

**T.C.
ERZİNCAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS

**YAPAY SİNİR AĞLARI KULLANARAK TÜRKİYE ELEKTRİK PİYASASI
GÜN SONRASI FİYAT TAHMİNİ**

Mustafa KİKİ

Danışman:Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ŞAHİN

**Elektrik Elektronik Mühendisliği
ANABİLİM DALI**

ERZİNCAN

2018

Her Hakkı Saklıdır.

Kabul ve Onay Sayfası

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ŞAHİN danışmanlığında, Mustafa KİKİ tarafından hazırlanan bu çalışma 13/04/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Yüksel OĞUZ

İmza:

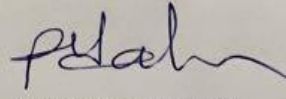
Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ŞAHİN

İmza:

Üye : Doç. Dr. M. Ali YILDIRIM

İmza:

Yukarıdaki sonuç Enstitü Yönetim Kurulunun 11.05.2018 tarih ve 18/2 sayılı kararı ile onaylanmıştır.



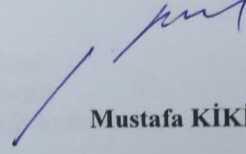
Prof. Dr. Paşa YALÇIN
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, şekil ve tabloların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

Bilimsel Etiğe Uygunluk Sayfası

“Yapay Sinir Ağları Kullanarak Türkiye Elektrik Piyasası Gün Öncesi Fiyat Tahmini” isimli “Yüksek Lisans” tezim tarafımda intihal tespit programı ile incelenmiştir. Buna göre tezimde bilimsel etik ihlali ve intihal olarak nitelendirilebilecek herhangi bir durum olmadığını taahhüt ederim.

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir biçimde elde edildiğini; aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiğı gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi beyan ederim.



Mustafa KIKI

ÖZET

Yüksek Lisans

YAPAY SİNİR AĞLARI KULLANARAK TÜRKİYE ELEKTRİK PİYASASI GÜN SONRASI FİYAT TAHMİNİ

Mustafa KİKİ

Erzincan Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ŞAHİN

Türkiye Elektrik Piyasası, 2001 yılında meydana gelen köklü değişiklikle serbestleşme sürecine girmiştir. 2001 yılı öncesi piyasasında fiyatlar sabit iken serbestleşme sürecine giren yeni piyasa da fiyatlar dönemlik, günlük hatta saatlik olarak değişmektedir. Bu tezde Öngörme modeli oluşturmada en çok kullanılan metot olan yapay sinir ağları kullanılmıştır. Çalışma da 2012-2015 yılları arası kullanılan veriler için yılın en soğuk, en yağışlı ve en sıcak dönemleri tespit edilmiştir. Bu dönemlere ait dolar kuru, toplam elektrik üretiminde yenilenebilir enerji oranı, piyasa da mevcut olan ikili anlaşmalar, bir gün öncesine ait piyasa marjinal fiyatı, toplam talep, gün ve saat değişkenleri kullanılmıştır. Türkiye elektrik piyasası gün sonrası fiyatının tahminini belirlemek üzere yapay sinir ağları konfigürasyonları denenmiş ve elde edilen sonuçların içerdiği hata oranları değerlendirilerek performans karşılaştırması yapılmıştır. Ayrıca saha uygulaması olarak iki adet hidroelektrik santraline ait üretim programı oluşturulan YSA modeliyle hazırlanmış, elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

2018, 79 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Gün sonrası fiyatı, Türkiye elektrik piyasası, Yapay sinir ağları

ABSTRACT

Master Thesis

PRICE FORECASTING DAY-AHEAD TURKEY ELECTRICITY MARKET BY USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

Mustafa KİKİ

Erzincan University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Electrical and Electronics Engineer

Supervisor: Assistant Professor Mustafa ŞAHİN

With the revolution happened in 2001, Turkey Electricity Market entered the liberation process. While the prices were stable in marketing before 2001, in new marketing which entered the liberation process, prices has changed termly, daily an even hourly. In this thesis, the method of artificial neural networks were used, that is mostly used in forecasting model forming. In this work, for data which is used between 2012-2015 years, it is stated that coldest, the rainiest and hottest term of year. Belong to term, dollars exchange rates, renewable energy rates in total electricity production, bilitiral agreements exist in marketing, marginal price of marketing belongs to previous day, total demand, day and hour varies were used. Turkey electricity market tried artificial neural networks configurations for stating the prediction of day ahead price of marketing and encountered the performance, evaluating the failure rates the obtained results consisted. Also the obtained results which were prepared with ANN model that were constituted the production programme belongs to the two hydroelectric power stations as the field applications had been evaluated.

2018, 79 Pages

Keywords: Artificial neural networks, The day aheadprice, Turkey electricity market,

TEŐEKKÖR

Bu alıőmanın planlanmasında, uygulanmasında ve tamamlanmasında tüm emeği geçenlere, özellikle tez çalıőmamın baőlamasına vesile olan ve tez süresi boyunca değerli zamanını esirgemeyen, görüő ve fikirleriyle çalıőmama yön veren, tezin oluşmasında önemli katkılarda bulunan tez danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ŞAHİN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tezin yazımı sırasında benden yardım ve desteklerini esirgemeyen, bu sıkıntılı süreçte hep yanımda olan, verdikleri moral ve destekle çalıőmama katkıda bulunan değerli eşim Lütfiye KİKİ'ye, canım oğlum Eymen Enes KİKİ'ye, sevgili annem Ayten KİKİ, sevgili babam Muhsin KİKİ'e ve tüm aile bireylerime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mustafa KİKİ

Nisan, 2018

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
TABLolar LİSTESİ.....	xi
SİMGELER ve KISALTMALAR	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
2.1. Türkiye Elektrik Piyasası ve Gelişim Süreci	4
2.2. Türkiye Elektrik Enerjisi Üretim, Tüketim, Kurulu Güç İstatistikleri.....	7
2.2.1. Türkiye elektrik enerjisi üretimi.....	8
2.2.2. Türkiye elektrik enerjisi tüketimi.....	12
2.2.3. Türkiye elektrik enerjisi kurulu gücü.....	13
2.3. Yapay Zekâ Teknolojisi.....	16
2.3.1. Uzman sistemler.....	17
2.3.2. Zeki etmenler	17
2.3.3. Makine öğrenmesi ve yapay sinir ağları	18
2.3.3.1. Öğrenme stratejileri	19
2.3.4. Bulanık mantık.....	20
2.3.5. Yapay sinir ağları	21
2.3.5.1. Yapay sinir ağları yapısı	23
2.3.5.2. Yapay sinir ağları çalışma prensibi.....	24
2.3.5.3. Yapay sinir ağları sınıflandırması.....	25
2.3.6. Yapay sinir ağları öğrenme kuralları.....	31
2.4. Enerji Sektöründe Kullanılan Daha Önce ki Çalışmalarda Tahmin Yöntemleri	33
3. KURAMSAL TEMELLER.....	37
3.1. Türkiye Elektrik Piyasası İşleyişi	37
3.1.1. Gün öncesi piyasası.....	38
3.1.2. Teklif verme yaklaşımları ve fiyat belirleme	45

4. METERYAL ve YÖNTEM	49
4.1. Materyal	49
4.2. Yöntem.....	50
5. ARAŞTIRMA BULGULARI	57
5.1. 2012 Yılına Ait Piyasa Takas Fiyatı Değerlerinin Karşılaştırılması	58
5.2. 2013 Yılına Ait Piyasa Takas Fiyatı Değerlerinin Karşılaştırılması	60
5.3. 2014 Yılına Ait Piyasa Takas Fiyatı Değerlerinin Karşılaştırılması	63
5.4. 2015 Yılına Ait Piyasa Takas Fiyatı Değerlerinin Karşılaştırılması	65
5.5. Genel Piyasa Takas Fiyatı Değerlendirme Karşılaştırması	68
6. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	70
KAYNAKLAR	73
EKLER.....	79
Ek-1. Tez Çalışması Süresince Yapılan Akademik Çalışmalar	79
ÖZGEÇMİŞ	80

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1. Elektrik piyasası tarihsel gelişimi	5
Şekil 2.2. Elektrik üretim, iletim ve dağıtım blok Şeması	8
Şekil 2.3. 2016 yılı itibariyle kaynak bazında elektrik enerjisi üretim oranları	10
Şekil 2.4. Elektrik sektöründe kamu özel sektör payları.....	11
Şekil 2.5. 2016 yılı sonu itibariyle kuruluş bazında elektrik enerjisi üretim oranları	12
Şekil 2.6. Kurulu güç ve puant talep gelişimi	16
Şekil 2.7. Literatürde en çok kullanılan yapay zekâ teknolojileri.....	16
Şekil 2.8. Zeki etmen fiziksel yapısı	17
Şekil 2.9. Öğretmenli öğretme modeli.	19
Şekil 2.10. Öğretmenli öğretme modelinde yeni verilerle tahmini sonuçlar oluşturma .	19
Şekil 2.11. Destekleyici öğrenmenin süreç döngüsü	20
Şekil 2.12. Bulanık mantık denetimine ait blok diyagramı.....	21
Şekil 2.13. Yapay sinir ağları basit yapısı.....	23
Şekil 2.14. İleri beslemeli iki gizli katmanlı YSA	26
Şekil 2.15. Geri beslemeli YSA	26
Şekil 2.16.Kendi kendine geri besleme çevrimi ve gizli nöronlar bulunmayan bir yinelemeli ağ	27
Şekil 2.17.Gizli nöronları bulunan yinelemeli ağ	28
Şekil 2.18.İki gizli katmanlı birçok katmanlı algılayıcının yapısı	30
Şekil 3.1. Elektrik Piyasası İşlem Döngüsü	38
Şekil 3.2. Gün öncesi piyasası bir günlük gerçek saatlik teklif örneği	42
Şekil 3.3. Gün öncesi piyasası bir günlük gerçek blok teklif örneği.....	43
Şekil 3.4. Gün öncesi piyasası bir günlük gerçek esnek teklif örneği.....	44
Şekil 4.1. PTF değeri tahmini için oluşturulan yapay sinir ağının ağırlık (girdiler) ve hedef (çıktı) değerleri	51
Şekil 4.2. A matrisinin normalizasyon işleminden önce ve sonraki grafiği.....	54
Şekil 5.1. 2012 yılını en soğuk dönemi gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı	58
Şekil 5.2. 2012 yılını en yağışlı dönemi gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı	59
Şekil 5.3. 2012 yılını en sıcak dönemi gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı	59

Şekil 5.4. 2012 yılını gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı	60
Şekil 5.5. 2013 yılını soğuk dönemi gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı	61
Şekil 5.6. 2013 yılını yağışlı dönemi gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı	61
Şekil 5.7. 2013 yılı en sıcak dönemi gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı	62
Şekil 5.8. 2013 yılı piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı	62
Şekil 5.9. 2014 yılı en soğuk dönemi gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı	63
Şekil 5.10. 2014 yılı en yağışlı dönemi gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı	64
Şekil 5.11. 2014 yılı en sıcak dönemi gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı	64
Şekil 5.12. 2014 yılı tüm dönemler gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı	65
Şekil 5.13. 2015 yılı en soğuk dönem gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı	66
Şekil 5.14. 2015 yılı en yağışlı dönem gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı	66
Şekil 5.15. 2015 yılı en sıcak dönem gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı	67
Şekil 5.16. 2015 yılı tüm dönemler gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı	67
Şekil 5.17. 2012-2013-2014-2015 yılları tüm dönemler gerçek piyasa takas fiyatı ve tahmin edilen piyasa takas fiyatı	68
Şekil 5.18. Gerçek ve tahmini PTF değerlerinin ortalamalarının grafiksel olarak karşılaştırılması.	69

TABLolar LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1. Ülkemizde son iki yıla ait üretim ve tüketim miktarları karşılaştırılması	9
Tablo 2.2. Ülkemizde son iki yıla ait üretim ve tüketim miktarları karşılaştırılması	9
Tablo 2.3. 2002-2016 yılları arasında Türkiye de tüketilen elektrik enerjisi istatistikleri	13
Tablo 2.4. 2002-2016 yılları arası Türkiye deki elektrik enerjisi üretim tesislerine ait kurulu güçler	14
Tablo 2.5. 2016 yılı sonu itibariyle kurulu gücün kuruluşlara göre dağılımı.	15
Tablo 2.6. Türkiye kurulu gücünün kamu ve özel sektöre göre dağılımı	15
Tablo 2.7. Örnek veri tablosu.....	25
Tablo 3.1. Gün öncesi piyasası saatlik teklif örneği	41
Tablo 3.2. Gün öncesi piyasası blok teklif örneği.....	43
Tablo 3.3. Gün öncesi piyasası esnek teklif örneği.....	44
Tablo 3.4. Gün öncesi piyasası örnek ikili anlaşma.....	45
Tablo 3.5. Katılımcı A ve günlük enerji ihtiyaç senaryosu.....	45
Tablo 3.6. Katılımcı B ve günlük enerji alım/satım senaryosu.....	46
Tablo 3.7. Katılımcı C ve günlük enerji alım/satım senaryosu.....	46
Tablo 3.8. Katılımcı D ve günlük enerji alım/satım senaryosu.....	47
Tablo 3.9. Katılımcı E ve günlük enerji alım/satım senaryosu	47
Tablo 3.10. Mevcut Teklifler Açısından Piyasa Takas Fiyatının Hesaplanması	48
Tablo 4.1. Y.S.A eğitiminde kullanılan toplam veri adedi	52
Tablo 4.2. Y.S.A eğitiminde kullanılan verilerin min. ve max değerleri.....	52
Tablo 4.3. Y.S.A eğitiminde kullanılan normalizasyonu yapılmış verilerin min. ve max değerleri.....	54
Tablo 4.4. En iyi sonucu veren üç farklı eğitim algoritmasına ait testing değerleri	55
Tablo 4.5. YSA girdi parametreleri.....	56
Tablo 5.1. 2012, 2013, 2014 ve 2015 yıllarına ait dönemlik ortalama gerçek ve tahmini PTF değerleri.....	68

SİMGELER ve KISALTMALAR

Simgeler

%	Yüzde
α	Güvenirlilik Katsayısı
r	Korelasyon Katsayısı
A_{kj}	Sinaptik Ağırlık

Kısaltmalar

ÇKA	Çok Katmanlı Algılayıcı
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
EPIAŞ	Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi
EÜAŞ	Elektrik Üretim Anonim Şirketi
GÖP	Gün Öncesi Piyasası
İHD	İşletme Hakkı Devri
KOH	Karekök Ortalama Hata
MAPE	Mutlak Hata Oranları Ortalaması
MSE	Hata Kareleri Ortalaması
OMH	Ortalama Mutlak Hata
OMYH	Ortalama Mutlak Yüzde Hata
PMUM	Piyasa Mali Uzlaştırma Merkezi
PTF	Piyasa Takas Fiyatı
RMSE	Hata Kareleri Ortalaması Karekökü
SMF	Sistem Marjinal Fiyatı
TEAŞ	Türkiye Elektrik Üretim Anonim Şirketi
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TEK	Türkiye Elektrik Kurumu
TEP	Türkiye Elektrik Piyasası
TETAŞ	Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt Anonim Şirketi
TPTF	Tahmin Edilen Piyasa Takas Fiyatı

Yİ	Yap İşlet
YİD	Yap İşlet Devret
YSA	Yapay Sinir Ağları



1. GİRİŞ

İş yapabilme kapasitesi olarak tanımlanan enerji, üretim ve dönüşüm gibi süreçlerde kullanılması zorunlu bir girdidir. Bunun yanında toplumların refah düzeyini yükselten hizmet aracı olarak da kullanılmaktadır (Es, 2013). Enerji kaynakları birincil ve ikincil kaynaklar olmak üzere iki kısımda sınıflandırılmaktadırlar. Bahsi geçen enerji kaynaklarından ilki doğada buldukları şekliyle kullanılan, ikincisi ise enerji kaynaklarının belirli bir işlemde geçtikten sonra ki halidir (Hepbaşlı ve Özgener, 2004). Elektrik Enerjisi de ikincil kaynaklar sınıfına giren enerji dönüşüm tesislerinde çeşitli enerji türleri (Doğalgaz, Kömür, Petrol, Su, Güneş, Rüzgâr)kullanılarak elde edilen enerji türüdür. Ülkelerin gelişmişlik seviyesinde büyük rol oynayan elektrik enerjisi, tüm dünyada en önemli sektörlerden biri olmuştur (Şahin, 1994).

1980'lere kadar, birçok endüstri ülkesinde elektrik sektörü dikey bütünleşik yapıya sahip ve kamuya ait kurumlardı. Bu elektriğin tek bir kurum tarafından halka arz edildiği anlamına gelmektedir. Böyle bir pazarda fiyatlar üretim, iletim ve dağıtım maliyetlerinin bir fonksiyonu olarak belirlenmektedir. Bu yapıda daha az belirsizlik olduğu için üreticiler üretim kararını basit araçlar kullanarak hesaplayabiliyorlardı (Heyderi ve Siddiqui, 2010). Son yıllarda birçok ülke üretim ve satış aktivitelerinde rekabet oluşturmak amacıyla elektrik pazarında düzenlemeler yapmıştır. Bu dönüşüm sürecine ayak uyduran ülkemizde, 2001 yılında yürürlüğe giren 4628 sayılı Elektrik Piyasası kanunu ile sahip olduğu elektrik pazarında yeni bir sürece girmiştir. Yeni kanunlarla dikey bütünleşik yapıda olan Türkiye Elektrik Piyasası (TEP), elektrik fiyatlarının katılımcılara bağlı olarak değiştiği bir yapıya sahip olmuştur (Bilici, 2015).

Elektrik üretim ve satış piyasasında tekel sistemden özelleşme sistemine geçiş fiyatlarda düşüşe sebep olduğu gibi kaynaklarında daha iyi kullanılmasını sağlamıştır (Heyderi ve Siddiqui, 2010). Fakat liberal yapıya geçen sistem avantajlarının yanında dezavantajlarını da beraberinde getirmiştir. Toptan satış piyasa yapısı karmaşıklaşmıştır. Bunun sebebi elektrik fiyatlarının daha doğrusu elektrik fiyatlarını meydana getiren arz talep dengesinin dış etkenlere bağımlı olmasıdır (Anderson vd., 2007). Elektrik fiyatlarına etki eden değişkenlerin belirlenmesi ve bu değişkenlere bağlı olarak fiyat tanımlayabilen bir sistem oluşturulması hem üretici hem de tüketici açısından önemli bir hale gelmiştir. Üretici ve tüketici açısından fiyatların bilinmesi hem mevcut kapasitenin

kullanılması hem de en uygun tüketim zamanının belirlenmesi açısından önemli olmuştur. Problemin çözümü için birçok akademik yayın oluşturulmuş, fiyatlarda ki değişimi tahmin etmek için modeller tasarlanmıştır. Yapılan çalışmalar incelendiği zaman oluşturulan modeller için daha simülasyon, zaman serisi ve piyasa dengesi modellerine rastlanmaktadır (Bilici, 2015).

Bu çalışmada 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu ile değişen piyasa yapısı içinde elektrik fiyatlarının tahminine yönelik modelleme yapay sinir ağları kullanılarak yapılmaktadır. Çalışmanın başlıca amacı, TEP’de oluşan saatlik Piyasa Takas Fiyatının (PTF), yapay sinir ağları kullanılarak tahmin edilmesidir. YSA, tahmin çalışmalarında oldukça başarılı sonuçlar vermekte ve doğrusal olmayan problemleri modelleyebilmesiyle diğer tahmin yöntemlerinin önüne geçmektedir. Bu nedenle yapılacak olan tahmin çalışmasının gerçeğe en yakın sonuçlar vermesi açısından yapay sinir ağları kullanılmıştır.

Bu doğrultuda çalışmanın giriş kısmından sonraki bölümünde(ikinci bölüm) Tez konusuna ait literatür özeti çıkarılarak ilgili bilim ve teknoloji alanlarında ki literatür taraması ve değerlendirilmesi yapılmış tez konusunun literatürdeki önemi, yaşanan sorunlar, eksiklikler, doldurulması gereken boşluklar vb. hususlar açık bir şekilde ortaya konulmuş, çalışılan konu ile ilgili olarak daha önce yapılmış olan çalışmaların kısa özetleri verilmektedir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde kuramsal temellere yer verilmiştir. Bu bölümünde çalışmada araştırılan konular ile araştırma problemine ilişkin kuramsal çerçevenin ele alınıp araştırmanın dayandığı kuram veya modeller ve araştırmada sık kullanılan terim ve kavramların tanımına yer verilmektedir.

Dördüncü bölümde materyal ve yöntemler ele alınmıştır. Bu bölümde kullanılan Materyal/Malzemenin özellikleri, kullanılma şekli gibi bilgiler “Materyal” alt başlığı altında verilmektedir. Aynı şekilde Tez çalışmasında kullanılan yöntemler açık ve anlaşılır bir şekilde aynı bölüm içerisinde “Yöntem” alt başlığı altında verilmektedir.

Beşinci bölümü Araştırma ve Bulgular oluşturmaktadır. Tez çalışmasından elde edilen bulgular ve öngörülen yaygın etkilerin neler olabileceği bu bölümde verilmektedir.

Altıncı ve son bölüm olan Sonuçlar Bölümünde tez çalışmasından elde edilen sonuçlar yer almaktadır.

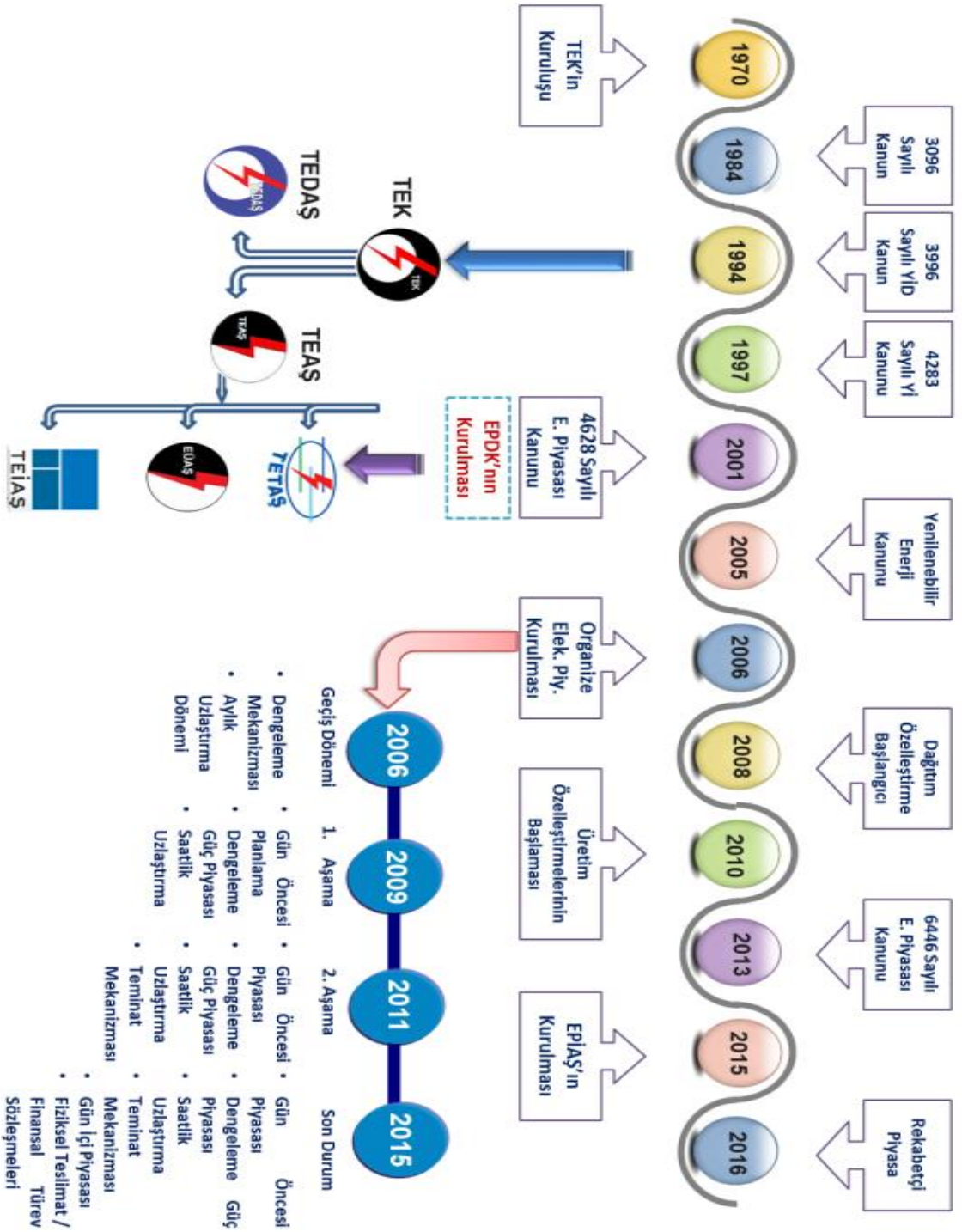


2. KAYNAK ÖZETLERİ

Çalışmanın bu bölümünde, tez konusuna ait literatür özeti, ilgili alanlarındaki literatür taraması ve değerlendirilmesi yapılarak tez konusunun literatürdeki önemine yer verilmiştir. Bu düşünceler doğrultusunda, enerji piyasasında üretici, tüketici, yatırımcı için bilinmesi ya da en düşük hata oranıyla tahmin edilmesi büyük öneme sahip Piyasa Takas Fiyatı (PTF) tahmini için, lineer olmayan problemlerin çözümünde çok fazla kullanılan Yapay Sinir Ağları yöntemi kullanılarak PTF tahmini yapılacaktır.

2.1. Türkiye Elektrik Piyasası ve Gelişim Süreci

Elektrik piyasasındaki işlemlerin daha sorunsuz yürütülmesi için 1994 yılında dağıtım faaliyeti ile üretim, iletim ve ticaret faaliyetlerinin birbirinden ayrılmasına karar verilmiş ve Türkiye Elektrik Kurumu (TEK); Türkiye Elektrik Üretim-İletim A.Ş. (TEAŞ) ve Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş (TEDAŞ) olarak ikiye bölünmüştür. Bu ayrılmayla TEDAŞ dağıtım faaliyetlerini, TEAŞ ise üretim, iletim ve satış işlerini üstlenmiştir. Şekil 2.1'de elektrik piyasası tarihsel gelişimine ait diyagram verilmiştir.



Şekil 2.1. Elektrik Piyasası Tarihsel Gelişimi(Biçen, 2016; Erten,2012; TETAŞ,2017,s.4)

Elektrik üretim, iletim satış faaliyetlerini yapan kurumların birbirinde ayrılmasından sonra 08.06.1994 tarihinde yürürlüğe giren 3996 sayılı Yap-İşlet-Devret Kanunu ve 16.07.1997 tarihinde yürürlüğe giren 4283 sayılı Yap-İşlet Kanunu ile enerji üretimi konusunda özel sektörün rolü arttırılmıştır (Tutuş, 2007). Daha sonra toplanan enerji komisyonlarında, artan nüfus ve gelişen sanayiye paralel olarak elektriğin arz-talep dengesini karşılayan, çevreyle uyumlu, düşük maliyetli, kesintisiz ve kaliteli bir şekilde dağıtımının sağlanması için; sürekli ve şeffaf bir elektrik pazarının oluşturulması ve pazarın kendi içinde faaliyetlerini sağlayabildiği bir şekilde düzenlenmeye ve denetlenmeye tabi olmasının gerektiğine karar verilmiştir. Bu amaçla, 2001 yılının başlarında 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu yürürlüğe konularak sektörün reform sürecine girmesinin önü açılmıştır.

2001 yılında 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu ile elektrik enerjisi sektöründe faaliyetlerin şeffaf, hızlı ve düzenli bir şekilde yürütülmesinin sağlanması, özel sektörün daha fazla yatırım yapmasının teşvik edilmesi, yine özel sektörün üretim-iletim- dağıtım gibi ticaret alanlarında daha fazla yer alabilmelerinin sağlanması ve elektriğin tüketiciye daha düşük maliyetli, kaliteli ve yeterli olarak sunulması amaçlanmıştır. Bu amaçla geliştirilen yeni piyasa yapısında, serbest rekabetin gelişmesinin sağlanması ve fiyatların gerçek maliyetleri yansıtması öngörülmüş, kamu tüzel kişilerinin de gerçek maliyetler üzerinden çalışmasının temin edilmesi ile yeni, ucuz ve verimli yatırımların teşvik edilmesi hedeflenmiştir. Bununla birlikte dağıtım özelleştirmelerinin tamamlanması, üretim tesislerinin özelleştirme süreçlerine başlanması, yenilenebilir enerji projelerinin teşvik yapılarının oluşturulması, Avrupa ile senkron bir ticari alt yapının oluşturulması için enterkoneksiyon kapasite ihalelerine başlanması, iletim ve dağıtım seviyelerinde kalitenin tespit edilmeye başlanması, lisans olmadan üretim yapabilme düzenlemelerinin yapılması gibi daha bir çok düzenleme yapılmıştır.

2006 yılında; Ağustos 2006 tarihinden itibaren elektrik piyasasında önce dengeleme mekanizması çalıştırılmaya başlanmıştır. Dengeleme mekanizmasının daha ilk kademelerinde bile piyasaya dayalı elektrik fiyatlarının gelişmesi sağlanmış olup, özel sektör katılımcılarının gelişen piyasaya yatırım yapmalarının önü açılmıştır.

2009 yılında; 31 Aralık 2009 tarihinde Organize Elektrik Piyasasının ilk aşaması olan Gün Öncesi Planlama, Dengeleme Güç Piyasası ve Saatlik Uzlaştırma programına

başlanmıştır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından ilki 2004 yılında yayımlanan Strateji Belgesi'nin ikincisi 2009 yılında yayımlanmıştır. EPDK (2010)

2010 yılında; EÜAŞ'a ait, kurulu gücü büyük ve stratejik öneme sahip Hidroelektrik Santraller haricinde tüm elektrik üretim tesislerinin özelleştirme sürecine başlanmıştır. EPDK (2011)

2011 yılında; Aralık 2011'de, Organize Elektrik Piyasasının 2. Kademesine geçilmiş olup Gün Öncesi Piyasası ve Teminat Mekanizması uygulanmaya başlanmıştır. EPDK (2012)

2013 yılında; Piyasa sürdürülebilirliği ve şeffaflığının geliştirilmesi amacıyla 2013 yılında Elektrik Piyasası Kanunu yürüğe konulmuştur. 6446 sayılı kanun ile beraber elektrik toptan satış piyasasını geliştirecek önemli girişimlerde bulunulmuştur. Bunlardan en önemlisi yatırım risklerinin tüketiciden ziyade üreticilerin sorumluluk alması gereken bir mesele olacağı duruma geçilmiştir. Üretim tesislerinin özelleştirme süreçlerinin tamamlanmasıyla birlikte, daha etkin bir toptan satış piyasasının oluşturulması için başta piyasa işletmecisi olmak üzere piyasayla alakalı diğer tarafların yetki ve sorumlulukları tekrar belirlenmiştir. Bunun yanında dağıtım ve perakende faaliyetlerinin ayrıştırılmasını kolaylaştıran dağıtım şirketlerinin özelleştirmeleri başarılı bir şekilde tamamlanmıştır. EPDK (2014)

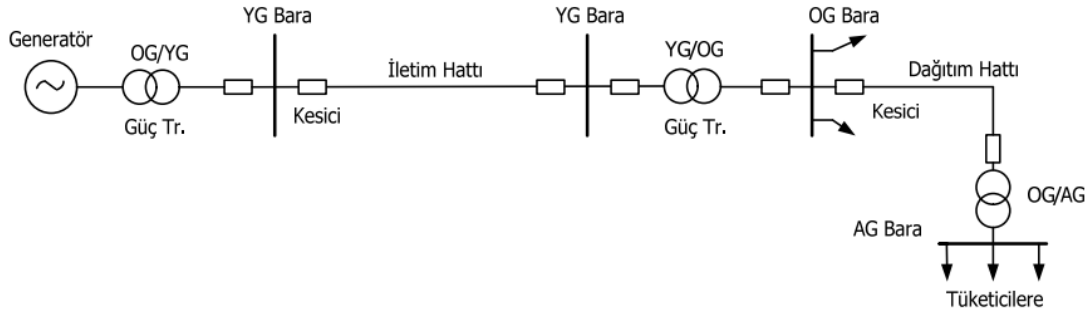
2015 yılında; Temmuz 2015 itibariyle Gün İçi Piyasası işlerlik kazanmıştır. 6446 Sayılı Kanun çerçevesinde enerji piyasalarının etkin, şeffaf, güvenilir ve piyasasının ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde planlanması, kurulması, geliştirilmesi ve işletiminden sorumlu olarak kurulan Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi (EPIAŞ), 1 Eylül 2015 tarihi itibariyle almış olduğu Piyasa İşletim lisansı ile faaliyetlerine başlamıştır. EPDK (2016)

2.2. Türkiye Elektrik Enerjisi Üretim, Tüketim, Kurulu Güç İstatistikleri

Hem üretici hem de tüketici açısından enerji sektörü büyük öneme sahiptir. Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) dönem sonlarında hazırlamış olduğu tablolar incelendiğinde enerji sektörünün ülkenin gelir ve gider dengesinin kurulmasında ne kadar büyük öneme sahip olduğu görülmektedir (Özdemir ve Yüksel, 2006).

2.2.1. Türkiye elektrik enerjisi üretimi

Elektrik Enerjisi, üretim tesislerinde çeşitli metotlarla elde edilir. Bunlar arasında yakıt enerjisinin kullanıldığı termik ve doğalgaz çevrim santralleri, suyun potansiyel gücünün kullanıldığı hidroelektrik santralleri, güneşin ışınım enerjisinin kullanıldığı güneş santralleri, rüzgâr gücünün kullanıldığı rüzgâr gülleri en yaygın olarak kullanılanlardır. Elektrik enerjisi üretim santrallerinden dağıtım bölgelerine gerilim seviyesine göre projelendirilmiş enerji nakil hatlarıyla transfer edilmektedir (Şahin ve Kiki,2016). Şekil 2.2’de elektrik üretim, iletim ve dağıtım sistemine ait blok diyagramı verilmiştir.



Şekil 2.2. Elektrik üretim, iletim ve dağıtım blok şeması (Ağır ve Kar, 2010, s.13)

Şekilde de görüldüğü üzere üretim tesislerinde üretilen elektrik enerjisi gerilim seviyesi yükseltılarak dağıtım merkezlerine transfer edilmektedir. Dağıtım merkezlerinde arz-talep dengesi sağlanarak tüketiciye kaliteli, kesintisiz elektrik enerjisi verilmektedir. Türkiye’de üretilen ve tüketilen elektrik enerjisi her yıl bir önce ki yıla nazaran ciddi artış göstermektedir. Artan nüfus ve gelişen sanayi elektrik tüketim miktarının artışındaki en önemli faktörlerdendir (Ağır ve Kar, 2010).

Tablo2.1’de ülkemizde son iki yıla ait üretim ve tüketim miktarları karşılaştırılmıştır. Tablodan da görüleceği üzere 2015 yılına kıyasla 2016 yılında üretim %4,4, tüketim ise %4,7 oranlarında artmıştır. 2010-2016 yılları karşılaştırıldığında ise üretimin %29,4, tüketimin ise %32,3 oranında arttığı görülmektedir. 2010-2016 yılları arasında ki büyük artışın nedeni 2011 yılından sonra elektrik piyasasında meydana gelen büyük değişim gösterilebilir. TETAŞ (2017)

Tablo 2.1.Ülkemizde son iki yıla ait üretim ve tüketim miktarları karşılaştırılması

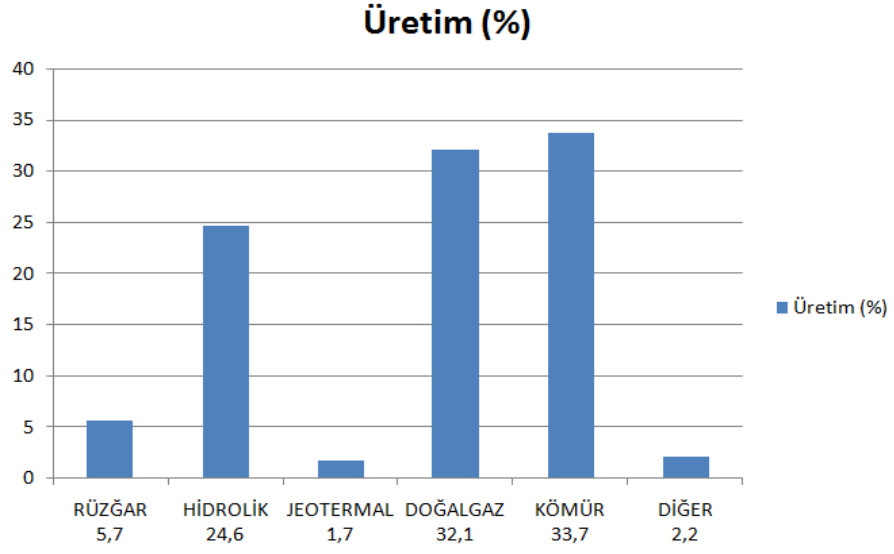
	Birim	2010	2015	2016	2010-2016	2015-2016
Kurulu Güç	MW	49.524	73.147	78.497	58,5	7,3
Puant Talep	MW	33.392	43.289	44.734	34,0	3,3
Üretim	GWh	211.208	261.783	273.387	24,4	4,4
İthalat	GWh	1.114	7.135	6.400	459,4	-10,3
İhracat	GWh	1.918	3.194	1.442	-24,8	-54,9
Tüketim	GWh	210.434	265.724	278.345	32,3	4,7

Tablo2.2’deTürkiye 2002-2016 yılları arası elektrik enerjisi üretim miktarları ve kullanılan yakıt tipine göre karşılaştırması yapılmıştır. Buna göre ülkemizde 2002 yılında 129.400 GWh olan elektrik üretimi, 2016 yılı sonu yaklaşık iki kat artarak 273.387 GWh olarak gerçekleşmiştir. 2016 yılı sonu itibarıyla toplam elektrik üretimimizin 184.889 GWh’i termik santrallerden, 67.268 GWh’i hidroelektrik santrallerden, 21.230 GWh’i de diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmıştır. Görüleceği üzere 2008 yılından sonra çıkarılan teşvik yasalarıyla birlikte yenilenebilir enerji kaynak bazlı üretimde büyük oranda artışlar oluşmuştur. TETAŞ (2017)

Tablo 2.2.Ülkemizde son iki yıla ait üretim ve tüketim miktarları karşılaştırılması

Birim	Termik	Hidrolik	Jeotermal	Toplam	Değişim (%)
2002	95.563	33.684	153	129.400	5,4
2003	105.101	35.330	150	140.581	8,6
2004	104.464	46.084	151	150.698	7,2
2005	122.242	39.561	153	161.956	7,5
2006	131.835	44.244	211	176.300	8,9
2007	155.196	35.851	511	191.558	8,7
2008	164.139	33.270	1.009	198.418	3,6
2009	156.923	35.958	1.931	194.813	-1,8
2010	155.828	51.796	3.585	211.208	8,4
2011	171.638	52.339	5.418	229.395	8,6
2012	174.872	57.865	6.760	239.497	4,4
2013	171.812	59.420	8.921	240.154	0,3
2014	200.366	40.645	10.901	251.963	4,9
2015	179.366	67.146	15.271	261.873	3,9
2016	184.889	67.268	21.230	273.387	4,4

Tablo2.2’de verilen kaynak bazlı üretim miktarları Şekil 2.3’te detaylı bir şekilde açıklanmıştır.



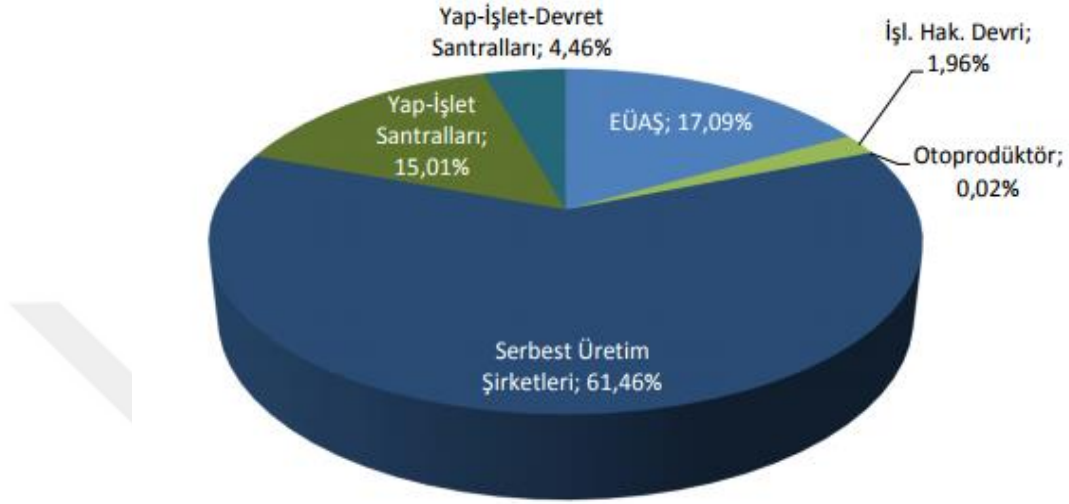
Şekil 2.3. 2016 yılı itibariyle kaynak bazında elektrik enerjisi üretim oranları (EPDK, 2017, s.14)

Şekil 2.3'e göre 2016 yılına ait kaynak bazlı elektrik üretim tesisleri paydalara ayrılmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından jeotermal ve rüzgâr bazlı üretiminde son on yılda önemli bir artış göstererek 511 GWh seviyelerinden 21.230 GWh düzeyine ulaşmıştır. Yine aynı dönemde termik santrallerden üretilen elektrik enerjisi yaklaşık %20 artarken, hidrolik santrallerden üretilen enerji %87 oranında artmıştır. TETAŞ (2017)

Elde ki son verilere dayanarak söyleyebiliriz ki Türkiye elektrik üretiminde termik santraller birinci sırayı almaktadır. Termik santraller içinde kömür kaynaklı üretim tesisleri %33,7 oranla en yüksek üretime sahiptir. Kömür kaynaklı santralleri %32,1'lik oranla doğalgaz kaynaklı termik santraller almaktadır. Türkiye elektrik üretim kaynak bazlıdeğerler Tablo 2.2 incelendiğinde termik santralleri %24,6'lık payla Hidroelektrik santralleri takip etmektedir. TETAŞ (2017)

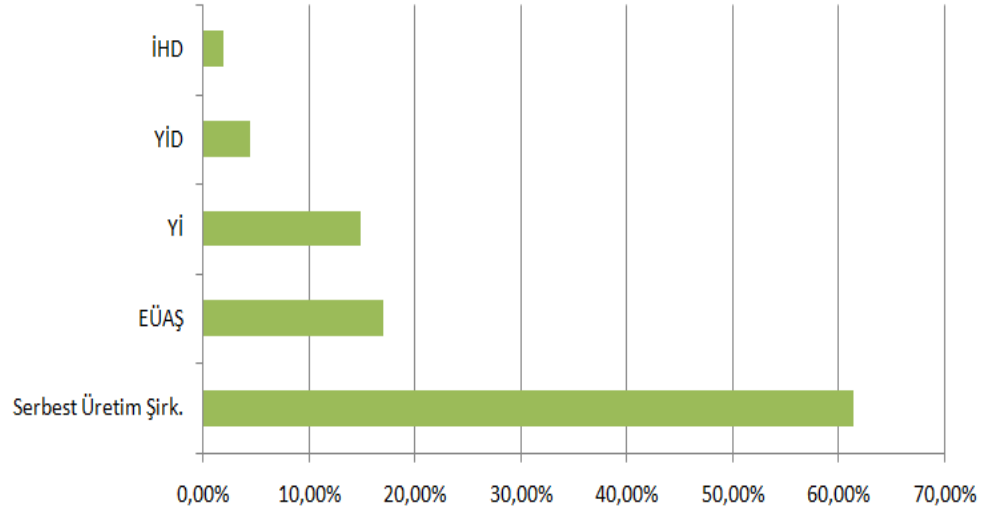
Özellikle yenilenebilir bazlı kaynak üretimindeki hızlı artış yapılan yatırım teşvikleri ve gelişime açık kanunlar neticesinde olmuştur. Özellikle 2001 yılında çıkarılan 4628 sayılı kanunla, gelişen ve serbestleşen elektrik piyasası, 6446 sayılı kanun ile daha sağlam yapıya ulaşmıştır. Elektrik dağıtım bölgelerinin tamamının özel sektöre devredildiği ve üretim tesislerinin büyük bir kısmının özelleştirildiği bu dönem, elektrik piyasasına yeni ufuklar açmıştır. Özelleştirmeler enerji üretim tesislerine yapılan yatırımları hızlandırmıştır (Şirin, 2009).

Elektrik piyasasında yaşanan bu gelişmelere bağlı olarak, üretimde özel sektörün payı 2002’de %40,2 iken, 2016 yılı sonu itibarıyla %83 (TETAŞ portföyünde yer alan Yİ-YİD-İHD santralleri dâhil) düzeyine ulaşmıştır. Şekil 2.4’de elektrik sektöründe kamu özel sektör paylarına ait değişim grafiği verilmiştir.



Şekil 2.4. Elektrik sektöründe kamu özel sektör payları (EÜAŞ, 2017, s.22)

2016 yılı üretiminin kuruluşlara göre dağılımı incelendiğinde, üretimde en yüksek paya %61,5 ile serbest üretim şirketleri sahip olup, EÜAŞ’ın payı %17, mevcut sözleşmeler kapsamında (Yİ- YİD-İHD) faaliyet gösteren santrallerin toplam üretimdeki payı ise %21,5’dir. Bu bağlamda Şekil 2.5’de 2016 yılı sonu itibarıyla kuruluş bazında elektrik enerjisi üretim oranları verilmiştir.



Şekil 2.5. 2016 yılı sonu itibariyle kuruluş bazında elektrik enerjisi üretim oranları (TETAŞ, 2017, s.12)

2.2.2. Türkiye elektrik enerjisi tüketimi

Özellikle 1980 sonrasında nüfusun artması ve sanayi aktivitelerinin çoğalmasıyla birlikte Türkiye’de enerji tüketimi hızlı bir ivmeyle artmaya başlamıştır. Bu süreçte tarım aktiviteleri önemini yitirmiş sanayi ve hizmet sektörleri ön plana çıkmıştır (Mucuk ve Uysal, 2009).

Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt A.Ş. Genel Müdürlüğü’ne (TETAŞ) ait Tablo2.3 incelendiğinde, 2002-2016 yılları arasında Türkiye de tüketilen elektrik enerjisi istatistiklerini göstermektedir. Ayrıca burada bu yıllar arasında anlık Puant, yani en yüksek talep miktarı gösterilmiştir. Görüldüğü üzere 2009 ekonomik krizi hariç diğer yıllarda elektrik tüketim miktarında ortalama %5’lik bir artış meydana gelmiştir. TETAŞ (2017)

Tablo 2.3. 2002-2016 yılları arasında Türkiye de tüketilen elektrik enerjisi istatistikleri

Yıl	Tüketim	Tüketim	Puant Talep(MW)	Puant Talep
2002	132.555	4,5	21.006	7,1
2003	141.151	6,5	21.729	3,4
2004	150.018	6,3	23.485	8,1
2005	160.794	7,2	25.174	7,2
2006	174.637	8,6	27.594	9,6
2007	190.000	8,8	29.249	6,0
2008	198.085	4,3	30.517	4,3
2009	194.079	-2,0	29.870	-2,1
2010	210.434	8,4	33.392	11,8
2011	230.306	9,4	36.112	8,2
2012	242.370	5,2	39.045	8,1
2013	246.357	1,6	38.274	-1,9
2014	257.220	4,4	41.003	7,1
2015	265.724	3,3	43.289	5,6
2016	278.345	4,7	44.734	3,3

2.2.3. Türkiye elektrik enerjisi kurulu gücü

Bir önceki bölümde Tablo 2.2 ve Tablo 2.3'te incelendiğinde elektrik enerjisi üretim ve tüketim miktarlarının her yıl gelişmişlik düzeyi oranına göre artış gösterdiği görülmektedir. Tablo 2.4'de ise 2002-2016 yılları arası ülkemizdeki elektrik enerjisi üretim tesislerine ait kurulu güçler verilmiştir. Bu tablo mevcut kapasiteyi göstermektedir.

Tablo 2.4. 2002-2016 yılları arası Türkiye deki elektrik enerjisi üretim tesislerine ait kurulu güçler

YIL	Termik			Hidrolik	Rüzgar	Jeotrm.	Güneş	Toplam	Artış (%)
	Kömür	Doğalgaz	Diğer						
2002	6.983	8.438	4.147	12.241	18,9	17,5	-	31.846	12,4
2003	8.239	10.053	4.683	12.579	18,9	15	-	35.587	11,7
2004	8.296	11.349	4.500	12.645	18,9	15	-	36.824	3,5
2005	9.117	12.275	4.487	12.906	20,1	15	-	38.820	5,4
2006	10.197	12.641	4.520	13.063	59,0	23	-	40.502	4,3
2007	10.097	12.853	4.322	13.395	146,3	23	-	40.836	0,8
2008	10.095	13.428	4.072	13.829	363,7	29,8	-	41.817	2,4
2009	10.501	14.555	4.284	14.553	791,6	77,2	-	44.761	7,0
2010	11.891	16.112	4.276	15.831	1.320	94,2	-	49.524	10,6
2011	12.491	16.003	5.438	17.137	1.729	114,2	-	52.911	6,8
2012	12.530	17.162	5.337	19.620	2.261	162,2	-	57.072	7,9
2013	12.563	20.255	5.830	22.289	2.760	310,8	-	64.008	12,2
2014	14.771	21.476	5.555	23.643	3.630	404,9	40,2	59.520	8,6
2015	15.483	21.261	5.159	25.868	4.503	623,9	248,8	73.147	5,2
2016	17.316	22.217	4.878	26.681	5.751	820,9	832,5	78.497	7,3

2002 yılında 31.846 MW olan elektrik enerjisi kurulu gücü 2016 yılında 78.497 MW'la %110'luk bir artış meydana getirmiştir. 2016 yılı sonu itibariyle kurulu gücün %34'ü hidrolik, %28,3'ü doğal gaz, %22'si kömür, %7,3'ü rüzgâr ve %8,4'ü ise diğer kaynaklardan oluşmaktadır. Tablo2.4'den görüleceği üzere ülkemizde son 10 yıl içerisinde yenilenebilir enerji kaynakları üretim oranları ciddi bir şekilde artmıştır. Özellikle çıkarılan mevzuatlar ve teşvik paketleriyle birlikte hidroelektrik santrallerde toplam kurulu güce oranla büyük artış meydana gelmiştir. TETAŞ (2017)

Tablo2.4 daha detaylı bir şekilde incelendiğinde; 2013 yılı, işletmeye alınan 6.936 MW'lık kapasite artışı ile bu dönemde en fazla artışın yaşandığı yıl olmuştur. Yine aynı dönemde 2007 ve 2008 yılları kapasite artışının en az olduğu yıllar olarak kaydedilmiştir. 2015 yılında 3.627 MW, 2016 yılında ise 5.350 MW kapasite eklenmiştir. 2002-2016 arası son 15 yıllık dönemde ise yıllık bazda ortalama %7,1'lik kurulu güç artışı gerçekleşmiştir.Tablo2.5'de2016 yılı sonu itibariyle kurulu gücün kuruluşlara göre dağılımı verilmiştir.2016 yılı sonu itibariyle kurulu gücün kuruluşlara dağılımı incelendiğinde; EÜAŞ'ın toplam kurulu güçteki payı %25,6 olmuştur. Mevcut sözleşmeler kapsamında faaliyet gösteren santrallerin (Yİ-YİD-İHD) payı %11,7 iken,

serbest piyasa koşullarında faaliyet gösteren serbest üretim şirketlerine ait santrallerin toplam kurulu gücünün payı ise %62,7 olarak gerçekleşmiştir.

Tablo 2.5. 2016 yılı sonu itibariyle kurulu gücün kuruluşlara göre dağılımı.

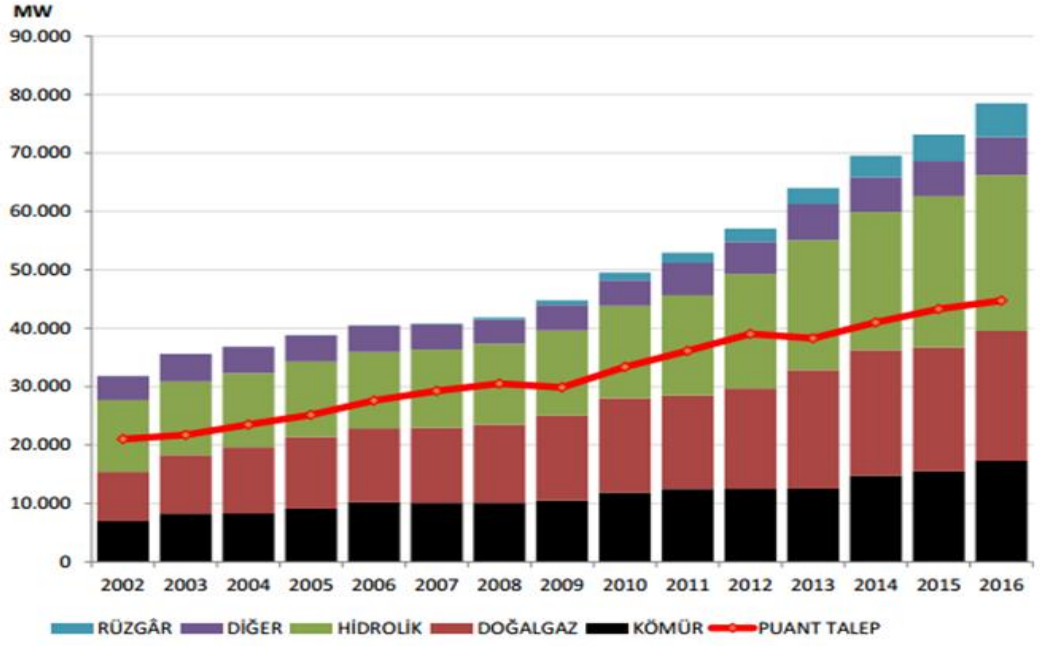
Kuruluşlar	Kurulu Güç (MW)	%
Serbest Üretim Şirketleri	49.176	62,7
EÜAŞ Santralleri	20.105	25,6
Yap İşlet Santralleri	6102	7,8
Yap İşlet Devret Santralleri	1.637	2,1
İşletme Hakkı Dev. Santralleri	1.478	1,8
Toplam	78.497	100

Tablo 2.6’da Türkiye Kurulu gücünün kamu ve özel sektöre göre dağılımı verilmiştir. Türkiye Kurulu gücünün kamu ve özel sektöre göre dağılımına bakıldığında; 2002 yılında kamunun payı % 66 iken, özel sektörün payı ise % 34’dür. TETAŞ (2017)

Tablo 2.6. Türkiye kurulu gücünün kamu ve özel sektöre göre dağılımı

Kuruluşlar	Kurulu Güç (MW)	
	2002	2016
Kamu	21.058	20.105
Özel Sektör	10.788	58.392
Toplam	31.846	78.497

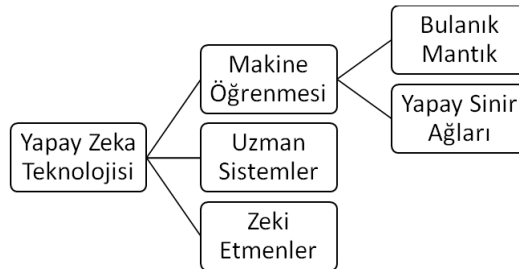
Ancak 2016 yılı sonu itibarıyla bu durum değişmiştir. Şöyle ki; kamunun sahip olduğu 20.105 MW kurulu gücün toplam kurulu güç içerisindeki payı %25,6 olurken, özel sektör tarafından işletilen 58.392 MW kurulu güce sahip santrallerin toplam payı ise %74,4’e yükselmiştir. Şekil 2.6’da ise kurulu güç ve puant talep gelişimine ait grafik görülmektedir. TETAŞ (2017)



Şekil 2.6. Kurulu güç ve puant talep gelişimi (TETAŞ, 2017, s.13)

2.3. Yapay Zekâ Teknolojisi

Günlük olaylar ve problemler sürekli değiştiği için, yapay zekâ çalışmaları değişik teknolojilerin gelişmesine sebep olmuştur. Olaylar herkes tarafından farklı yorumlanmaktadır. Bu yüzden sorunlar farklı bölge ve kişilerce değişik metotlarla çözülebilmektedir. Gelişen teknolojiye birlikte insanlar karar verme ve çözüm bulma mekanizmasını bilgisayarlara yaptırmaktadır. Buda farklı teknolojilerin doğmasına sebep olmuştur. Mevcut teknolojiye ait 60'dan fazla yapay zekâ uygulaması olduğu tahmin edilmektedir (Suhail vd., 2015). Şekil 2.7'de literatürde en çok kullanılan yapay zekâ teknolojileri görülmektedir.



Şekil 2.7. Literatürde en çok kullanılan yapay zekâ teknolojileri (Suhail vd., 2015, s.57)

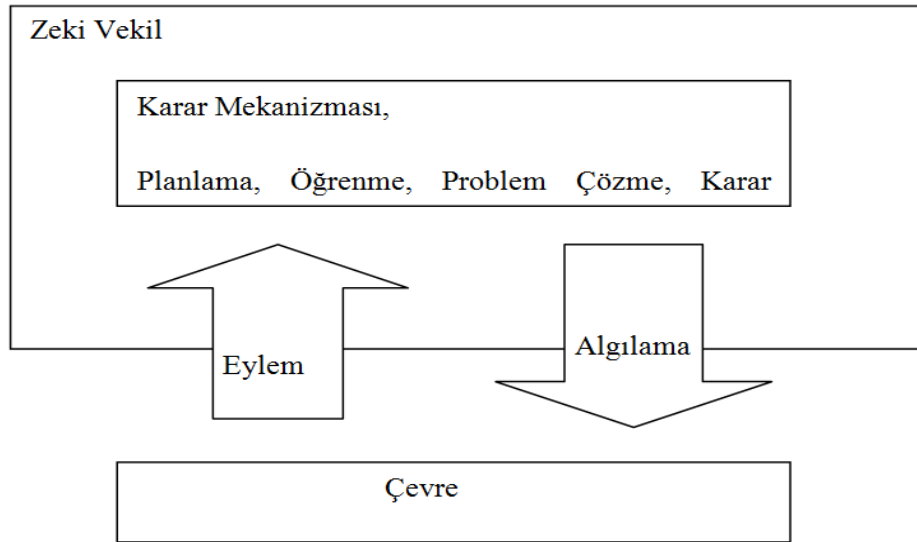
2.3.1. Uzman sistemler

Uzman Sistemler, bir uzmanın tecrübelerinin derlenerek hazırlandığı kurallardan oluşturulur. Bu nedenle bu sistemler kural tabanlı sistemler olarak nitelendirilebilir. Tecrübelerle dayalı hazırlanan bu kurallardan sistemin mantıksal işlemler yaparak bir sonuca varması beklenir (Tektaş vd., 2010).

Bir uzman sistemi verilerin temin edilmesi, veri tabanının oluşturulması, çıkarım mekanizması ve kullanıcı arabirimi olmak üzere dört elemandan oluşur. Uzman sistemlerin temel elemanları sistemin nasıl çalıştığını göstermektedir. Öncelikle problemle ilgili uzmandan tecrübe ve görüşleri alınır. Yazılım tabanının oluşturulması ve çıkarım mekanizması için bilişim uzmanı devreye girer ve son olarak yapılan yapay zekanın kullanıcılar tarafından kullanılabilmesi için ara yüz programı oluşturulur (Hopfield vd., 1985).

2.3.2. Zeki etmenler

Zeki etmenler birden fazla yapay zekâ yöntemini kullanabilen, bağımsız kararlar verebilen, hem yazılım hem de donanımsal olarak geliştirilebilen, bilgisayar temelli sistemlerdir. Ayrıca bu sistem gerçek zamanlı çalışma ve aynı anda öğrenme özelliğine de sahiptir. Şekil 2.8’de zeki etmen fiziksel yapısı görülmektedir.



Şekil 2.8. Zeki etmen fiziksel yapısı (Öztemel, 2016, s.21)

Zeki etmenlerin fiziksel yapısını oluşturan bölümlerin görevleri şu şekilde açıklayabilir.

Algılama: Çevreden gelen bilgilerin algılanması, yorumlanması, gereksiz olanların filtrelenmesi ve bilgilerin önem ağırlıklarına göre sıralanması gibi işlemleri gerçekleştirir.

Kavrama: Algılamadan gelen verilerin işlenmesi, karar verme, muhakeme etme, planlama, gibi süreçlerin gerçekleştirildiği birimdir. Problemleri ele alırken öncelik ilişkileri göz önünde bulundurulur.

Eylem: Bilgi işleme neticesinde oluşturulan çözümler gereği vekilin davranışlarını belirler. Bu bir robotun yürümesi olabileceği gibi, bir motora çalış komutunun gönderilmesi gibi bir eylem olabilir. Eylemle neticesinde çevrede herhangi bir değişim algılanırsa süreç başa döner ve değişen çevreye uyum sağlanır. Bu şekilde en iyi çözüm bulunmuş olunur (Klimasauskas, 1989).

2.3.3. Makine öğrenmesi ve yapay sinir ağları

Yapay Zekânın alt kollarından biri olan Makine Öğrenmesi (Machine Learning), bilgisayarların “öğrenme” işlemini yapabilecek algoritma ve tekniklerin gelişimini sağlayan teknolojidir. Öğrenilen bilgiler ile benzer olaylar yorumlanarak problemler çözülür (Uzun, 2007). Makine öğrenmesi, girdi ve çıktısının olduğu bir durumda, çözüm algoritmasını ortaya çıkarmayı amaçlar (Burke ve Ignizio, 1992). İlk aşama da sistem, problemin çözümü için rastgele başlangıç çözümleri oluşturmaktadır. Daha sonra çözümleri birbiriyle ilişkilendirerek daha iyi çözümler üretmektedir. Bu sistemle karmaşık algoritmalar gerektiren non-lineer problemlerin çözümü kolaylıkla bulunmaktadır (Fletcher ve Goss, 1993). Lineer ve Non-lineer problemler arasında ki farkı bir örnekle açıklayabiliriz; bir butonun çalıştırılması gibi kolay problemlerin çözümü için algoritma kurulmasına gerek duyulmuyor fakat bir çocuğun yaşının tahmini gibi zor problemler karmaşık algoritmaların kurulmasını gerektirir. Bu sorunun çözümünün bilinmemesi veya çözmek için ortada bir model bulunmaması anlamına gelir. Makine öğrenmesi burada devreye girer. Bunun için daha önceki durumların istatistik verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu verilerin uygun kümelenip, geri besleme yöntemiyle en iyi şekilde makineye öğretilmesi gerekmektedir. Bu süreçte, öğrenilecek olan bilgisayar önce bir örnek almakta ve bu örnekten bazı bilgiler öğrenmektedir. Daha

sonra ikinci bir örnek olarak daha fazla bilgiye sahip olmaktadır. Bu işlemi veri tablosunda sahip olunan tüm verileri öğrenene kadar devam ettirmektedir. Amaç daha çok örnek öğrenerek kullanılan örneklerden sonuç ilişkilendirme işlemi en performanslı ve yakın şekilde yapmaktır. Bu olaya tecrübelerden öğrenme olarak da bakabiliriz. Yapay Sinir ağları dışında değişik öğrenme şekilleri vardır (Sieger ve Badiru, 1993).

2.3.3.1. Öğrenme stratejileri

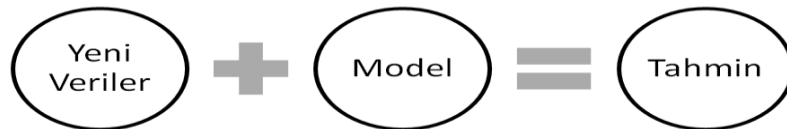
Öğrenmeyi gerçekleştirecek olan sistem ve kullanılan öğrenme fonksiyonu belirli stratejilere göre değişmektedir. Bu stratejiler üç başlık altında toplanabilir.

Öğretmenli Öğretme (Supervised): Öğretmenli öğretmenin amacı; Şekil 2.9’da gösterildiği gibi, elde ki veriler ve bu verilere ait sonuçlarla bir model meydana getirmektir.



Şekil 2.9. Öğretmenli öğretme modeli (Teodorescu, 2017, s.5)

Elde edilen bu model, bulunacak yeni verilerle tahmini sonuçlar oluşturmaya yardımcı olacaktır. Bu durum Şekil 2.10’da görülmektedir.



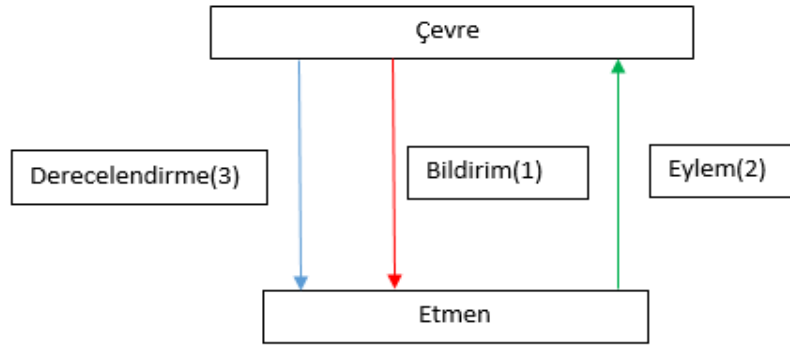
Şekil 2.10. Öğretmenli öğretme modelinde yeni verilerle tahmini sonuçlar oluşturma (Teodorescu, 2017, s.5)

Örneğin, bir kişinin yıl içinde kalp krizi geçirme tahminini yapmak istiyoruz. Bunu için daha önce kalp krizi geçirmiş hastaların yaşı, boyu, ağırlığı, cinsiyeti gibi verilere sahip olmamız gerekmektedir. Bu veriler bilgisayara öğretilerek bir öğrenme modeli oluşturulur, sonra kalp krizi geçirme ihtimalini tahmin etmek istediğimiz kişinin

verileriyle oluşturulan model birleştirilerek bir sonuç elde edilebilir (Reed ve Marks, 1998).

Öğretmensiz Öğretme: Bu tür öğrenme metodunda veriler mevcuttur fakat sonuç bilgisi yoktur. Sisteme sadece girdi verileri gösterilir. Veriler arasında ki ilişkiyi sistemin kendisi çözmesi beklenir. Bu metot daha çok sınıflandırma problemlerine yönelik çözümler için kullanılır (Baruque ve Corchado, 2010).

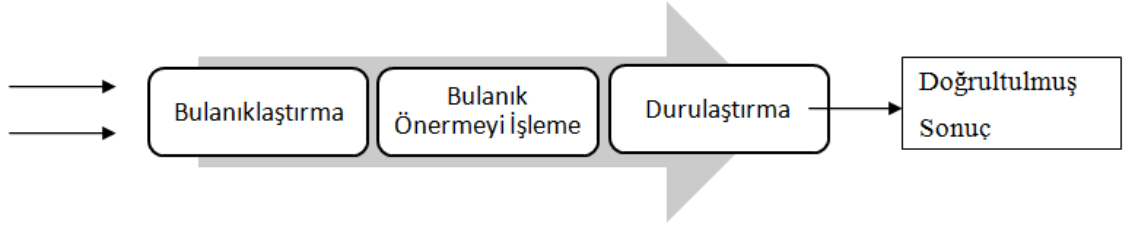
Destekleyici Öğrenme: Bu öğrenme metodunda sisteme yardımcı bir öğretmen vardır. Fakat girdi verilerine karşılık çıktıları vermek yerine sistemin kendisinin bulmasını bekler bulunan sonucun doğru ya da yanlış olmasına göre sinyal üreterek sistemi öğrenmesini sağlar. Şekil 2.11’de destekleyici öğrenmenin süreç döngüsü gösterilmektedir. Buna göre çevreden alınan veriler sisteme gönderilmektedir. Sistemden alınan sonuçlara doğruluk derecesine göre değer verilerek, sistemin öğrenme sürecinin en iyi şekilde tamamlanması sağlanmaktadır (Yegnanaraya, 2006; Whiteson, 2010).



Şekil 2.11. Destekleyici öğrenmenin süreç döngüsü (Whiteson, 2010, s.9)

2.3.4. Bulanık mantık

İlk olarak 1965 yılında L.A. Zadeh tarafından tanımlanan bu sistem, girdi ve çıktıların tümünü birbirleriyle ilişkilendirerek küme ve kuralların tanımlanmasını yapmaktadır. Bu yüzden bulanık sistemlerin çalışma prensibi matematiksel bir neden-sonuç fonksiyonunun çalışma prensibi ile aynıdır (Yurtcu vd., 2005). Şekil 2.12’de bulanık mantık denetimine ait blok diyagramı görülmektedir.



Şekil 2.12. Bulanık mantık denetimine ait blok diyagramı (Öztemel, 2016, s.19)

Bulanık Mantık Denetimi genel yapı süreci üç kısımdan oluşmaktadır. Şekil 2.12’de bu süreçler gösterilmektedir. Bulanık mantık denetimi şu aşamalardan oluşmaktadır. Kesin değerlerin bulanık değerlere dönüştürüldüğü ‘Bulanıklaştırma’ aşaması, Bulanık değerlerin kurala işlendiği ‘Bulanık Önermeyi İşleme’ aşaması ve son olarak bulanık sonucu durulaştırıldığı yani kesin değere dönüştürüldüğü ‘Durulaştırma’ aşamasıdır (Onur vd., 2016).

Ölçüm noktasında belirli cihazlarla sayısal olarak alınan giriş verileri, sistem bilgi tabanında ki üyelik fonksiyonları tarafından sözel ifadelerle dönüştürülmektedir. Daha sonra giriş verisinin bu sözel ifadeyi ne oranda karşıladığını gösteren üyelik dereceleri oluşturulmaktadır. Bu yapılan işleme bulanıklaştırma denilmektedir (Li ve Gupta, 1995). İnsanların karar verme sürecine benzer bir şekilde, bulanıklaştırma sürecinde elde edilen ifadeler kural tabanlı önermelerle karşılaştırılır ve yine sözel ifadeler elde edilir. Bu ifadelerin ne derece geçerli olduğunu yine girişteki üyelik dereceleri belirler. Bu kısım bulanık karar süreci olarak adlandırılır. Bu süreçten elde edilen sözel ifadeler ve bunların destek derecelerine bulanık çıkışlar denir. Eğer elde edilen çıkış değerleri başka bir makineye gönderilecekse o makinenin anlayacağı sayısal değerlere dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu dönüştürme işlemine durulaştırma denir (Nauck vd., 1992). Durulaştırma sürecinden sonra elde edilen sayısal veriler doğrultulmuş sonuç olarak kullanılacak sisteme aktarılır.

2.3.5. Yapay sinir ağları

İnsan beyninin nasıl çalıştığı uzun yıllar boyunca araştırma konusu olmuştur. 1890 yılında beynin fonksiyonları hakkında bilgi veren ilk eser yayınlamıştır. Beynin çalışma mantığından esinlenerek 1930’lu yıllarda Helmholtz, Pavlov, Poincare gibi bazı bilim

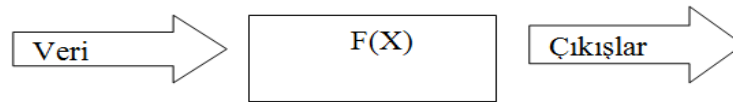
adamları yapay sinir ağı kavramı üzerine çalışmıştır. 1940 lı yıllardan sonra Hebb, McCulloch ve Pitts gibi bilim adamlarının yaptığı çalışmalar daha çok mühendislik alanlarına kaymaya ve günümüzde ki yapay sinir ağlarının temelini oluşturmaya başlamıştır (Mehrotra vd., 2000). Yaptıkları çalışmalarda Yapay Sinir Ağı (YSA) yapısını oluşturduktan sonra, her türlü mantıksal ifadeyi formülize etmenin mümkün olabileceğini de gösterdiler. Hücrelerin birbiriyle iletişim halinde olmasıyla öğrenmenin oluşacağını göstererek belirli kurallar oluşturdu. Donald Hebb, yapay hücrelerden oluşan bir yapay sinir ağının değerlerini değiştiren bir öğrenme kuralı geliştirdi. Hebbian öğrenme kuralı denilen bu kural günümüzde ki öğrenme kurallarının temelini oluşturdu. 1951 yılında ilk nuro bilgisayar üretilmiştir. Silikon teknolojisinin gelişmesi bu alanda ki çalışmaları hızlandırmıştır. 1954 yılında Farley ve Clark tarafından rassal ağlar ile adaptif tepki ürema kavramı ortaya atıldı ve bu kavram daha sonra 1958 yılında Rosenblatt ve 1961 yılında Caianiello tarafından geliştirildi. Aynı şekilde Widrow ve Hoff ADALİNE (Adaptive Linear Neuron) modelini ortaya atmışlardır.. Bu aslında yapay sinir ağlarının mühendislik uygulamalarına başlanması için ilk adımlardan sayılmaktadır. 1960 yılında sinir Ağları çalışmalarında duraklama devrine girilmiştir. Duraklama devrine girmesinin sebebi Minsky ve Pappert adlı iki bilim adamı tarafından yazılan kitap oldu (Minsky ve Papert, 1969). Yazarlar bu kitapta özellikle yapay sinir ağların dayalı algılayıcıların bilimsel bir değerinin olmadığını ve doğrusal olmayan problemlere çözüm üretemediğini iddia ettiler. Tezlerinin ispatlamak için ünlü XOR probleminin çözülememesini örnek gösterdiler. Bu örnek, çalışmaların birçoğunu durdurmaya yetmiştir. Fakat Amari, Anderson, Cooper, Fukushima, Kohonen, ve Hopfield gibi araştırmacılar çalışmalarına devam etti. 1972 yılında Kohonen ve Anderson 'çağrışimli bellek' konusunda çalışmalar yayınladılar. Bu çalışmalar daha sonra öğretmensiz öğrenme kuralının temelini oluşturmuştur. 1960 'lı yılların sonunda Grosberg yapay sinir ağlarının psikolojik mantıksallığı ve mühendislik uygulamalarında ki kolaylığını göstermiştir. Öğretmensiz öğrenme konusunda ki en karmaşık yapay sinir ağını Carpenter Adaptif Rezonans Teorisiyle geliştirmiştir. 1970'li yılların sonunda Fukushima görsel şekil ve örüntü tanıma amaçlı geliştirdiği NEOCOGNITRON modelini tanıtmıştır. Bu çalışmalar sonunda daha çok mühendislik uygulamaları görülmeye başlanmıştır. 1982-1984 yıllarında Hopfield tarafından yayınlanan '*Neutral network and physical systems with emergent collective computational abilities*' ve '*Neurons with graded response have of two state neurons*' adlı çalışmalar bilgisayar

programlama ile çözülmesi zor olan problemlere çözüm üreteceğini göstermiştir. Aynı zamanda Rummelthart ve arkadaşları paralel programlama konularında ki çalışmalarını sonuçlandırmış, çok katmanlı algılayıcı modelinin temelini atmaya başlamışlardır. Çok katmanlı algılayıcıların bulunması yapay sinir ağlarının gelişiminde çok önemli adımlardan biri olmuştur (Tfwala ve Wang, 2016).

Tek katmanlı algılayıcının çözemediği XOR problemi çok katmanlı algılayıcıların bulunmasıyla çözülmüş ve yapay sinir ağlarının çalışmadığını söyleyen tüm tezleri çürütmüştür. 1988 yılında Broomhead ve Loweradyal tabanlı fonksiyonlar modelini geliştirmişlerdir. Daha sonra Specht bu ağların daha gelişmiş şekli olan Probabilistik Ağlar (PNN) ve Genel Regrasyon Ağları (GRNN)'ni geliştirmiştir. Bu yıllardan sonra yapay sinir ağlarıyla alakalı bir çok sempozyum ve konferanslar yapılarak yeni öğrenme modelleri ortaya atılmıştır. Bilgisayar donanımında ki gelişmeler yapay sinir ağlarının gelişim hızını daha da artırmıştır. Optik ve dijital teknolojilerde ki gelişmeler ve VLSI teknolojileri gibi teknolojilerin keşfedilmesi bilgisayarların hızlarını artırmış yapay sinir ağlarının kullanımını kolaylaştırmıştır (Öztemel, 2016).

2.3.5.1. Yapay sinir ağları yapısı

YSA (Yapay Sinir Ağları), belirli bir düzen içinde birbiriyle bağlantılı birden çok giriş elemanının girdi olarak verilerek uygun çıktılar alınabildiği bir fonksiyon kutusu olarak tanımlanabilir. Bu fonksiyon kutusunun işlevi, basit bir şekilde matematiksel fonksiyonu temsil etmektedir. Fakat tam olarak bilinen ya da yazılabilen bir fonksiyon değildir. Elde ki verileri kullanarak her seferinde farklı bir matematiksel formül oluşturan kapalı bir sistem olarak işlem yürütmektedir. Şekil 2.13.'de bu süreç basitçe temsil edilmiştir.



Şekil 2.13. Yapay sinir ağları basit yapısı (Öztemel, 2016, s.54)

Yukarıda Şekil 2.13'te görülen $F(x)$ fonksiyon kutusuyla tanımlanan yapay sinir ağlarının, gelen tüm verileri alarak işleme ve uygun sonuçlar elde etme özelliği vardır. Bu fonksiyonel süreçte çeşitli algoritmalar ve yaklaşımlar söz konusudur. YSA,

geçmişe ait gerçek olaylardan tecrübe kazanarak öğrenmeyi gerçekleştirebildiklerinden, uzman sistemlerde olduğu gibi bilgi toplama sorunu yoktur. Fakat burada öğretilecek verilerin, bilgisayarın öğrenmesi istenilen ilişkileri doğru bir şekilde temsil etmesi gerekmektedir. Problemin ağa sunulduğu şekil, ağın sahip olduğu fiziksel yapı, ağın kullandığı öğrenme stratejisi ve öğrenme kuralları, ağın performansı üzerinde etkili olacaktır. Sinir ağının işlemci elemanları sürekli birbiriyle iletişim içindedir (Toktaş ve Aktürk, 2004)

Yapay sinir ağları çeşitli katmanlardan oluşmaktadır. Bunlar;

- Verilerin sisteme yüklendiği herhangi bir işleme tabi olmayan girdi katmanıdır.
- Girdilerin belirli bir işleme tabi tutulduğu ara katmandır. Seçilen ağ yapısına göre işlem katmanının, yapısı ve fonksiyonu da değişebilir. Ara katman, tek olabildiği gibi birden fazla katmandan da oluşabilmektedir.
- Yapılan işlerin dış dünyaya gönderildiği çıktı katmanıdır.

Özetle bir YSA, beyin sinir hücrelerinin çalışma prensibine sahip, beyin gibi modellenerek tasarlanan bir sistem olarak tanımlanabilir. YSA ait bir ağ, nöronların birbirleriyle bağlanmasıyla oluşur. Bu bağlantılar belirli ağırlıklarla derecelendirilmektedir. Ayrıca nöronların bağlantıları ile oluşturulan ağ katmanlar şeklinde sıralanır. Basit bir YSA ağı giriş katmanı, gizli katman ve çıkış katmanı olmak üzere üç katmandan oluşur. Beynin öğrenme temellerine benzer bir şekilde çalışan YSA, tüm veri uzayı için giriş olarak verilen dataları derleme, değerlendirme, çıkarım yapma, sonuç üretme ve saklama niteliklerine sahip bir işlemci olarak görülebilir (Civalek ve Calayır, 2007).

2.3.5.2. Yapay sinir ağları çalışma prensibi

Bir yapay sinir ağı hücresinin çalışma prensibinin anlatımı için aşağıda bir örnek verilmiştir. Örnekte bir prosese gelen bilgiler ve bu bilgilere ait ağırlıklar Tablo2.7' deki gibidir.

Tablo 2.7. Örnek veri tablosu

Veri	Ağırlık
0,5	-0,1
0,4	0,5
0,2	0,7
0,7	-0,2

F(X) fonksiyonu ise $1/(1 + e^{-net})$ olarak tanımlanmıştır.

Hücreye gelen Net bilgi, ağırlıklı toplam olarak şu şekilde hesaplanır.

$$NET=0.5*(-0.1)+0.4*(0.5)+0.2*(0.7)+0.7*(-0.2)$$

$$NET=-0.05+0.2+0.14-0.14$$

$$NET=0.15$$

Hücrenin F(x) fonksiyonuna göre çıktısı hesap edilirse;

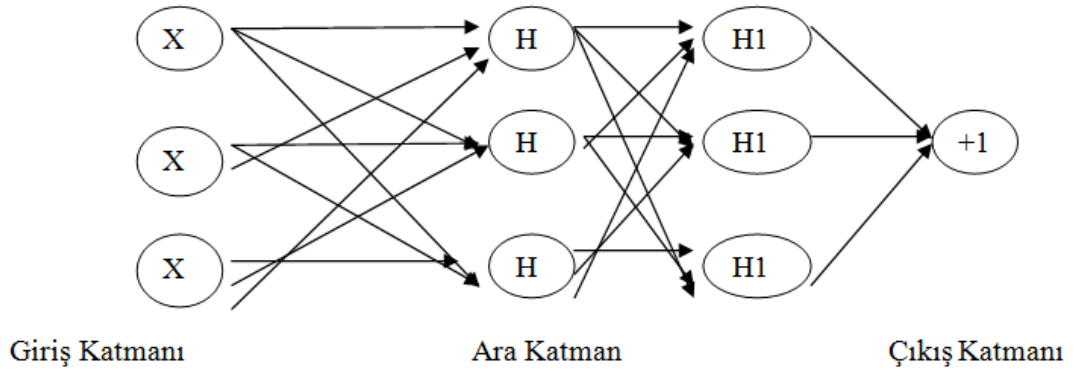
$$F(0.15)= 1/(1 + e^{-0.15})$$

$$=0.53$$

Bu aşdaki bütün süreç elemanlarının çıktılarının bu şekilde hesaplanması sonucu ağırlık girdilere karşılık çıktıları nasıl ürettiği görülür (Öztemel, 2016).

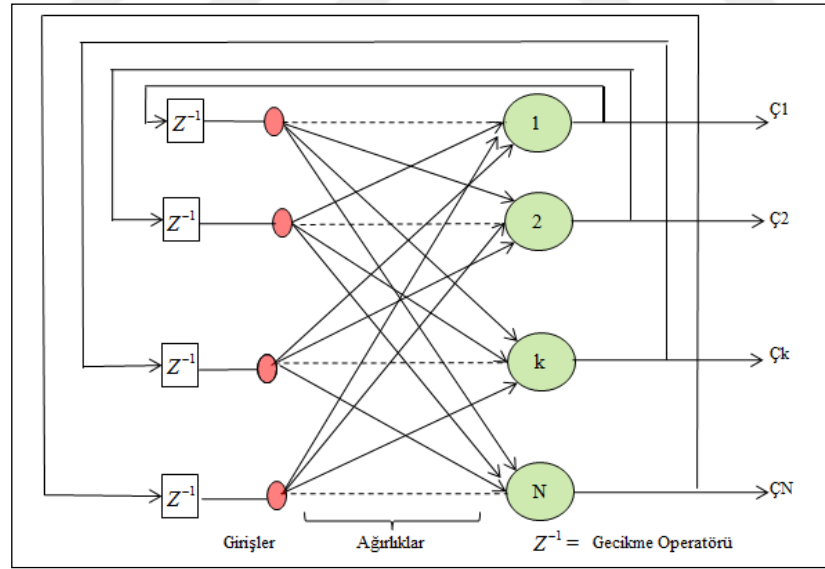
2.3.5.3. Yapay sinir ağırları sınıflandırması

İleri Beslemeli: İleri beslemeli ağırlık, giriş katmanı ara katman (veya katmanlar) ve çıkış katmanından oluşmaktadır. Bu ağırlık yapısında sinapsis yönleri giriş katmanından çıkış katmanına doğru olmaktadır. Bu herhangi bir katmandan bir önceki katmana geri dönüş olmadığı anlamına gelir. Her katmanda eldeki probleme göre değişen nöronlar bulunmaktadır (Zhang vd.,1998). Şekil 2.14’de ileri beslemeli YSA örnek ağırlık verilmiştir.



Şekil 2.14. İleri beslemeli iki gizli katmanlı YSA (Kaastra ve Boyd, 1996, s.218)

Geri Beslemeli: Geri beslemeli YSA’da ileri beslemelide olduğu gibi bir nöronun çıktısı sadece kendinden sonra ki nörona girdi olarak verilmez. Bu tür ağ yapısından bir nöron kendinden önceki katmanda veya kendi bulunduğu katmandaki bir nörona girdi olarak bağlanabilir. Bu özelliğiyle geri beslemeli yapay sinir ağları doğrusal olmayan bir davranış göstermektedir. Şekil 2.15’de geri beslemeli YSA modeli bir örnek verilmiştir.



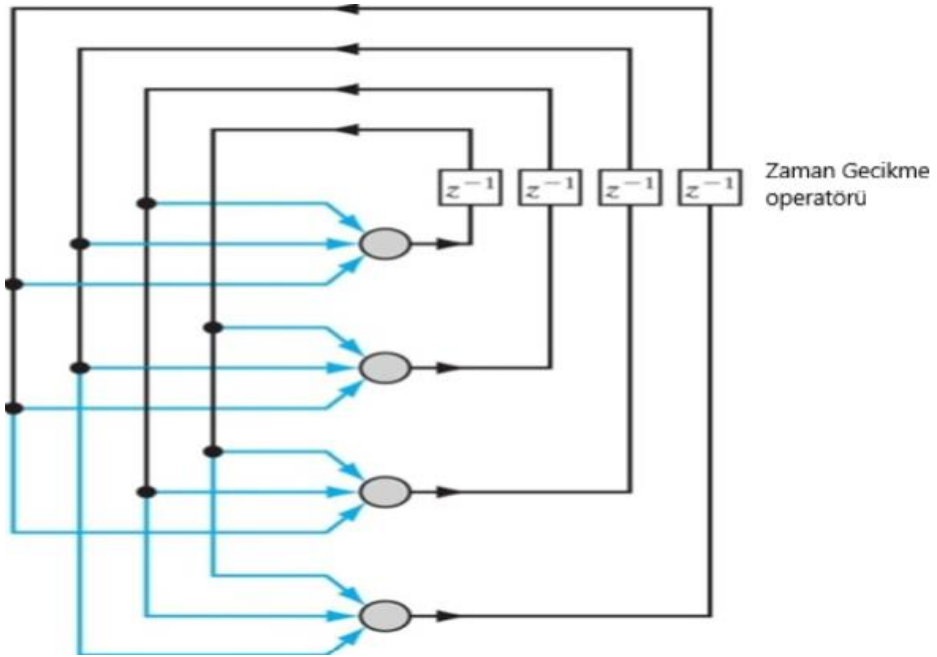
Şekil 2.15. Geri beslemeli YSA (Hopfield, 1984, s.3089)

Şekil 2.15’de görüldüğü gibi hem çıkış katmanından hem de gizli katmandan geri dönümler olmaktadır. Bu çeşit YSA’ların dinamik hafızaları vardır. Bir giriş aynı anda her iki katman içinde kullanılabilir. Bu özelliğinden dolayı tahmin çalışmalarında gerçeğe en yakın çözümler üretebilmektedir (Haykin, 1999).

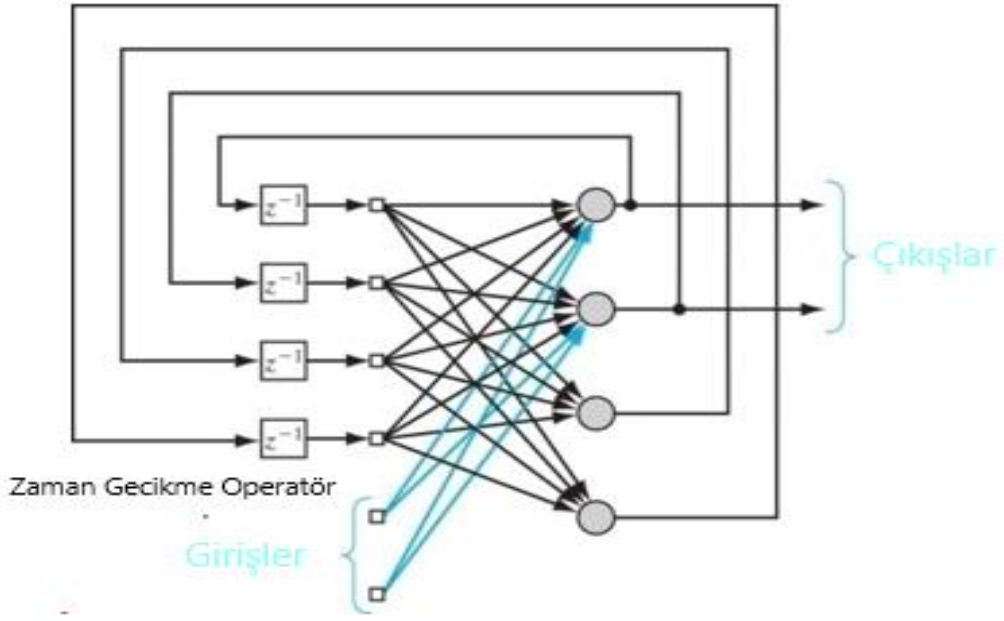
Yinelemeli Ağlar: Yinelemeli bir sinir ağı, bir adet veya daha fazla geri besleme çevrimi bulundukları için, ileri beslemeli sinir ağlarından farklı olarak değerlendirilmektedirler (Barak, 2008).

Şekil 2.16'da kendi kendine geri besleme çevrimi ve gizli nöronlar bulunmayan bir yinelemeli ağ örneği verilmiştir. Şekil de görüldüğü gibi YSA, tek katmandan oluşan ve bu katmanda ki her bir nöronun çıkışının, aynı katmanda ki diğer nöronlara giriş sağladığı yapıda olabilir. Şekil 2.16 da ki ağda, kendi kendine geri besleme bulunmamakta, her nöronun girişi, o nöron hariç diğer nöronların çıkışları tarafından oluşmaktadır. Yine şekilde görüldüğü üzere herhangi bir gizli ağda bulunmamaktadır. Şekil 2.17'de ise gizli nöronları olan başka bir sınıf yinelemeli ağ görülmektedir. Şekil 2.17'deki ağda, geri beslemeler, aynı zamanda çıkış nöronları olan gizli nöronlardan sağlanmaktadır.

Şekil 2.16 ve Şekil 2.17'de görülen tiplerdeki ağların geri besleme çevrimlerinin olması, ağın öğrenme yeteneğine ve bağlı olarak performansına etkileyici bir katkı sağlamaktadır. Dahası, z^{-1} ile gösterilen birim gecikme elemanları içeren özel hatların ve lineer olmayan birimlerin kullanılması durumunda, ağın lineer olmayan dinamik davranış sergilemesini sağlar.



Şekil 2.16. Kendi kendine geri besleme çevrimi ve gizli nöronlar bulunmayan bir yinelemeli ağ (Haykin, 1999)



Şekil 2.17. Gizli nöronları bulunan yinelemeli ağ (Haykin, 1999)

Tek Katmanlı Yapay Sinir Ağları: Algılayıcı (perceptron), lineer olarak ayrılabilir söylenebilir örüntülerin sınıflandırılmasında kullanılan bir sinir ağının, en basit halidir (Zhang, 2000).

Temel olarak, ayarlanabilen sinaptik ağırlıklar ve kutuplama (sapma)'ya sahip tek bir nörondan oluşur. Bu sinir ağının serbest parametrelerinin ayarlanması için kullanılan algoritma ilk kez, Rosenblatt (1958, 1962)'in kendi algılayıcı beyin modeli için geliştirdiği, öğrenme yönteminde görülmüştür (Öztemel, 2006).

Basit algılayıcı modelin en önemli özelliği, problemin çözümünün varlığı durumunda ağa girilen girdi değişkenlerinden doğru ağırlıkları yakınsama özelliğine sahip olmasıdır (Bayramoğlu, 2007).

Tek bir nöron etrafında kurulmuş algılayıcı, sadece iki sınıflı (hipotez) örüntü sınıflandırma ile sınırlıdır. Birden fazla nöron kullanarak algılayıcının çıkış (hesaplama) katmanının genişletilmesiyle, sınıflandırma şeklini ikiden fazla hale getirilebilir. Bununla birlikte, algılayıcının düzgün çalışabilmesi için lineer olarak ayrılabilir sınıflara sahip olmamız gerekmektedir. Algılayıcının bir örüntü sınıflandırıcısı olarak düşünüldüğü bu temel teoride, sadece tek bir nöron durumunu göz önünde bulundurulur. Birden fazla nöron durumunda bu teoremin genişletilmesi oldukça kolaydır.

Tek bir nöron aynı zamanda, işaret işleminin sürekli-gelişen temel fonksiyonel bloğu olan adaptif bir filtrenin temelidir. Adaptif filtrelemenin gelişimi, Widrow-Hoff (1960)'da ki delta kuralı olarak da bilinen küçük kareler algoritması (least-mean-square algorithm (LMS)) öncü çalışmasına, çok şey borçludur. LMS algoritması basit fakat uygulamada son derecede etkilidir (İkizoğlu ve Altunkaya, 2006).

Gerçekten de, lineer adaptif filtrelemenin esas bileşenidir ve burada lineer, nöronun lineer modda çalıştığı anlamındadır. Adaptif filtreler antenler, haberleşme sistemleri, kontrol sistemleri, radar, sonra, sismoloji ve biyomedikal mühendisliği gibi oldukça farklı geniş alanlarda başarılı bir şekilde uygulanmaktadır (Widrow ve Stearns, 1985).

Çok katmanlı algılayıcılar, denetimli anlamda eğitilmesi ve hata geri-yayılım algoritması olarak bilinen oldukça popüler algoritması vasıtasıyla, XOR gibi zor ve karmaşık problemleri başarılı bir şekilde çözmekte kullanılmaktadır. Bu algoritma hata-düzeltilme öğrenme kuralı temellidir. Bu nedenle, bu algoritma yaygın olarak kullanılan bir adaptif filtreleme algoritmasının genellemesi olarak görülebilir (Norgaard vd.,2003).

Çok katmanlı algılayıcı üç belirgin karakteristiğe sahiptir:

1. Ağdaki her bir nöronun modeli lineer olmayan bir aktivasyon fonksiyonu içerir. Burada vurgulanması gereken önemli bir nokta ise, bu eğrisellik, Rosenblatt algılayıcısında kullanılan katı-sınırlamanın aksine süreklidir (yani her yerde türevlenebilir). Eğrisellik biçimi için genellikle bu ihtiyacı karşılayan ve lojistik fonksiyonu adı verilen sigmoidal eğrisellik kullanılır.

$$y_j = \frac{1}{1+\exp(-v_j)} \quad (2.1)$$

Burada v_j , j. nöronun uyarılmış yerek alanıdır (yani sinaptik girişlerin ağırlıklarla çarpılması ve sapmanın toplanması). Eğriselliğin bulunması özellikle önemlidir, çünkü diğer durumda ağırlık giriş-çıkış ilişkisi tek-katmanlı algılayıcı haline indirgenmiş olur. Dahası, lojistik fonksiyonunun kullanılması, gerçek nöronların yeniden bölünmesini hesaba kattığından dolayı biyolojiden esinlenilmiştir.

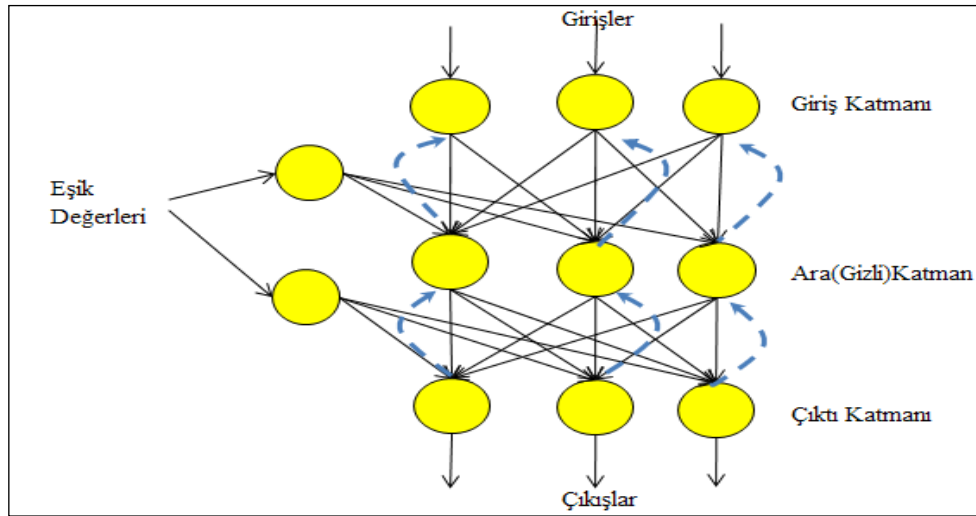
2. Ağ, ağırlık giriş ve çıkış katmanının bir parçası olmayan bir veya daha fazla katmanda gizli nöronlara sahiptir. Bu gizli nöronlar, giriş örüntülerinden (vektörlerinden) daha

gelişmiş özellikleri çıkarmak vasıtasıyla, ağır karmaşık görevleri öğrenebilmesini mümkün kılar.

3. Ağ, ağın sinapsları tarafından belirlenen yüksek derecede bağlantısallık (connectivity) sergiler. Ağın bağlantısallığında ki bir değişim, sinaptik bağlantıların popülasyonlarında veya ağırlıklarında bir değişim gerektirir.

Bu karakteristikler ile eğitim süresince deneyimlerden öğrenme kabiliyetinin bir araya gelmesi ile çok katmanlı algılayıcı hesaplama gücünü elde eder. Bununla birlikte bu aynı karakteristikler, ağın davranışı için burada sunulan bilgi eksikliklerinin sorumlusudur. Birincisi, ağın yüksek bağlantısallığı ve eğrisel dağıtılmış biçiminin varlığı, çok katmanlı algılayıcının teorik analizinin anlaşılmasını zorlaştırır. İkincisi, gizli nöronların kullanılması, öğrenme sürecinin görselleştirmesini zorlaştırır. Kapalı anlamda öğrenme süreci, giriş örüntüsünün hangi özelliklerinin gizli nöronlar tarafından temsil edilmiş olması gerektiğine karar verir. Arama, olası fonksiyonların oldukça büyük bir uzayında yapıldığından ve giriş örüntülerinin alternatif gösterimleri arasında seçim yapılması gerektiğinden, öğrenme süreci daha fazla zordur (Hinton, 1989).

Şekil 2.18’de, bir gizli katmanı, bir çıkış katmanı olan çok katmanlı algılayıcının yapısı gösterilmektedir. Çok katmanlı algılayıcının genel biçimde tanımlaması için bu aşamada gösterilen ağ tam bağlantılıdır. Bunun anlamı, ağın herhangi bir katmanındaki bir nöron, önceki katmandaki tüm noktalara/nöronlara bağlıdır. Ağ boyunca işaret akışı, ileri yönlüdür, yani katmandan-katmana anlamında üstten aşağıya doğrudur.



Şekil 2.18. İki gizli katmanlı birçok katmanlı algılayıcının yapısı (Zhang, 2004)

2.3.6. Yapay sinir ağı öğrenme kuralları

Öğrenme, hücreler arasında sinaptik değişimlerin bir sonucu olduğu için, nöronlar arasında ki bağlantılarla oluşmaktadır. Öğrenme elde edilen örnekler arasında ki yapının iyi bir davranış göstermesini sağlayacak olan bağlantı ağırlıklarının hesaplanması olarak tanımlanır. İnsan beyinde oluşan zihinsel işlemlerin bir sonucu olarak öğrenme gerçekleşmektedir. İnsan öğrenmesinin temelini, sinir sistemi ve sinir sisteminin yöneticisi olan beyin oluşturmaktadır. Bu tür organ ve sistemlerin etkileşimi beyin temelli öğrenmenin yapısını oluşturmaktadır (Demirel, 2003). YSA 'da tıpkı insan ve diğer canlılar gibi öğrenme yeteneğine sahiptir (Ataseven, 2013). YSA'da öğrenme süreci bazı öğrenme metotlarıyla yapılmaktadır. Yapay sinir ağlarında en fazla kullanılan öğrenme metodu danışmanlı öğrenmedir. Danışmanlı öğrenmede YSA'a çeşitli veriler yüklenir ve bu verilere bağlı çıkışlar gösterilir bu şekilde yapay sinir ağı ilişkilendirmeyi yaparak, yeni verilerden en uygun çıkışları vermeye çalışır. Çıktılar arasındaki fark hata olarak algılanır. Başlangıçta rastgele olarak verilen ağırlıklar ağ tarafından hata en aza indirilene kadar döngüler halinde değişir (Elmas, 2003).

Bu öğrenme metodunun en önemli özelliği öğrenme esnasında gerçek veriler kullanmasıdır. Aşağıda Yapay Sinir ağı Öğrenme Kurallarından birkaç tanesine değinilecektir;

Hebb kuralı: Hebb'in öğrenme kuramı, tüm öğrenme kuralları içinde en eski ve en ünlü olanıdır. Nöropsikolog Hebb(1949)'u onurlandırmak için bu isim verilmiştir. Bu kural iki temel esasa dayanmaktadır. Şöyle ki;

- Eğer bir sinapsın (bağlantının) iki tarafındaki iki nöron eş zamanlı olarak aktive edilirse, bu sinaps kuvvetlenir.
- Eğer bir sinapsın (bağlantının) iki tarafındaki iki nöron eş zamansız olarak aktive edilirse, bu sinaps ya zayıflar ya da yok olur (Williamowski, 2011).

Daha kesin bir ifadeyle Hebb sinapsini, ön sinaptik ve son sinaptik aktiviteler arasında korelasyonun bir fonksiyonu olarak sinaptik etkiyi arttırmak için zamana-bağımlı, yüksek oranda yerel ve güçlü bir şekilde interaktif mekanizma olarak tanımlanabilir.

Rekabetçi Öğrenme: Rekabetçi öğrenmede, isminde belirtildiği gibi, bir sinir ağının çıkış nöronları aktif olabilmek (ateşlenmiş) için birbirleri arasında rekabet ederler.

Hebb öğrenme tabanlı bir sinir ağında birçok çıkış nöronu aynı anda aktif olabilmelerine karşın, rekabetçi öğrenme de bir defada sadece bir çıkış nöronu aktiftir. Bu özellik, giriş örüntü kümelerini sınıflandırma problemlerinde, belirgin özelliklerin istatistiksel olarak keşfi için, bu yöntemin oldukça uygun olmasını sağlar (Haykin, 1999).

Boltzmann öğrenme kuralı: Boltzmann öğrenme kuralı, Ludwig Boltzman'ın ismi verilmiştir, istatistiksel mekanikten üretilen fikirlerden türetilmiş bir stokastik öğrenme algoritmasıdır. Boltzmann öğrenme kuralı tabanlı tasarlanmış bir sinir ağı *Boltzmann Makine*'si olarak isimlendirilir (Haykin, 1999).

Bir Boltzmann makinesinde nöronlar tekrarlayan bir yapı oluştururlar ve iki mantıkta çalışırlar. Örneğin bir “on” durumu +1 ile gösterilir ve “off” durumu -1 ile gösterilir. Bu makine bir *E* enerji fonksiyonu ile karakterize edilir ve bunun değeri makinedeki bağımsız nöronların oluşturduğu özel durumlardan belirlenir. Yani

$$E = -\frac{1}{2} \sum_j \sum_k A_{kj} x_k x_j \quad (2.2)$$

Burada

x_j ; j nöronunun durumunu,

A_{kj} ; nöron j ile nöron k arasındaki sinaptik ağırlığı göstermektedir.

Bir Boltzmann makinasındaki nöronlar iki fonksiyonel gruba ayrılır: görünür ve gizli. Görünür nöronlar ağ ve içinde çalıştığı çevre arasında bir arabirim sağlarken, gizli nöronlar daima serbest bir şekilde çalışırlar. İki tip çalışma şekli düşünülür:

- Kenetli durum, bu durumda görünür nöronlar çevre tarafından belirlenmiş özel durumlara tamamen kenetlenmiştir.
- Serbest-çalışma durumu, bu durumda tüm nöronlar (görünür ve gizli) serbest olarak çalışır(Haykin, 1999).

Hopfield Kuralı: Bu kuralın Hebb kuralına benzerliği dikkat çekmektedir. Yapay sinir ağı elemanlarının bağlantılarının ne kadar kuvvetlendirilmesi ya da zayıflatılması gerektiği belirlenir. Eğer çıktı ve girdilerin her ikisi de aktif ise öğrenme katsayısı kadar ağırlık değeri kuvvetlendir denmektedir. Eğer çıktı ve girdilerin her ikisi de pasif ise öğrenme katsayısı kadar ağırlık değeri zayıflat denmektedir. Yani, ağırlıkların kuvvetlendirilmesi ya da zayıflatılması öğrenme katsayısı yardımı ile belirlenmektedir.

Öğrenme katsayısı 0-1 arasında kullanıcı tarafından atanan sabit ve pozitif değerdir (Öztemel, 2016).

Çağrışimli bellek olarak kullanılan kesikli/ayrık Hopfield Ağı, Kombinatoriyel optimasyon problemlerinin çözülmesinde kullanılan Sürekli Hopfield ağı olmak üzere Günümüzde geliştirilmiş iki tür hopfield ağı vardır (Hopfield ve Tank, 1985).

2.4. Enerji Sektöründe Kullanılan Daha Önce ki Çalışmalarda Tahmin Yöntemleri

Dünya enerji piyasalarının, serbestleşme sürecine girmesiyle birlikte fiyat öngörüsü de önem kazanmıştır. Özellikle 90'lı yıllardan sonra bu konuyla alakalı akademik düzeyde çalışmalar oluşturulmaya başlanmıştır. Tekel elinde olan elektrik piyasasında ki uzun dönemli fiyat dalgalanmalarında dolayı Elektrik Piyasası Fiyat Tahmini (EPFT) konusuyla alakalı çalışmalar çok azdır. Bu yıllardan sonra yapılan çalışmalar Elektrik Elektronik Mühendisliği, Bilgisayar Mühendisliği, Ekonomi, İşletme İktisat ve Finans bilim dallarında yapılmıştır. Literatürde ki çalışmalardan, özellikle kısa ve orta vadeli PTF tahmini üzerine yoğunlaşmış YSA ile çalışılmış yayınlar incelenmiştir.

Ramsay ve Wang (1997) 'A neural network model for prediction system marginal price in the UK power pool'adlı çalışmalarında; Birleşik Krallık elektrik Piyasasında, 1990 özelleştirme sürecinden sonra, marjinal fiyat tahminin bağımsız üreticiler için en önemli konulardan biri olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmada Ramsey ve Wang marjinal fiyat tahmini için geri yayılım algoritmaları çoklu ileri beslemeli sinir ağı yapısı kullanmaktadırlar. Sistem marjinal fiyatını etkileyen faktörler iki grup halinde toparlanmıştır. 1. Grup dış faktörlerden oluşurken 2. Grup tarihsel verilerden oluşmaktadır. İlk grubu oluşturan aktörler olarak; haftanın günleri, uzlaştırmaya esas periyot, tahmini yük verileri kullanılmıştır. İkinci grubu oluşturan tarihsel veriler; 3 ve 2 hafta önceki aynı gün aynı saat için sistem marjinal fiyatı, 1 hafta önceki aynı gün aynı saat için sistem marjinal fiyatı, bir gün önceki aynı saat için sistem marjinal fiyatı gibi UK elektrik sistemin gerçek veriler YSA eğitimi için kullanılmıştır. Çalışmada 4 ve 3 katmanlı YSA yapıları kullanılarak gerçeğe yakın en iyi sonucu veren yapı aranmıştır. Sonuçta 12-8-5-1 yapısı %12.87 MAPE oranıyla gerçeğe yakın en iyi sonuç olmuştur.

Catalao ve diğ. (2007) İspanya ve Kaliforniya Elektrik Piyasasına ait haftalık fiyat tahmini yapmışlardır. Çalışmada YSA yapısı olarak üç katmanlı ileri beslemeli yapı, algoritma olarak Levenberg-Marquardt algoritması kullanmışlardır. Bu çalışmada daha önce yapılan çalışmaların aksine mevsim değişikliği hariç dış etmenlerin SMF(Sistem Marjinal Fiyatı) tahmininde çok etki olmadığı belirtilmiş sadece geçmiş verilerin kullanılması gerçeğe yakın en iyi sonucu almak için yeterli olacağı vurgulanmıştır. Sonuç olarak İspanya için SMF tahmini %9, Kaliforniya için %3'lük MAPE ile tahmin edilmiştir.

Ghodsi ve Zakerinia (2012) 'Yapay sinir ağları ve bulanık bağlam kullanarak kısa dönemli elektrik fiyatlarının tahmini' adlı çalışmasında Canada-Ontario elektrik piyasasına ait Ocak 21-27 2011 yılına ait 168 veri kullanılmıştır. Bunları 140 tanesi eğitim için geriye kalan 28 tanesi test için kullanılmıştır. Çalışmada aynı veriler kullanılarak 3 adet tahmin metodu üzerinde çalışılmıştır. ARIMA, Yapay Sinir Ağları ve Fuzzy Mantık tahmin metotlarıyla gerçeğe en yakın fiyat tahmini oluşturulmaya çalışılmıştır. 5 adet girdi kullanılarak bir adet çıktı elde edilmiştir. Veriler; gerçek elektrik fiyatı, bir saat önceki elektrik fiyatı, birgün öncesi aynı saate ait elektrik fiyatı, aynı güne ait bir saat sonraki elektrik talebinde oluşmaktadır. Elektrik talebinin hava sıcaklığıyla direk ilişkili olduğu belirtilerek, kullanılan elektrik talebini sıcaklık verisi olarak değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Her üç metot içinde aynı veriler kullanılarak sonuçlar elde edilmiştir. Fuzzy mantık metodunun diğer iki metotla karşılaştırıldığında daha az hata oluştuğu görülmüştür.

Kömek ve Navruz (2015) 'Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Türkiye Dengeleme ve Uzlaştırma Piyasası Gün Sonrası Fiyat Tahmini' adlı çalışmasında; iyi sonuç almanın en önemli şartının veri havuzu oluşturmak olduğunu söylemiştir. Ayrıca giriş verisi olarak en iyi dataların geçmişe dayalı elektrik fiyatı ve elektrik talebi olduğu çalışmada vurgulanmıştır. Kömek ve Navruz çalışmalarında 01/12/2009-07/11/2010 yılına ait gerçek zamanlı verileri kullanmıştır. 7 adet giriş verisi kullanarak 1 adet çıkış almıştır. Çalışmada, ilgili gün için gün sonrası fiyatı, bir gün öncesi aynı saat için gün öncesi fiyatı, bir hafta önceki aynı gün aynı saat için gün sonrası fiyatı, ortalama sıcaklık, ilgili gün için tüketim tahmini, ikili anlaşma sayısı, erişilebilir kapasite miktarı giriş verisi olarak kullanılmıştır. Toplamda 342 günlük veri havuzu oluşturmuştur. Tahmin metodu olarak yapay sinir ağları kullanılmıştır. Çalışma bulgularına göre hata oranı en düşük

tahmin için geçmiş elektrik fiyatları en iyi giriş verisi olmuştur. Ayrıca ortam sıcaklık değerleri diğer giriş verilerinden gerçeğe yakın tahmini bulmak için daha etkili olmuştur. Ayrıca çalışmada ortalama mutlak yüzde hata kriterine göre yapay sinir ağı ile yapılan tahminlerin otoregresif bütünleşik hareketli ortalama modeli ile yapılan tahminlerden daha yüksek performans gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Özgüner (2012) Türkiye elektrik piyasası için saatlik yük, bir gün öncesi fiyatı ve sistem marjinal fiyatı verilerini kullanarak çok katmanlı ileri beslemeli yapay sinir ağı ve çoklu doğrusal regresyon metotlarını kullanarak fiyat tahmini gerçekleştirmiştir. Fiyat tahmini için farklı yapay sinir ağı modelleri oluşturulmuştur. Çalışmada 01/01/2011-31/12/2011 dönemi verileri kullanılarak 2011 Ocak, Nisan, Temmuz ve Eylül ayları için haftalık tahminler gerçekleştirilmiştir. Yapay sinir ağları ile yapılan tahminde Ocak ayında seçilen hafta için ortalama mutlak yüzde hata %8,12, şubat ayında %12,08, Temmuz ayında %4,77 ve Eylül ayında %7,69'dur. Çoklu doğrusal regresyon modeli ile yapılan tahminde ise Ocak ayında seçilen hafta için ortalama mutlak yüzde hata %9,14, şubat ayında %12,88, Temmuz ayında %5,32 ve Eylül ayında %7,82 olarak hesaplanmıştır.

Gupta ve diğ. (2013) 'Yapay Sinir ağlar ve Bulanık Mantık kullanarak Kısa Dönemli Elektrik Fiyat Tahmini' konulu çalışmasında, Bulanık Mantık Sistemi ve Yapay Sinir Ağlarının bir kombinasyonunu ile geçmiş gerçek zamanlı veriler kullanılarak kısa dönemli fiyat tahmini yapmıştır. Çalışma iki kısımdan oluşmaktadır. İlk kısımda ANN-FIS adı altında geliştirdiği yöntemle tahmin verileri alınmış ikinci kısımda ise ANN kullanılarak tahmin verileri alınmıştır. Çalışmanın son kısmında iki metot karşılaştırılarak hangi metodun daha az hatayla sonuç verdiği karşılaştırılmıştır. 2012 yılına ait verilerin kullanıldığı çalışmada üçer aylık dört küme oluşturulmuştur. Hindistan elektrik sistemine ait geçmiş zamanlı yük ve fiyat verileri girdi olarak her kümeye verilmiştir. Her küme kendi içinde dört sütundan oluşmaktadır. Sütunlarda gizli katman sayısı 5,10,15,20 adet olmak üzere MAPE değerleri hesaplanmaktadır. Alınan sonuçlar karşılaştırıldığında ANN-FIS metoduyla alınan verilerin ANN metoduyla alınan verilerden %3 daha az hatalı olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca gizli katmanda ki nöronların artırılması gerçeğe daha yakın değerlerin elde edilmesini sağlamaktadır.

Yıldız (2015) Kış ve Yaz olmak üzere iki farklı dönem için birer hafta örnekleme seçilerek çalışmasını gerçekleştirmiştir. 2012 -2014 yılına ait veriler kullanarak kısa

dönemli referans fiyat tahmini yapmıştır. Bu çalışma ile Türkiye elektrik piyasasında fiyat oluşumu, piyasa yapısı ve reform süreci dikkate alınarak incelenmiş ve piyasa fiyatının tahminine yönelik farklı modeller karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmanın Türkiye elektrik piyasasında reform süreci sonrası elektrik fiyatlarının oluşumunda etkili olan faktörlerin belirlenmesi ve farklı fiyat tahmin modellerinin vereceği sonuçların ortaya konması bakımından literatüre katkıda bulunacağı düşünülmüştür. Çalışmada alınan sonuç verileri şu şekilde olmuştur. Kış dönemi için, 7 ve 9 nöron gizli katmanlı ağ saatlik %4,7 MAPE ile en iyi sonucu vermiştir. Yaz dönemi için oluşturulan ağlardan 5 ve 9 nöron gizli katmanlı ağ saatlik %6,3 MAPE ile en iyi sonucu vermiştir. Tüm nöron tiplerinde Yaz dönemi %6,4 saatlik, %3,9 günlük, Kış dönemi %4,9 saatlik, %2 günlük MAPE değerleriyle tahmin edilmiştir.

İncelenen yayınların ortak noktaları mevcut piyasa yapıları gelişmiş, veri erişilebilirliği kolay ve tahmin doğruluğunun büyük öneme sahip olan bölgeler olmasıdır. Ayrıca çalışmaların ana çerçevesini oluşturan veri havuzları toplam arz-talep, geçmiş dönemlere ait fiyat istatistikleri, hava durumu gibi dış ve iç etkenler oluşturmaktadır. Bu çalışmada ise Türkiye elektrik piyasasında fiyat oluşumu, piyasa yapısı ve reform süreci dikkate alınarak incelenmiş elektrik piyasası gün sonrası fiyatını etkileyen unsurlar araştırılarak geniş kapsamlı veri havuzu oluşturulmuştur. Oluşturulan veri havuzunda geçmiş dönemlere ait fiyatlardan sadece bir gün önceki fiyat kullanılmıştır. Diğer veriler fiyatları etkileyen dış etkenlerden oluşmaktadır. Yaptığımız çalışmada haftanın günleri, hava durumu, yakıt fiyatları, yenilenebilir enerji kaynaklarının kapasitesi, ikili anlaşmalar fiyatları etkileyen ana etmenler olarak görülmüş, hangi etmenin gün sonrası fiyatlarını en fazla etkilediği sonucunda araştırılmıştır. Sonuçların Türkiye elektrik piyasasında reform süreci sonrası elektrik fiyatlarının oluşumunda etkili olan faktörlerin belirlenmesi bakımından literatüre katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

3. KURAMSAL TEMELLER

3.1. Türkiye Elektrik Piyasası İşleyişi

2001 yılı Türkiye Elektrik Piyasası için dönüm noktası olmuştur. Bu yıldan sonra çıkarılan kanunlar, yönetmelikler, mevzuatlar Elektrik Piyasasında önemli değişikliklere sebep olmuştur. Tüm beklentilere cevap verecek bir piyasa oluşturulmuştur. Bu piyasanın kuruluş amacı kanunda şu şekilde açıklanmıştır; elektriğin çevreye uyumlu, düşük maliyetli, kaliteli, yeterli ve sürekli olarak tüketicilerin hizmetine sunulması için mali açıdan güçlü, şeffaf ve istikrarlı bir piyasanın oluşmasını sağlamaktır (Sevaioğlu, 2015). Piyasayı oluşturan alım satım ve dengeleme işlerini yürüten aktörler şu şekildedir;

a) Piyasa Katılımcıları:

Üretim lisansı sahibi,

Otoprodüktör lisansı sahibi,

Toptan satış lisansı sahibi,

Perakende satış lisansı sahibi,

Dağıtım lisansı sahibi,

OSB Üretim Lisansı sahibi tüzel kişilerden oluşmaktadır.

b) Piyasa İşletmecisi (EPIAŞ):

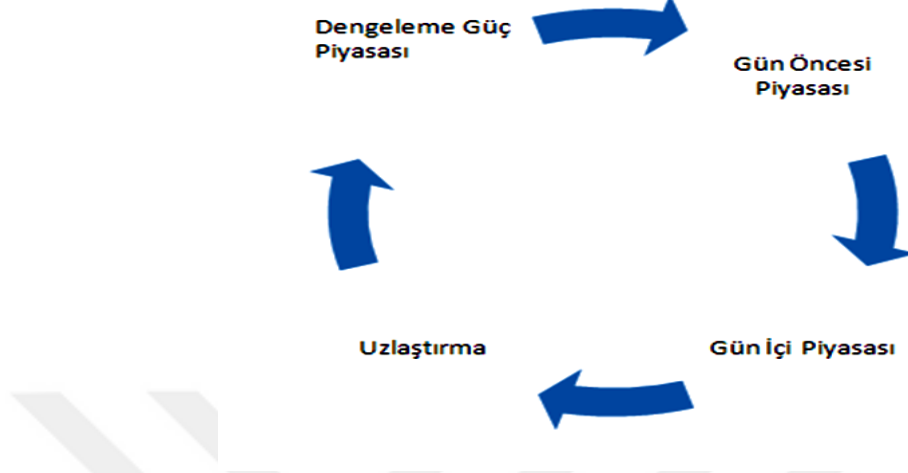
Piyasa İşletmecisidir. Gün Öncesi ve Gün içi piyahasının işletilmesi, uzlaştırma işlemlerinin gerçekleştirilmesi, ilgili piyasa katılımcılarına alacak borç bildirimlerinin hazırlanması faaliyetlerini yürütür.

c) Sistem İşletmecisi (TEİAŞ):

Sistem işletmecisidir. Dengelem Güç Piyahasının İşletilmesi, sistemde anlık dengenin yeterli arz kalitesini sağlayacak şekilde sağlanması, yan hizmetler alımı ve dengeleme mekanizması yoluyla gerekli yedeklerin tutulması faaliyetlerini yürütür.

2011 yılında Gün Öncesi Piyasası Mekanizması oluşturulmuş bununla birlikte avans ve teminat ödeme mekanizması olgunlaştırılmış ve Yenilenebilir Enerji Destekleme Mekanizması başlamış, 2013'de 6446 sayılı Elektrik Piyasası kanunu yayınlanmış ve 1 Temmuz 2015 tarihinde Gün İçi Piyasası Devreye alınmıştır. 2011, 2013, 2015

yıllarında yapılan bu değişiklikler TEP'in mevcut yapısını oluşturmaktadır. Şekil 3.1'de TEP işleyiş sũreçleri gũsterilmektedir. EPIAŞ (2016)



Şekil 3.1. Elektrik Piyasası İşlem Dũngũsũ (EPIAŞ, 2016)

Şekil 3.1'de dũngyũ meydana getiren piyasa faaliyetleri Temmuz 2015 tarihine kadar TEİAŞ bũnyesinde bulunan Piyasa Mali Uzlaştırma Dairesi Başkanlığı tarafından yapılmaktadır. Bu tarihten sonra EPIAŞ; Gũn Öncesi Piyasası, Gũn İçi Piyasası, Uzlaştırma Faaliyetlerini yũrũtũrken, Dengele Gũç Piyasası'nı TEİAŞ yũrũtmeye devam etti. EPIAŞ (2016)

3.1.1. Gũn Öncesi piyasası

Elektriğin teslim gũnũnden bir gũn Öncesinde, elektrik ticareti ve dengeleme faaliyetleri için kullanılan, EPIAŞ tarafından iletilen, organize bir piyasadır. EPIAŞ'n elektrik piyasası işletme lisansı almasıyla birlikte, piyasa işletim lisansında yer alan elektrik piyasalarının etkin, Şeffaf, gũvenilir ve sektũr ihtiyaçlarını karşılayacak Şekilde planlanması, kurulması, geliştirilmesi ve işletilmesi amacı ile birçok yeniliğin hayata geçirilmesi hedeflenmiştir. Bu hedefler doğrultusunda, artan piyasa katılımcı sayısına cevap verebilecek, sektũr beklentilerini karşılayacak ve yurtdişi muadilleri seviyesinde bir GũP (Gũn Öncesi Piyasası) yazılımının oluşturulması için "Yerli Gũn Öncesi Piyasası Projesine" başlanmıştır. Bir Önceki GũP yazılımı 1 Aralık 2011 tarihinden itibaren kullanılmaktaydı. Yazılımın 2004 yılına ait yazılım teknolojisine ve algoritmasına sahip olmasından dolayı sektũrũn ihtiyaçlarını ve beklentilerini karşılayamamaktaydı. Bir Önceki yazılımın kaynak kodunun erişime açık olmadığı için

geliştirme ve hataları giderme faaliyetlerinde dışa bağımlılık gibi pek çok olumsuz oluşuyordu. Yeni yazılımla birlikte bu tür olumsuzluklar ortadan kalkmıştır. 1 Aralık 2011 tarihi itibarıyla gün öncesi piyasasını işleten tecrübe, Yerli GÖP Projesinin temelini oluşturmaktadır. Ayrıca yerli GÖP projesi tasarlanırken Avrupa örnekleri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Geline süreçte, kullanıcılar için kullanışlı bir ara yüz tasarımına sahip, tamamen yerli kaynaklarımız tarafından tasarlandığı ve yazıldığı için esnekliğe ve geliştirmelere açık olan bir GÖP yazılımı ve optimizasyon modeli tamamlanmıştır. Çağın gerektirdiği teknolojiyi ve bilgiyi kullanan bilgi teknolojileri ışığında geliştirilen altyapı artık hazır hale gelmiştir. Yeni yazılımımızın sahip olduğu kullanıcı dostu özelliklerin geliştirilmesi ve piyasa katılımcıları tarafından yeni fonksiyonların test edilmesi amacıyla test ortamı 18 Mart 2016 itibarıyla piyasa katılımcılarının kullanımına açılmıştır. EPIAŞ (2016) GÖP'ün amacı elektrik enerjisi referans fiyatını belirlemek, Piyasa katılımcılarına, ikili anlaşmalarına ek olarak bir sonra ki gün için enerji alış ve satış yapma fırsatını tanıyarak, kendilerini dengeleme olanağını sağlamak, Sistem işletmecisine gün öncesinden dengelenmiş bir sistem sağlamak, büyük çaplı ve süreklilik arz eden kısıtlar için, teklif bölgeleri oluşturarak Sistem İşletmecisine gün öncesinden kısıt yönetimi yapabilmeye imkânı sağlamaktır. EPIAŞ (2016)

Katılımcılar, Piyasa İşletmecisi ve Sistem işletmecisi için GÖP'ün genel esaslar şu şekildedir.

- Gün Öncesi Piyasasına katılmak zorunlu değildir.
- Piyasa Katılım anlaşmasına ilave olarak Gün Öncesi Piyasası Katılım Anlaşmasının imzalanması zorunludur.
- Portföy(dipnot) bazlıdır.
- Her katılımcı kendi portföyünü dengeler.
- Gün Öncesinde referans Fiyat belirlenir.
- İşlem günlük olarak, saatlik bazda gerçekleştirilir.
- Arz tarafı üreteceği miktarı, Talep tarafı tüketiceği miktarı fiyat seviyelerine göre ayarlayabilir.
- Saatlik (64 seviye, alış ve satış yönünde 32 seviye ayrı ayrı), blok (50 seviye) ve esnek (10 seviye) teklif verilmesine imkân tanır.

- 10 lot=1MWh Enerji miktarına karşılık gelir ve LOT(0,1MWh) olarak teklif edilir.
- Pozitif miktara alış, negatif miktarlar ise satışı ifade etmektedir.
- Asgari ve azami fiyat limitleri, Piyasa İşletmecisi tarafından belirlenir. Azami fiyat limitlerinin, piyasa da beklenen en yüksek fiyattan daha yüksek bir seviyede belirlenmesi esastır. EPDK (2016)

GÖP'te süreç, her gün saat 12:30'a kadar, GÖP'e katılan piyasa katılımcıları bir sonraki güne ait GÖP tekliflerini Yerli Gün Öncesi Piyasası sistemi aracılığıyla Piyasa İşletmecisine bildirmesiyle başlar. GÖP'e katılan piyasa katılımcıları tarafından bir sonraki güne ait gün öncesi piyasası teklifleri, Elektrik Piyasası Dengeleme ve Uzlaştırma Yönetmeliğine dayanılarak hazırlanan "Teminat Usul ve Esasları" nda belirtilen ilgili maddelere göre teminat kontrolü yapıldıktan sonra teminatı yeterli ise piyasa takas fiyatlarının ve piyasa takas miktarlarının belirlenmesi amacıyla işleme alınır. Bildirilen her bir gün öncesi piyasası teklifi Piyasa İşletmecisi tarafından saat 12:30-13:00 arasında değerlendirilerek doğrulanır. Teyit edilen teklifler saat 13:00 - 13:30 arasında, optimizasyon aracı ile değerlendirilir ve ilgili günün her bir saatine ilişkin piyasa takas fiyatları ve piyasa takas miktarları belirlenir. Her gün 13:30'de onaylanmış alış-satış miktarlarını içeren ticari işlem onayları ilgili piyasa katılımcısına bildirilir. Bu bildirimlerin içeriğinde hata bulunması durumunda piyasa katılımcısı saat 13:30-13:50 arasında itiraz edebilir. İtirazlar saat 13:50 - 14:00 arasında değerlendirilir ve sonucu katılımcıya bildirilir. Saat 14:00'da ertesi günün 24 saatine ilişkin fiyat ve eşleşmeler nihai olarak duyurulur. Her gün saat 00:00 - 17:00 arasında piyasa katılımcıları tarafından ikili anlaşma bildirimleri Gün Öncesi Piyasası sistemine girilir. Katılımcılar, gün öncesi piyasası kapsamında belirli bir zaman dilimi için saatlik, blok ve/veya esnek teklifler sunabilirler. Teklifler farklı saatler için değişiklik gösterebilen miktar ve fiyat bilgilerinden meydana gelir. Bildirilen tüm teklif fiyatları yüzde birlik hassasiyete sahiptir. Teklifler Türk Lirası biriminde yapılmaktadır. Teklif miktarları Lot cinsinden tam sayı olarak bildirilir. 1 Lot 0,1 MWh'e eşdeğerdir. Teklifler alış ya da satış yönünde verilir. Hangi yönde teklif verileceği teklife ait miktarın önündeki işaret ile belirlenir. (Örn: Alış Teklifi 100 Lot, Satış Teklifi -100 Lot) Piyasa işletmecisi tarafından asgari fiyat teklif sınırı 0 TL/MWh, azami teklif fiyatı sınırı 2.000 TL/MWh olarak belirlenmiştir. Piyasa İşletmecisi, asgari ve azami fiyat limitlerini güncellemesi halinde PYS aracılığıyla piyasa katılımcılarına duyurur. Piyasa İşletmecisi tarafından

asgari ve azami teklif miktar sınırı, saatlik ± 100.000 Lot, blok ± 6.000 Lot, esnek -6.000 olarak belirlenmiştir. Aynı teslim günü için verilen teklifler; güncelleme yapıldıktan sonra yeni bir sürüm ile sisteme kaydedilir. Teklifin eşleştirmesi yapılırken son sürüm dikkate alınır. Eski versiyonların görüntülenmesi versiyon filtresi ile gerçekleştirilir (Erten, 2012).

Sistemde birkaç model teklif türü vardır. Kullanıcıların isteğine bağlı olarak verilen teklifler şu şekildedir.

Saatlik teklif: Saatlik teklifler alış yönünde 32 adet, satış yönünde 32 adet olmak üzere en fazla 64 seviyeden oluşurlar. Saatlik tekliflerde seviyelere ait fiyatlar artan biçimde belirlenmelidir. Aynı fiyat seviyesinde geçerli hem alış hem satış yönünde saatlik teklif bulunamaz. Arz-Talep eğrisi oluşturulurken ardışık iki fiyat/miktar seviyesi arasındaki boş değerler doğrusal interpolasyon metodu ile belirlenerek doldurulur. EPIAŞ (2016)

Tablo 3.1. Gün öncesi piyasası saatlik teklif örneği

Saat	Fiyat (TL/MWh)									
	0	49,99	50	79,99	80	119,9	120	199,99	200	2.000
0-1	600	600	400	400	0	0	-200	-200	-1.000	-1.000
1-2	300	300	300	300	200	200	0	0	-200	-2.000

Tablo3.1’ de bir piyasa katılımcısına ait saatlik teklif senaryosu hazırlanmıştır. Tabloya göre saat 00:00 ile 01:00 arasında piyasa katılımcısı fiyat 0, 49,99 TL olduğunda 600 MWh alacağını, fiyat 50 ila 79,99 TL olduğunda 400 MWh alacağını, fiyatların 80 ila 119,99 TL arasında olduğu zaman piyasadan herhangi bir alım satım yapmayacağını, fiyat 120 ila 199,99 TL arası olduğunda piyasaya 200 MWh satacağını yine fiyatın 200 TL’den azami 2000 TL aralığında piyasaya 1000MWh enerji satacağının teklifinde bulunmuştur. Bunun gibi birçok katılımcı saatlik teklif vererek gün öncesinde referans fiyatın çıkmasında büyük rol oynar. Saatlik teklifler, 24 saat aralığında katılımcının maliyet analizi yaparak en karlı satış aralığında tesisinin çalışmasını sağladığı teklif sistemidir. EPIAŞ’a ait GÖP yazılım ara yüzüne ait saatlik teklif ekranı Şekil 3.2’de görülmektedir. EPIAŞ (2016)

Fiyat (TL/MWh)	0,00	45,00	120,00	160,00	2000,00
00:00 - 01:00 (Lot)	400	300	10	-1000	-1000
01:00 - 02:00 (Lot)	400	300	10	-1000	-1000
02:00 - 03:00 (Lot)	400	300	10	-1000	-1000
03:00 - 04:00 (Lot)	400	300	10	-1000	-1000
04:00 - 05:00 (Lot)	400	300	10	-1000	-1000
05:00 - 06:00 (Lot)	400	300	10	-1000	-1000
06:00 - 07:00 (Lot)	400	300	10	-1000	-1000
07:00 - 08:00 (Lot)	400	300	10	-1000	-1000
08:00 - 09:00 (Lot)	400	300	10	-1000	-1000
09:00 - 10:00 (Lot)	400	300	10	-1000	-1000
10:00 - 11:00 (Lot)	400	300	10	-1000	-1000
11:00 - 12:00 (Lot)	400	300	10	-1000	-1000
12:00 - 13:00 (Lot)	400	300	10	-1000	-1000
13:00 - 14:00 (Lot)	400	300	10	-1000	-1000
14:00 - 15:00 (Lot)	400	300	10	-1000	-1000
15:00 - 16:00 (Lot)	400	300	10	-1000	-1000
16:00 - 17:00 (Lot)	400	300	10	-1000	-1000
17:00 - 18:00 (Lot)	400	300	10	-1000	-1000
18:00 - 19:00 (Lot)	400	300	10	-1000	-1000
19:00 - 20:00 (Lot)	400	300	10	-1000	-1000
20:00 - 21:00 (Lot)	400	300	10	-1000	-1000
21:00 - 22:00 (Lot)	400	300	10	-1000	-1000
22:00 - 23:00 (Lot)	400	300	10	-1000	-1000
23:00 - 24:00 (Lot)	400	300	10	-1000	-1000
Toplam	9600,00	7200,00	240,00	-24000,00	-24000,00
Minimum	400,00	300,00	10,00	-1000,00	-1000,00
Maksimum	400,00	300,00	10,00	-1000,00	-1000,00

Şekil 3.2. Gün öncesi piyasası bir günlük gerçek saatlik teklif örneği(EPIAŞ, 2016, s.30)

Resimde rakamlarla ifade edilen segmentler;

- 1.Saat aralıklarının sıralandığı sütunu ifade eder.
 - 2.Saatlik teklif oluşturulurken yeni bir fiyat aralığı eklemek için kullanılır.
 - 3.Oluşturulan fiyat aralığı silmek için kullanılır.
 - 4.Oluşturulan fiyat aralığının gösterildiği satırdır.
 - 5.Her bir fiyat aralığı için girilen tüm miktarın toplamını gösterir.
 - 6.Her bir fiyat aralığı için 24 ayrı ticaret aralığında girilmiş en düşük miktarı gösterir.
 7. Her bir fiyat aralığı için 24 ayrı ticaret aralığında girilmiş en yüksek miktarı gösterir.
- EPIAŞ (2016)

Blok teklif: Blok teklifler fiyat, miktar ve kapsadığı zaman dilimi verilerini içerirler. Blok teklifler en az 3 en fazla 24 saati kapsar. Blok teklif saatleri ardışık ve tam saat dilimleri olarak belirlenirler. Blok tekliflerin tamamı bölünemez olarak işlem görür. Her bir blok teklif, kapsadığı tüm zaman dilimi için ya kabul edilir ya da hiç kabul edilmez. Katılımcılar mevcut blok teklif isimlerini kullanabildikleri gibi kendi blok teklif isimlerini de oluşturabilirler. Bir güne ait blok teklif sınırı 50 adettir. Belirlenen blok

teklifler arasında aynı teklif bölgesi için verilmiş, aynı işlem yönüne sahip (alış veya satış) en fazla 6 adet blok teklif arasında (bağlı teklif) ilişki kurulabilir. Birden fazla bağlı teklif sunulabilir. EPIAŞ (2016)

Tablo 3.2. Gün öncesi piyasası blok teklif örneği

Saat	Fiyat(TL/MWh)	Miktar (LOT)
6-9	130	-1.900
13-18	80	1.400

Tablo 3.2’de hayali bir katılımcıya ait blok teklif senaryosu oluşturulmuştur. Senaryoya göre katılımcı saat 06:00 ile 09:00 arasında fiyat 130 TL olursa 1900 MWh enerji satacak. Saat 13:00-18:00 arasında fiyat 80 TL ise 1400 MWh enerji satın alacak. Bu şekilde katılımcı gün öncesinden üretim planlaması yapmaktadır. EPIAŞ (2016)

BLOK TEKLİFLER					
Bölge TR1					
Para Birimi TRY					
İsim	Başlangıç	Bitiş	Miktar (Lot)	Fiyat (TL/Mwh)	Bağlı Blok
1	00:00	05:00	-100	150	
2	00:00	6:00	-50	140	1
3	10:00	16:00	-80	180	

Şekil 3.3. Gün öncesi piyasası bir günlük gerçek blok teklif örneği(EPIAŞ, 2016, s.34)

1. Teklif edilen blok teklif adını gösterir.
2. Teklif edilen blok teklifin başlangıç ve bitiş saatini girileceği alandır.
3. Teklif edilen blok teklifin miktarının girileceği alandır. Miktar Lot cinsindedir.
4. Teklif edilen blok teklifin fiyatıdır. Fiyat TL/MWh cinsindedir.
5. Bağlanmak istenen blok teklifin isminin girileceği alandır.

Esnek Teklif: Esnek teklifler; bir saat için miktar ve fiyat bilgilerinden oluşurlar. Esnek teklifler sadece sistem satış yönünde verilirler. Belirli bir saate ilişkin değildirler. Esnek teklif sınırı en fazla 10 adettir. EPIAŞ (2016)

Tablo 3.3. Gün öncesi piyasası esnek teklif örneği

PK	Fiyat(TL/MWh)	Miktar (LOT)
A	180	-18
B	160	-150

Tablo3.3’de esnek teklif için bir senaryo hazırlanmıştır. Tabloya göre A katılımcısı saat farkı gözetmeden fiyatın 180 TL/MWh olması durumunda 18 MWh satacağının teklifinde bulunmuştur.

The image shows a screenshot of a bid entry form. The form has four columns: 'Teklif Adı', 'Miktar (Lot)', 'Fiyat (TL/MWh)', and an empty column. The first row contains the values 'FHB_1', '-70', and '300,00'. A red box highlights the entire row. A red 'X' icon is located in the bottom right corner of the form. Five numbered callouts (1-5) point to specific elements: 1 points to a blue 'Satır Ekle' button, 2 points to the 'Teklif Adı' field, 3 points to the 'Miktar (Lot)' field, 4 points to the 'Fiyat (TL/MWh)' field, and 5 points to the red 'X' icon.

Şekil 3.4. Gün öncesi piyasası bir günlük gerçek esnek teklif örneği(EPIAŞ, 2016, s.39)

- 1.Esnek teklif girişinin yapılabilmesi için gerekli olan satırı yükler.
- 2.Esnek teklifin adını belirtir.
- 3.Esnek teklif içinden Lot cinsinden miktardır. Esnek teklif sadece satış yönünde verilebildiği için otomatik olarak negatif değer olarak gelmektedir.
- 4.Esnek teklif girişi yapılırken fiyatın ne olacağını belirttiği yerdir.
- 5.Esnek teklifin iptal edilmesini sağlar. EPIAŞ (2016)

İkili Anlaşmalar: İkili anlaşmalar 24 saatlik verilerden oluşur. Alış yönünde olması durumunda değerler pozitif yazılırken, satış yönünde olması durumunda değerler negatif olarak yazılır. İki tarafın girmiş olduğu değerler birbirinin tersi yönünde görülür. Birisi alış yönünde iken, diğeri satış yönündedir. Anlaşmanın iki tarafı da aynı değerleri girer ise anlaşma geçerli kabul edilir. İkili anlaşmalar en fazla 60 gün sonrasına kadar bildirilebilir. EPIAŞ (2016) Tablo 3.4’de gün öncesi piyasası örnek ikili anlaşma senaryosu görülmektedir.

Tablo 3.4. Gün öncesi piyasası örnek ikili anlaşma

Saat	Bölge	Alıcı PK (LOT)	Satıcı PK (LOT)
0-1	Türkiye 1	1.800	-1.800
1-2	Türkiye 2	1.500	-1.500

Enerji miktarı gün öncesi piyasasında sunulan teklifler gibi LOT(0,1 MWh) olarak teklif edilir. Piyasa Katılımcıları sadece kendi bölgelerinde ki Piyasa Katılımcılarıyla ikili anlaşma yapabilirler. Piyasa Katılımcılarının kapasitelerinin üzerinde ikili anlaşma yapabilirler. Kapasitenin üzerinde ki kısmı sistemden alabilir ya da satabilirler. 2003 yılında katılımcı sayısı 77 olan Piyasanın, 2015 yılı itibariyle kamuya ait 5, özel sektöre ait 858 olmakta üzere toplamda 863 katılımcı vardır. EPIAŞ (2016)

3.1.2. Teklif verme yaklaşımları ve fiyat belirleme

Gün öncesi piyasasında bir gün sonrası için fiyat belirleme süreci, Piyasa katılımcılarının verdiği saatlik teklif, Blok teklif, Esnek teklif ve İkili anlaşmalar dikkate alınarak günün her bir saati için talep-arz dengesinin kesiştiği yeri belirleyerek tamamlanır. Bu değerlendirme arz talep eğrilerinin oluşturulmasıyla yapılır. Bu eğrilerin kesiştiği noktada Piyasa Takas Fiyatı (PTF) belirlenir. PTF elektrik piyasası için bir gün sonrası için belirlenen saatlik fiyattır.

Daha sonra blok teklifler ve esnek teklifler değerlendirmeye katılır. Enerji maliyet fiyatını düşüren blok ve esnek teklif var ise değerlendirmeye alınarak fiyatların düşmesi sağlanır. Fiyat belirleme sürecinin daha iyi anlaşılabilmesi için aşağıda ki bölümde, hayali katılımcılar oluşturulup tekliflere bağlı fiyatların nasıl belirlendiğinin analizi yapılmaktadır (Yarıcı, 2015).

Tablo 3.5. Katılımcı A ve günlük enerji ihtiyaç senaryosu

Piyasa Katılımcısı A			
	Yük (MW)	PTF(TL/MWh)	Açıklama
Baz Yük	40		Fiyattan Bağımsız
Ayarlanabilir	20	PTF>35	PTF 35 TL'i geçerse fabrikanın bir bölümü
Ayarlanabilir	20	PTF>55	PTF 55 TL'i geçerse alternatif yakıtla
Toplam	80		
İkili anlaşma	20		1 yıllık alış anlaşması mevcut

Tabloda senaryosu bulunan katılımcı fiyat ne olursa olsun 400 LOT enerjiye ihtiyacı var. Bununla beraber eğer fiyat 35 TL'nin altındaysa 600 LOT alacak, eğer fiyat 35 ila 55 TL arasındaysa 400 LOT enerji alacak, fiyat 55 TL'den fazla ise sadece 200 LOT enerji alacak geri kalan 200 LOT enerji ikili anlaşmalardan sağlanacaktır (Yarıcı, 2015).

Tablo 3.6. Katılımcı B ve günlük enerji alım/satım senaryosu

Piyasa Katılımcısı B			
	Yük (MW)	PFT	Açıklama
Baz Yük	83		Fiyattan Bağımsız
Ayarlanabilir yük	0		
Toplam	83		
İkili anlaşma	60	1 yıllık sabit fiyattan anlaşma mevcuttur.	

Tablodan görüldüğü üzere Piyasa Katılımcısının 24 saat boyunca fiyat aralığı ne olursa olsun 230 LOT enerji alımına ihtiyacı vardır.

Tablo 3.7. Katılımcı C ve günlük enerji alım/satım senaryosu

Piyasa Katılımcısı C (Üretim Şirketi)			
	Yük (MW)	PFT(TL/MWh)	Açıklama
Baz Yük	40		Fiyattan Bağımsız
Santral 1	20	PTF= 20	PTF=20 olduğunda üretim ekonomiktir
Santral 2	20	PTF= 30	PTF=30 olduğunda üretim ekonomiktir
Santral 3	40	PTF= 40	PTF=40 olduğunda üretim ekonomiktir
Santral 4	20	PTF= 45	PTF=45 olduğunda üretim ekonomiktir
Santral 5	60	PTF=55	PTF=55 olduğunda üretim ekonomiktir
Toplam	120		

Tablo 3.7'de bir üretim tesisine ait gün öncesi piyasasına verilen saatlik teklif görülmektedir. Teklife göre fiyattan bağımsız tesisin 400 LOT enerji alımı olacak. Eğer fiyat 0 ila 19,99 TL arasında olursa 400 LOT enerji alacak. Fiyat 20 ila 29,99 TL aralığında olursa 200 LOT alacak. Fiyat 30 ila 39,99 TL arasında olursa kendi üretti enerji kendine yeteceği için piyasadaki alım satım işlemi gerçekleştirmeyecek. Fiyat 40 ila 44,99 TL arası olursa 400 LOT, 45 ila 54,99 TL arası olursa 600 LOT, 55 TL'den azami fiyat aralığına kadar ise 1.200 LOT enerji satışı yapacak (Yarıcı, 2015).

Tablo 3.8. Katılımcı D ve günlük enerji alım/satım senaryosu

Piyasa Katılımcısı D (Üretim Şirketi)			
	Yük (MW)	PTF(TL/MWh)	Açıklama
Santral 1	50	PTF=30	
Santral 2	30	PTF=40	
Santral 3	20	PTF=45	
Santral 4	100	PTF=50	
Toplam	200		
İkili anlaşma	100	1 yıllık satış anlaşması mevcuttur.	

Tablo 3.8’de başka bir üretim tesisine ait Gün Öncesi Piyasası Teklif değerleri görülmektedir. Öncelikle şunu söylemek gerekir ki tesisin 1.000 LOT’luk ikili anlaşması var yani fiyat ne olursa olsun 1.000 LOT enerjiyi ya satın alacak ya da kendi tesislerinde üretecek (Yarıcı, 2015).

Tablo 3.9. Katılımcı E ve günlük enerji alım/satım senaryosu

Piyasa Katılımcısı E (üretim şirketi)			
	Yük(MW)	PTF(TL/MWh)	Açıklama
Santral 1	3		Fiyattan Bağımsız
Toplam	3		

Tablo 3.9 ’da E şirketine ait bir üretim tesisinin GÖP teklif değerleri görülmektedir. Tabloda da görüleceği üzere tesis fiyattan bağımsız 24 saat boyunca 30 LOT enerji üretimi yapacaktır (Yarıcı, 2015).

Mevcut teklifler açısından piyasa takas fiyatının hesaplanması

Tablo 3.10’de katılımcıların fiyat teklifleri tek tablo halinde verilmiştir. Bu aşamadan sonra alış satış miktarlarının kesiştiği fiyat aralığı tespit edilerek gün sonrası fiyatı yani piyasa takas fiyatı oluşturulacaktır.

Tablo 3.10. Mevcut teklifler açısından piyasa takas fiyatının hesaplanması

Fiyat	0	19,99	20,00	29,99	30,00	35,00	35,01	39,99	40,00
PK-A	600	600	600	600	600	600	400	400	400
PK-B	230	230	230	230	230	230	230	230	230
PK-C	400	400	200	200	0	0	0	0	-400
PK-D	1000	1000	1000	1000	500	500	500	500	200
PK-E	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30
Alış	2.230	2.230	2.030	2.030	1.330	1.330	1.130	1.130	830
Satış	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-430
Fiyat	44,99	45,00	49,99	50,00	54,99	55,00	55,01	2.000	Fiyat
PK-A	400	400	400	400	400	400	200	200	PK-A
PK-B	230	230	230	230	230	230	230	230	PK-B
PK-C	-400	-600	-600	-600	-600	-1.200	-1.200	-1.200	PK-C
PK-D	200	0	0	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	PK-D
PK-E	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	PK-E
Alış	830	630	630	630	630	630	430	430	Alış
Satış	-430	-630	-630	-1.630	1.630	-2.230	-2.230	2.230	Satış
		PTF:47,50TL/MWh							

Tablo 3.10’da alış ve satış yönünde piyasa katılımcılarının verdiği tüm teklifler bulunmaktadır. 45 TL ve 49,99 TL arasında alış ve satış dengesi sağlanmıştır. Bu nedenle fiyat aralığı iki değer aritmetik ortalaması alınarak oluşturulmuştur. Gün öncesi piyasasında, her bir ticaret saati için, piyasa katılımcıları tarafından verilen tüm alış tekliflerinin toplamı ile talep eğrisi, tüm satış eğrilerinin toplamı ile arz eğrisi oluşturulur. Arz ve Talep eğrilerinin kesiştiği noktada *Piyasa Takas Fiyatı* ve *Takas Miktarı* belirlenir.

Yukarıda ki tablolarda oluşturulan senaryolar neticesinde elektrik fiyatlarının nasıl oluşturulduğu görülmektedir. Piyasa uygulamasında gün sonrası elektrik fiyatı katılımcıların verdikleri teklifler neticesinde arz talep dengesi oluşturularak belirlenmektedir. Bu çalışmada ise piyasa uygulamasından farklı olarak, fiyat talep ve arzını oluşturan veriler kullanılarak Türkiye elektrik piyasası için gün sonrası elektrik fiyatı (piyasa takas fiyatı) yapay sinir ağları ile tahmin edilecektir.

4. METERYAL ve YÖNTEM

4.1. Materyal

Bu çalışmada amaç elektrik piyasasındaki gün sonrası takas fiyatının yapay sinir ağlarıyla tahmin edilmesidir. Bu tahminlerden elde edilen verilerle Türkiye elektrik piyasasında fiyat oluşumu, piyasa yapısı ve reform süreci dikkate alınarak incelenmiş elektrik piyasası gün sonrası fiyatını etkileyen unsurlar araştırılarak geniş kapsamlı veri havuzu oluşturulmuştur. Tezin uygulama kısmını kapsayan bu bölüm; Y.S.A eğitimi için veri hazırlama, Y.S.A modeli oluşturma ve oluşturulan modelin çoklu regresyon analizi yöntemiyle tutarlık testi olmak üzere üç adımda gerçekleştirilmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda öncelikle yapay sinir ağının eğitiminde kullanılacak olan veriler hazırlanmıştır. Eğitimde kullanılacak veriler; Aylar, bir gün önceki SMF (sistem marjinal fiyatı) değeri, Türkiye elektrik piyasasında kayıtlı ikili anlaşma sayısı, toplam elektrik tüketimi, toplam üretimde yenilenebilir enerji kaynağı oranı, dolar kuru, haftanın günleri, saat ve bir gün sonrası fiyatını gösteren piyasa takas fiyatı olarak belirlenmiştir.

İlk adımda, yapay sinir ağının giriş kısmını oluşturan veriler; Türkiye Meteoroloji Genel müdürlüğü arşivinden, enerji piyasası denetleme kurumu arşivinden, Elektrik Üretim A.Ş. (EÜAŞ) arşivinden ve EPIAŞ' a ait veri analizleri ve raporlar arşivinden elde edilmiştir, Yapay sinir ağının çıkış kısmını oluşturan veriler ise yine EPIAŞ' a ait veri analizleri ve raporlar arşivinden elde edilmiştir.

İkinci adımda, yapay sinir ağlarının eğitiminde kullanılacak olan veriler bir araya getirilip, matris formuna dönüştürülmüştür. Matris halinde getirilmiş bu veriler yapay sinir ağı eğitiminde kullanılacak hale getirilmek için normalize edilmiştir. Daha sonra normalize edilmiş veriler kullanılarak tasarlanan yapay sinir ağı eğitilmiştir. Eğitim işleminden sonra yapay sinir ağına gerekli veriler tahmin ettirilmiştir. Bu tahmin verileri normalize işleminin tersi bir işleme tabi tutularak gerçek zamanlı verilerin düzeyine çekilmiştir ve tüm bu veriler kaydedilmiştir.

Üçüncü yani son adımda çoklu regresyon analizi yöntemiyle (multiple regression analysis) oluşturulan YSA modelinin bağımlı değişkenleri (YSA'nın hedef değerleri) ve

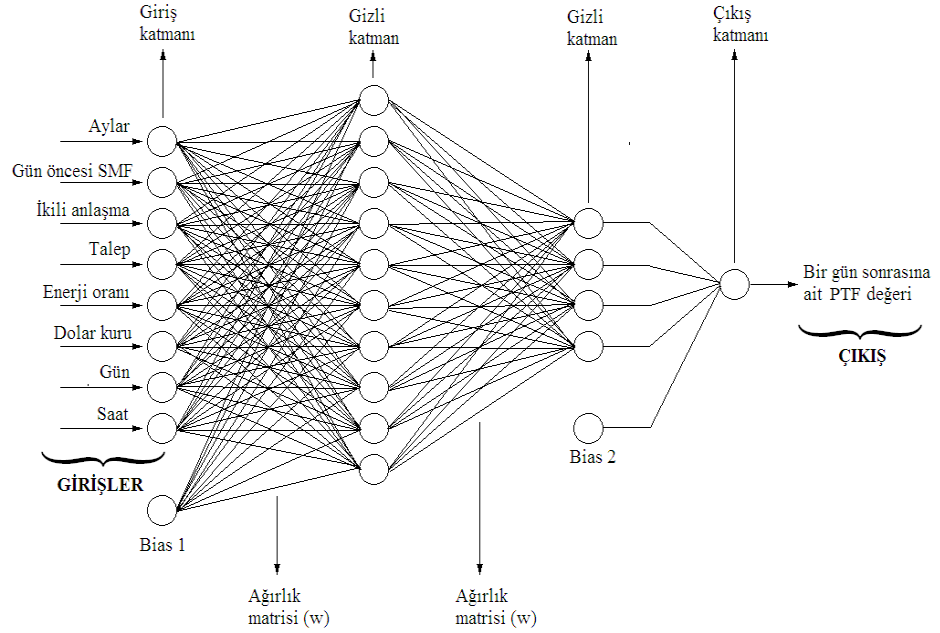
bağımsız değişkenleri (YSA girdi değerleri) arasındaki tutarlılık test edilmiştir. Yani oluşturulan modelin mantıksal tutarlılığı test edilmiştir.

4.2. Yöntem

Yapay sinir ağı eğitimi

Elektrik sektöründe artan serbestleşme ve rekabet enerji piyasasını önemli ölçüde etkilemekte ve serbest piyasa kurallarını sektöre hâkim kılmaktadır. Serbest elektrik piyasalarının çoğunlukla gün öncesi ve gerçek zamanlı olarak saatlik bazda işletildiğinde göz önüne alındığında güvenilir fiyat tahmini yapmanın hem üreticiler hem de tüketiciler açısından ne kadar önemli olduğu ortaya çıkmaktadır. Zira yatırım kararları, ikili anlaşmalar, teklif verme stratejiler vb. piyasadaki fiyatlara doğrudan bağımlı hale gelmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda çalışmada dış etmenlere bağlı olarak gün sonrası sistem takas fiyatının tahmininde, yapay sinir ağı yöntemi kullanılmıştır. Yani eğitilmiş olan bir yapay sinir ağına aylar, bir gün önceki SMF değeri, ikili anlaşma sayısı, toplam tüketim, yenilenebilir enerji kaynağı oranı, dolar kuru, haftanın günleri ve saat bilgileri girildiğinde bu özelliklerden yola çıkarak bir gün sonraki PTF(Piyasa Takas Fiyatı) değerinin tahmin edilmesi hedeflenmiştir. Çalışmanın uygulama kısmının ikinci aşamasını oluşturan bu bölümde birinci adımda, giriş ve çıkış verileri normalize edilmiştir. Sonrasında bir yapay sinir ağı modeli kurulup normalizasyonu yapılan bu veriler ile yapay sinir ağı eğitilmiştir.

YSA eğitiminde kullanılan veriler ağırlık ve hedef verileri olarak iki kısımdan oluşur. Ağırlık verileri ağın girişine uygulanan verileridir. Hedef ise ağın çıkışından elde edilmek istenen (çıkıtı) verilerden oluşur (Şahin, 2014) Şekil4.1’de sistem PTF’nın tahmini için oluşturulan yapay sinir ağının ağırlık (girdiler) ve hedef (çıkıtı) değerleri görülmektedir.



Şekil 4.1. PTF değeri tahmini için oluşturulan yapay sinir ağının ağırlık (girdiler) ve hedef (çıkı) değerleri

YSA eğitiminde kullanılan girdi değerleri

Çalışmada oluşturulan yapay sinir ağının giriş değişkenleri 8 adet bileşenden ve 16128 adet veriden oluşmaktadır. Bunlar; aylar, bir gün önceki SMF değeri, ikili anlaşma sayısı, toplam tüketim, yenilenebilir enerji kaynağı oranı, dolar kuru, haftanın günleri ve saat değerleridir.

YSA eğitiminde kullanılan hedef değerleri

Oluşturulan yapay sinir ağında hedef verisi olarak ve bir gün sonraki elektrik fiyatı yani PTF değeri kullanılmıştır. Burada da amaç elektrik arz ve talebini etkileyen dış etkenleri kullanılarak bir gün sonraki sistem takas fiyatını elde etmektir.

Şekil 4.1’de görüldüğü gibi oluşturulan ağın giriş değişkenleri 8 adet bileşenden ve çıkış değişkenleri ise 1 adet bileşenden oluşmaktadır. Giriş değişkenleri sırasıyla 1’den 8’e kadar numaralandırılmışlardır. Ağın girdi ve çıktı değişkenleri ve adet olarak değerleri aşağıdaki Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1.Y.S.A eğitiminde kullanılan toplam veri adedi

Kod	Giriş Parametreleri	Toplam
X_1	Aylar	2016
X_2	Bir gün önceki SMF değeri	2016
X_3	İkili anlaşma sayısı	2016
X_4	Toplam tüketim	2016
X_5	Yenilenebilir enerji kaynağı oranı	2016
X_6	Dolar kuru	2016
X_7	Haftanın günleri	2016
X_8	Saat	2016
	Çıkış Parametreleri	Toplam
Y_1	Bir gün sonraki piyasa takas fiyatı	2016

Aşağıda Tablo4.2’de yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan parametreler ve bu parametrelerin maksimum ve minimum değerleri (değişim aralığı) verilmiştir.

Tablo 4.2.Y.S.A eğitiminde kullanılan verilerin min. ve max. değerleri

Kod	Parametre	Min	Max
X_1	Dönem	1	3
X_2	Bir gün önceki SMF değeri	0	1100
X_3	İkili anlaşma sayısı	17270	43043
X_4	Toplam tüketim	0	41300
X_5	Yenilenebilir enerji kaynağı oranı	181,65	4043,8
X_6	Dolar kuru	1,6121	2,9456
X_7	Haftanın günleri	1	7
X_8	Saat	0	23
Y_1	Bir gün sonraki piyasa takas fiyatı	0	649,99

Yapay sinir ağı ağırlık ve hedef verileri arasında normalden çok büyük veya çok küçük değerler görülebilir. Bunlar yanlışlıkla eğitim setine girmiş olabilir. Net girdiler hesaplanırken bu değerler aşırı büyük veya küçük değerlerin doğmasına neden olarak ağı yanıltabilirler. Bütün eğitim verilerinin belirli bir aralıkta yani çoğunlukla 0-1 aralığında ölçeklendirilmesi hem farklı ortamlardan gelen bilgilerin aynı ölçek üzerine indirgenmesine hem de yanlış girilen çok büyük ve küçük şekildeki değerlerin etkisinin ortadan kalkmasına neden olur.

Bu çalışmada min-max normalizasyon kullanılmıştır. Minimum; bir verinin alabileceği en düşük değer iken, maksimum; verinin alabileceği en yüksek değeri ifade eder. Bir veriyi min-max yöntemi ile 0 ile 1 aralığına indirmek için aşağıdaki denklem kullanılmıştır.(Şahin, 2010)

$$x' = \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (4.1)$$

Yukarıdaki denklemde;

x' = Normalizasyonu yapılmış veri

x_i = Girdi değerleri

x_{max} = En büyük girdi değeri

x_{min} = En küçük girdi değerini ifade etmektedir.

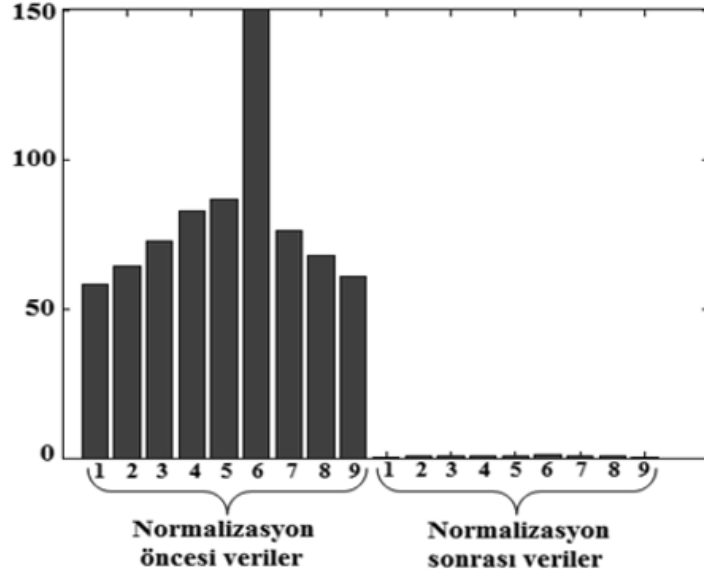
Örneğin: A=1x9'luk bir matris olsun.

$$A = [58 \quad 65 \quad 72 \quad 82 \quad 87 \quad \mathbf{150} \quad 76 \quad 68 \quad 60]$$

A matrisinin 6. Sütündeki değer yanlışlıkla fazla girilmiştir ve normal değerlerin en büyüğünde 63 fazladır. Bu A vektörü yapay sinir ağı eğitiminde direk kullanılacak olursa ağın performansını olumsuz yönde etkileyecektir. Şimdi bu A vektörüne normalizasyon işlemi uygulayalım;

$$A_n = [0,41 \quad 0,46 \quad 0,52 \quad 0,59 \quad 0,61 \quad \mathbf{1,07} \quad 0,54 \quad 0,48 \quad 0,43]$$

Normalizasyon işleminden sonra A_n matrisinin 6. Sütündeki değer 150'den 1.07' ye dönüştü yani normalizasyondan sonra bu değer en büyük değerle farkı 0.46' düştü. Bunun anlamı normalizasyon işlemi harmonikleri olabildiğince minimize etmiştir. Aşağıda Şekil 4.2'de yukarıda verilen A matrisinin normalizasyon işleminden önce ve sonraki grafiği verilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi normalizasyonla birlikte hata (harmonik) neredeyse ortadan kaldırılmıştır (Şahin, 2014).



Şekil 4.2. A matrisinin normalizasyon işleminden önce ve sonraki grafiği (Şahin, 2014)

Yapay sinir ağının eğitiminde normalize edilmiş giriş ve çıkış değerleri kullanılır (Bkz. Tablo 4.3). İşlem sonunda ters dönüşüm yapılarak gerçek değerlere dönüşüm sağlanır. Ağın eğitiminde ise eğitim algoritması olarak Levenberg-Marquardt (LM) algoritması kullanılmıştır. *Levenberg-Marquardt (LM)* algoritmasını tercih etmemizin sebebi ise yapay sinir ağlarının eğitiminde sağlamış olduğu hız ve kararlılıktır (Şahin, 2014).

Tablo 4.3. Y.S.A eğitiminde kullanılan normalizasyonu yapılmış verilerin min. ve max değerleri

Kod	Parametre	Min	Max
X_1	Aylar	0,0000232	0,0000697
X_2	Bir gün önceki SMF değeri	0,0000000	0,0255558
X_3	İkili anlaşma sayısı	0,4012267	1,0000000
X_4	Toplam tüketim	0,0000000	0,9595056
X_5	Yenilenebilir enerji kaynağı oranı	0,0042202	0,0939479
X_6	Dolar kuru	0,0000375	0,0000684
X_7	Haftanın günleri	0,0000232	0,0001626
X_8	Saat	0,0000000	0,0005343
Y_1	Bir gün sonraki piyasa takas fiyatı	0,0000000	0,0151009

Son aşamada ise seçilen çalışma için belirlenen Feed-Forward back propagation ağ modeline en uygun eğitim algoritması belirlenir. Bu aşamada çalışmada farklı eğitim

algoritmaları kullanılmış ve en iyi sonucu veren üç farklı eğitim algoritmasına ait testing değerleri Tablo 4.4’de verilmiştir.

Tablo 4.4. En iyi sonucu veren üç farklı eğitim algoritmasına ait testing değerleri

Training Algorithm	r-testing	r2-testing
TRAINLM	0.9600	92,12
TRAINGD	0.9462	89,52
TRAINBG	0.9310	86,62

Öğrenme algoritmasını etkileyen en önemli unsurlardan biri de performans fonksiyonudur. En çok kullanılan performans fonksiyonları *MSE* (Hata Kareleri Ortalaması) (Mean squared error), *RMSE* (Hata Kareleri Ortalamasının Karekökü)(*Root Mean Square Error*)ve *MAPE* (Mutlak Hata Oranları Ortalaması) (Mean Absolute Percentage Error) teknikleri en çok kullanılan performans ölçüm teknikleridir. Bu çalışma için oluşturulan YSA modeli tahmin sonuçlarının doğruluğunun ölçümünde *MSE* (Hata Kareleri Ortalaması) (Mean squared error) performans ölçüm tekniği kullanılmıştır (Şahin, 2014).

$$MSE = \sum \frac{(y_1 - y_2)^2}{n} \quad (4.2)$$

Burada;

y_1 = gerçek piyasa takas fiyatı,

y_2 = tahmin piyasa takas fiyatı,

n = tahmin sayısıdır (bağımlı değişken).

Tablo 4.5’de çalışma için eğitilen yapay sinir ağına ait parametreler verilmiştir.

Tablo 4.5. YSA girdi parametreleri

Ağ Tipi	Feed-Forward back propagation
Eğitim Algoritması	Levenberg-Marquardt (trainlm)
Öğrenme Fonksiyonu	Trainlm
Performans Fonksiyonu	MSE
Tabaka Sayısı	1 ile 20 arasında
Nöron Sayısı	1 ile 100 arasında
Aktivasyon Fonksiyonu	Tansig, Logsig

Modelden elde edilen tahmin değerleri ile gerçek değerler üzerinde yapılan ölçümlerde, MSE= 4,3 bulunmuştur. Elde edilen düşük MSE değeri, gerçek piyasa takas fiyatı ile YSA modelinin tahmin ettiği piyasa takas fiyatı oranları arasındaki sapmaların çok küçük olduğunu göstermektedir. Bunun anlamı, tahmin sonuçları yüksek doğruluk derecesine sahiptir demektir.

MSE, istenen çıkışın ağ çıkışına ne kadar iyi uyup uymadığına karar vermek için kullanılan bir değerdir. Özellikle MSE değeri 0,01'in altına inmelidir. NMSE ise ağ çıkışını normalize ederek istenen çıkışın arzulanan çıkışa uyup uymadığını kontrol etmek amacıyla kullanılan bir değerdir (Şahin, 2014).

Korelasyon katsayısı (r) yapay sinir ağı çıkışının iyi eğitilip eğitilmediğine karar vermek için kullanılan bir büyüklüktür. Korelasyon katsayısı istenen ağ çıkışı ile hedeflenen çıkış arasında farka bağlı olarak elde edilen bir katsayıdır. Korelasyon katsayısı -1 ile 1 arasında değişir. $r=1$ olması durumunda ağ çıkışı ile hedeflenen çıkış arasında mükemmel bir benzerlik olduğu kabul edilir. $r=-1$ olduğunda ağ çıkışı ile hedeflenen çıkış arasında ters yönde bir ilişki olduğu kabul edilir. $r=0$ olduğunda ise ağ çıkışı ile hedeflenen çıkış arasında herhangi bir benzerlik bulunmamaktadır. Bu çalışmada tasarlanan YSA'nın korelasyon katsayısı $r=0,96$ dir. YSA eğitimi sonucunda elde edilen r^2 (belirlilik katsayısı) değeri ise 92,12'dir.

Kurulan Y.S.A modelinden elde edilen r^2 değeri 1'e çok yakın çıkmışlardır. Bu 1'e yakınlık kurulan modelin geçerliliğinin çok yüksek olduğunun istatistiksel kanıtıdır.

5. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu çalışmada, uygulamadaki hesaplama yöntemlerinden farklı olarak piyasa takas fiyatının tahmini için Feed-Forward back propagation tipi YSA kullanılmıştır. Oluşturulan YSA modelinin eğitim algoritması olarak da Levenberg-Marquardt (LM) algoritması tercih edilmiştir. YSA modelinin farklı fiziksel ve ekonomik değişkenlere ait gerçek zamanlı verilerle test işlemleri aşağıda ayrıntılı olarak anlatılmaktadır.

Çalışma 2012-2015 yılları arasını kapsadığı için tahmin sonuçları 2012, 2013, 2014 ve 2015 yılları için ayrı ayrı değerlendirilip gerçek ve tahmini değerler her yıl için ayrı ayrı sunulacaktır. Son olarak ta tüm zamanları kapsayan, genel tahmini ve gerçek değerlere ait karşılaştırmalar yapılacaktır.

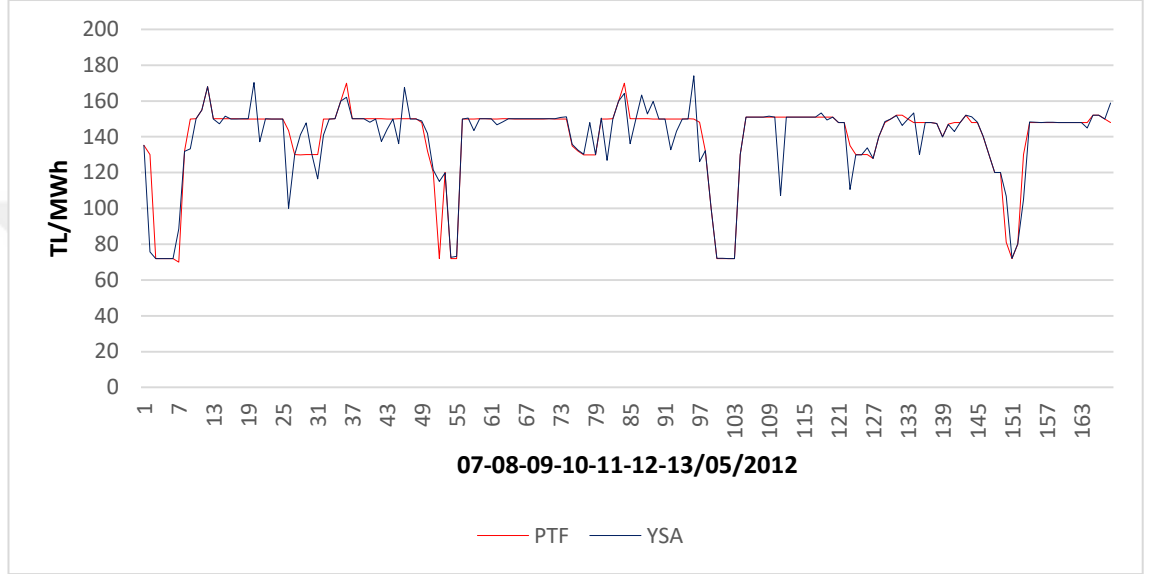
2012-2015 yıllarına ait giriş verileri bu yıla ait en yağışlı, en sıcak ve en soğuk dönemleri kapsamaktadır. Bölüm 3’de bahsedildiği üzere elektrik fiyatlarını oluşturan en önemli verilerden biri hava olaylarıdır. Yapılan incelemeler ve elde edilen sonuçlar neticesinde fiyatlarda ki artış azalış oranlarında ki değişiklikler yukarıda bahsedilen dönemlerde önemli şekilde değişmektedir. Burada 12 ayrı döneme ait gerçek ve tahmini PTF değeri grafikleri verilmiştir. Bu dönemler ise;

- 2012 yılına ait en yağışlı dönemi
- 2012 yılına ait en sıcak dönemi
- 2012 yılına ait en soğuk dönemi
- 2013 yılına ait en yağışlı dönemi
- 2013 yılına ait en sıcak dönemi
- 2013 yılına ait en soğuk dönemi
- 2014 yılına ait en yağışlı dönemi
- 2014 yılına ait en sıcak dönemi
- 2014 yılına ait en soğuk dönemi
- 2015 yılına ait en yağışlı dönemi
- 2015 yılına ait en sıcak dönemi
- 2015 yılına ait en soğuk dönemi

şeklindedir.

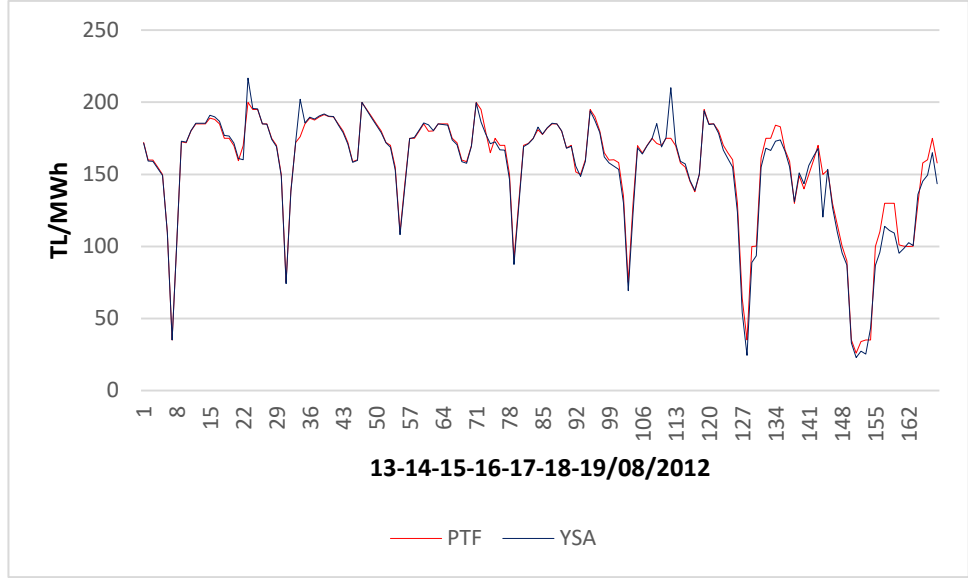
5.1. 2012 Yılına Ait Piyasa Takas Fiyatı Değerlerinin Karşılaştırılması

2012 yılını en yağışlı dönemine ait gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı değerlerinin grafiksel olarak karşılaştırılması Şekil 5.1'de görülmektedir. Bu döneme ait ortalama gerçek PTF değeri 139,5948 dir. Bu dönem için YSA'nın tahmin ettiği ortalama PTF değeri 138,6958 dir.



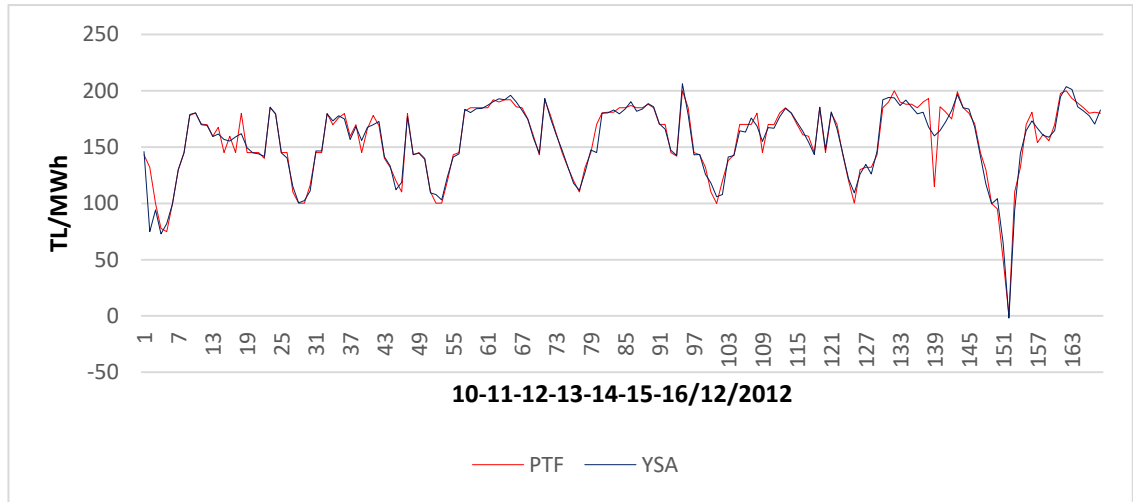
Şekil 5.1. 2012 yılını en yağışlı dönemi gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı

Şekil 5.2'de 2012 yılının en sıcak dönemine ait gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı değerlerinin grafiksel olarak karşılaştırılması görülmektedir. Bu döneme ait ortalama gerçek PTF değeri 156,0782dir. Bu dönem için YSA'nın tahmin ettiği ortalama PTF değeri 154,5653 dür.



Şekil 5.2. 2012 yılını en sıcak dönemi gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı

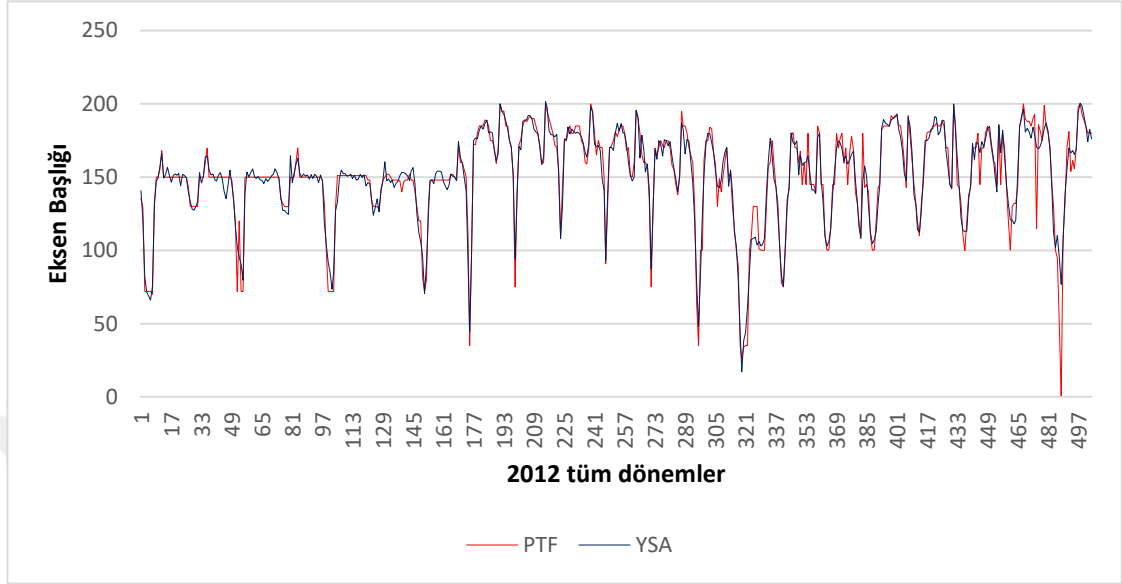
Şekil 5.3’de 2012 yılını en soğuk dönemine ait gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı değerlerinin grafiksel olarak karşılaştırılması görülmektedir. Bu döneme ait ortalama gerçek PTF değeri 156,1282 dir. Bu dönem için YSA’nın tahmin ettiği ortalama PTF değeri 155,4587 dir.



Şekil 5.3. 2012 yılını en soğuk dönemi gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı

Yukarıdaki dönemlik verilere ek olarak Şekil 5.4’de 2012 yılına ait tüm gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı değerlerinin grafiksel olarak

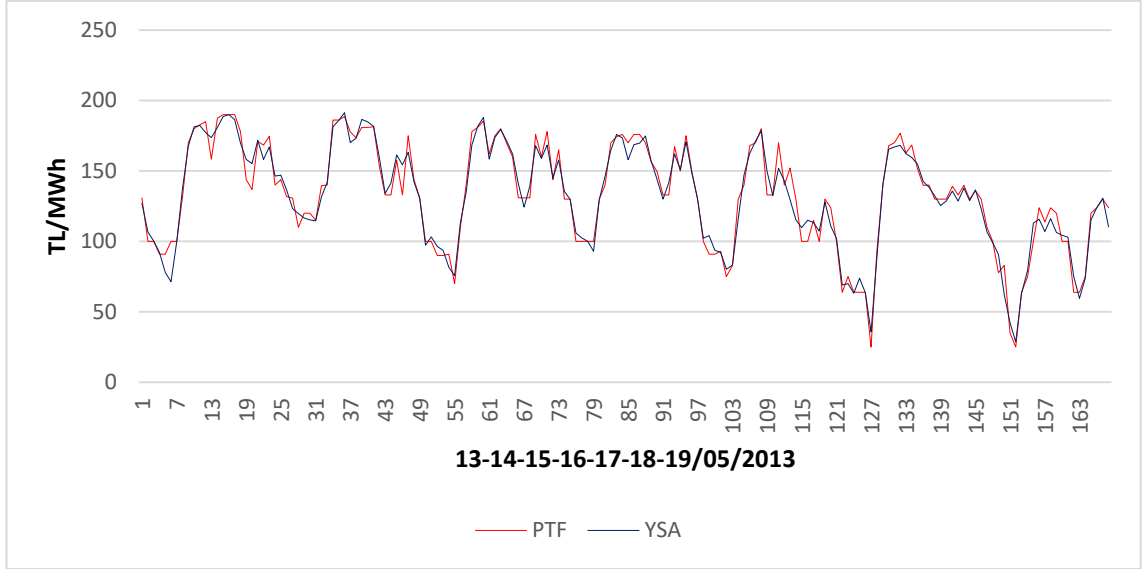
karşılaştırılması görülmektedir. Bu döneme ait ortalama gerçek PTF değeri 150,6004 dür. Bu dönem için YSA'nın tahmin ettiği ortalama PTF değeri 150,6375 dir.



Şekil 5.4. 2012 yılını gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı

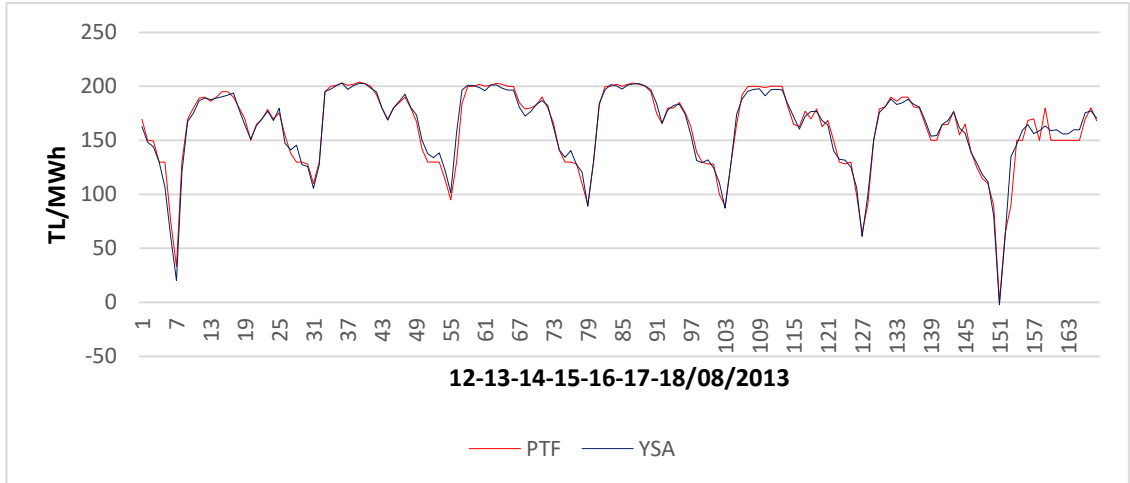
5.2. 2013 Yılına Ait Piyasa Takas Fiyatı Değerlerinin Karşılaştırılması

2013 yılını en yağışlı dönemine ait gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı değerlerinin grafiksel olarak karşılaştırılması Şekil 5.5'de görülmektedir. Bu döneme ait ortalama gerçek PTF değeri 132,8007 dir. Bu dönem için YSA'nın tahmin ettiği ortalama PTF değeri 132,2466 dır.



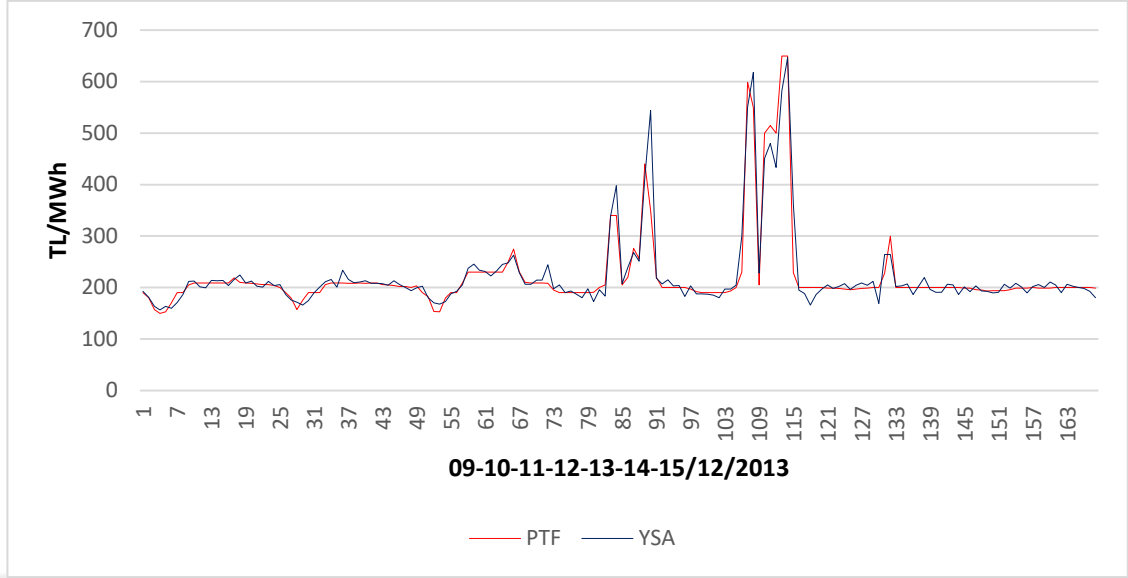
Şekil 5.5. 2013 yılını yağışlı dönemi gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı

Şekil 5.6’da 2013 yılının en sıcak dönemine ait gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı değerlerinin grafiksel olarak karşılaştırılması görülmektedir. Bu döneme ait ortalama gerçek PTF değeri 161,7501 dir. Bu dönem için YSA’nın tahmin ettiği ortalama PTF değeri 162,0224 dür.



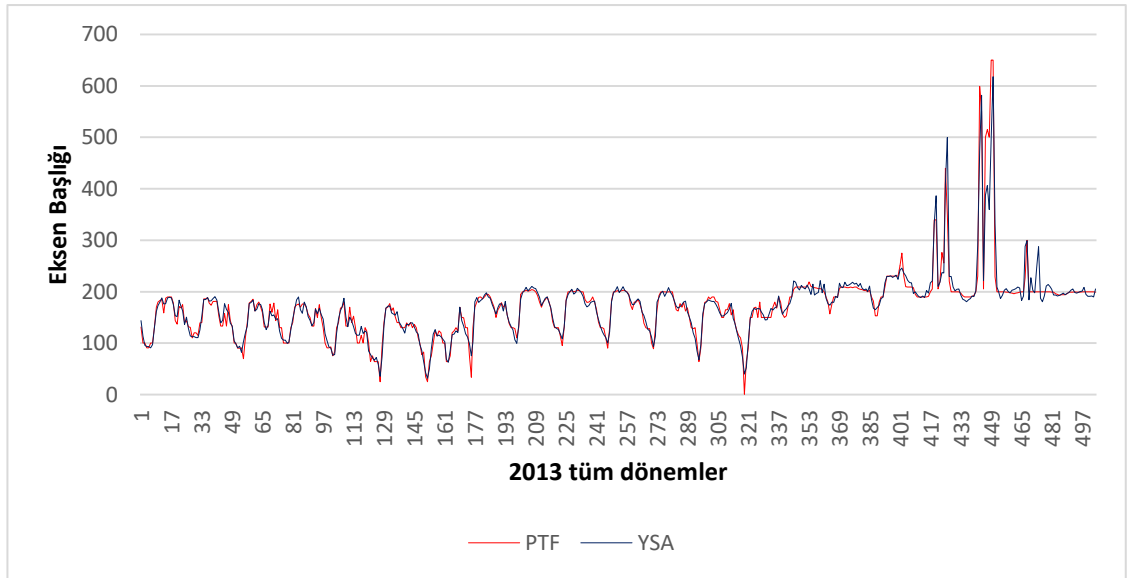
Şekil 5.6. 2013 yılını sıcak dönemine ait gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı

Şekil 5.7’de 2013 yılını en soğuk dönemine ait gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı değerlerinin grafiksel olarak karşılaştırılması görülmektedir. Bu döneme ait ortalama gerçek PTF değeri 221,1536 dır. Bu dönem için YSA’nın tahmin ettiği ortalama PTF değeri 223,1966 dır.



Şekil 5.7. 2013 yılı en soğuk dönemi gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı

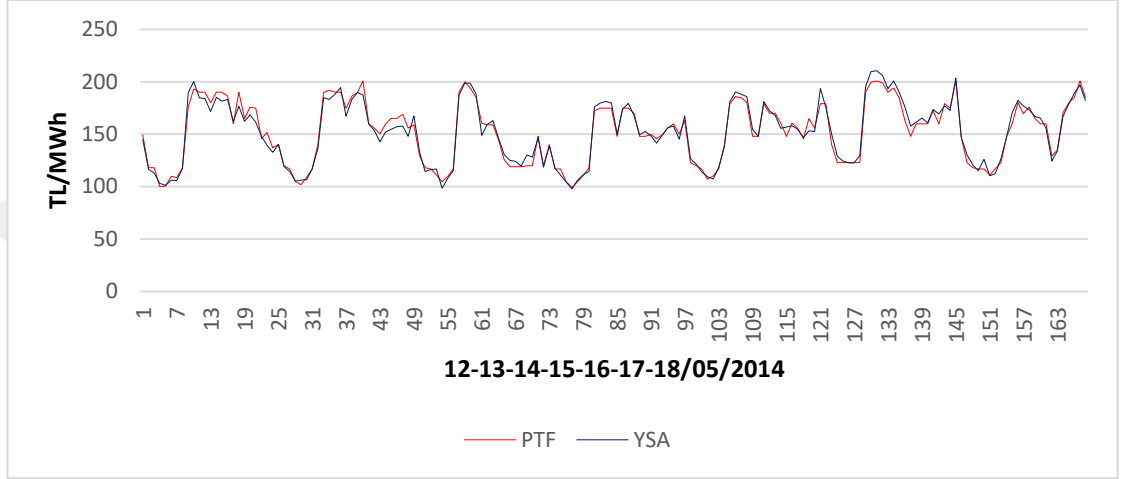
Yukarıdaki dönemlik verilere ek olarak Şekil 5.8’de 2013 yılına ait tüm gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı değerlerinin grafiksel olarak karşılaştırılması görülmektedir. Bu döneme ait ortalama gerçek PTF değeri 171,9014 dür. Bu dönem için YSA’nın tahmin ettiği ortalama PTF değeri 172,0999 dur.



Şekil 5.8. 2013 yılı piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı

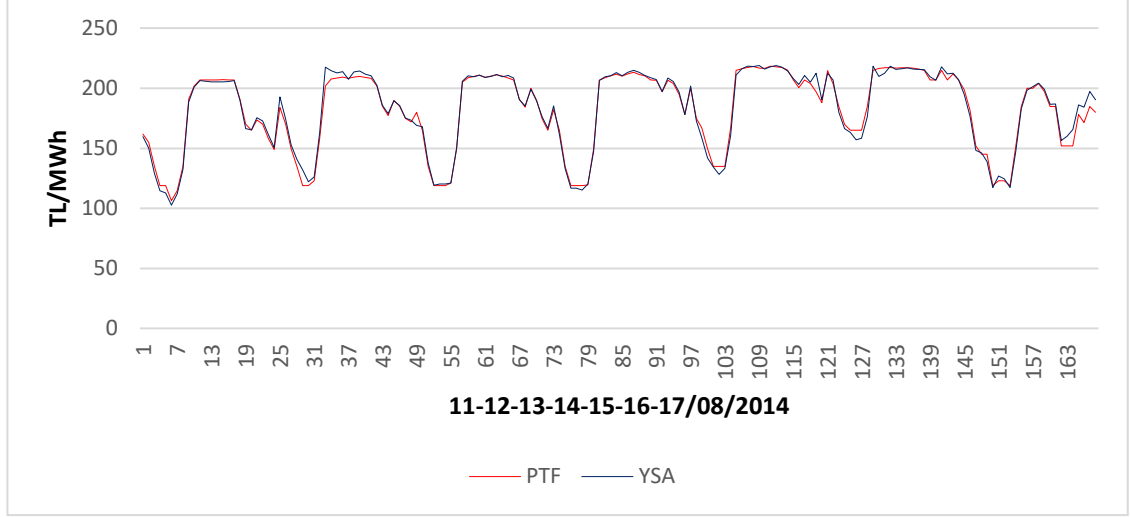
5.3. 2014 Yılına Ait Piyasa Takas Fiyatı Değerlerinin Karşılaştırılması

2014 yılını en yağışlı dönemine ait gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı değerlerinin grafiksel olarak karşılaştırılması Şekil 5.9'da görülmektedir. Bu döneme ait ortalama gerçek PTF değeri 152,1105 dir. Bu dönem için YSA'nın tahmin ettiği ortalama PTF değeri 152,2803 dür.



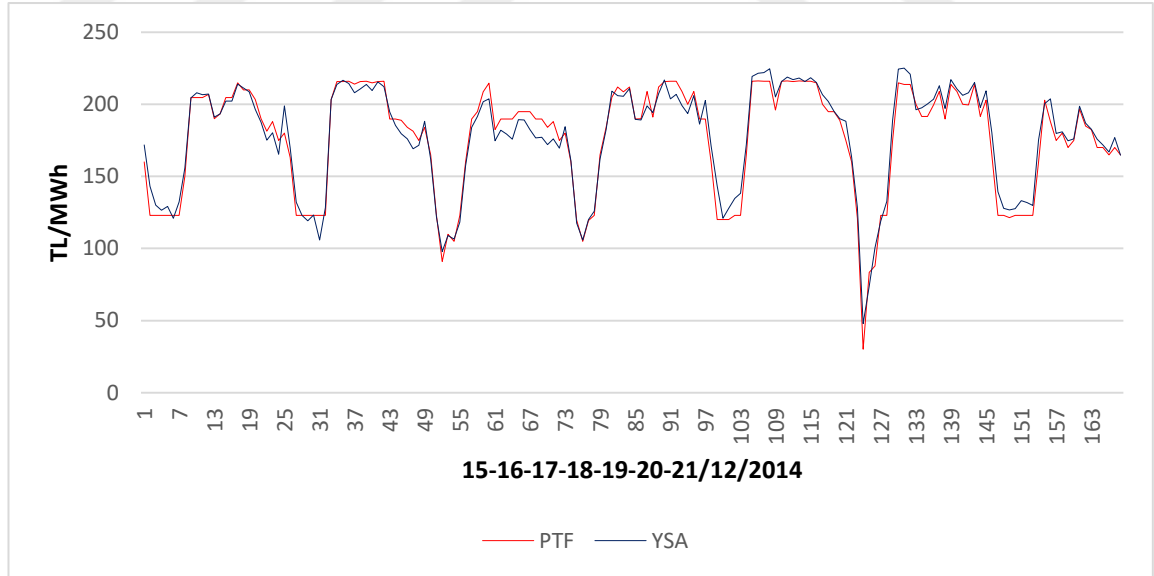
Şekil 5.9. 2014 yılı en yağışlı dönemi gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı

Şekil 5.10'da 2014 yılının en sıcak dönemine ait gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı değerlerinin grafiksel olarak karşılaştırılması görülmektedir. Bu döneme ait ortalama gerçek PTF değeri 181,9816 dır. Bu dönem için YSA'nın tahmin ettiği ortalama PTF değeri 182,4808 dir.



Şekil 5.10. 2014 yılı en sıcak dönemi gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı

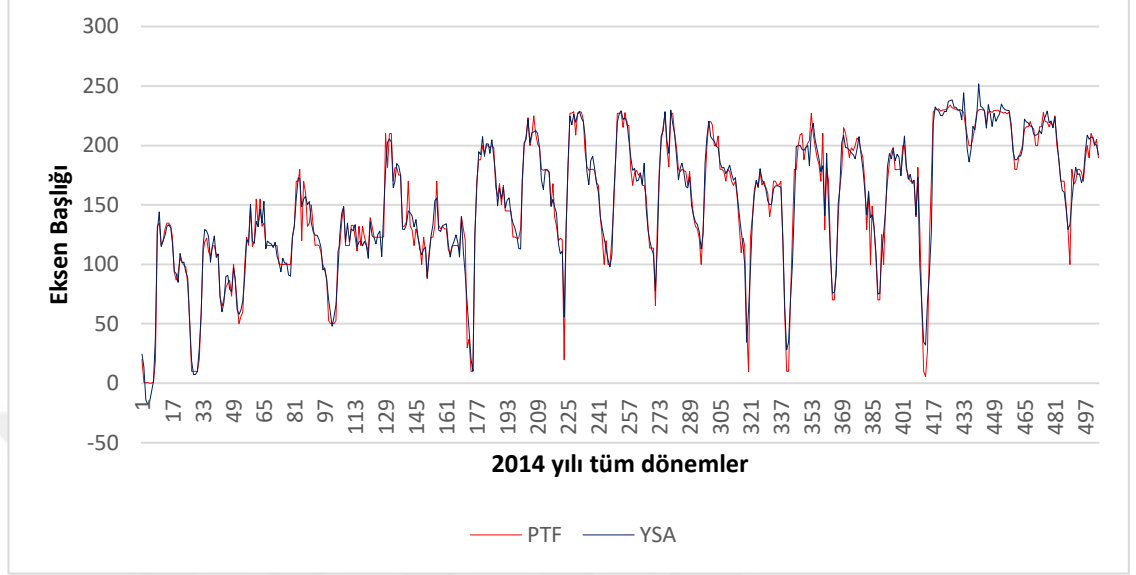
Şekil 5.11’de 2014 yılını en soğuk dönemine ait gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı değerlerinin grafiksel olarak karşılaştırılması görülmektedir. Bu döneme ait ortalama gerçek PTF değeri 176,3670 dir. Bu dönem için YSA’nın tahmin ettiği ortalama PTF değeri 177,6991 dir.



Şekil 5.11. 2014 yılı en soğuk dönemi gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı

Yukarıdaki dönemlik verilere ek olarak Şekil 5.12’de 2014 yılına ait tüm gerçek piyasa takas fiyatı ve tahmin edilen piyasa takas fiyatı değerlerinin grafiksel olarak

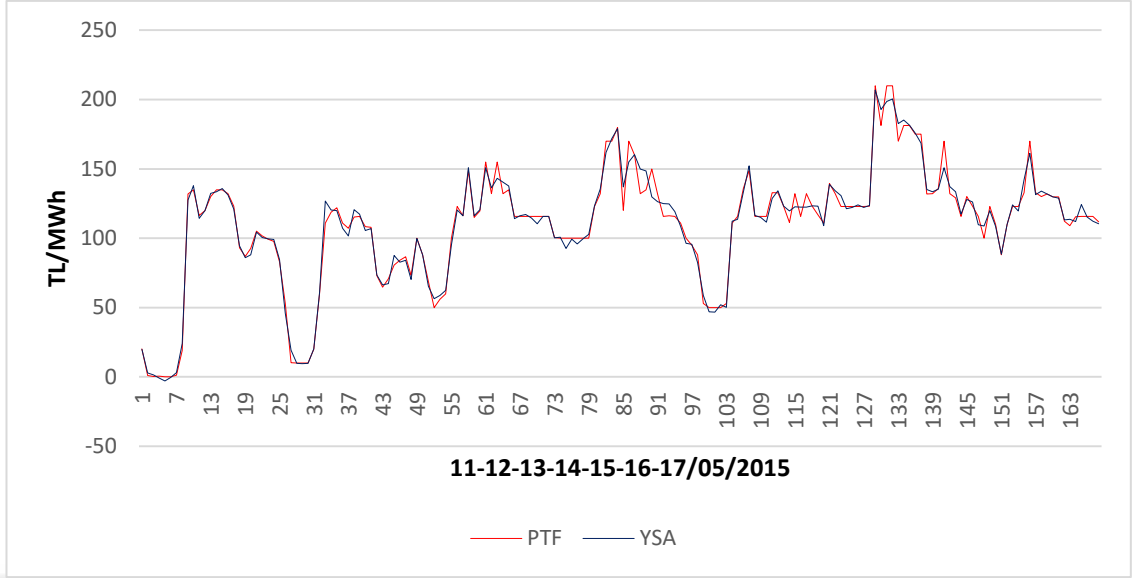
karşılaştırılması görülmektedir. Bu döneme ait ortalama gerçek PTF değeri 152,2390 dur. Bu dönem için YSA'nın tahmin ettiği ortalama PTF değeri 152,7607 dir.



Şekil 5.12. 2014 yılı tüm dönemler gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı

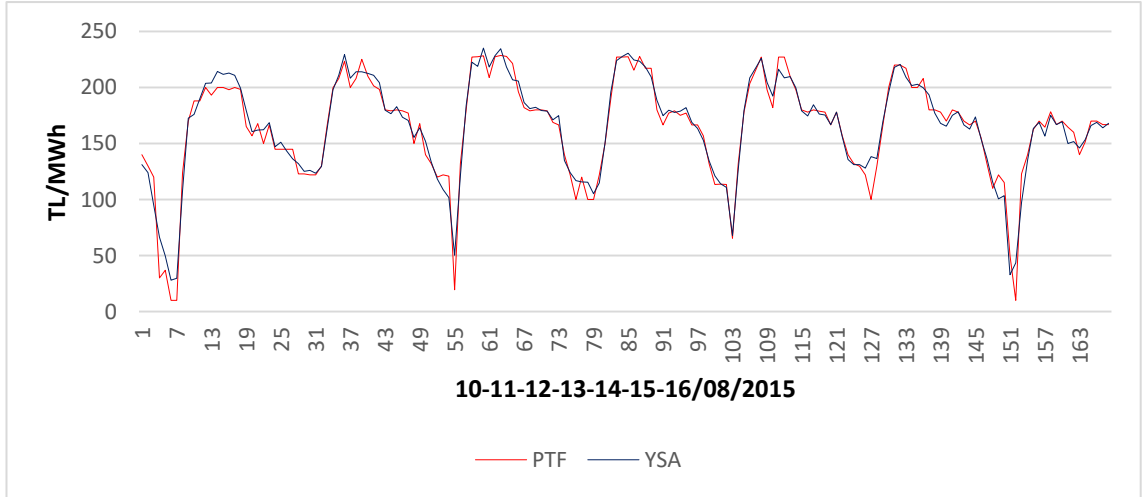
5.4. 2015 Yılına Ait Piyasa Takas Fiyatı Değerlerinin Karşılaştırılması

Şekil 5.13'de 2015 yılını en yağışlı dönemine ait gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı değerlerinin grafiksel olarak karşılaştırılması görülmektedir. Bu döneme ait ortalama gerçek PTF değeri 109,8477 dir. Bu dönem için YSA'nın tahmin ettiği ortalama PTF değeri 109,9187 dir.



Şekil 5.13. 2015 yılı en yağışlı dönem gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı

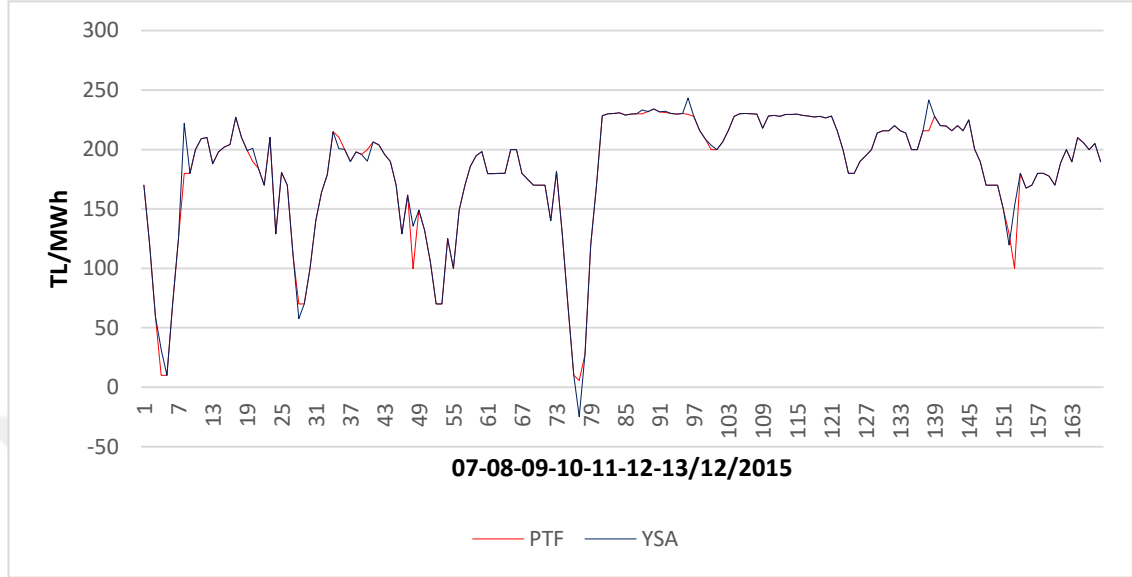
Şekil 5.14’de 2015 yılının en sıcak dönemine ait gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı değerlerinin grafiksel olarak karşılaştırılması görülmektedir. Bu döneme ait ortalama gerçek PTF değeri 164,2076 dır. Bu dönem için YSA’nın tahmin ettiği ortalama PTF değeri 165,1840 dır.



Şekil 5.14. 2015 yılı en sıcak dönem gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı

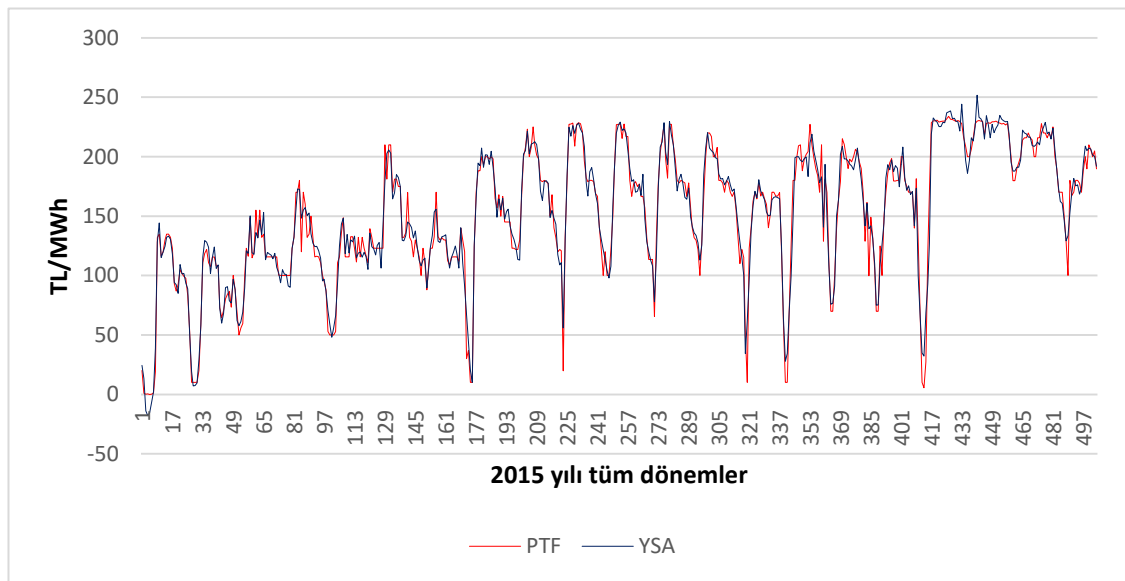
Şekil 5.15’de 2015 yılını en soğuk dönemine ait gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı değerlerinin grafiksel olarak karşılaştırılması

görülmektedir. Bu döneme ait ortalama gerçek PTF değeri 182,6615 dir. Bu dönem için YSA'nın tahmin ettiği ortalama PTF değeri 183,4937 dir.



Şekil 5.15. 2015 yılı en soğuk dönem gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı

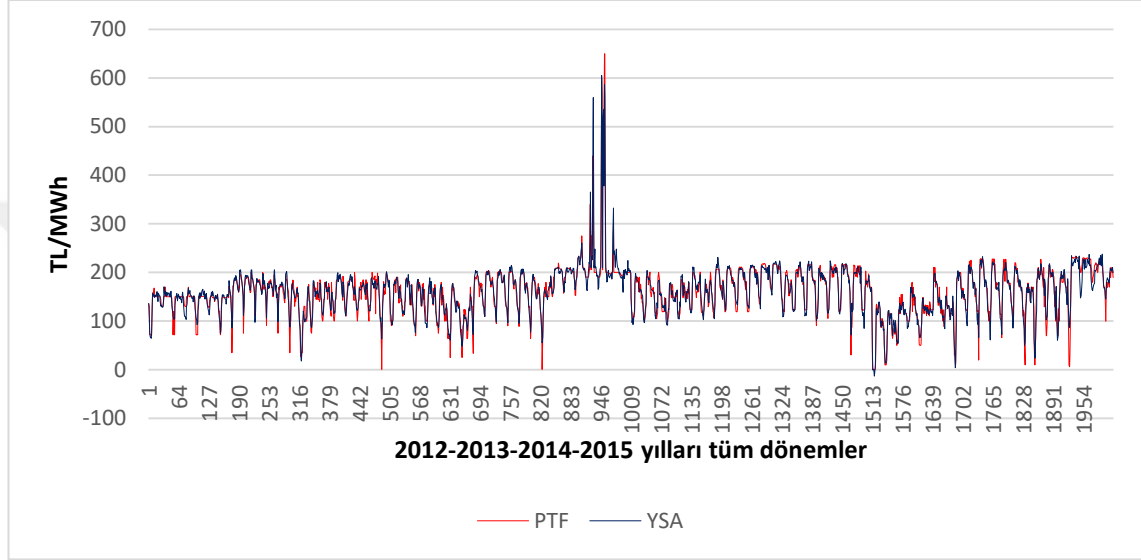
Yukarıdaki dönemlik verilere ek olarak Şekil 5.16'da 2015 yılına ait tüm gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı değerlerinin grafiksel olarak karşılaştırılması görülmektedir. Bu döneme ait ortalama gerçek PTF değeri 137,0277 dir. Bu dönem için YSA'nın tahmin ettiği ortalama PTF değeri 139,1333 dür.



Şekil 5.16. 2015 yılı tüm dönemler gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı

5.5. Genel Piyasa Takas Fiyatı Değerlendirme Karşılaştırması

Şekil 5.17’de 2012 ve 2015 yıllarının tamamına ait gerçek piyasa takas fiyatı ve YSA ile tahmin edilen piyasa takas fiyatı değerlerinin grafiksel olarak karşılaştırılması görülmektedir. Bu döneme ait ortalama gerçek PTF değeri 161,2235 dir. Bu dönem için YSA’nın tahmin ettiği ortalama PTF değeri 161,2198 dir.



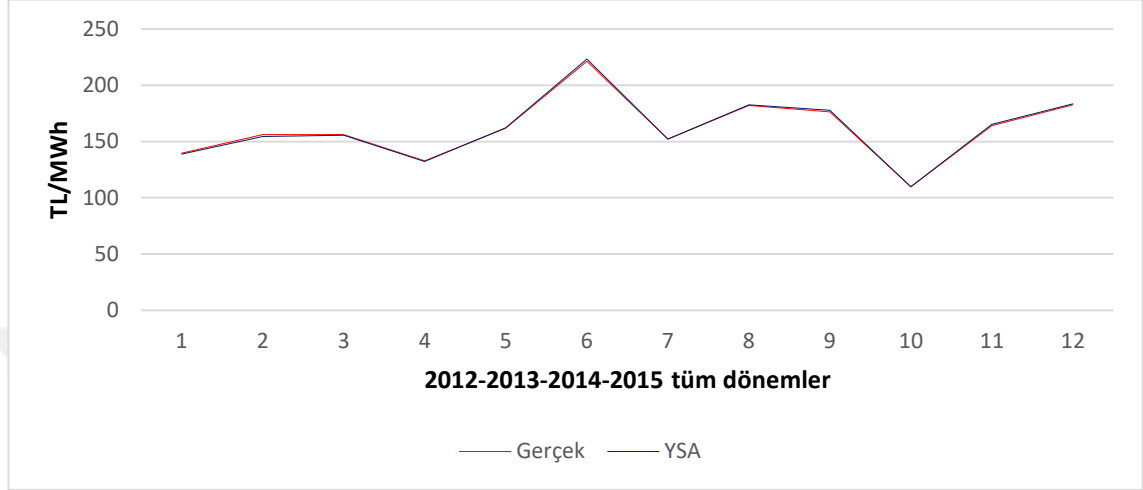
Şekil 5.17. 2012-2013-2014-2015 yılları tüm dönemler gerçek piyasa takas fiyatı ve tahmin edilen piyasa takas fiyatı

Tablo 5.1’de 2012, 2013, 2014 ve 2015 yıllarına ait dönemlik ortalama gerçek ve tahmini PTF değerleri verilmiştir.

Tablo 5.1. 2012, 2013, 2014 ve 2015 yıllarına ait dönemlik ortalama gerçek ve tahmini PTF değerleri

Dönem	Yıl	Gerçek	YSA
1. Dönem	2012	139,5948	138,6958
2. Dönem	2012	156,0782	154,5653
3. Dönem	2012	156,1282	155,4587
1. Dönem	2013	132,8007	132,2466
2. Dönem	2013	161,7501	162,0224
3. Dönem	2013	221,1536	223,1966
1. Dönem	2014	152,1105	152,2803
2. Dönem	2014	181,9816	182,4808
3. Dönem	2014	176,3670	177,6991
1. Dönem	2015	109,8477	109,9187
2. Dönem	2015	164,2076	165,1840
3. Dönem	2015	182,6615	183,4937

Şekil 5.18’de ise Tablo 5.1’de verilen gerçek ve tahmini PTF değerlerinin grafiksel olarak karşılaştırılması yapılmıştır.



Şekil 5.18. Gerçek ve tahmini PTF değerlerinin ortalamalarının grafiksel olarak karşılaştırılması.

Oluşturulan YSA modelinin tahmin değerleri incelendiği zaman %3'lük bir hata oranıyla istenilen PTF değerlerinin elde edildiği görülmektedir. Mevcut piyasa içinde oluşturulan YSA modeli kullanıcı amacına bağlı olarak işlem algoritması değişmektedir. Yani elde edilen tahmin değerlerine bağlı olarak üretici farklı bir üretim programı tüketici ise daha başka bir program hazırlamak zorundadır.

Ayrıca yukarıdaki bilgiler doğrultusunda çalışmanın uygulamaya yönelik kontrolü için Bayburt Enerji Üretim ve Tic. A.Ş.'ye ait iki adet hidroelektrik santralinin gün öncesi programı oluşturuldu. Elde edilen fiyat tahminine göre saatlik teklif oluşturuldu. Bir sonraki gün için tahmin edilen düşük fiyat aralıklarında üretim yapılmayarak mevcut su havzada biriktirildi. Tahmin edilen yüksek fiyat aralıklarında havzada biriktirilen suyla enerji üretimi yapıldı. Bu şekilde işlem bir ay süresince günlük olarak tekrarlandı ve mevcut kaynaklar üretici için daha verimli bir şekilde kullanılmış oldu.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Elektriğin depolanamama ve yaşamın temel ihtiyacı olması sebebiyle dengeli ve sürekli olması hem piyasa için hem de günlük yaşamımızı idame etmek açısından çok önemlidir. Elektrik fiyatlarının davranışları incelendiği zaman, tamamen üretici ve tüketici hareketlerine bağımlı olduğu görülmektedir. Üretici ve tüketici davranışları ise birçok bağımsız etmene göre değişmektedir. Bu tez çalışmasında amaç bu etmenleri tespit edip mevcut üretici ve tüketici davranışlarının elektrik fiyatları üzerinde ki etkisini inceleyip bir gün sonrası için en yakın elektrik fiyatını tahmin etmektir. Oluşturulan YSA modeli ile Türkiye elektrik piyasası gün sonrası fiyatı yani PTF çok düşük hata oranıyla tahmin edilmiştir. Elde edilen veriler aşağıdaki gibidir;

2012 yılının en yağışlı dönemine ait gerçek ortalama PFT değeri 139,5948 dir. Bu döneme ait YSA'nın tahmin ettiği PFT değeri ise 138,6958 dir. 2012 yılının en sıcak dönemine ait gerçek ortalama PFT değeri 156,0782 dir. Bu döneme ait YSA'nın tahmin ettiği PFT değeri ise 154,5653 dür. 2012 yılının en soğuk dönemine ait gerçek ortalama PFT değeri 156,1282 dir. Bu döneme ait YSA'nın tahmin ettiği PFT değeri ise 155,4587 dir. 2013 yılının en yağışlı dönemine ait gerçek ortalama PFT değeri 132,8007 dir. Bu döneme ait YSA'nın tahmin ettiği PFT değeri ise 132,2466 dir. 2013 yılının en sıcak dönemine ait gerçek ortalama PFT değeri 161,7501 dir. Bu döneme ait YSA'nın tahmin ettiği PFT değeri ise 162,0224 dür. 2013 yılının en soğuk dönemine ait gerçek ortalama PFT değeri 221,1536 dir. Bu döneme ait YSA'nın tahmin ettiği PFT değeri ise 223,1966 dır. 2014 yılının en yağışlı dönemine ait gerçek ortalama PFT değeri 152,1105 dir. Bu döneme ait YSA'nın tahmin ettiği PFT değeri ise 152,2803 dür. 2014 yılının en sıcak dönemine ait gerçek ortalama PFT değeri 181,9816 dir. Bu döneme ait YSA'nın tahmin ettiği PFT değeri ise 182,4808 dir. 2014 yılının en soğuk dönemine ait gerçek ortalama PFT değeri 176,367 dir. Bu döneme ait YSA'nın tahmin ettiği PFT değeri ise 177,6991 dir. 2015 yılının en yağışlı dönemine ait gerçek ortalama PFT değeri 109,8477 dir. Bu döneme ait YSA'nın tahmin ettiği PFT değeri ise 109,9187 dir. 2015 yılının en sıcak dönemine ait gerçek ortalama PFT değeri 164,2076 dır. Bu döneme ait YSA'nın tahmin ettiği PFT değeri ise 165,1840 dır. 2015 yılının en soğuk dönemine ait gerçek

ortalama PFT değeri 182,6615 dir. Bu döneme ait YSA'nın tahmin ettiği PFT değeri ise 183,4937 dir.

2012 yılının toplam verilerinin gerçek ortalama PFT değeri 150,6004 dür. Bu yıla ait YSA'nın tahmin ettiği PFT değeri ise 150,6375 dir.2013 yılının toplam verilerinin gerçek ortalama PFT değeri 171,9014 dür. Bu yıla ait YSA'nın tahmin ettiği PFT değeri ise 172,0999 dur.2014 yılının toplam verilerinin gerçek ortalama PFT değeri 152,239 dur. Bu yıla ait YSA'nın tahmin ettiği PFT değeri ise 152,7607 dir.2015 yılının toplam verilerinin gerçek ortalama PFT değeri 137,0277 dir. Bu yıla ait YSA'nın tahmin ettiği PFT değeri ise 133,1313 dür.

Genel olarak verileri değerlendirmek gerekirse tüm yıllara ait gerçek ortalama PFT değeri 161,2235 YSA'nın tahmin ettiği tüm yıllara ait ortalama PFT ise 161,2198 dir.

Burada hem tahminler hem dönemlik, hem yıllık hem de toplu olarak yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde dönemlik, yıllık ve toplu tahminlerden elde edilen sonuçların örtüştüğü görülmektedir. Bu da YSA'nın hem kısa vade fiyat tahminlerinde hem de uzun vade fiyat tahminlerinde başarılı olduğunu göstermektedir. Ayrıca elde edilen bağımlı değişkenin kullanılan bağımsız değişkenlerle yüksek oranda ilişkili olduğu görülmektedir.

Yapılan tez çalışmasının saha uygulanmasını yapmak için Bayburt Enerji Üretim ve Tic. A.Ş.'ye ait Bayburt HES(15MW) ve Yıldırım HES(10,6MW) tesisleri kullanılmıştır. Kanal Tipi olan bu santraller özellikle yılın en sıcak ve en soğuk dönemlerinde kurulu güç kapasitesinin altında çalışmaktadır. Bu nedenle mevcut kapasitesini daha verimli kullanmak amacıyla tez çalışmasında oluşturulan YSA modeli kullanılmıştır. 2017 Ekim ayında yapılan çalışmada ilk gün için üretim programı şu şekildedir; YSA modeli ile elde edilen tahmini değerler neticesinde gece 01:00 ve sabah 07:00 saatleri arasında üretim yapılmamıştır. Bu saatler arasında mevcut su kapasitesi regülatörde biriktirilmiştir. Saat 07:00'den sonra üretim yapılmaya başlanmıştır. Bu şekilde elektrik fiyatlarının ucuz olduğu saatler üretim yapılmayarak YSA modeline göre elde edilen en yüksek saat dilimleri için, gün sonrası piyasasına üretim teklifi verilmiştir. Oluşturulan YSA modeli ile hem bir gün sonrası için daha verimli üretim programı oluşturulmuş hem de gün içi piyasası dengesizlikleri önlenmiştir. Her gün için ayrı üretim programı oluşturulmuştur. Bu şekilde tüm ay boyu yapılan planlama

neticesinde ay sonu hakediş faturasında %12 daha fazla kar elde edilebileceği görülmüştür. Özellikle havza alanı az olan bu tür santrallerde gün sonrası için tahmin edilen elektrik fiyatları büyük oranda kazanç sağlamaktadır. Yapılan uygulama tüketici açısından tamamen ters işlemektedir. Yani fiyatların ucuz olduğu saat dilimlerinde üretim kapasitesinin artırılması ve fiyatları yüksek olduğu saat dilimlerinde üretim kapasitesinin azaltılması üretim maliyeti açısından aynı oranda kazanç sağlayacaktır.

Tez çalışmasında YSA kullanılarak gün sonrası fiyat tespiti yapılarak mevcut kapasitenin daha verimli kullanılmasına olanak sağlanmıştır. Bu tespitler enerji tasarrufu temeline dayalı üretim yapılmasına katkıda bulunularak enerji verimliliği sağlanmasına olanak tanımıştır. Bu sayede enerji piyasasındaki dengesizliklerin önüne geçilmiştir.

Enerji piyasasında piyasa takas fiyat tahmininde YSA kullanımı genişletilebilir. Yani yapay sinir ağı eğitiminde daha farklı değişkenler kullanılıp çok daha farklı özelliklerdeki enerji piyasalarının ileriye dönük fiyat değerleri ve dalgalanmaları YSA'ya tahmin ettirilebilir. Bu da tahminlerin çeşitli piyasalarda uygulanmasına olanak sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Ağır, H. ve Kar, M. (2010) '' Türkiye’de elektrik tüketimi ve ekonomik gelişmişlik düzeyi ilişkisi: Yatay kesit analizi'', *Sosyoekonomi*, 12(12), 7-17
- Anderson, E.J., Hu, X. and Winchester, D. (2007) ‘Forward contracts in electricity markets: The Australian experience.’ *Energy Policy*, 35(5), 3089-3103.
- Ataseven, B. (2013) ‘Yapay sinir ağları ile öngörü modellemesi'', *İstanbul Kültür Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi*, Ocak 2013,101-115
- Ayla, T. (2007) '' Türkiye’de elektrik enerjisinin tarihsel gelişimi ve yeni piyasa düzeni içerisinde hidroelektrik enerjinin yeri'', *TMMOB Su Politikalari Kongresi*, Ankara, 31-45
- Barak, A. (2008) ''Learning states pace trejectories in recurrent neural networks'', *Neural Computation*, 1(2), 263-269
- Baruque, B. and Corchado, E. (2010) ‘Fusion methods for unsupervised learning resembles'', *Springer*, 46-47.
- Bayramoğlu, M. F. (2007) ‘Finansal Endekslerin ngrsnde Yapay Sinir Ağı Modellerinin Kullanılması: İMKB Ulusal 100 Endeksinin Gün İçi En Yüksek Ve En Düşük Değerlerinin ngrs zerine Bir Uygulama’ , Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü*, 62-68
- Biçen, Y. (2016) '' Türkiye elektrik enerjisi piyasası gelişim süreci: Gün ncesi ve dengeleme güç piyasası zellikleri'', *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, Karaelmas Fen ve Müh. Derg. 6(2), 432-438
- Bilici, M. (2015) ‘Elektrik Piyasalarında fiyatlandırma ve Türkiye elektrik piyasasında fiyat tahmini'', *Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü*, 20-22
- Burke, L. L. and Ignizio, J. P. (1992) ‘Neural networks and operations research: An overview'', *Computers and Operations Research*, 19(3/4),179-189
- Catalo, J. P. S., Mariano , S. J. P.S., Mendes , V.M.F. and Ferreira, L.A.F.M. (2007)'' Short-term electricity prices forecasting in a competitive market: a neural network approach'', *Electric Power System Research*, 77(10), 1297-1304
- Civalek, . ve Calayır, Y. (2007). ‘İnce dikdrtgen plakların titreşim frekanslarının yapay sinir ağları yaklaşımı ile tahmini'', *MO Teknik Dergi*, 275, 4161-4176.
- DAILYONES. ‘Intelligent agents in artificial intelligence’’, Agents interact with environment through sensors and effectors,

<https://johnbaps.wordpress.com/2014/03/20/intelligent-agents-in-artificial-intelligence/>Son Erişim Tarihi:27.09.2017

- Demirel, Ö. (2003) Kuramdan Uygulamaya Eğitimde Program Geliştirme 5nd ed, Pegem A Yayıncılık, Ankara, 34-54
- Elmas, Ç., (2003) Yapay Sinir Ağları, (Kuram, Mimari, Eğitim, Uygulama), *Seçkin Yayıncılık*, Ankara,39-89
- EPDK, 2017 ‘‘Piyasa İşlemleri’’, Erişim Adresi: <https://www.epias.com.tr/gun-oncesi-piyasasi/giris/>’’ (Erişim Tarihi: 20.12.2017)
- EPDK, 2010 ‘‘Elektrik piyasası 2009 yılı piyasa raporu’’, *Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu*, Ankara,43-110
- EPDK, 2011 ‘‘Elektrik piyasası 2010 yılı piyasa raporu’’, *Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu*, Ankara,30-120
- EPDK, 2012 ‘‘Elektrik piyasası 2011 yılı piyasa raporu’’, *Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu*, Ankara,17-131
- EPDK, 2014 ‘‘Elektrik piyasası 2013 yılı piyasa raporu’’, *Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu*, Ankara,12-90
- EPDK, 2016 ‘‘Elektrik piyasası 2015 yılı piyasa raporu’’, *Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu*, Ankara,34-134
- EPDK, 2017 ‘‘Elektrik piyasası 2016 yılı piyasa raporu’’, *Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu*, Ankara,43-78
- EPDK, 2017 ‘‘ Dünya ve Türkiye enerji ve tabii kaynaklar görünümü’’, *Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, Strateji Geliştirme Başkanlığı*, Ankara, 15:1, s.14-21
- EPIAŞ, 2016 ‘‘Yeni gün öncesi piyasası kullanıcı kılavuzu’’, Erişim Adresi: https://www.epias.com.tr/wp-content/uploads/2016/03/G%C3%96P-KULLANICI-KILAVUZU_V.1.6.pdf,(Erişim Tarihi: 20.12.2017)
- Erten, İ. E. (2012) (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu), ‘‘ Türkiye elektrik piyasası ve DUY’’,*EPDK, Afyon*, 1-39.
- Es, H.A. (2013) ‘‘ Yapay sinir ağları ile elektrik net enerji talep tahmini’’, Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 13-15
- EÜAŞ, (2017),(Elektrik Üretim Anonim Şirketi),’’Elektrik üretim sektör raporu’’, *Eüaş, Mayıs 2017*, Ankara, 22-37
- Fletcher, D. and Goss, E. (1993) ‘‘Forecasting with neural networks: An application using bankruptcy data’’, *Information and Management*, 24(3), 159-167

- Ghodsi, R. and Zekerinia, MS. (2012) ‘‘Forecasting short-term electricity price using artificial neural network and fuzz regression’’, *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 2(1), 286
- Gupta, A., Chawla , P. and Chawla, S. (2013) ‘‘ Shortterm electricity price forecasting using ANN and fuzzy logic under deregulated environment’’, *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronicsand Instrumentation Engineering*,2(8), 2320 – 3765.
- Haykin, S. (1999) ‘‘Neural networks : A comprehensive foundation’’, *Perenctice Hall*, NewJersey, 139-549
- Hepbaşı, A. and Özgener, Ö. (2004) ‘‘Turkey's renewable energy sources: Part 1. Historical development’’, *Energy Sources*, 26: 961-969.
- Heydari, S. and Siddiqui, A. (2010) ‘‘Valueing a gas-fired power plant: Acomparision of ordinary linear models, regime-switching approaches, and model swith stochastic volatility’’, *Energy Economics*, 709-725.
- Hinton, G. E. (1989) ‘‘ Connectionist learning procedures’’, *Computer Science Department, University of Toronto*,197-218
- Hopfield, J. J. and Tank, D. W. (1985) ‘‘Neural computation of decisions in optimization problems’’, *Biological Cybernetics* ,52,141-174.
- Hopfield, J.J. (1984) ‘‘Neurons with gradedresponse have collective computational properties like those of two stateneurons’’, *Proc.Natl.Acad.Sci.*, 81, p. 3089
- İkizoğlu, S. ve Altunkaya, M. (2006) ‘‘ Bir sualtı aracının ataletsel özelliklerinin algılanması yoluyla yörünge takibi’’, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, 34-67
- Kaastra, I. and Boyd, M. (1996) ‘‘Designing a neural network for forecasting financial and economic time series’’,*Neurocomputing*, 10, 215–236.
- Klimasauskas, C. C. (1989) ‘‘The 1989 Neural-Computing bibliography’’, *The MIT Press*, Cambridge, 39-156
- Kölmek, M.A. (2012) ‘‘ Türkiye elektrik dengeleme ve uzlaştırma piyasasındaki sistem gün öncesi fiyatının yapay sinir ağları kullanılarak modellenmesi’’, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*,19-21.
- Kömek, M A. and Navruz, İ. (2015) ‘‘ Forecasting the day-ahead price in electricity balancing and settlement market of Turkey by using artificial neural networks’’, *Turkish Journal of Electrical Engineering&Computer Sciences*, 2015(23), 841– 852.
- Li, H. and Gupta, M. M. (1995) ‘‘Fuzzy logic and intelligent system’’, *Kluwer Academic Pubishers*, London, 17-19.

- Mehrotra, K., Mohan, C. K. and Ranka, S. (2000) ‘‘Elements of artificial neural networks’’, *The MIT Press*, 7-9
- Minsky, M. and Papert, S., 1969, ‘Perceptrons’*MIT Press*, Cambridge, 161-188
- Mucuk, M. ve Uysal, D. (2009) ‘‘Türkiye ekonomisinde enerji tüketimi ve ekonomik büyüme’’, *Maliye Dergisi*, 157-165
- Nauck, D., Klawonn, F., and Kruse, R., (1992) ‘‘Fuzzy Sets, Fuzzy Controllers, and Neural Networks’’. *Journal of the Humboldt-University of Berlin*, 41(4), 10-16
- Norgaard, M., Ravn, O., Poulsen, N.K. and Hansen, L.K. (2003) ‘‘Neural networks formodelling and control of dynamic systems’’, *Springer*, 234-245
- Onur, F., Ergün, B., ve Şahin, C. (2016) ‘‘Bulanık Mantık Yaklaşımı ile Baraj Gölü Doluluk Tahmini Çalışması’’, *6. Uzaktan Algılama- CBS Sempozyumu*, Adana, 371-380.
- Özdemir, A. ve YÜKSEL, F. (2006) ‘‘Türkiye’de enerji sektörünün ileri ve geri bağlantı etkileri’’, *Yönetim Ve Ekonomi*, Celal Bayar Üniversitesi,13(2), 23-56
- Özgüner, E. (2012) ‘‘Shortterm electricity price forecasting in Turkish electricity market’’, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Öztemel, E. (2016) Yapay sinir ağları, 1 st, *Papatya Bilim*, İstanbul, 15-61
- Ramsay, B. and Wang, A. J. (1997) ‘‘A neural network model for predicting system marginal price in the UK powerpool’’, *Control of Power Systems and PowerPlants*, 2-6
- Reed, R. D. and Marks, R. J. (1998) ‘‘Supervised learning in feedforward artificial neural networks’’, *The MIT Press, London*, 7-15
- Reza G. and Zakerinia, M. S. (2012) ‘‘Forecasting short term electricity price using artificial neural network and fuzzy regression’’, *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 2(1), 2222-6990
- Sevaioğlu, O. (2015) ‘‘Elektrik sektöründe rekabet ve yeni elektrik piyasası kanunu’’,*Orta Doğu Teknik Üniversitesi*.
- Sieger, D. B. and Badiru, A. B. (1993) ‘‘An artificial neural network case study: Prediction versus classification in a manufacturing application’’,*Computers and Industrial Engineering*, 25(1/4), 45-90
- Suhail, K., Asuhaimi, A., Safawi, A., and Pesaran M. (2015) ‘‘A comprehensive overview on signal processing and artificial intelligence techniques applications in classification of powerquality disturbances’’, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 1650-1663

- Şahin, (2010) ‘Yapay sinir ağları ile dahili ortamda ki aydınlık düzeyinin analizi’’,
Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, **Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul
- Şahin, (2014) ‘Farklı teknik ve fiziksel özelliklerdeki ortamların bakım katsayılarının belirlenmesi ve aydınlık düzeylerinin yapay sinir ağları ile tahmin edilmesi’’,
Yayınlanmış Doktora Tezi, **Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul.
- Şahin, M. and Kiki, M. (2017) ‘Examination of environmental effects of high voltage lines’’, **The 2nd International Conference Civiland Environment Engineering**, Nevşehir, 8 – 10
- Şahin, V. (1994) ‘Enerji sektöründe geleceğe bakış’’, **Tüsiad Yayın**, İstanbul, 15-29
- Şirin Y.N. (2009) ‘Elektrik sektöründe özelleştirmeye genel bir bakış ve öneriler’’,
Ege Bölgesi Enerji Forumu, Denizli, 27-32
- TEİAŞ, ‘Türkiye elektrik üretim, iletim ve tüketim istatistikleri’’,
<https://www.teias.gov.tr/tr/elektrik-istatistikleri>, Son Erişim:18.01.2018.
- Tektaş, M., Akbaş, A. ve Topuz, V. (2010) ‘Yapay zekâ tekniklerinin trafik kontrolünde kullanılması üzerine bir inceleme’’, **Marmara Üniversitesi Teknik Bilimler MYO**, 81040, 1-3
- TETAŞ, 2017 ‘2016 yılı sektör raporu’’, **Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt A.Ş. Genel Müdürlüğü**, Ankara,12-35
- Teodorescu, M. H. (2017) "Machine learning methods for strategy research." **Harvard Business School Working Paper**, 18(011), 13-54
- Tfwala, S. S. and Wang, Y. (2016) ‘Estimating sediment discharge using sedimentrating curvesand artificial neural networks in the shiwen river’’,
Water 2016,Taiwan, 8(2), 53
- Toktaş, İ. ve Aktürk, N. (2004) ‘Makine tasarım işleminde kullanılan yapay zeka teknikleri ve uygulama alanları’’, **Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi**,7-20
- Uzun E. (2007), İnternet tabanlı bilgi erişimi destekli bir otomatik öğrenme sistemi,
Yayınlanmış Doktora Tezi, **Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Edirne, 23-78
- Whiteson, S. (2010) ‘Adaptive Representations for Reinforcement Learning’’, **Springer**, 10.1007/978-3-642-13932-1, s.20-40
- Widrow, B. and Stearns, S. D. (1985) Adaptive signal processing, **Pearson Education Michigan Üniversitesi**, 234-256
- Wilamowski, B. M. 2011, ‘Neural networks learning’,**Industrial Electronics Handbook**, USA, 5, 1-18.

- Yarıcı M. (2015) (Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi), “ Gün öncesi piyasası”,*EPIAŞ, Ankara*, 10-30
- Yıldız, S. (2015), Türkiye elektrik piyasası kısa dönemli referans fiyat tahmini, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi, Enerji Enstitüsü*, İstanbul
- Yegnanaraya, B. (2006) “Artificial neural networks”, *Prentice-Hall of India Private Limited*, India, 63-65
- Yurtcu, Ş., Uygunoğlu, T., ve İçağa, Y., (2006) “Yeraltı Suyu Akımı ile Diğer Meteorolojik Değişkenler Arasındaki İlişkinin Bulanık Mantıkla Modellenmesi” *Pamukkale Univ Muh Bilim Dergisi*, 12(2), 285-292
- Zhang G. P. (2004) Business forecasting with artificial neural networks: An overview, neural networks in business forecasting, *Idea Group Inc*, USA, 4.
- Zhang, G., Patuwo, E. and Hu, M.Y. (1998) “Forecasting with artificial neural networks: The state of the art” *InterJournal of Forecasting*, 14(1), 35-62
- Zhang, X. S. (2000) “Neural networks in optimization”, *Springer-Science+Business Media B.V.*, 101-107
- 4628 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu, *Resmi Gazete*, S:24335(03.03.2001)
- 6446 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu, *Resmi Gazete*, S: 28603 (30.03.2013)

EKLER

Ek-1. Tez Çalışması Süresince Yapılan Akademik Çalışmalar

Kiki, M., Oğuz, Y., Şahin, M., Akaltun, Y., ‘‘Examination of environmental effects of high voltage line’’, *2nd. International Conference on Civil and Environmental Engineering (ICOCEE)*, Nevşehir, 8-10 Mayıs 2017



ÖZGEÇMİŞ

1985 yılında Bayburt'ta doğdu. Lise eğitimini Bayburt Anadolu Lisesinde tamamladı. Cumhuriyet Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği bölümünden 2009 yılında mezun oldu. 2009 Temmuz Bayburt Enerji Üretim ve Tic. A.Ş.'ye ait Bayburt Hidroelektrik Santralinde İşletme Müdürü olarak göreve başladı. 2012 Eylül ayında aynı şirket bünyesinde işletmeye alınan Yıldırım Hidroelektrik Santralının kurulum çalışmalarında İşletme Müdürü olarak ataması yapıldı. 2016 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi İş Sağlığı ve Güvenliği bölümünde tezsiz yüksek lisans yaparak B sınıfı İş güvenliği uzmanı olmaya hak kazandı. 2017 yılında Erzincan Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Yüksek Lisans programına başladı. Eğitimi halen devam etmektedir. Şuan hem Bayburt HES (15MW) hem de Yıldırım HES(10,6MW) İşletme Müdürü olarak görev yapmaktadır.