182	7	195	1	1.5247	28,6	32,0	22,3	19,4	25,0	26,2	26,2	19,7	27,7	
16	01.07.2009	15	4359	3	182	7	195	1	1.5247	28,6	32,0	22,3	19,4	25,0	26,2	26,2	19,7	27,7	
17	01.07.2009	16	4360	3	182	7	195	1	1.5247	28,6	32,0	22,3	19,4	25,0	26,2	26,2	19,7	27,7	
18	01.07.2009	17	4361	3	182	7	195	1	1.5247	28,6	32,0	22,3	19,4	25,0	26,2	26,2	19,7	27,7	
19	01.07.2009	18	4362	3	182	7	195	1	1.5247	28,6	32,0	22,3	19,4	25,0	26,2	26,2	19,7	27,7	

Bu kesit üzerinden giderek veriler irdelenecek olunursa verilerin sütunlara dizilmiş bir takım sayılardan oluştuğu söylenebilecektir. Sütunlar teker teker ele alınacak olunursa, “A” sütununda “Tarih” verilerinin bulunduğu görülecektir. Denge piyasası verileri ve gün öncesi piyasalarının ulaşılabilen en eski değerlerinden başlatılan veri setinde her verinin hangi tarihe ait olduğu gösterilmiştir. (Ek-5)

Diğer verilerin ilişkileri incelenmeden önce çalışmanın hedef verisi olan veriden bahsetmekte fayda görülmüştür. “G” sütununda “Fiyat” başlığıyla gösterilen veri seti, 01.07.2009 günü saat 00:00’dan 31.12.2013 gün sonuna kadar serbest piyasada oluşan verileri içermektedir. Diğer bütün veriler bu pivot (veya hedef) veriye uyarlanmıştır.

“B” sütununda “Günün Saati” başlığı altındaki bilgiler ise “G” sütununda gösterilen ölçümün “A” sütununda belirtilen günün kaçınıcı saatine ait olduğunu göstermektedir. Bu sütun, günün saatleri arasında elektrik tüketimi ve elektrik fiyatları arasında farklar olduğundan modele eklenmiştir.

“C” sütununda ise “Yılın Saati” başlığı altındaki veriler, “G” sütununda yer alan ölçüm değerinin yine “A” sütununda belirtilmiş olan tarih göz önüne alındığında yılın kaçınıcı ayına tekabül ettiğini göstermektedir. Bu uygulamayla belirtilen fiyatın hem kendinden önce ve sonra gelen saatteki değerle hem de önceki yıl aynı saatle olan ilişkisini ortaya koymak mümkün olmuştur.

Elektrik fiyatları ve tüketim davranışlarının haftanın günleri içinde değişim gösterdiğinden tabloda “D” sütunu ve “Haftanın Günü” başlığıyla belirtilen veriler, “G” sütununda yer alan verilerin her birinin haftanın hangi gününe ait olduğunu göstermektedir. “G” sütununda yazan fiyatlar saatlik olduğundan “D” sütununda bu saatlerin içinde bulunduğu gün yazılmış, belirli bir gündeki saatlik ölçümlerinin 24’ünün de karşısında belirtilen günün haftanın kaçınıcı günü olduğu yazılmıştır.

“Yılın Günü” başlığıyla “E” sütununda gösterilen değerler ise yine başlıktan anlaşılacağı gibi “G” sütununda yer alan değerlerin yılın kaçınıcı gününde kaydedilen veriler olduğunu göstermektedir. Bu veri sayesinde bir başka yılın aynı günüyle ilişki kurulması hedeflenmiş, belirtilen günün 24 saatinin tümünün karşısına bu günün yılın kaçınıcı günü olduğu yazılmıştır.

“Yılın Ayı” başlıklı “F” sütununda ise “G” sütununda belirtilen fiyat değerlerinin yılın hangi ayına ait olduğu gösterilmektedir. “C”, “D” ve “E” sütunlarında gösterilen veriler gibi bu veri de diğer yıllarda aynı zamanda oluşan değerlerin ilişkilendirilmesi amacıyla modele dahil edilmiştir. Bir başka deyişle, yılın belirli bir ayının her saatini gösteren değerlerin karşısına hangi ayda bu değer oluştuğu yazılmıştır.

“H” sütununda “İşgünü/Tatil” başlığıyla gösterilen veriler ise “G” sütununda belirtilen saatlik ölçüm değerinin bir iş gününe mi yoksa bir resmi tatil gününe mi ait olduğunu göstermektedir. Elektrik tüketim ve fiyat değerleri üzerinde çalışılan günün iş günü mü tatil mi olduğuna göre farklı davranışlar gösterdiğinden bu veriye ihtiyaç duyulmuştur.

Bu tablolardan da anlaşılabilceği gibi toplamda 39.481 saati içeren bir veri seti hazırlanmıştır. Bir başka deyişle, 92 sütun ve 39.481 satırdan oluşan, 3.632.252 veri parçacığı bir araya getirilmiştir.

Bu verilerin her birinin “G” sütununda belirtilen denge piyasası fiyat verileriyle ilişkisini her sütunun üzerinde bulunan açıklayıcı başlık verileri de göstermektedir. (Ek-5)

4.3. VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Verilerin birbirleriyle ilişkisinin incelenmesinin ardından bu veri setinin ne kadarının ve hangi verilerin modele gireceğine karar vermek için her bir veri kümesinin modelin bütünüyle olan ilişkisi bu kısımda ortaya konmuştur.

Hem yapılan literatür taramasında hem de mantıksal çıkarımlar sonucunda bazı verilerin modele girmelerinin zorunlu olduğu anlaşılmaktadır. İlk olarak “Fiyat” başlığı altında sunulan saatlik denge piyasası değerlerinin yapılan tez çalışmasının ana nesnesi olmasından dolayı modele girmesinin zorunlu olduğu anlaşılmaktadır.

İkinci olarak bu verilerin öncelik ve sonralık ilişkilerinin belirli zaman aralıklarında incelenebilmesi için diğer bazı verilerin de modele eklenmesi zorunluluğu anlaşılmıştır. Bu verilerden ilki, hangi verinin hangi tarihe ait olduğunu gösteren “A” sütununda “Tarih” başlığıyla belirlenen verilerdir. Bu veriler, kullanılan modelde “G” sütununda gösterilen değerin tam olarak hangi tarihte gerçekleştiğini göstermektedir.

Modele girmesi gerekli görülen bir sonraki veri ise “B” sütununda yer alan “Günün Saati” başlığı altında gösterilen verilerdir. Bu veriler, kullanılacak olan yapay sinir ağında öğrenme setinde günün farklı saatlerinde denge piyasasında oluşan fiyatların farklı davranışlarının öğrenilebilmesi açısından gereklidir. Bir başka deyişle, yapay sinir ağının bu verilerden günün saatlerine yönelik kurallar çıkarması hedeflenmiştir.

“C” sütunundaki “Yılın Saati” verileri incelenecek olunursa, bu verilerin de yılın belli bir gününde fiyatların hareketlerinin yapay sinir ağı tarafından öğrenilebilmesi için gerekli olduğu ve bu sebepten ötürü modele girmesinin gerektiği anlaşılabacaktır.

Veri setine “D” sütunundaki “Haftanın Günü” başlığı altındaki verilerin de eklenmesine karar verilmiştir. Haftanın günlerinin elektrik fiyatları ve elektrik tüketimi üzerinde etkili olduğu kabul edilmektedir. Bu verilerin eklenmesiyle kullanılacak olan yapay sinir ağının haftanın günleri arasındaki davranış farklarını öğrenerek buna dayalı kurallar oluşturması hedeflenmiştir.

“F” sütununda “Yılın Ayı” başlığıyla gösterilmiş olan ve “G” sütunundaki ölçümlerin her birinin hangi ay yapıldığını gösteren veriler ise elektrik tüketim ve fiyatlamasındaki mevsimlerin etkisini modele sokmak için kullanılmıştır. Bu verilerin modele eklenmesindeki amaç, yapay sinir ağının fiyatlara dair kurallar koyarken bir fiyat değerinin hangi ayda oluştuğunu da dikkate alarak buna göre kurallar çıkarmasını sağlamaktır.

“E” sütununda “Yılın Günü” başlığıyla gösterilen verilerin modele dahil edilmesinin sebebi ise her bir yılın belli bir gününde ortaya çıkan farklılıkların modele dahil edilmek istenmesidir. Bu verilerin modele eklenmesiyle yapay sinir ağının belli bir fiyatın yılın kaçınıcı gününde ortaya çıktığı ve önceki ve sonraki yıllarla mukayese edilmesi yönünde kurallar öğrenmesi sağlanmak istenmiştir.

“H” sütununda “İşgünü/Tatil” başlığıyla gösterilen kukla verinin ise iş günleri ve tatil günlerinde elektrik tüketiminde farklılıklar olduğundan modele eklenmesi gerektiğine karar verilmiştir. Literatür araştırması sonucu yalnızca haftanın günlerinin değil, iş günleri ve tatil günlerinin de kendi aralarında farklılıklar gösterdiği anlaşılmış, bu verinin de modele dahil edilmesi kararlaştırılmıştır.

Tez çalışmasına “I” sütununda “USD/TRY” başlığıyla gösterilen Amerikan doları günlük kapanış verileri ve “I” sütununu takip eden ve başlıklarında adı yazan illerin günlük ortalama sıcaklık verilerini gösteren verilerin de eklenmesi istenmektedir ancak yapılan literatür araştırmasında tam olarak bu tarz bir çalışmaya rastlanmadığından bu iki verinin denge piyasası verileriyle birlikte anlamlı bir model oluşturup oluşturmadıkları net olarak bilinmemektedir.

Bu durum ise bahsedilen bu verilerin modele eklenmesinin gerekip gerekmediğini ortaya koyacak başka çalışmalar yapılmasını gerektirmiştir.

Bu çalışma için ilk olarak sağlanması gereken, verilerin birbirleriyle uyumlu hale getirilmesidir. Burada ölçülmek istenen, elektrik fiyatlarının genel anlamda Amerikan Doları fiyat seviyesiyle ilişkisinin olup olmadığı ve eğer varsa yurt geneli ortalamasındansa tek tek illerin veya seçilen bir kısım ilin sıcaklıklarının elektrik fiyatlarıyla ilişkisinin farklılıklarıdır. Sıcaklık ortalamaları ve Amerikan Doları verileri günlük olarak tutulmuş, fiyat verileri ise saatlik tutulmuştur. Bu durumda ya sıcaklık ortalamaları ve Amerikan Doları verileri saatlik hale getirilmeli, ya da fiyat verilerinin günlük ortalamalarının alınması gerekmektedir.

Amerikan Doları ve ortalama sıcaklık verileri saatlik olarak tutulmadığından, çalışmanın ortalama fiyat verileri üzerinden devam etmesine karar verilmiştir. Çalışmada 01.01.2010'dan 31.12.2012'ye kadar olan günleri kapsayan üç yıllık veriler üzerinde durulmuştur. Günlük ortalamalar alındıktan sonra fiyat verileri aşağıda kesit olarak verilen hale getirilmiş, her günün ortalama fiyatı o günün karşısına yazılmıştır. Tablo 4.3.1'de bu eşleştirme görülmektedir.

Tablo 4.3.1. Günlük fiyat ortalamaları (kesit)

1	tarih2	ortalama fiyat
2	1.1.2010	42,39
3	2.1.2010	46,56
4	3.1.2010	59,09
5	4.1.2010	93,43
6	5.1.2010	109,83
7	6.1.2010	125,80
8	7.1.2010	116,70
9	8.1.2010	100,45
10	9.1.2010	84,82
11	10.1.2010	66,74
12	11.1.2010	97,63
13	12.1.2010	128,99
14	13.1.2010	147,47
15	14.1.2010	150,02
16	15.1.2010	138,58

Her günün ortalama sıcaklık verileri yazıldıktan sonra bu verilerin karşılıklarına aynı günü temsil eden Türkiye ortalama sıcaklıkları ve Amerikan Doları verileri de eklenmiştir. Tüm illerin modele konması bir matris hatası verdiği için, üzerinde veri türetimi işlemi uygulanmayan ve büyükşehir statüsünde olan illerin ortalamaları da ayrı bir girdi olarak eklenerek Tablo 4.3.2'de bir kesiti gösterilen veri seti elde edilmiştir.

Tablo 4.3.2. Deney veri seti (kesit)

1	tarih2	ortalama fiyat	usd	türkiye	ort sic
2	1.1.2010	42,39	1,51	9,90	10,84759
3	2.1.2010	46,56	1,51	10,10	12,05517
4	3.1.2010	59,09	1,51	6,70	8,448276
5	4.1.2010	93,43	1,4873	2,90	5,527586
6	5.1.2010	109,83	1,481	1,90	4,368966
7	6.1.2010	125,80	1,4661	5,80	7,77931
8	7.1.2010	116,70	1,4694	7,90	9,644828
9	8.1.2010	100,45	1,4698	7,90	9,603448
10	9.1.2010	84,82	1,4698	8,70	10,36897
11	10.1.2010	66,74	1,4698	8,90	10,65172
12	11.1.2010	97,63	1,4639	6,70	8,737931
13	12.1.2010	128,99	1,4492	6,10	8,034483
14	13.1.2010	147,47	1,4489	6,00	7,634483
15	14.1.2010	150,02	1,4434	6,00	7,382759
16	15.1.2010	138,58	1,4494	6,20	7,503448
17	16.1.2010	117,33	1,4494	6,30	7,648276
18	17.1.2010	82,98	1,4494	7,10	8,472414
19	18.1.2010	99,70	1,4522	7,40	9,912792

Bu kesitten de anlaşılacağı gibi “A” sütunu ve “tarih2” başlıklı veriler tarih verilerini, “B” sütununda “ortalama fiyat” başlığıyla gösterilen veriler günlük ortalama fiyat verilerini, “C” sütununda “usd” başlığı altındaki veriler günlük Amerikan Doları verilerini, “D” sütununda “türkiye” başlığıyla gösterilen veriler günlük Türkiye ortalama sıcaklık verilerini, “E” sütununda “ort sic” başlığı altında gösterilen veriler ise araştırmacının üzerinde çalışmayı tercih ettiği büyükşehirlerin günlük sıcaklıklarının ortalamalarını temsil etmektedir. Bu yeni veri setinin son halinin tamamı (Ek-6)’da bulunmaktadır.

Günlük denge piyasası fiyatları, Amerikan Doları ve sıcaklık verilerinin bir arada anlamlı olup olmadığını test eden bu çalışmada toplam sekiz farklı model denenmiştir. En küçük kareler, yani “Least Squares” metoduyla yapılan bu çalışmada denenilen modellerin her birinde bağımlı değişken “B” sütununda “ortalama fiyat” başlığı altında gösterilen günlük ortalama fiyatlarken her bir modeldeki bağımsız değişkenler farklılık göstermektedir. (Ek-6)’da çıktıları gösterilmiş olan verilerde “FIYAT” ile temsil edilen veriler “B” sütununda “ortalama fiyat” başlığıyla gösterilen günlük ortalama fiyat verileri, “TURORT” şeklinde yer alan veriler “D” sütununda “türkiye” başlığıyla

gösterilen günlük Türkiye ortalama sıcaklık verilerini, “DOL” şeklinde yer alan veriler “C” sütununda “usd” başlığı altında gösterilen günlük Amerikan Doları kapanış değerlerini, “BSORT” şeklinde yer alan veriler ise “E” sütununda “ort sic” başlığı altında gösterilen araştırmada kullanılmasına karar verilmiş olan büyükşehirlerin sıcaklık ortalamalarını temsil etmektedir.

Modeller tek tek ele alınacak olunursa, ilk denenen modelde “FIYAT” bağımlı değişkeninin altında “TURORT” ve “DOL” bağımsız değişkenlerinin bulunduğu görülmektedir. Yapılan analiz sonucunda bu ve diğer bütün modellerde F istatistiği ve Durbin-Watson istatistiklerinin değerlerine bakılarak yorum yapılmıştır. Bu ilk modelin sonuçlarına göre F istatistiği verileri %95 güven aralığıyla 0 değerini verdiğinden modelin kendi başına anlamlı olduğu söylene de 2 civarında çıkması gereken ve 0.681 gibi bir değerde oluşan Durbin-Watson değerinin yeteri kadar güvenli bir model olmadığını gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. (Ek -7.c)

Denenen ikinci model, “FIYAT” bağımlı değişkeni altında “BSORT” ve “DOL” bağımsız değişkenlerini kullanmakta, yapılan analiz sonucunda F istatistiği değerinin yine 0 olduğu, Durbin-Watson istatistiğinin ise bir önce denenen modelden çok küçük bir farkla iyileşme göstererek 0.682 olarak ortaya çıktığı görülmektedir. Her ne kadar büyükşehir ortalamalarının denenen modelde Türkiye ortalamasına göre daha iyi bir netice verdiği rakamsal olarak çok küçük bir farkla gösterilmiş olsa da bu sonuçlar genel bir çıkarım yapmak için yeterli değildir. (Ek -7.a)

Denenen üçüncü modelde ise birinci modele farklı bir bağımsız değişken eklenmiştir. “FIYAT(-1)” şeklinde gösterilen bu değişken, günlük ortalama fiyat verilerinin bir önceki değerini de hesaba katmak için eklenmiş, fiyatlardaki bir günlük gecikme de böylece modele eklenmiştir. %95 güven aralığında F istatistik değeri yine 0 olan bu modelde Durbin-Watson istatistiği 2.236’da oluşmuş, dolayısıyla bu modelin diğer Türkiye ortalama günlük sıcaklık verilerini içeren modele kıyasla daha güvenli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. (Ek -7.b)

Denenen dördüncü modelde yine “FIYAT” bağımlı değişkeninin altında “BSORT” ve “DOL” bağımsız değişkenlerinin yanına bir de “FIYAT(-1)” bağımsız değişkeni eklenmiştir. Bu modelin üçüncü modelden farkı Türkiye günlük ortalama sıcaklıklarıyla değil, seçilen büyükşehirlerin sıcaklıklarının ortalamasıyla çalışıyor olmasıdır. F

istatistiği bu modelde de 0 çıkarken üçüncü modelle aynı değerde, 2.236'da oluşan Durbin-Watson istatistiği değeri bu modelin üçüncü model gibi anlamlı ve güvenilir bir model olduğunu göstermektedir. (Ek -7.d)

Bu dört modelin yanı sıra dört de logaritmik model denenmiş, ilk dört modelde izlenen yol aynen bu modellerde de izlenmiştir.

Denenen beşinci model, birinci model gibi “FIYAT” bağımlı değişkeni altında Amerikan doları ve Türkiye günlük ortalama sıcaklık verileri bağımsız değişkenleriyle çalışmaktadır. (Ek -8.c)’de de gösterildiği gibi bu modelde Amerikan Doları verilerinin logaritmik değerleri kullanılmış, F istatistiği %95 güven aralığında 0 çıkarken Durbin-Watson istatistiği 0.648 değerinde oluşmuştur.

Altıncı model ise beşinci modelden tek bir farkla oluşturulmuştur. Bu fark ilk iki model arasındaki farkın aynısı, yani bir önceki modelde kullanılan Türkiye günlük ortalama sıcaklık verilerinin yerine büyükşehir ortalama sıcaklıklarının alınmasıdır. Bu modelin sonuçları da F istatistiği için 0 olurken Durbin-Watson istatistiği için 0.649’dur. (Ek -8.a)

İlk iki modelle üçüncü ve dördüncü modeller kıyaslanacak olunursa, logaritmik modellere de gecikme değerlerinin eklenmesi gerektiği anlaşılmaktadır. Bu nedenle yedinci sırada denenen model, üçüncü sırada denenmiş olan modelin logaritmik bir fonksiyonu olarak tarif edilebilir. Söylendiği gibi bu modelin üçüncü modelden farkı, “FIYAT(-1)” ve “DOL” bağımsız değişkenleri yerine bu değişkenlerin logaritmik fonksiyonlarını temsil eden “LFIYAT(-1)” ve “LDOL” bağımsız değişkenleriyle kurulmuş olmasıdır. Yedinci modelin değerlerine bakılacak olunursa, bu modelin de diğer bütün modeller gibi F istatistiğinin 0 olduğu, Durbin-Watson değerinin ise 2.051 olarak olduğu, yani diğer Türkiye günlük ortalama sıcaklık verileriyle çalışan modellerinden daha güvenilir olduğu sonucuna ulaşılabilir. (Ek -8.b)

Sekizinci ve son model ise yedinci modelden tek farkla, Türkiye günlük ortalama sıcaklıklarıyla değil, büyükşehir ortalama günlük sıcaklıklarıyla çalışıyor olmasıdır. Bir başka deyişle, anlamlılığı ve güvenilirliği Türkiye için test edilen bu model, tez çalışmasında sunulacak modellerden bir diğeri olan büyükşehir ortalamaları için de uygulanmıştır. Bu modelin analiz sonuçları da beklendiği gibi diğer yedi model gibi F

istatistiği bakımından 0 değeriyle anlamlı bir model olduğunu ortaya koymuştur. Durbin-Watson istatistiği değeri de bu model için 2.051 çıkmıştır. (Ek -8.d)

Bu modellerden elde edilen analiz sonuçları değerlendirilecek olunursa, gecikmenin, yani bir önceki değerin etkisinin de ortaya konmuş olması bakımından önemlidir. Daha önce modele girmesi gerektiği ileri sürülen “yılın günü” ve “yılın saati” gibi verilerin modele dahil edilmesi için literatürden gelen bilgilerin yanı sıra bu analizle de olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Bunun yanı sıra, daha önemli olarak, literatürde birlikte kullanımına rastlanmayan yabancı para ve sıcaklık verilerinin de modelde bir arada bulunduklarında modelin güvenli ve anlamlı olacağı neticesine ulaşılmıştır.

4.4. ÖNERİLEN MODEL

Verilerin toplanması, hedef veri olan denge piyasası saatlik verilerle diğer verilerin ilişkilerinin kurulup düzenlenmesi ve bütün verilerin modele girmeleri için gereken analizlerin yapılmasından sonra model önerisinin tanıtılması gerekmektedir. Daha önce bahsedildiği gibi, model yalnızca kullanılan yöntemin mevcut durum ve ARIMA yöntemiyle kıyaslanması değil, aynı zamanda belirlenen şehirlerin sıcaklıklarının gelir yönetimi çerçevesinde fiyat tahmini yapmak için Türkiye günlük ortalama sıcaklıklarından daha yüksek bir performans göstereceği iddiasını da içermektedir.

Bu bağlamda, birbirlerinden farkı sıcaklık verileri olan iki farklı model oluşturulması uygun bulunmuştur. Modelin oluşturulabilmesi için veriler daha önce gösterilmiş olan tablodaki gibi düzenlenmiş, modele eklenmesi kararlaştırılmamış olan şehirler dışarıda bırakılmıştır. Bunun yanı sıra modeldeki her veri parçasının kendinden önce eşit sayıda veri bulunması istenmiştir. Bu durumun sağlanabilmesi için ise 01.01.2010’dan 31.12.2013’e kadar olan zaman zarfını kapsayan 4 tam yıllık veri seçilmiştir.

Tablo 4.4.1 ve Tablo 4.4.2’de başlangıç ve bitiş satırları gösterilen yeni veri setinin tamamı (Ek-9)’da verilmiştir.

tüm saatleri içinde 7.25 gün, toplam verilerin ise %0.012'sinin modele girmemesi anlamına gelmektedir.

Veriler bu halleriyle yapay sinir ağlarında kullanılmaya uygun haldedir. Daha önce bahsedildiği gibi, modelde “A” sütunundan “I” sütununa kadar olan veriler her iki yapay sinir ağı çalışmasında da kullanılacak; bu veriler ise sırasıyla tarih, günün saati, yılın saati, haftanın günü, yılın günü, yılın ayı, fiyat, işgünü – tatil ve Amerikan doları verileridir. Yapay sinir ağı çalışmalarının ilkinde ise “AM” sütununda bulunan Türkiye günlük ortalama sıcaklık verileri, ikincisinde ise “J” sütunundan “AL” sütununa kadar olan büyükşehirlerin günlük ortalama sıcaklık verileri kullanılacaktır. (Ek-9)

Literatürde benzer kurulumdaki modeller ve veri setleriyle bu yöntemle yapılmış detaylı bir çalışma bulunmamasından dolayı farklı ağ yapıları denenmiş, çalışma bu anlamda deneysel bir çalışma hüviyetine de kavuşmuştur. Bu çalışma için kullanılan yapay sinir ağının pseudo kod olarak gösterimi aşağıdaki gibidir:

Tablo 4.4.3. YSA Pseudo Kodu

Input: ProblemSize, InputPatterns, $iterations_{max}$, $learn_{rate}$

Output: Network

Network $\leftarrow$ ConstructNetworkLayers()

$Network_{weights}$ $\leftarrow$ InitializeWeights(Network, ProblemSize)

For (i=1 **To** $iterations_{max}$)

$Pattern_i$ $\leftarrow$ SelectInputPattern(InputPatterns)

$Output_i$ $\leftarrow$ ForwardPropagate($Pattern_i$, Network)

 BackwardPropagateError($Pattern_i$, $Output_i$, Network)

 UpdateWeights($Pattern_i$, $Output_i$, Network, $learn_{rate}$)

End

Return (Network)

Do Compare $\leftarrow$ Target data - Result neural network;

Do Calculate percentage $\leftarrow$ Mean (Compare)

Plot Result

Yapılan çalışmada belirlenecek olan fiyatların ortalama olarak denge piyasasının üzerinde veya altında kalmış olması bir anlam ifade etmemektedir. Bunun yerine yapılan fiyat tahminlerinin uzaklıkları daha önemlidir. Başka bir deyişle, yapılan tahmin gerçekleşen fiyattan ne kadar uzaksa o kadar başarısız kabul edilecektir. Bunu sağlamak için ise tez çalışmasında MAPE olarak bilinen, her bir tahmin değerinin gerçekleşen değerle arasındaki mutlak farkın ortalamasının gerçekleşen değerlerin ortalamasına olan hatalarının oranının ölçülmesi kararlaştırılmıştır. MAPE değerlerinin yanı sıra MAE yani ortalaması alınmadan modelin önerdiği tahmin sonuçlarının sayısal değerleri de verilmiştir.

Bunların yanı sıra, elektrik piyasası ve gün içi denge piyasası yüksek volatilité içeren piyasalar olduğundan, geleneksel öğrenme ve test veri oranları içerisinde öğrenme setine en yüksek payı veren %95 öğrenme %5 test yöntemi seçilmiştir. (Ek-10)'da sunulan algoritmadan da anlaşılacağı gibi, verilerin %95'i belirli bir sıra gözetmeksizin rastgele seçilmiştir. Bu yöntem test edilecek verilerin veri seti içinde rast gele yer almasını sağlayarak muhtemel bir seçim hatasının önüne geçmek için kullanılmıştır. Bir başka deyişle, kullanılan yapay sinir ağının incelediği zaman aralığında belirlenmiş bir zaman için bulduğu değerler değil, bütün veriler içinden rastgele saatler seçilmiştir.

Çalıştırılan algoritmanın YSA özelliklerine gelinecek olunursa, kullanılan yapay sinir ağlarının tümü geri beslemeli ağlardır. Her model ilk çalıştırıldığında 1000 iterasyon çalıştırmasına müsaade edilmiş, ancak 100 iterasyondan sonra bir iyileşme görülmediğinden ağlar 100'er iterasyonla çalıştırılmıştır. Eğitim algoritması için bütün ağlarda "Levenberg-Marquardt" eğitim algoritması tercih edilmiştir.

4.5. MODELİN FARKLI YAPAY SİNİR AĞI KURULUMLARINDA GÖSTERDİĞİ PERFORMANS

Deneysel bir çalışma olan tez çalışmasında tek bir yapay sinir ağı modeli değil, aynı algoritmayla birden çok ağ denenmiştir. Bunların arasında tek gizli katmanlı, iki gizli katmanlı ve üç gizli katmanlı ağlar bulunmaktadır.

Hem Türkiye genel ortalama sıcaklıklarını hem de seçilen büyükşehirlerin sıcaklık ortalamalarını içeren veri setleriyle yapılmış olan bu çalışmada her ağ 10'ar kez çalıştırılıp ortalamaları alınmıştır. Kullanılan yöntemin rastsallığından dolayı ağın her

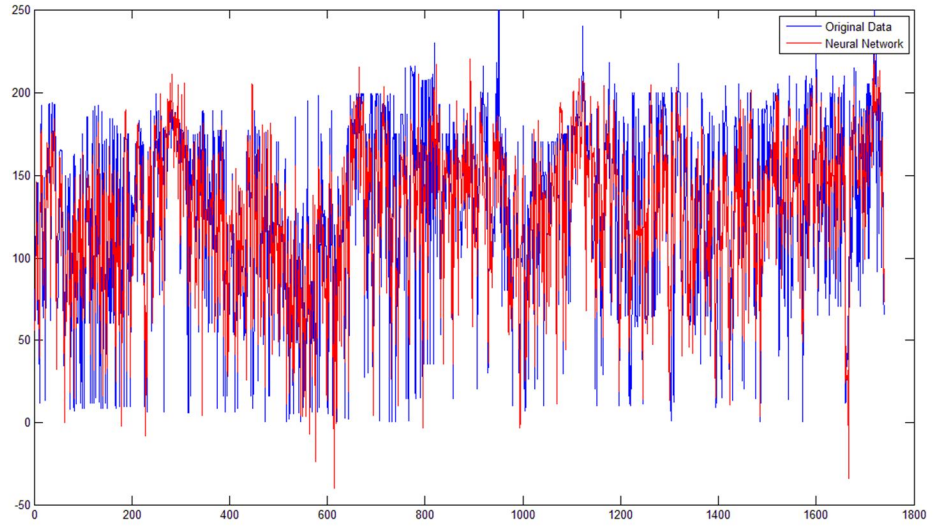
çalıştırılışında birbirine yakın olsa da farklı değerler elde edildiğinden bu değerler içinde en iyi veya en kötü değerin değil, bütün değerlerin ortalamalarının başarı kriterini değerlendirmede kullanılması uygun görülmüştür.

Tablo 4.5.1’de Türkiye ortalama günlük sıcaklıklarını içeren veri seti için denenmiş ağlar ve sonuçlarıyla ilgili bilgiler bulunmaktadır:

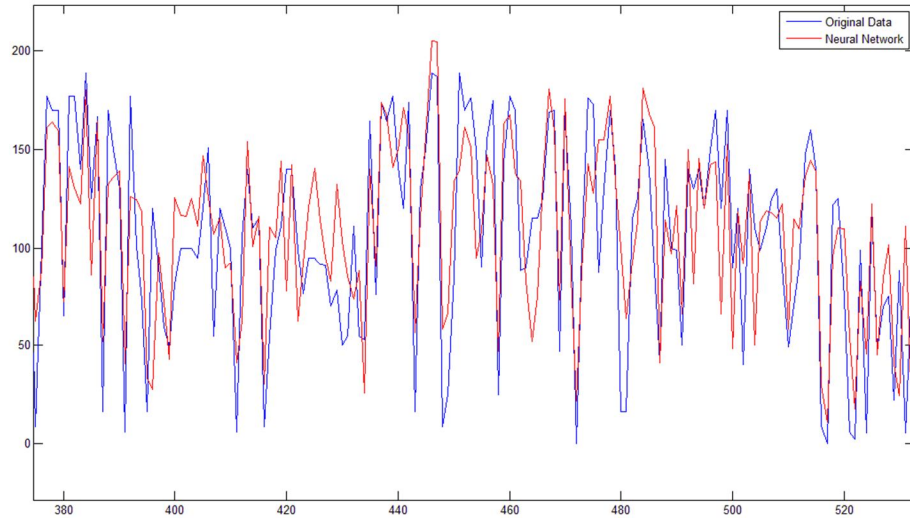
Tablo 4.5.1. Türkiye ortalama günlük sıcaklıkları veri seti model sonuçları

Birinci Gizli Katman Nöron Sayısı	İkinci Gizli Katman Nöron Sayısı	Üçüncü Gizli Katman Nöron Sayısı	Ortalama MAE	MAPE
10	-	-	34,3226	%26,34
15	-	-	33,9152	%26,02
10	12	-	33,2752	%25,54
10	50	-	31,4342	%24,12
11	30	9	29,7441	%22,83
10	30	10	29,1241	%22,35
12	35	10	27,5242	%21,12
13	36	9	27,8235	%21,35

Tablodan da anlaşılacağı gibi, denenmiş ağ yapıları arasında en iyi MAPE sonucunu veren ağ, birinci gizli katmanında 12, ikinci gizli katmanında 35, üçüncü gizli katmanında 10 nöron içeren üç gizli katmanlı ağdır. Bu ağın test grafiği ve grafik içinden bir örnek kesit Şekil 4.5.1 ve Şekil 4.5.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.5.1. Türkiye ortalama günlük sıcaklıkları veri seti model sonuçları grafiği



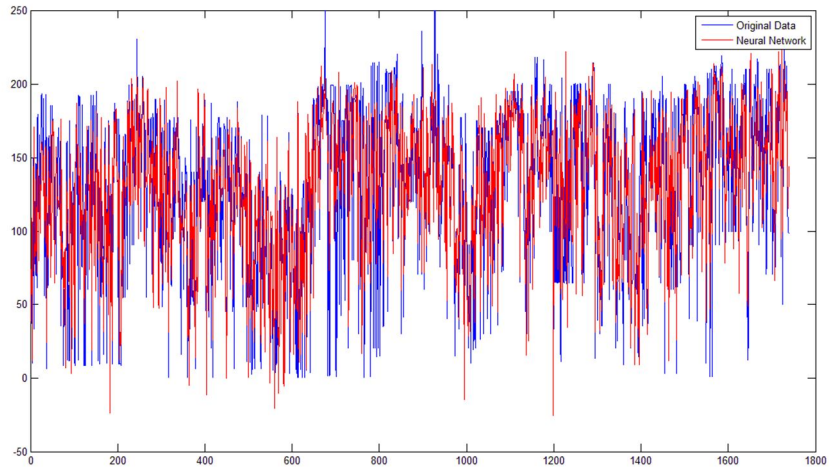
Şekil 4.5.2. Türkiye ortalama günlük sıcaklıkları veri seti model sonuçları grafiği (kesit)

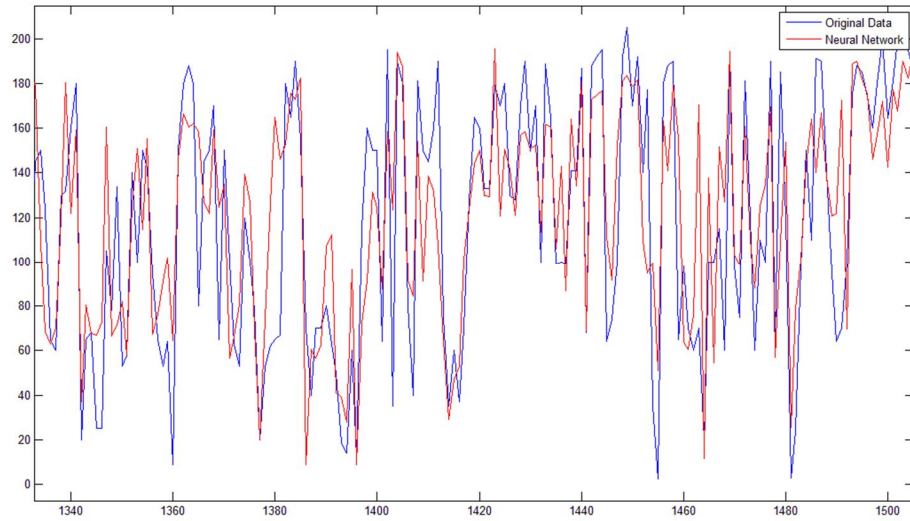
Bahsedildiği gibi, aynı ağlar ve yöntem araştırma için seçilmiş olan büyükşehirler için de uygulanmıştır. Seçilen şehirlerin sıcaklıklarının bulunduğu veri setiyle çalışan yapay sinir ağ yapıları ve sonuçları Tablo 4.5.2’de gösterilmektedir.

Tablo 4.5.2. Seçilen büyük şehirler veri seti model sonuçları

Birinci Gizli Katman Nöron Sayısı	İkinci Gizli Katman Nöron Sayısı	Üçüncü Gizli Katman Nöron Sayısı	Ortalama MAE	MAPE
10	-	-	33,6245	%25,80
15	-	-	33,2132	%25,49
10	12	-	31,1732	%23,92
10	50	-	29,4342	%22,59
11	30	9	27,8045	%21,34
10	30	10	28,3242	%21,74
12	35	10	27,1231	%20,81
13	36	9	27,2341	%20,90

Tablodan da anlaşılacağı gibi, bu veri setinde de denenen ağ yapıları arasında en iyi MAPE sonucunu veren ağ, birinci gizli katmanında 12, ikinci gizli katmanında 35, üçüncü gizli katmanında 10 nöron içeren üç gizli katmanlı ağdır. Bu veri setinin test grafiği ve grafik içinden bir örnek kesit Şekil 4.5.3 ve Şekil 4.5.4'te gösterilmektedir.

**Şekil 4.5.3.** Seçilen büyük şehirler veri seti model sonuçları grafiği



Şekil 4.5.4. Seçilen büyük şehirler veri seti model sonuçları grafiği (kesit)

Bu iki veri seti dışında bir de bütün illerin bulunduğu veri seti denenmiş, ancak fazla nöronla çalıştırıldığında “memory full” hatası alındığından dolayı istenen bütün ağlar bu veri setiyle denenememiştir. Tablo 4.5.3’te “memory full” hatası olmadan elde edilen sonuçlar gösterilmektedir.

Tablo 4.5.3. Türkiye bütün iller veri seti model sonuçları

Birinci Gizli Katman Nöron Sayısı	İkinci Gizli Katman Nöron Sayısı	Üçüncü Gizli Katman Nöron Sayısı	Ortalama MAE	MAPE
10	-	-	30,8383	%23,67
10	8	-	29,1983	%22,41
10	8	6	29,2336	%22,43
10	8	7	27,8186	%21,35

4.6. MODEL SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Modelin farklı ağ yapılarıyla çalıştırılmasından elde edilen sonuçlar hem kendi aralarında, hem gün öncesi piyasası sonuçlarıyla, hem de ARIMA yöntemiyle kıyaslanmak istenmiştir.

Bunun ilk basamağı olarak, Türkiye günlük ortalama sıcaklıklarını içeren veri setiyle seçilen şehirlerin günlük ortalama sıcaklıklarını içeren veri setinin en iyi performans gösteren yapay sinir ağı sonuçları kıyaslanmıştır.

Tablo 4.5.1 ve Tablo 4.5.2’den de görülebileceği gibi, her iki veri seti de en iyi performanslarını birinci gizli katmanda 12, ikinci gizli katmanda 35, üçüncü gizli katmanda 10 nöron içeren üç gizli katmanlı ağda göstermiştir. Bu sonuçlar kıyaslandığında, seçilen şehirlerin günlük ortalama sıcaklıklarını içeren veri setinden elde edilen %20,81 MAPE değerinin küçük bir farkla Türkiye günlük ortalama sıcaklık verilerini içeren veri setinin değeri olan %21,12’lik MAPE değerinden daha iyi performans gösterdiği söylenebilir.

İkinci mukayese ise gün öncesi piyasasında oluşan fiyatların denge piyasası fiyatlarıyla kıyaslandığında ortaya çıkan MAPE değerinin yapay sinir ağı sonuçlarıyla kıyaslanması yoluyla yapılmıştır. (Ek-11)’de gösterildiği gibi, gün öncesi piyasası verilerinin MAPE değerini bulmak için tez çalışmasında kullanılmasına karar verilen dört yıllık süre boyunca her saat için mutlak farklarının ortalaması alınarak MAE bulunmuş, MAE de denge piyasası fiyat verilerinin ortalamasına oranlanarak MAPE bulunmuştur.

Bu uygulamadan alınan sonuçlara göre gün öncesi piyasası denge piyasası fiyat verileriyle kıyaslandığında MAE değeri 30,64 çıkarken, bu değer %23,51’lik bir MAPE değerini işaret etmiştir. Bu değer yapay sinir ağı sonuçlarıyla mukayese edildiğinde her iki veri setiyle çalışan yapay sinir ağı sonuçlarından yüksek bir değer olarak ortaya çıkmaktadır. Elde edilen sonuçlar yorumlanacak olunursa, yapay sinir ağlarının ortaya çıkardığı değerlerin gün öncesi piyasası değerlerinden daha yakın sonuçlar olduğu söylenebilir.

Yapay sinir ağları sonuçları son olarak da ARIMA yönteminin sonuçlarıyla kıyaslanmak istenmiştir. (Ek-12)’de de görüleceği gibi, ARIMA yöntemiyle ortalama

%25,01 gibi bir MAPE elde edilmektedir. Bu sonuç, hem yapay sinir ağı MAPE değerlerinden, hem gün öncesi piyasa verilerinden daha az isabetli bir neticedir.

Bu kıyaslamalardan edinilen sonuçlar değerlendirilecek olunursa, yapay sinir ağları kullanılarak simüle edilen modellerin her ikisi de MAPE kriteri olarak belirlendiğinde hem ARIMA sonuçlarından hem de gün öncesi piyasası sonuçlarından daha başarılı performans göstermiştir. Bunun yanı sıra, küçük bir farkla dahi olsa, seçilen şehirlerin bulunduğu veri setinin aynı yöntem ve modelle Türkiye günlük ortalama sıcaklık verilerini içeren veri setinden daha yüksek performans gösterdiği ortaya çıkmıştır. Bu sonuçlardan yapılan çıkarımlar ise maddeler halinde aşağıdaki gibidir:

- Önerilen model, hem Türkiye Günlük ortalama sıcaklıkları, hem de seçilmiş büyükşehirler ortalama sıcaklıkları diğer bağımsız değişkenlerle kullanıldığında gün öncesi piyasası ve ARIMA sonuçlarından daha yüksek performans göstermektedir.
- Gün öncesi piyasası verileri MAPE performans kriteri olarak kullanıldığında ARIMA yönteminden daha başarılı olmuştur.
- Türkiye ortalama sıcaklıkları yerine belirlenen şehirlerin ortalama sıcaklıkları kullanıldığında daha yüksek isabet oranı elde edilmektedir.

Tablo 4.6.1’de uygulanan modeller ve kıyaslamada kullanılan değerler özet halinde sunulmuştur.

Tablo 4.6.1. Uygulanan modellerin performans kıyaslamaları

ARIMA	Gün Öncesi Piyasası	YSA (Türkiye Ortalaması kullanılarak)	YSA (Seçilen şehirler kullanılarak)
MAPE %25,01	MAPE %23,51	MAPE %21,12	MAPE %20,81

Yapılan çalışmanın MATLAB kod ve dosyaları (Ek – 13)’te verilmiştir.

SONUÇ

Günümüzde elektrik enerjisi insan yaşamının en önemli ihtiyaçlarından biri haline gelmiştir. Giderek artan enerji talebi bir takım problemleri de beraberinde getirmektedir. Bu problemlerden biri de elektrik enerjisinin dağıtım öncesinde fiyatlamasının tam isabetle yapılamıyor olmasıdır. Elektrik enerjisi piyasasında karşılaşılan zorluklardan birincisi, elektrik enerjisinin depolanamayan bir ürün olması nedeniyle elektrik enerjisi üretim ve tüketiminin eş zamanlı olarak yapılması gerekliliğidir. Bunun sağlanabilmesi için elektrik enerjisi arzıyla piyasa talebinin birbirine eşit olması gerekmektedir. Elektrik enerjisine olan talebin günün farklı saatlerinde önemli ölçüde değişkenlik göstermesi nedeniyle arz ile talep arasındaki denge saatlik olarak sağlanabilmelidir. Elektrik enerjisi piyasasında arz talep dengesinin sağlanabilmesi için gün öncesi piyasasında elektrik üreten kuruluşların piyasada oluşan fiyatlardan öngörülen miktarlarda enerji üretmeye hazır olmaları gerekmektedir. Bu bakımdan arz talep dengesinin oluşmasında enerjinin doğru fiyatlanması hayati önem taşımaktadır.

Gelir yönetimi çerçevesinde elektrik enerjisinin doğru fiyatlanması problemine dinamik fiyatlamayla çözüm getirilebilmektedir. Bu bakımdan, dinamik fiyatlamayla Türkiye’de elektrik enerjisinin fiyatlanması tez konusu olarak seçilmiştir. Bu tezde Türkiye’de gelir yönetimi çerçevesinde dinamik fiyatlamasının elektrik pazarında uygulanabilmesi için bir model önerilmiştir. Önerilen modelin çalıştırılması için YSA en uygun yöntem olarak belirlenmiş ve bu yöntemin farklı kurulumları tez içerisinde denenmiştir.

Denenen yapay sinir ağı kurulumları MAPE performans kriterine göre değerlendirilmiş, mevcut gün öncesi piyasası değerleri ve ARIMA yöntemiyle mukayese edilmiştir. Bu kıyaslamalar sonucunda önerilen modelin YSA ile uygulanmasından elde edilen değerlerin hem gün öncesi piyasası verilerinden hem de ARIMA yönteminden daha yakın sonuçlar ortaya koyduğu görülmüştür. ARIMA ve GÖP MAPE değerleri sırasıyla %25,01 ve %23,51 iken önerilen modelin MAPE değeri %20,81 olarak ölçülmüştür. Bu

değerler önerilen modelin gün öncesi piyasası değerlerine kıyasla saat başına ortalama yaklaşık 3TL daha isabetli sonuçlar verdiğini göstermektedir.

Bu tez çalışması, Türkiye’de elektriğin yapay sinir ağları kullanılarak dinamik fiyatlanmasını araştıran ilk doktora tezi olma özelliği taşımaktadır. Bunun yanı sıra literatürde elektrik fiyatlamasına yönelik çalışmalarda çoğunlukla tek bir bağımsız değişken kullanırken, tezde sıcaklık, döviz kuru, tarihsel veriler ve iş günü – tatil verileri de kullanılarak daha bütüncül bir yaklaşım sergilenmiştir. Ayrıca, bütün bir ülke pazarının çalışıldığı bu tezde ülke ortalama sıcaklıklarını içeren bir veri setinin yanı sıra ve seçilen şehirlerin ortalama sıcaklıklarını içeren bir başka veri seti de kullanılarak bazı şehirlerin seçilmesinin fiyatlama açısından ülkenin ortalama sıcaklığının kullanılmasından daha isabetli sonuçlar ortaya koyduğu da gösterilmiştir.

Tezde kullanılan modelin yapısal eşitlik modeli gibi yöntemlerle çalışılması durumunda her bir bağımsız değişkenin saatlik fiyat üzerindeki etkisinin anlaşılmasında kullanışlı olacağı düşünülmektedir. İleride bu yönde yapılacak bir araştırmanın neticelerinin tezde ulaşılan sonuçlarla karşılaştırılması yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

Kitaplar

- Bell J., *Doing your research project: a guide for first-time researchers in education, health and social science*, 4th ed, Open University Press, McGraw-Hill Education, 2005.
- Borenstein, Severin, Michael Jaske ve Arthur Rosenfeld, *Dynamic Pricing, Advanced Metering, and Demand Response in Electricity Markets*, Center for Study of Energy Markets, UC Berkeley, 2002.
- Bryman A ve Bell E., *Business Research Methods*, Oxford, 2003
- Denscombe M., *The good research guide for small-scale social research projects*, 3rd ed, McGraw-Hill Education, Open University Press, 2007
- Elmas, Çetin., *Yapay Sinir Ağları (Kuram, Mimari, Eğitim, Uygulama)*, Seçkin, 2003
- Gauri, P., ve K. Gronhaug., *Research Methods in Business Studies: A practical guide*, Prentice Hall Financial Times, 2005
- Gill J. and Johnson P., *Research Methods for Managers*, 3rd ed, Sage Publications, 2002
- Hassoun, Mohamad H., *Fundamentals of Artificial Neural Networks*, MIT, 1995
- Hunt, Sally., *Making Competition Work in Electricity*, Wiley, 2002
- Hussey J., *Business Research: a practical guide for undergraduate and postgraduate students*, Palgrave, 1997
- Joskow, Paul ve Catherine Wolfram, “Dynamic Pricing of Electricity”, MIT, 2011
- Mitchell, B.M., W.G. Manning, J.P. Acton, *Peak-Load Pricing: European Lessons for US Energy Policy*, Ballinger Publishing Company, Cambridge, MA, 2008.
- Öztemel, Ercan., *Yapay Sinir Ağları*, Papatya Yayıncılık Eğitim, 2003
- Reed, Russel D., ve Robert J. Marks, *Neural Smithing: Supervised Learning in Feedforward Artificial Neural Networks*, MIT, 1998
- Sağıroğlu, Şeref., Erkan Beşok, ve Mehmet Erler, *Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları – 1 Yapay Sinir Ağları*, Ufuk Kitap – Kırtasiye – Yayıncılık, 2003

- Saunders M, Lewis P ve Thornhill A., *Research Methods for Business Students*, 4th ed, Prentice Hall, 2007
- Talluri, Kalyan ve Garrett Van Ryzin, *The Theory and Practice of Revenue Management*, Springer, 2005
- Wasserman, Philip D., *Advanced Methods in Neural Computing*, John Wiley & Sons, 1993
- White, Halbert., *Artificial Neural Networks: Approximation and Learning Theory*, Blackwell Publishers, 1992
- Yin R.K., *Applications of case study research*, 2nd ed, Sage Publications, 2003
- Zurada, Jacek M., *Introduction to Artificial Neural Systems*, Jaico Publishing House, 1992

Makaleler

- Adida, Elodie., ve Georgia Perakis, “A Robust Optimization Approach to Dynamic Pricing and Inventory Control with no Backorders”, *Mathematical Programming*, Haziran 2006, p. 97-129.
- Aggarwal, Sanjeev Kumar, Lalit Mohan Saini ve Ashwani Kumar, “Electricity Price Forecasting in Deregulated Markets: A Review and Evaluation”, *International Journal of Electrical Power & Energy System*, Vol. 31, Iss. 1, Ocak 2009, p. 13-22.
- Agras, Jean., ve Duane Chapman., “A Dynamic Approach to the Environmental Kuznets Curve Hypothesis”, *Ecological Economics*, Vol. 28, Iss. 2, Şubat 1999, p. 267-277.
- Akkurt, Mustafa, Omer F. Demirel, ve Selim Zaim., “Forecasting Turkey’s Natural Gas Consumption by Using Time Series Methods”, *European Journal of Economic and Political Studies*, Vol. 3, No. 2, Güz 2010, p. 1-23.
- Araman, Victor F., ve Rene Caldentey, “Dynamic Pricing for Nonperishable Products with Demand Learning”, *Operations Research*, Vol. 57, Iss. 5, Ekim 2009, p. 1169-1188.
- Atkinson, Scott E., “Responsiveness to time-of-day Electricity Pricing: First Empirical Results”, *Journal of Econometrics*, Vol. 9, Iss. 1-2, Ocak 1979, p. 79-95.
- Aubin, Christophe et al., “Real-Time Pricing of Electricity for Residential Customers: Econometric Analysis of an Experiment”, *Journal of Applied Econometrics*, Vol. 10, 1995, p. 171-191.
- Aviv, Yossi., ve Amit Pazgal, “A Partially Observed Markov Decision Process for Dynamic Pricing”, *Management Science*, Vol. 51, Iss. 9, Eylül 2005, p. 1400-1416.
- Bachmeier, Lance J., ve James M. Griffin., “New Evidence on Asymmetric Gasoline Price Responses”, *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 85, No. 3, Ağustos 2003, p. 772-776.
- Barlow, M. T., “A Diffusion Model for Electricity Prices”, *Mathematical Finance*, Vol. 12, Iss. 4, Ekim 2002, p. 287-298.
- Bayus, Barry L., “The Dynamic Pricing of Next Generation Consumer Durables”, *Marketing Science*, Vol. 11, Iss. 3, Ağustos 1992, p. 251-265.
- Bergemann, Dirk., ve Juuso Valimäki, “Dynamic Pricing of New Experience Goods”,

- Journal of Political Economy*, Vol. 114, No. 4, Ağustos 2006, p. 713-743.
- Bertsimas, Dimitris., ve Georgia Perakis, “Dynamic Pricing: A Learning Approach”, *Applied Optimization*, Vol. 101, 2006, p. 45-79.
- Bertsimas, Dimitris., ve Sanne de Boer, “Dynamic Pricing and Inventory Control for Multiple Products”, *Journal of Revenue and Pricing Management*, Vol. 3, No. 4, Ocak 2005, p. 303-319.
- Besbes, Omar., ve Assaf Zeevi, “Dynamic Pricing Without Knowing the Demand Function: Risk Bounds and Near-Optimal Algorithms”, *Operations Research*, Vol. 57, Iss. 6, Nisan 2009, p. 1407 -1420.
- Biller, Stephan et al., “Dynamic Pricing and the Direct-to-Customer Model in the Automotive Industry”, *Electronic Commerce Research*, Vol. 5, Iss. 2, p. 309 -334.
- Bishop, William S., John L. Graham ve Michael H. Jones., “Volatility of Derived Demand in Industrial Markets and Its Management Implications”, *Journal of Marketing*, Vol. 48, No. 4, Güz 1984, p. 95-103.
- Blonigen, Bruce A., ve Jee-Hyeong Park, “Dynamic Pricing in the Presence of Antidumping Policy: Theory and Evidence”, *The American Economic Review*, Vol. 94, No. 1, Mart 2004, p. 134-154.
- Borenstein, Severin., “The Long-Run Efficiency of Real-Time Electricity Pricing”, *The Energy Journal*, Vol. 26, No. 3, 2005, p. 93-116.
- Borenstein, Severin., ve Andrea Shepard, “Dynamic Pricing in Retail Gasoline Markets”, *Journal of Economics*, Vol. 27, No. 3, Güz 1996, p. 429-451.
- Cabral, Luis., “Dynamic Price Competition with Network Effects”, *Review of Economic Studies*, Vol. 78, Iss. 1, p. 83-111.
- Cartea, Alvaro, ve Marcelo G. Figueroa, “Pricing in Electricity Markets: A Mean Reverting Jump Diffusion Model with Seasonality”, *Applied Mathematical Finance*, Vol. 12, Iss 4, 2005, p. 313-335.
- Catalao, J. P. S., et al., “Short-term Electricity Prices Forecasting in a Competitive Market: A Neural Network Approach”, *Electric Power Systems Research*, Vol. 77, Iss 10, Ağustos 2007, p. 1297-1304.
- Caves, Douglas W. ve Laurits R.Christensen., “Econometric Analysis of Residential time-of-use Electricity Pricing Experiments”, *Journal of Econometrics*, Vol. 14, Iss. 3, Aralık 1980, P. 287-306.

- Chatwin, Richard E., "Optimal Dynamic Pricing of Perishable Products with Stochastic Demand and a Finite Set of Prices", *European Journal of Operational Research*, Vol. 1, Iss. 125, Ağustos 2000, p 149-174.
- Chen, Yuxin., ve Z. John Zhang, "Dynamic Targeted Pricing with Strategic Customers", *International Journal of Industrial Organization*, Vol. 27, Iss. 1, Ocak 2009, p. 43-50.
- Chintagunta, Pradeep K., ve Vithala R. Rao, "Pricing Strategies in a Dynamic Duopoly: A differential Game Model", *Management Science*, Vol. 42, Iss. 11, Kasım 1996, p. 1501-1514.
- Conejo, A.J. et al., "Day-ahead Electricity Price Forecasting Using the Wavelet Transform and ARIMA Models", *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 20, Iss.2, Mayıs 2005, p. 1035-1042.
- Contreras, J. et. al., "ARIMA Models to Predict next-day Electricity Prices", *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 18, Iss. 3, Ağustos 2003, p. 1014-1020.
- Cuaresma, Jesus Crespo et al., "Forecasting Electricity spot-prices Using Linear Univariate time-series Models", *Applied Energy*, Vol. 77, Iss. 1, Ocak 2004, p. 87-106.
- Demirel, Omer F., et al., "Forecasting Natural Gas Consumption in İstanbul Using Neural Networks and Multivariate Time Series Methods", *Turkish Journal of Electric Engineering & Computer Science*, Vol. 20, No. 5, 2012, p. 695- 771.
- Eliashberg, Jehoshua., "The Impact of Competitive Entry in a Developing Market Upon Dynamic Pricing Strategies", *Marketing Science*, Vol. 5, Iss. 1, Şubat 1986, p. 20-36.
- Elmaghraby, Wedad ve Pınar Keskinocak, "Dynamic Pricing in the Presence of Inventory Considerations: Research Overview, Current Practices, and Future Directions", *Management Science*, Sayı 10, Cilt 49, Ekim 2003, p. 1287-1309.
- Farias, Vivek F., ve Benjamin Van Roy, "Dynamic Pricing with a Prior on Market Response", *Operations Research*, Vol. 58, Iss. 1, Kasım 2009, p. 16-29.
- Faruqui, Ahmad ve Stephen George, "Quantifying Customer Response to Dynamic Pricing", *The Electricity Journal*, Vol. 4, Iss. 18, Mayıs 2005, p. 53-63.
- Faruqui, Ahmad, ve Sanem Sergici, "Household Response to Dynamic Pricing of Electricity: a Survey of 15 Experiments", *Journal of Regulatory Economics*, Vol. 38, Iss. 2, Ekim 2010, p. 193-225.

- Faruqui, Ahmad., "The Ethics of Dynamic Pricing", *The Electricity Journal*, Vol. 23, Iss. 6, Temmuz 2010, p. 13-27.
- Faruqui, Ahmad., Dan Harris, ve Ryan Hledik., "Unlocking the 53 Billion Savings from Smart Meters in the EU: How Increasing the Adoption of Dynamic Tariffs Could Make or Break the EU's Smart Grid Investment", *Energy Policy*, Vol. 38, Iss. 10, Ekim 2010, p. 6222-6231.
- Faruqui, Ahmad., Ryan Hledik, ve John Tsoukalis, "The Power of Dynamic Pricing", *The Electricity Journal*, Vol. 22, Iss. 3, Nisan 2009, p. 42-56.
- Faruqui, Ahmad., Sanem Sergici, ve Ahmed Sharif., "The Impact of Informational Feedback on Energy Consumption – A Survey of the Experimental Evidence", *Energy*, Vol. 35, Iss. 4, Nisan 2010, p. 1598-1608.
- Faruqui, Ahmad., ve Stephen George, "Quantifying Customer Response to Dynamic Pricing", *The Electricity Journal*, Vol. 18, Iss. 4, Mayıs 2005, p. 53-63.
- Faruqui, Ahmad., ve Stephen S. George, "The Value of Dynamic Pricing in Mass Markets", *The Electricity Journal*, Vol. 15, Iss. 6, Temmuz 2002, p. 45-55.
- Gaimon, Cheryl, "Simultaneous and Dynamic Price, Production, Inventory and Capacity Decisions", *European Journal of Operational Research*, Vol. 3, Iss. 35, Haziran 1988, p. 426-441.
- Gallego, Guillermo., "Optimal Dynamic Pricing of Inventories with Stochastic Demand over Finite Horizons", *Management Science*, Vol. 40, Iss. 8, Ağustos 1994, p. 999-1020.
- Gallego, Guillermo., ve Garrett van Ryzin, "A Multiproduct Dynamic Pricing Problem and Its Applications to Network Yield Management", *Operations Research*, Vol. 45, Iss. 1, Şubat 1997, p. 24-41.
- Garbarino, Ellen., ve Olivia F. Lee, "Dynamic Pricing in Internet Retail: Effects on Consumer Trust", *Psychology & Marketing*, Vol. 20, Iss. 6, Haziran 2003, p. 495-513.
- Geman, Helyette, ve Andrea Roncoroni, "Understanding the Fine Structure of Electricity Prices", *The University of Chicago Press: The Journal of Business*, Vol. 79, No. 3, Mayıs 2006, p. 1225-1261.
- Golombek, Rolf, Eystein Gjelsvik, ve K. Einar Rosendahl., "Effects of Liberalizing the Natural Gas Markets in Western Europe", *The Energy Journal*, Vol. 16, No.1, 1995, p.85-111.

- Gonzalez, A. M., A. M. S. Roque, ve J. Garcia-Gonzalez., “Modeling and Forecasting Electricity Prices with input/output Hidden Markov Models”, *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 20, Iss. 1, Şubat 2005, p. 13-24.
- Hassan, Rashid M., ve Greg Hertzler, “Deforestation From the Overexploitation of Wood Resources as a Cooking Fuel: A Dynamic Approach to Pricing Energy Resources in Sudan”, *Energy Economics*, Vol. 10, Iss. 2, Nisan 1988, p. 163-168.
- Haws, Kelly L., William O. Bearden, “Dynamic Pricing and Consumer Fairness Perceptions”, *Journal of Consumer Research*, Vol. 33, No. 3, Aralık 2006, p. 304-311.
- Henley, Andrew. ve John Peirson., “Non-Linearities in Electricity Demand and Temperature: Parametric Versus Non-Parametric Methods”, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, Vol. 59, Iss. 1, p. 149-162.
- Hirschberg, Joseph G., “Economic Experiment Data: A Primer on the Use of time-of-day Electricity Pricing Data”, *Journal of Economic and Social Measurement*, Vol. 15, No. 2, 1989, p. 131-153.
- Houthakker, H.S., et al., “Dynamic Demand Analyses for Gasoline and Residential Electricity”, *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 56, Iss. 2, 1974, p. 412-418.
- Hubbard, Glenn ve Robert Weiner, “Regulation and Long-Term Contracting in US Natural Gas Markets”, *The Journal of Industrial Economics*, Vol. 35, No. 1, Ekim 1986, p.71-79.
- Hubbard, R. Glenn ve Robert J. Weiner., “Efficient Contracting and Market Power: Evidence from the US Gas Industry”, *Journal of Law and Economics*, Vol. 34, No.1, Nisan 1991, p. 25-67.
- Huisman, Roman., Christian Hurman, ve Ronald Mahieu, “Hourly Electricity Prices in day-ahead Markets”, *Energy Economics*, Vol. 29, Iss. 2, Mart 2007, p. 240-248.
- Humphreys, H. Brett., ve Katherine T. McClain, “Reducing the Impacts of Energy Price Volatility Through Dynamic Portfolio Selection”, *The Energy Journal*, Vol. 19, No. 3, 1998, p. 107-131.
- Ji, Zhu., ve K. J. R. Liu, “Belief-Assisted Pricing for Dynamic Spectrum Allocation in Wireless Networks with Selfish Users”, *Sensor and Ad Hoc Communications and Networks*, p. 119-127.

- Joskow, Paul L., "Restructuring, Competition and Regulatory Reform in the US Electricity Sector", *The Journal of Economic Perspectives*, Vol. 11, No. 3, Yaz 1997, p. 119-138.
- Joskow, Paul ve Edward Kahn., "A Quantitative Analysis of Pricing Behavior In California's Wholesale Electricity Market During Summer 2000", *Energy Journal*, v23(4), 2002, 1-36.
- Kauffman, R.J., ve Bin Wang., "New Buyers' Arrival Under Dynamic Pricing Market Microstructure: the Case of group-buying Discounts on the Internet", *34th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 2001.
- Kephart, Jeffrey O., James E. Hanson, ve Amy R. Greenwald., "Dynamic Pricing by Software Agents", *Computer Networks*, Vol. 32, Iss. 6, Mayıs 2000, p. 731-752.
- King, Martin ve Milan Cuc., "Price Convergence in North American Natural Gas Spot Markets", *The Energy Journal*, Vol. 17, No. 2, 1996, p. 17-42.
- Kirschen, D.S. et al., "Factoring the Elasticity of Demand in Electricity Prices", *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 15, Iss. 2, Mayıs 2000, p. 612-617.
- Kohzadi, Nowrouz ve Milton S. Boyd, "A Comparison of Artificial Neural Networks and Time Series Models for Forecasting Commodity Prices", *Neurocomputing*, Vol. 2, Iss. 10, Mart 1996, p. 169-181.
- Lai, Guoming, François Margot, ve Nicola Secomandi., "An Approximate Dynamic Programming Approach to Benchmark Practice-Based Heuristics for Natural Gas Storage Valuation", *Operation Research*, Vol. 58, Iss. 3, Şubat 2010, p. 564-582.
- Levin, Yuri., Jeff McGill, ve Mikhail Nediak, "Dynamic Pricing in the Presence of Strategic Consumers and Oligopolistic Competition", *Management Science*, Vol. 55, Iss. 1, Şubat 2007, p. 32-46.
- Levin, Yuri., Jeff McGill, ve Mikhail Nediak, "Optimal Dynamic Pricing of Perishable Items by a Monopolist Facing Strategic Costumers", *Production and Operations Management*, Vol. 19, Iss. 1, Şubat 2010, p. 40-60.
- Li, Guang et al., "Day Ahead Electricity Price Forecasting in a Grid Environment", *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 22, Iss. 1, Şubat 2007, p. 266-274.
- Lim, Andrew E. B., ve J. George Shantikumar, "Relative Entropy, Expotential Utility, and Robust Dynamic Pricing", *Operations Research*, Vol. 55, Iss. 2, Nisan 2007, p. 198-214.

- Lim, Andrew E. B., ve J. George Shantikumar., “Relative Entropy, Exponential Utility, and Robust Dynamic Pricing”, *Operations Research*, Vol. 55, Iss. 2, Ekim 2004, p. 198-214.
- Lin, Kyle Y., “Dynamic Pricing with Real-Time Demand Learning”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 1, Iss. 174, Ekim 2006, p. 522-538.
- Lin, Kyle Y., ve Soheil Y. Sibdari, “Dynamic Price Competition with Discrete Customer Choices”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 197, Iss. 3, p. 969-980.
- Low, David W., “Optimal Dynamic Pricing Policies for an M/M/s Queue”, *Operations Research*, Vol. 22, Iss. 3, Haziran 1974, p. 545-561.
- Maglaras, Constantinos., Joern Meissner., “Dynamic Pricing Strategies for Multiproduct Revenue Management Problems”, *Manufacturing & Service Operations Management*, Vol. 8, Iss. 2, Temmuz 2003, p. 136-148.
- Mandal, Paras, Tomonobu Senjyu, ve Toshihisa Funabashi, “Neural Networks Approach to Forecast Several Hour Ahead Electricity Prices and Loads in Deregulated Markets”, *Energy Conversion and Management*, Vol. 47, Iss. 15-16, Eylül 2006, p. 2128-2142.
- Masten, Scott E., ve Keith J. Crocker., “Efficient Adaptation in Long-Term Contracts: Take-or-Pay Provisions for Natural Gas”, *The American Economic Review*, Vol. 75, No. 5, Aralık 1985, p 1083-1093.
- Masuda, Yasushi., ve Seungjin Whang, “Dynamic Pricing for Network Service: Equilibrium and Stability”, *Management Science*, Vol. 45, Iss. 6, Haziran 1999, p. 857-869.
- Mu, Xiaoyi, “Weather, Storage, and Natural Gas Price Dynamics: Fundamentals and Volatility”, *Energy Economics*, Vol. 29, Iss. 1, Ocak 2007, p. 46-63.
- Mulherin, J. Harold, “Complexity in Long-Term Contracts: An Analysis of Natural Gas Contractual Provisions”, *Journal of Law, Economics, & Organization*, p. 105-117.
- Munasinghe, Mohan, “Optimal Electricity Supply: Reliability, Pricing and System Planning”, *Energy Economics*, Vol. 3, Iss. 3, Temmuz 1981, p. 140-152.
- Munasinghe, Mohan, “Principles of Modern Electricity Pricing”, *Proceedings of the IEEE*, Vol. 69, Iss. 3, Mart 1981, p. 332-348.
- Muth, John F., “Rational Expectations and the Theory of Price Movements”,

- Econometrica*, Vol. 3, Iss. 29, Haziran 1961, p. 315-335.
- N. Amjady, "Day-ahead Price Forecasting of Electricity Markets by a New Fuzzy Neural Network", *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 21, Iss. 2, Mayıs 2006, p. 887-896.
- Netessine, Serguei., "Dynamic Pricing of Inventory/Capacity with Infrequent Price Changes", *European Journal of Operational Research*, Vol. 174, Iss. 1, Ekim 2009, p. 553-580.
- Nimark, Kristoffer., "Dynamic Pricing and Imperfect Common Knowledge", *Journal of Monetary Economics*, Vol. 55, Iss. 2, Mart 2008, p. 365-382.
- Nogales, F.J., "Forecasting next-day Electricity Prices by Time Series Models", *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 17, Iss. 2, Mayıs 2002, p. 342-348.
- P. Mandal et al., "A Novel Approach to Forecast Electricity Price for PJM Using Neural Network and Similar Days Method", *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 22, Iss 4, Kasım 2007, p. 2058-2065.
- Pao, Hsaio-Tien, "Forecasting Electricity Market Pricing Using Artificial Neural Networks", *Energy Conversion and Management*, Vol. 3, Iss. 48, Mart 2007, p. 907-912.
- Petruzzi, Nicholas C. ve Dada Maqbool, "Dynamic Pricing and Inventory Control With Learning", *Naval Research Logistics*, Vol. 3, Iss. 49, Nisan 2002, p. 303-325.
- Pindoriya, N. M., S.N. Singh, ve S. K. Singh, "An Adaptive Wavelet Neural Network-Based Energy Price Forecasting in Electricity Markets", *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 23, Iss. 3, Ağustos 2008, p. 1423-1432.
- Pindyck, Robert S., "The Long-Run Evolution of Energy Prices", *The Energy Journal*, Vol. 20, No. 2, 1999, p. 1-27.
- Pindyck, Robert S., ve Julio J. Rotemberg, "Dynamic Factor Demands and the Effects of Energy Price Shocks", *The American Economic Review*, Vol. 73, No. 5, Aralık 1983, p. 1066-1079.
- Popescu, Ioana., ve Yaozhong Wu, "Dynamic Pricing Strategies with Reference Effects", *Operations Research*, Vol. 55, Iss. 3, Haziran 2007, p. 413-429.
- R.C. Garcia, et al., "A GARCH Forecasting Model to Predict day-ahead Electricity Prices", *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 20, Iss. 2, Mayıs 2005, p. 867-874
- Rajan, Arvind, Rakesh Steinberg ve Richard Steinberg, "Dynamic Pricing and Ordering

- Decisions by a Monopolist”, *Management Science*, Vol. 2, Iss 38, Şubat 1992, p. 240-262.
- Rasanen, Mika., Jukka Ruusunen, ve Raimo P. Hamalainen., “Customer Level Analysis of Dynamic Pricing Experiments Using Consumption-Pattern Models”, *Energy*, Vol. 20, Iss. 9, Eylül 1995, p. 897-906.
- Robinson, Bruce ve Chet Lakhani, “Dynamic Price Models for New-Product Planning”, *Management Science*, Vol. 10, Iss. 21, Haziran 1975, p. 1113-1122.
- Roozbehani, M., et al., “Dynamic Pricing and Stabilization of Supply and Demand in Modern Electric Power Grids”, *First IEEE International Conference on Smart Grid Communications*, Ekim 2010, p. 543-548.
- Rudkevich, Aleksandr., Max Duckworth, ve Richard Rosen., “Modeling Electricity Pricing in a Deregulated Generation Industry: The Potential for Oligopoly Pricing in a Poolco”, *The Energy Journal*, Vol. 19, No. 3, 1998, p. 19-48.
- S. Hatami., ve M. Pedram, “Minimizing the Electricity Bill of Cooperative Users under a Quasi-Dynamic Pricing Model”, *IEEE International Conference on Smart Grid Communications*, Ekim 2010, p. 421-426.
- Sanghvi, A. P., “Flexible Strategies for Load/Demand Management Using Dynamic Pricing”, *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 4, Iss. 1, Şubat 1989, p. 83-93.
- Schweppe, F.C., , M.C. Caramanis ve, R.D. Tabors., “Evaluation of Spot Price Based Electricity Rates”, *Power Apparatus and Systems*, Vol. 104, Iss. 7, Temmuz 1985, p. 1644-1655.
- Triki, Chefi., ve Antonio Violi, “Dynamic Pricing of Electricity in Retail Markets”, *4OR*, Vol. 7, Iss. 1, Ekim 2007, p. 21-36.
- Tsao, Yu-Chung, ve Gwo-Ji Sheen, “Dynamic Pricing, Promotion and Replenishment Policies for a Deteriorating Item Under Permissible Delay in Payments”, *Computers & Operations Research*, Vol. 35, Iss. 11, Kasım 2008, p. 3562-3580.
- Viterbo, E., ve C. F. Chiasserini, “Dynamic Pricing for connection-oriented Services in Wireless Networks”, *Indoor and Mobile Radio Communications*, Eylül 2001, p. 68-72.
- Wang, A.J., ve B. Ramsay., “A Neural Network Based Estimator for Electricity Spot-Pricing with Particular Reference to Weekend and Public Holidays”, *Neurocomputing*, Vol. 23, Iss. 1-3, Aralık 1998, p. 47-57.

- Weiss, Robert M., ve Ajay K. Mehrotra, "Online Dynamic Pricing: Efficiency, Equity and the Future of E-Commerce", *Virginia Journal of Law and Technology*, Yaz 2001, p. 11-21.
- Weron, Rafal, ve Adam Misiorek, "Forecasting Spot Electricity Prices: A Comparison of Parametric and Semiparametric Time Series Models", *International Journal of Forecasting*, Vol. 24, Iss. 4, Ekim-Aralık 2008, p. 744-763.
- Wirl, Franz., "Pigovian Taxation of Energy for Flow and Stock Externalities and Strategic, Noncompetitive Energy Pricing", *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 26, Iss. 1, Ocak 1994, p. 1-18.
- Woo, Chi-Keungi "Efficient Electricity Pricing With self-rationing", *Journal of Regulatory Economics*, Vol. 2, Iss. 1, Mart 1990, p. 69-81.
- Wurman, P. R., "Dynamic Pricing in the Virtual Marketplace", *IEEE Internet Computing*, Vol. 5, Iss. 2, Mart 2001, p. 36-42.
- Yaipairoj, S., ve F. C. Harmantzis, "Dynamic Pricing with 'alternatives' for Mobile Networks", *Wireless Communications and Networking Conference*, Vol. 2, 2004, p. 671-676.
- You, Peng-Sheng., "Dynamic Pricing in Airline Seat Management for Flights with Multiple Flight Legs", *Transportation Science*, Vol. 33, Iss. 2, Mayıs 1999, p. 192-206.
- Zhao, Wen ve Yu-Sheng Zheng, "Optimal Dynamic Pricing for Perishable Assets with Nonhomogeneous Demand", *Management Science*, Vol 46, Mart 2000, p. 375-388.

İnternet kaynakları

- Denge Piyasası Verileri: <https://dgpys.pmum.gov.tr/dgpys/>
- Enerji Bakanlığı 2012 Elektrik Üretim Sektör Raporu:
http://www.enerji.gov.tr/yayinlar_raporlar/Sektor_Raporu_EUAS_2012.pdf
- Enerji Bakanlığı 2013 Elektrik Üretim Sektör Raporu:
http://www.enerji.gov.tr/yayinlar_raporlar/Sektor_Raporu_EUAS_2013.pdf
- EÜAŞ: <http://www.euas.gov.tr/Sayfalar/AnaSayfa.aspx>
- Gün Öncesi Piyasası Verileri: <https://dgpys.pmum.gov.tr/dgpys/>
- İSKİD: <http://www.iskid.org.tr/>
- PMUM: <https://cas.pmum.gov.tr>
- TÜİK: <http://www.tuik.gov.tr/>
- Faruqi, Ahmad ve Sanem Sergici, “Household Response To Dynamic Pricing of Electricity – A Survey of the Experimental Evidence”, 10 Ocak 2009, erişim: <http://www.science.smith.edu/~jcardell/Readings/uGrid/House%20DemandResp%20Experience.pdf>, erişim tarihi: 05 Nisan 2012.

EKLER

Ek 1: Ekler CD'sinde EK-1 dosyasına bakınız. (GÖP ve DGP için PMUM verileri)
 Ek 2: Ekler CD'sinde EK-2 dosyasına bakınız. (T.C. Meteoroloji Genel Müdürlüğü ilk veriler)
 Ek 3: Ekler CD'sinde EK-3 dosyasına bakınız. (T.C. Meteoroloji Genel Müdürlüğü ikinci veriler)
 Ek 4: Ekler CD'sinde EK-4 dosyasına bakınız. (USD/TRY için TCMB verileri)
 Ek 5: Ekler CD'sinde EK-5 dosyasına bakınız. (Tez veri seti 1)
 Ek 6: Ekler CD'sinde EK-6 dosyasına bakınız. (USD/TRY – Ortalama Sıcaklık veri seti)
 Ek 7: Logaritmasız model çıktıları:

Ek 7.a:

Dependent Variable: FIYAT

Method: Least Squares

Date: 07/10/14 Time: 14:20

Sample: 1/01/2010 12/31/2012

Included observations: 1096

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
BSORT	0.504943	0.162230	3.112520	0.0019
DOL	88.65318	9.062564	9.782350	0.0000
C	-27.85431	15.22971	-1.828946	0.0677
R-squared	0.088327	Mean dependent var		126.5140
Adjusted R-squared	0.086658	S.D. dependent var		44.73452
S.E. of regression	42.75229	Akaike info criterion		10.35146
Sum squared resid	1997740.	Schwarz criterion		10.36514
Log likelihood	-5669.598	Hannan-Quinn criter.		10.35663
F-statistic	52.94709	Durbin-Watson stat		0.682318
Prob(F-statistic)	0.000000			

Ek 7.b:

Dependent Variable: FIYAT

Method: Least Squares

Date: 07/10/14 Time: 14:05

Sample (adjusted): 1/02/2010 12/31/2012

Included observations: 1095 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
FIYAT(-1)	0.658303	0.022795	28.87970	0.0000
BSORT	0.159590	0.122632	1.301376	0.1934
DOL(-1)	29.96768	7.116226	4.211177	0.0000
C	-8.742451	11.48143	-0.761443	0.4466
R-squared	0.483335	Mean dependent var		126.5908
Adjusted R-squared	0.481914	S.D. dependent var		44.68256
S.E. of regression	32.16169	Akaike info criterion		9.783075
Sum squared resid	1128503.	Schwarz criterion		9.801335
Log likelihood	-5352.234	Hannan-Quinn criter.		9.789985
F-statistic	340.2065	Durbin-Watson stat		2.236227
Prob(F-statistic)	0.000000			

Ek 7.c:

Dependent Variable: FIYAT

Method: Least Squares

Date: 07/10/14 Time: 14:21

Sample: 1/01/2010 12/31/2012

Included observations: 1096

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
TURORT	0.454428	0.153947	2.951849	0.0032
DOL	89.10672	9.066565	9.828058	0.0000
C	-27.17216	15.22072	-1.785209	0.0745
R-squared	0.087520	Mean dependent var		126.5140
Adjusted R-squared	0.085851	S.D. dependent var		44.73452
S.E. of regression	42.77119	Akaike info criterion		10.35234
Sum squared resid	1999507.	Schwarz criterion		10.36602
Log likelihood	-5670.082	Hannan-Quinn criter.		10.35752
F-statistic	52.41740	Durbin-Watson stat		0.681395
Prob(F-statistic)	0.000000			

Ek 7.d:

Dependent Variable: FIYAT

Method: Least Squares

Date: 07/10/14 Time: 14:11

Sample (adjusted): 1/02/2010 12/31/2012

Included observations: 1095 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
FIYAT(-1)	0.659027	0.022792	28.91544	0.0000
TURORT	0.141155	0.116304	1.213669	0.2251
DOL	29.64414	7.121717	4.162499	0.0000
C	-7.819225	11.47376	-0.681488	0.4957
R-squared	0.482992	Mean dependent var		126.5908
Adjusted R-squared	0.481571	S.D. dependent var		44.68256
S.E. of regression	32.17236	Akaike info criterion		9.783738
Sum squared resid	1129251.	Schwarz criterion		9.801998
Log likelihood	-5352.597	Hannan-Quinn criter.		9.790648
F-statistic	339.7399	Durbin-Watson stat		2.236840
Prob(F-statistic)	0.000000			

Ek 8: Logaritmik model çıktıları

Ek 8.a:

Dependent Variable: LFIYAT

Method: Least Squares

Date: 07/10/14 Time: 14:18

Sample: 1/01/2010 12/31/2012

Included observations: 1096

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LDOL	1.196268	0.127548	9.378970	0.0000
BSORT	0.004480	0.001389	3.224510	0.0013
C	4.109425	0.067828	60.58571	0.0000
R-squared	0.083138	Mean dependent var		4.775522
Adjusted R-squared	0.081460	S.D. dependent var		0.381992
S.E. of regression	0.366103	Akaike info criterion		0.830931
Sum squared resid	146.4966	Schwarz criterion		0.844616
Log likelihood	-452.3503	Hannan-Quinn criter.		0.836109
F-statistic	49.55460	Durbin-Watson stat		0.649583
Prob(F-statistic)	0.000000			

Ek 8.b:

Dependent Variable: LFIYAT

Method: Least Squares

Date: 07/10/14 Time: 14:18

Sample (adjusted): 1/02/2010 12/31/2012

Included observations: 1095 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LFIYAT(-1)	0.673836	0.022336	30.16814	0.0000
LDOL	0.376597	0.097802	3.850602	0.0001
BSORT	0.001376	0.001029	1.337532	0.1813
C	1.348920	0.104474	12.91156	0.0000
R-squared	0.499609	Mean dependent var		4.776462
Adjusted R-squared	0.498233	S.D. dependent var		0.380898
S.E. of regression	0.269811	Akaike info criterion		0.221457
Sum squared resid	79.42266	Schwarz criterion		0.239716
Log likelihood	-117.2478	Hannan-Quinn criter.		0.228366
F-statistic	363.0985	Durbin-Watson stat		2.051820
Prob(F-statistic)	0.000000			

Ek 8.c:

Dependent Variable: LFIYAT

Method: Least Squares

Date: 07/10/14 Time: 14:22

Sample: 1/01/2010 12/31/2012

Included observations: 1096

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LDOL	1.202971	0.127583	9.428908	0.0000
TURORT	0.004094	0.001318	3.105561	0.0019
C	4.117928	0.067286	61.20044	0.0000
R-squared	0.082512	Mean dependent var		4.775522
Adjusted R-squared	0.080833	S.D. dependent var		0.381992
S.E. of regression	0.366228	Akaike info criterion		0.831614
Sum squared resid	146.5966	Schwarz criterion		0.845298
Log likelihood	-452.7243	Hannan-Quinn criter.		0.836792
F-statistic	49.14785	Durbin-Watson stat		0.648778
Prob(F-statistic)	0.000000			

Ek 8.d:

Dependent Variable: LFIYAT

Method: Least Squares

Date: 07/10/14 Time: 14:23

Sample (adjusted): 1/02/2010 12/31/2012

Included observations: 1095 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LFIYAT(-1)	0.674049	0.022330	30.18529	0.0000
LDOL	0.378387	0.097843	3.867302	0.0001
TURORT	0.001252	0.000976	1.283367	0.1996
C	1.350728	0.104420	12.93549	0.0000

R-squared	0.499544	Mean dependent var	4.776462
Adjusted R-squared	0.498168	S.D. dependent var	0.380898
S.E. of regression	0.269829	Akaike info criterion	0.221587
Sum squared resid	79.43298	Schwarz criterion	0.239846
Log likelihood	-117.3189	Hannan-Quinn criter.	0.228496
F-statistic	363.0041	Durbin-Watson stat	2.051829
Prob(F-statistic)	0.000000		

Ek 9: Ekler CD'sinde EK-9 dosyasına bakınız. (Tez veri seti final)

Ek 10: Kullanılan Matlab YSA kodu

```

clc
clear all
close all
warning off

%{
data = xlsread('DEGERLER1.xlsx');
a1 = find(data(:,6)>250);
data(a1,:) = [];
data = [data(:,1:end-1)];
%}

load data

n = length(data);
p = round(.95*n);
random_data = datasample(1:n,p,'Replace',false);

dataA = data;
Target = dataA(random_data,6)';
dataA(random_data,:) = [];
Test_Target = dataA(:,6)';
data(:,6) = [];
Input = data(random_data,:)';
data(random_data,:) = [];
Test_Input = data';

Max = max(Target);
Target = Target/Max;

m1 =
[min(Input(1,:));min(Input(2,:));min(Input(3,:));min(Input(4,:));min(I
nput(5,:));min(Input(6,:));min(Input(7,:));min(Input(8,:));...

min(Input(9,:));min(Input(10,:));min(Input(11,:));min(Input(12,:));min
(Input(13,:));min(Input(14,:));min(Input(15,:));min(Input(16,:));...

min(Input(17,:));min(Input(18,:));min(Input(19,:));min(Input(20,:));mi
n(Input(21,:));min(Input(22,:));min(Input(23,:));min(Input(24,:));...

min(Input(25,:));min(Input(26,:));min(Input(27,:));min(Input(28,:));mi
n(Input(29,:));min(Input(30,:));min(Input(31,:));min(Input(32,:));...

min(Input(33,:));min(Input(34,:));min(Input(35,:));min(Input(36,:))];

m2 =
[max(Input(1,:));max(Input(2,:));max(Input(3,:));max(Input(4,:));max(I
nput(5,:));max(Input(6,:));max(Input(7,:));max(Input(8,:));...

```

```

max(Input(9,:));max(Input(10,:));max(Input(11,:));max(Input(12,:));max
(Input(13,:));max(Input(14,:));max(Input(15,:));max(Input(16,:));...

max(Input(17,:));max(Input(18,:));max(Input(19,:));max(Input(20,:));ma
x(Input(21,:));max(Input(22,:));max(Input(23,:));max(Input(24,:));...

max(Input(25,:));max(Input(26,:));max(Input(27,:));max(Input(28,:));ma
x(Input(29,:));max(Input(30,:));max(Input(31,:));max(Input(32,:));...

max(Input(33,:));max(Input(34,:));max(Input(35,:));max(Input(36,:));];
range = [m1 m2];

%%{
net = newff([range],[10 30 9
1],{'tansig','tansig','tansig','tansig'},'trainlm');
net = train(net,Input,Target);
a1 = sim(net,Test_Input);
a = a1*Max ;
D = [Test_Target;a];

E1 = abs(D(1,:)-D(2,:));
Pe = sum(E1)/length(E1)
% standard_deviation = std(abs(D(1,:)-D(2,:)))
% A1 = find(D(1,:)==D(2,:));
% A2 = find(E1<=10);
% per = length(A2)/length(E1)

figure,plot(D(1,:), 'b'),hold on,plot(D(2,:), 'r')
legend('Original Signal','Neural Network')
%}

%{
net = feedforwardnet([10]);
net =
train(net,Input,Target,'useParallel','yes','showResources','yes');
Y = net(Test_Input);
Y = Y*Max;
view(net)
D = [Test_Target;Y];
E1 = abs(D(1,:)-D(2,:));
Pe = sum(E1)/length(E1)
figure,plot(D(1,:), 'b'),hold on,plot(D(2,:), 'r')
legend('Original Signal','Neural Network')
%}

```

Ek 11: Ekler CD'sinde EK-11 dosyasına bakınız. (GÖP için MAE ve MAPE)

Ek 12: 2013 aralık ayı için elde edilen ARIMA sonuç çıktısı

Univariate ARIMA Extrapolation Forecast Performance									
time	% S.E.	PE	MAPE	sMAPE	Sq.E	MSE	RMSE	ScaledE	MASE
8737	0.5339	0.3265	0.3265	0.3902	1066.2078	0	0	2.9722	2.9722
8738	0.772	0.4148	0.3706	0.4568	1720.3054	1393.2566	37.3264	3.7754	3.3738
8739	0.6987	0.2761	0.3391	0.4113	762.5123	1183.0085	34.3949	2.5135	3.087
8740	0.604	-0.1608	0.2946	0.3457	153.2821	925.5769	30.4233	-1.1269	2.597
8741	0.7724	0.2722	0.2901	0.3396	740.7568	888.6129	29.8096	2.4774	2.5731
8742	0.7093	0.1864	0.2728	0.3172	347.3339	798.3997	28.256	1.6964	2.427
8743	0.759	0.2264	0.2662	0.3084	512.4792	757.5539	27.5237	2.0606	2.3746
8744	0.74	0.1973	0.2576	0.2972	389.2403	711.5147	26.6742	1.7958	2.3023
8745	0.7406	0.1764	0.2485	0.2857	299.9012	665.7799	25.8027	1.5763	2.2216
8746	0.5869	-0.0155	0.2252	0.2586	2.4453	599.4464	24.4836	-0.1423	2.0137
8747	0.556	0.0551	0.2098	0.2403	40.1654	548.6027	23.4223	0.5769	1.8831
8748	0.5293	0.1397	0.2039	0.2328	345.3626	531.666	23.0579	1.6916	1.8671
8749	0.6993	0.3132	0.2123	0.2434	1657.3667	618.2584	24.8648	3.7057	2.0085
8750	0.6984	0.4801	0.2315	0.2712	7058.0851	1078.246	32.8367	7.6472	2.4113
8751	0.5323	0.1457	0.2257	0.2636	424.5283	1034.6648	32.1662	1.8755	2.3756
8752	0.4099	-0.5061	0.2433	0.2723	2824.2307	1146.5127	33.8602	-4.8373	2.5294
8753	0.6884	0.0984	0.2347	0.2624	106.7669	1085.3512	32.9447	0.9405	2.436
8754	0.5626	-0.057	0.2249	0.2509	39.2701	1027.2356	32.0505	-0.5704	2.3323
8755	0.7536	0.1712	0.222	0.2475	323.2654	990.1845	31.4672	1.6366	2.2957
8756	0.7551	0.1138	0.2166	0.2412	124.7034	946.9104	30.7719	1.0165	2.2318
8757	0.7459	0.0815	0.2102	0.2338	61.2462	904.736	30.0788	0.7124	2.1594
8758	0.6847	-0.2819	0.2135	0.2344	446.9816	883.9289	29.7309	-1.9244	2.1487
8759	0.6698	-0.5128	0.2265	0.2419	1111.2367	893.8119	29.8967	-3.0343	2.1872
8760	0.6564	-0.4982	0.2378	0.2485	1114.197	902.9946	30.0499	-3.0384	2.2227

Ek 13: Ekler CD'sinde EK-13 klasörüne bakınız. (Matlab için YSA program dosyaları)

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı : Ahmet TÜRKMEN

Uyruğu : Türkiye (T.C.)

Doğum Tarihi ve Yeri : 11 Kasım 1982, Ankara

Telefon : +90 352 207 66 66 / 30009

E-Posta Adresi : turkmena82@gmail.com

Yazışma Adresi : Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi
İşletme Bölümü, D-316, Melikgazi/KAYSERİ

EĞİTİM

<u>Derece</u>	<u>Eğitim Kurumu</u>	<u>Mezuniyet Tarihi</u>
Doktora	Erciyes Üniversitesi	2014
Yüksek Lisans	Bournemouth University (B.K.)	2009
Lisans	Bilkent Üniversitesi	2007

İŞ DENEYİMİ

<u>Yıl</u>	<u>Kurum</u>	<u>Görev</u>
2011-Halen	Erciyes Üniversitesi	Arş. Gör.
2010-2011	Aksaray Üniversitesi	Arş. Gör.

YABANCI DİL

İngilizce	İleri düzeyde okuma, yazma, konuşma
Almanca	Başlangıç düzeyince okuma, yazma, konuşma