

T.C.
MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

FETHİYE İLÇESİNİN RÜZGAR HIZLARININ
YAPAY SİNİR AĞLARI İLE TAHMİNİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KANAN GULUZADE

KASIM 2020

MUĞLA

T.C.
MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

FETHİYE İLÇESİNİN RÜZGAR HIZLARININ
YAPAY SİNİR AĞLARI İLE TAHMİNİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KANAN GULUZADE

KASIM 2020

MUĞLA

MUGLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

TEZ ONAYI

KANAN GULUZADE tarafından hazırlanan **FETHİYE İLÇESİNİN RÜZGAR HIZLARININ YAPAY SİNİR AĞLARI İLE TAHMİNİ** başlıklı tezinin, 13/11/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans derecesi için gerekli şartları sağladığı oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

TEZ SINAV JURİSİ

Doç. Dr. Serkan BALLI (**Jüri Başkanı**)

İmza:

Bilişim Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

Prof. Dr. Faruk ŞEN (**Danışman**)

İmza:

Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

Dr. Öğretim Üyesi Yüksel AYDOĞAN (**Üye**)

İmza:

Biyosistem Mühendisliği Ana Bilim Dalı,
Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın

ANA BİLİM DALI BAŞKANLIĞI ONAYI

Prof. Dr. Ali KEÇEBAŞ

İmza:

Enerji Sistemleri Mühendisliği Ana Bilim Dalı Başkanı,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

Savunma Tarihi: 13/11/2020

Tez çalışmalarım sırasında elde ettiğim ve sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgelerin tarafımdan bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde edildiğini; akademik ve bilimsel etik kurallarına uygun olduğunu beyan ederim. Ayrıca, akademik ve bilimsel etik kuralları gereği bu tez çalışması sırasında elde edilmemiş başkalarına ait tüm orijinal bilgi ve sonuçlara atıf yapıldığını da beyan ederim.

Kanan Guluzade
04.07.2020

ÖZET

FETHİYE İLÇESİNİN RÜZGAR HIZLARININ YAPAY SİNİR AĞLARI İLE TAHMİNİ

Kanan GULUZADE

Yüksek Lisans Tezi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Faruk ŞEN

Kasım 2020, 53 sayfa

Günümüzde enerji ihtiyacının karşılanması ülkelerin en büyük sorunlarından biri haline gelmiştir. Bunu gidermek için, dünya ülkeleri gibi Türkiye de fosil yakıtlarından ziyade yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını gün geçtikçe hızla artırmaktadır. Bu kaynakların temiz, doğa dostu ve tükenmez olması, onların kullanımını daha önemli kılmıştır. Bu yönde rüzgar enerjisi potansiyeli ciddi önem arz etmektedir. Fakat, rüzgar şiddetinin coğrafi farklılıklar ve zamansal olarak değişken olması bunu güç kılmaktadır. Bu yüzden rüzgar güç ve hız tahmini planlamasına ihtiyaç duyulmuştur.

Bu çalışmada, Muğla iline bağlı Fethiye ilçesinin rüzgar hızı tahmini yapılmıştır. Bu amaçla, Fethiye ilçesinde bulunan Muğla Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün meteoroloji istasyonundan 2011-2013 yıllarını kapsayan, 10 m yükseklikten elde edilen ortalama saatlik rüzgar hızı verileri alınmış ve tahmin için Yapay Sinir Ağları (YSA) modeli kurulmuştur.

YSA modeli 3 katmanlı, ileri beslemeli, geri yayımlı Levenberg-Marquard öğrenme algoritmasıyla oluşturulmuştur. Hesaplama kullanılan verilerin %80'ni eğitim, %20'si ise test için kullanılmıştır. Tez kapsamından 2013 yılı ve bu yılın dört mevsimini temsilen dört farklı ay için (Mart, Haziran, Eylül, Aralık) rüzgar hızı tahmini yapılmıştır. Elde edilen sonuçların performansı değerlendirilmiş ve oluşturulan modelin gerçek verilerle uyum içinde olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yapay Sinir Ağları, Rüzgar, Tahmin, Enerji

ABSTRACT
ESTIMATION OF WIND SPEEDS OF FETHİYE DISTRICT WITH
ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

Kanan GULUZADE

Master of Science (M.Sc.)
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Energy Systems Engineering
Supervisor: Prof. Dr. Faruk ŞEN
November, 2020, 53 page

Today, meeting the energy need has become one of the biggest problems of the countries. To resolve this, Turkey like the countries of the world is rapidly increasing day by day the use of renewable energy sources rather than fossil fuels. The fact that these resources are clean, environmentally friendly and inexhaustible has made their use more important. In this direction, wind energy potential is of great importance. However, geographical differences and temporal variability make wind power difficult for use. Therefore, wind power and speed prediction planning was needed.

In this study, wind speed estimation of Fethiye district of Muğla province was made. For this purpose, the average hourly wind speed data, obtained from the meteorology station of Muğla State General Directorate of Meteorology Affairs located in Fethiye district, covering the years 2011-2013, was obtained from 10 m height and Artificial Neural Networks (ANN) model was established for estimation.

The ANN model was created with a 3-layer feed-forward, back propagation Levenberg-Marquard learning algorithm. 80% of the data used in the calculation was used for education and 20% for testing. Within the scope of the thesis, wind speed estimation was made for 2013 year and for 4 months (March, June, September, December), representing 4 seasons. The performance of the results obtained was evaluated and it was determined that the model created was in harmony with the actual data.

Keywords: Artificial Neural Networks, Wind, Prediction, Energy



Sevgili Aileme

ÖNSÖZ

Prof. Dr. Faruk ŞEN'e çalışmalarım sırasında yapmış olduğu yardımlar ve bilimsel bir çalışmanın esaslarını öğrettiği için teşekkür ederim.

Tez çalışmasında kullanılan veriler için Muğla Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'ne katkılarından dolayı teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Dünyada ve Türkiyede Rüzgâr Enerjisi.....	3
1.2. Literatür Çalışmaları	10
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	17
2.1. Çalışma Alanı ve Veriler	17
2.2. Verilere Uygulanan Önışlemler	18
2.3. Yoğunluk Fonksiyonları	19
2.4. Tahmin Yöntemleri.....	21
2.5. Yapay Sinir Ağları	22
2.6. Yapay Sinir Ağı Modeli.....	24
2.7. Yapay Sinir Hücresi.....	24
2.8. YSA'nın Ağ Yapılarına göre Modelleri	28
2.9. Öğrenme Şekillerine göre YSA modelleri.....	30
2.10. Öğrenme Kurallarına göre YSA	32
2.11. Sonuçların Değerlendirilmesinde Kullanılan Yöntemler	33
3. BULGULAR VE İRDELEME.....	35
3.1. Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi	35
3.2. YSA modeli ve Tahminler	37
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	46
KAYNAKLAR	48
ÖZGEÇMİŞ.....	53

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Ölçüm İstasyonunun coğrafi koordinatı.....	18
Çizelge 2.2. Toplama fonksiyonları	26
Çizelge 2.3. Bazı etkinlik (aktivasyon) fonksiyonları.....	27
Çizelge 2.4. Bazı hata formülleri	34
Çizelge 3.1. Mevsimsel tahmin için hata değerleri	41
Çizelge 3.2. Ölçüm istasyonuna ait istatistiksel test sonuçları	45

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Son 10 yıl için Avrupa'daki işletmede olan rüzgâr güç artımı (Wind Europe)	4
Şekil 1.2. Avrupa'daki kurulu toplam rüzgâr enerjisi gücü (Wind Europe).....	4
Şekil 1.3. Avrupa'da 2019 yılında devreye giren rüzgâr enerjisi gücü (Wind Europe)	5
Şekil 1.4. Dünya'da toplam kurulu rüzgâr gücü (WWEA).....	5
Şekil 1.5. Yıllara göre Dünya'daki kurulu rüzgâr enerjisi gücü artımı (GWEC)	6
Şekil 1.6. Ülkelerin rüzgâr enerjisi santrallerinin kurulu gücünün yıllara göre değişmesi (WWEA).....	7
Şekil 1.7. Türkiye geneli 50 m yükseklikteki ortalama yıllık rüzgâr hızları dağılımı (REPA)	8
Şekil 1.8. . Türkiye geneli 50 m yükseklikteki ortalama güç yoğunluğu dağılımı (REPA)	8
Şekil 1.9. Türkiye'de rüzgârdan elektrik üretiminin önceki yıllara göre artışı.....	9
Şekil 2.1. Fethiye Meteoroloji İstasyonundan elde edilen verilere numune	18
Şekil 2.2. Biyolojik nöron	23
Şekil 2.3. Yapay Sinir Ağı modeli	24
Şekil 2.4. Yapay Sinir Hücresi modeli.....	25
Şekil 2.5. Etkinlik fonksiyonlarının grafikleri	28
Şekil 2.6. İleri beslemeli Yapay Sinir Ağı modeli	29
Şekil 2.7. Geri beslemeli Yapay Sinir Ağı modeli.....	29
Şekil 2.8. Danışmanlı öğrenme yapılı YSA modeli.....	30
Şekil 2.9. Danışmansız YSA modeli.....	31
Şekil 2.10. Destekli öğrenme yapılı YSA modeli	31
Şekil 3.1. Yoğunluk fonksiyonlarıyla 2011-2012 yılı rüzgâr hızı yoğunluk grafiği..	36
Şekil 3.2. 2011-2012 yılı mevsimsel bazda rüzgâr hızı yoğunluğu	36
Şekil 3.3. 2011-2012 yıllarını kapsayan rüzgâr hızı yoğunluk grafiği.....	37
Şekil 3.4. Optimum giriş-çıkışlı rüzgâr hızı hata grafiği	38
Şekil 3.5. Tahmin için oluşturulan YSA modeli	39
Şekil 3.6. İlkbahar (Mart ayı) için rüzgâr hızı tahmini	39
Şekil 3.7. Yaz (Haziran ayı) için rüzgâr hızı tahmini	40

Şekil 3.8. Sonbahar (Eylül ayı) için rüzgâr hızı tahmini.....	40
Şekil 3.9. Kış (Aralık ayı) için rüzgâr hızı tahmini.....	41
Şekil 3.10. Tahmin sonucunun normal dağılım (Gauss) ile karşılaştırılması	42
Şekil 3.11. 2013 yılı için ölçülen ve tahmin edilen rüzgâr hızı dağılımı	43
Şekil 3.12. Hata değerlerinin zamansal olarak dağılımı	44
Şekil 3.13. 2013 yılı için ölçülen ve tahmin edilen rüzgâr hızı saçılma diagramı	44



SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

c	Weibull Ölçek Katsayısı, m/s
$F(v)$	Weibull Dağılım Fonksiyonu
k	Weibull Şekil Katsayısı, (boyutsuz)
m	metre
km	kilometre
kW	Kilowatt
MW	Megawatt
GW	Gigawatt
GWEC	Küresel Rüzgâr Enerjisi Konseyi
WWEA	Dünya Rüzgâr Enerjisi Birliği
YSA	Yapay Sinir Ağı
ÇLR	Çoklu Lineer Regresyon
L-M	Levenberg-Marquard
ANFIS	Çoklu Adaptif Bulanık Sinir Ağları
RTYSA	Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağı
Ntool	Neural Network Toolbox
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
DMİ	Devlet Metereoloji İşleri
DSİ	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
HES	Hidro Elektrik Santrali
ME	Ortalama Hata
MAE	Ortalama Mutlak Hata
MSE	Ortalama Kare Hata
RMSE	Kök Ortalama Kare Hata
R^2	Belirlilik Katsayısı
REPA	Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası

1. GİRİŞ

Günümüzde enerji ihtiyacının karşılanması, ülkelerin en büyük sorunlarından biridir. Artan enerji ihtiyacı, tükenmekte olan fosil yakıtları bu sorunu gittikçe büyötmektedir. Bu yüzden dünyada ve ölkemizde Yenilenebilir enerjiye odaklanma, küresel ekonomiyi yeniden canlandırma ve yeşillendirme stratejisinin temel unsuru olmaktadır. Buna ilave olarak, dünyadaki CO₂ emisyonuna karşı en büyük yardımcımız yenilenebilir enerji kaynaklarıdır.

Fosil kaynaklı yakıtların sınırlı olması, dünyamızı kirletmesi her geçen gün ölkelerin temiz ve yenilenebilir enerjiye olan ihtiyacı artırmış, bunun çözüm yollarını aramaya sevk etmiştir. Fosil yakıtlara alternatif olarak sunulan Yenilenebilir enerji kaynakları doğada hep var olan, çevreye sera gazı salınımı yapmayan çevre dostu ve uzun vadede ucuz enerji kaynağıdır (Yılmaz ve Öziç, 2018).

Günümüzdeki geleneksel elektrik üretim ve tüketim teknolojilerinin bölgesel ve küresel seviyede olumsuz etkilerinin olması, üretilen ve tüketilen enerjinin çevreye zarar verilmeden yapılmasını ön plana çekmiştir. Bütün bunlar, Yenilenebilir enerji kaynaklarının gelişmesine hız vermiştir (Çalışkan, 2001).

Dünyada geniş çapta kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları Hidrolik, Güneş, Biyokütle, Jeotermal, Dalga enerjisi ve Rüzgârdır.

Rüzgâr enerjisi, doğal kaynakları tüketmeyen, küresel ısınmaya neden olmayan çevre dostu olan bir enerji kaynağıdır. Tarihen yelkenli gemilerden değirmenlere, tarım alanlarının sulanmasından rüzgâr türbinlerine kadar insan oğlunun hayatında rüzgârın önemli rolu olmuştur.

Rüzgâr enerjisi, güneş enerjisinin bir biçimidir. Güneşin yeryüzü düzgün olmayan ısıtması sonucunda meydana gelen yatay hava akışına rüzgâr denir. Güneş enerjisinin yaklaşık %1-2'si rüzgâr enerjisine dönüşmektedir (Web-1). Güneş, dünyamıza yılda

ortalama 200 milyon ton kömüre eşdeğer bir enerji göndermektedir ki, bu da insanların kullanmakta olduğu enerjinin yirmi bin katına eşdeğerdir.

Rüzgâr enerjisinden elektrik üretimi için rüzgâr türbinleri kullanılmaktadır. Rüzgâr türbinlerinin işleyiş prensibi rüzgârın kinetik enerjisinin mekanik enerjiye ve onun da elektrik enerjisine dönüşmesine dayanır (Şenel ve Koç, 2015).

Geçmişte rüzgâr gücünden enerji üretme maliyeti, fosil yakıtlarla enerji üretmekten çok daha fazla olduğu için tercih edilmese de, fosil yakıt kaynaklarının tükenecek olması, çevreye verdiği zarar ve son zamanlar rüzgâr enerjisi üretim teknolojilerinde meydana gelen gelişmeler bu maliyeti düşürmekle beraber, rüzgârdan elde edilecek enerjide de artım yaratmıştır.

Rüzgâr enerjisi uygulamalarının ilk yatırım maliyetinin yüksek, düşük kapasite faktörü ve değişken enerji üretimi gibi dezavantajları olsa da, avantajlarını da şöyle ifade edebiliriz:

- Atmosferde bol ve serbest bulunur
- Yenilenebilir, temiz enerji kaynağı ve çevre dostudur
- Tükenme ve fiyatının artma riski yoktur
- Bakım ve işletme maliyeti düşüktür
- Teknolojisinin tesisi ve işletmesi basittir
- İşletmeye alınma süresi kısadır

Bunlar için rüzgâr verilerinin düzenli olarak elde edilmesi gerekir. Ülkemizdeki rüzgâr enerjisi durumunun öğrenilmesi için Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından rüzgâr ölçümleri ve diğer meteoroloji ölçümler yapılmaktadır. Bu nedenle, rüzgârların sık görüldüğü yerlere Rüzgâr Gözlem İstasyonları (RGİ) kurulup birer saatlik ve 10 dakikalık periyotlarla, belirli yüksekliklerde (10 m, 30 m, 50 m vs.) ölçümler yapılmaktadır (Şenel ve Koç, 2015).

Bu tez çalışmasında, Türkiye'nin güney batı kısmında konumlanan Muğla iline bağlı Fethiye ilçesinin rüzgâr hızı tahminleri Yapar Sinir Ağları (YSA) yardımıyla tahmin edilmiştir. Bu amaçla, Muğla Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden, 2011-2013 yıllarını kapsayan 10 metre yükseklikten elde edilen saatlik rüzgâr hızı verileri kullanılmıştır. Bu veriler üzerinde bazı düzenlenmeler yapılmış ve tahmin

için bir YSA modeli geliştirilmiştir. Elde edilen tahmin sonuçları ile mevcut veriler karşılaştırılmış ve geliştirilmiş modelin değerlendirilmesi yapılmıştır.

1.1. Dünyada ve Türkiyede Rüzgâr Enerjisi

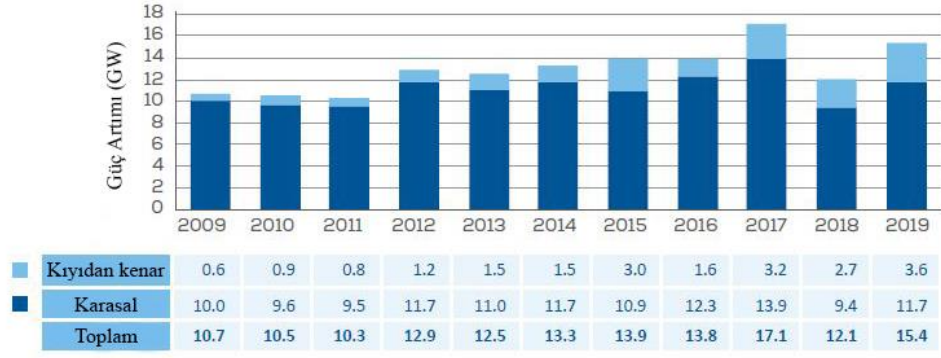
Dünyada çalıştırılmakta olan rüzgâr enerjisi santrallerinin kurulu gücü hızla artış içindedir. 1990 yılında kurulan rüzgâr gücü 2160 MW olduğu halde 1995 yılında bu rakam 4843 MW'a kadar yükselmiştir. 2000 yılında 17.400 MW iken bu gösterici 2005 yılında ciddi bir artımla 59.091 MW olmuştur (Oskay, 2014).

Rüzgâr enerjisi son 10 yılda enerji sektöründe ana akımlardan biri olmuştur. Böyle ki, Küresel Rüzgâr Enerjisi Konseyine (GWEC, 2019) göre:

- Avrupa birliği 2019 yılı elektrik üretiminin %15'ni rüzgâr enerjisinden sağladı.
- Rüzgâr enerjisi, Çinin elektrik enerjisinde kaynak olarak 3'cü sıraya yükseldi.
- Dünya çapında en büyük yeni güç kaynağı olarak belirlendi.

Avrupa Rüzgâr Enerjisi Birliği (Wind Europe, 2019) verilerine göre 2019 yılında Avrupa bölgesinde 15,2 GW gücünde yeni rüzgâr enerjisi gücü devreye girdi. Bu gücün 11,6 GW'lık bölümü karasal, 3,6 GW'lık bölümü ise kıyıda kenarda yer almaktadır (Şekil 1.1.). Bununla birlikte kıtadaki rüzgâr enerjisi gücü 204,8 GW'a ulaştı (Şekil 1.2.). Bu artımda bir kaç ülkenin payı git-gide artmaktadır.

Danimarka, 2019 yılında ülkedeki elektrik tüketiminin %48'ine denk oranda rüzgâr enerjisinden elektrik üretmiş ve bu konuda lider konuma geçmiştir. 2019 yılında kurulu gücü en çok artan Avrupa ülkesi 2.393 MW ile Birleşik Krallık olurken, bu verilere göre Türkiye 686 MW'la en fazla güç artıran ülkeler arasında 8'inci, toplam kurulu güçte 7'inci olmuştur (Wind Europe, 2019). Şekil 1.3.'te Avrupada 2019 yılında devreye giren Rüzgâr enerjisi gücü histogramı gösterilmiştir.



Kaynak: Wind Europe

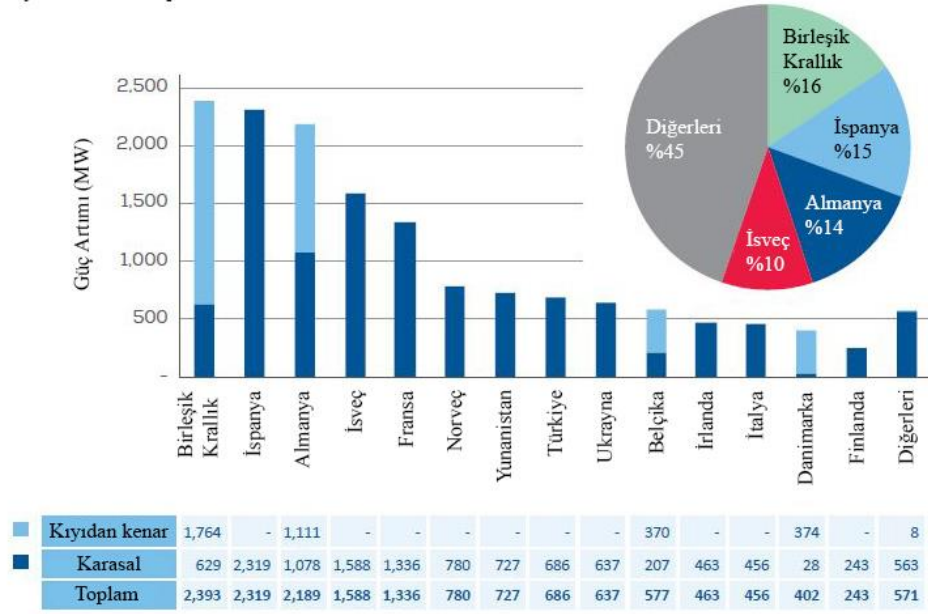
Şekil 1.1. Son 10 yıl için Avrupa'daki işletmede olan rüzgâr güç artımı (Wind Europe)



Kaynak: Wind Europe

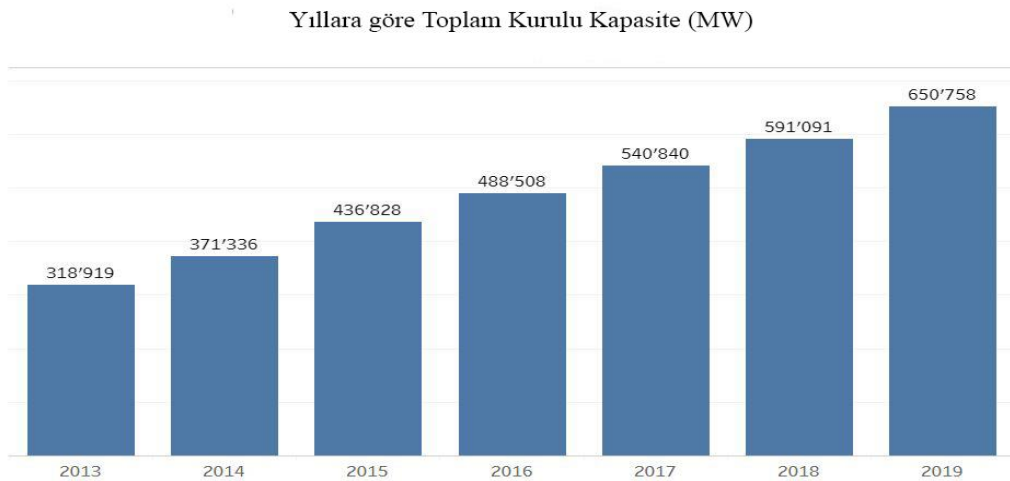
Şekil 1.2. Avrupa'daki kurulu toplam rüzgâr enerjisi gücü (Wind Europe)

Kaynak: Wind Europe



Şekil 1.3. Avrupa'da 2019 yılında devreye giren rüzgâr enerjisi gücü (Wind Europe)

Dünya Rüzgâr Enerjisi Birliği (WWEA, 2020) verilerine göre 2019 yılında, dünya çapında işletmede olan tüm rüzgâr türbinlerinin toplam kapasitesi 650,8 GW'a ulaştı (Şekil 1.4.). 2019 yılında ilave edilen 50.252 MW enerji 2018 yılındakine oranla %10 fazla olsa da, 2017 yılına nazaran azalma tespit edilmiştir.



Şekil 1.4. Dünya'da toplam kurulu rüzgâr gücü (WWEA)

Küresel Rüzgâr Enerjisi Konseyi (GWEC, 2019) rüzgâr raporuna göre 2019 yılı rüzgâr gücü santrellerine göre ilk 5’te Çin, ABD, Birleşik Krallık, Hindistan ve İspanya kararlaştırmıştır. 2018 yılına oranla %19 artarak 60 GW’a ulaşan artım karasal bölümde 54,2 GW, kıyı ötesinde 6,1 GW olmuştur (Şekil 1.5.).



Şekil 1.5. Yıllara göre Dünya’daki kurulu rüzgâr enerjisi gücü artımı (GWEC)

2019 yılı itibarile global rüzgârdan elde edilen elektrik enerjisine göre Çin 237 GW’la liderliğini korumakta, ABD ise 105 GW kurulu güçle ikinci sıraya yükselmiştir. Türkiye ise 8GW’lık kurulu güçle 12’inci sırada kararlaştırmıştır (Şekil 1.6.) (WWEA, 2020).

Yıllara göre Toplam Kurulu Güç (MW)

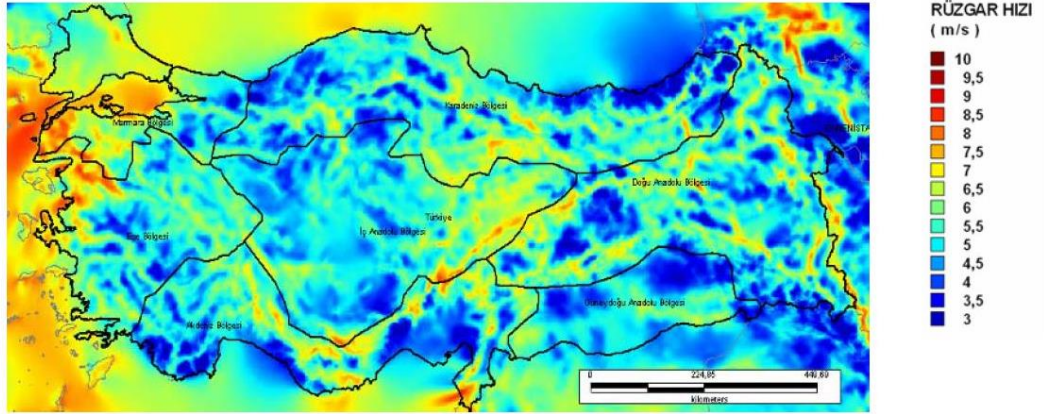
Ülkeler	2019	2018	2017	2016	2015
Çin	237029	209529	188390	168730	148000
ABD	105433	96363	88775	82033	73867
Almanya	61357	59313	56190	50019	45192
Hindistan	37529	35129	32879	28279	24759
İspanya	25808	23494	23026	23020	22987
Birleşik Krallık	23515	20743	17852	14512	13614
Fransa	16646	15313	13760	12065	10293
Brazilya	15452	14707	12763	10800	8715
Kanada	13413	12816	12239	11898	11205
İtalya	10512	9958	9700	9257	8958
İsveç	8985	7406	6721	6493	6029
Türkiye	8056	7369	6872	6106	4718
Meksika	6215	4935	4005	3709	3283
Avustralya	6199	5353	4879	4326	4186

Şekil 1.6. Ülkelerin rüzgâr enerjisi santrallerinin kurulu gücünün yıllara göre değişmesi (WWEA)

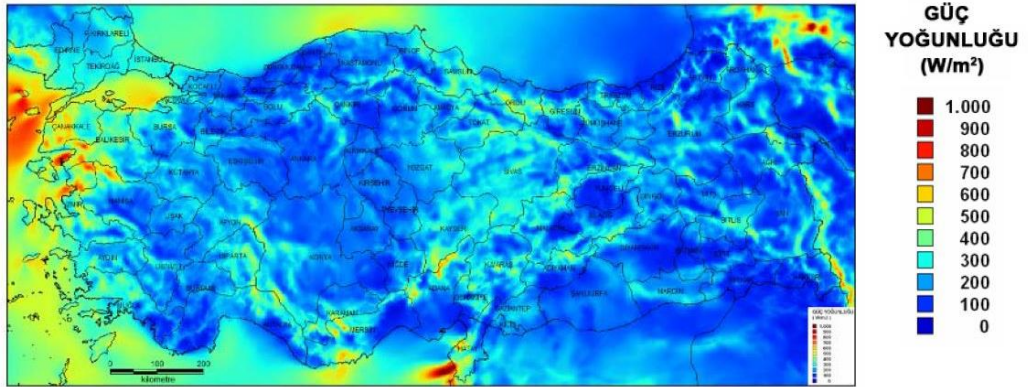
Türkiye’deki yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde başlıca yerleri hidrolik enerji, biokütle, rüzgâr, biogaz, jeotermal ve güneş enerjisi tutmaktadır. Ülkemizdeki yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyeline göre hidrolikten sonra rüzgâr enerjisi ilk sıralardadır. Bu kaynak, Türkiye’de gelişmeye en açık olandır.

Meteoroloji istasyonlarının, yeryüzünde ve/veya belirli yüksekliklerde (10 m, 30 m, 50 m vs.) ortalama ve saatlik rüzgâr ölçümleri ve değerlendirmeleri sonucunda rüzgâr atlasları hazırlanır. Bu atlaslar, rüzgâr santrallerinin yer seçiminde kullanılan veri kaynağını oluşturmaktadır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından Türkiye’nin rüzgâr enerjisi potansiyelini belirlemek için Türkiye’de 45 meteorolojik istasyondan alınmış, 10 yıl süreyle ölçümler yapılarak her saat için ölçülmüş rüzgâr hız verileri yardımıyla “Türkiye Rüzgâr Potansiyeli Atlası (REPA)” yaratılmıştır. Şekil 1.7. ve Şekil 1.8. de REPA ya göre sırasıyla rüzgâr hız ve rüzgâr güç yoğunluğu dağılımı gösterilmiştir. Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlasına (REPA) göre 3500 km kıyışeridi olan Türkiye’nin Marmara ve Ege bölgesi devamlı ve düzenli olarak rüzgâr almaktadır. Ege ve Batı Karadeniz kıyıları ve Marmara ve Doğu Akdeniz kıyıları rüzgâr enerjisinden verimli yararlanabileceğimiz bölgelerdendir (Oskay, 2014).

Rüzgâr hızı haritasındaki verilere göre Marmara ve Ege Bölgeleri 7 m/s rüzgâr esme hızına sahiptir. Rüzgâr enerjisi santralleri için rüzgâr hızından ilave rüzgâr yoğunluğu ve kapasite faktörü de önemlidir. Marmara ve Ege bölgelerinin Rüzgâr yoğunluğunun fazla olması sebebinden rüzgâr santrallerinden elde edilecek güç de aynı rüzgâr hızlarına sahip diğer bölgelerden fazla olacaktır (Solmaz ve Turan, 2015).



Şekil 1.7. Türkiye geneli 50m yükseklikteki ortalama yıllık rüzgâr hızları dağılımı (REPA)



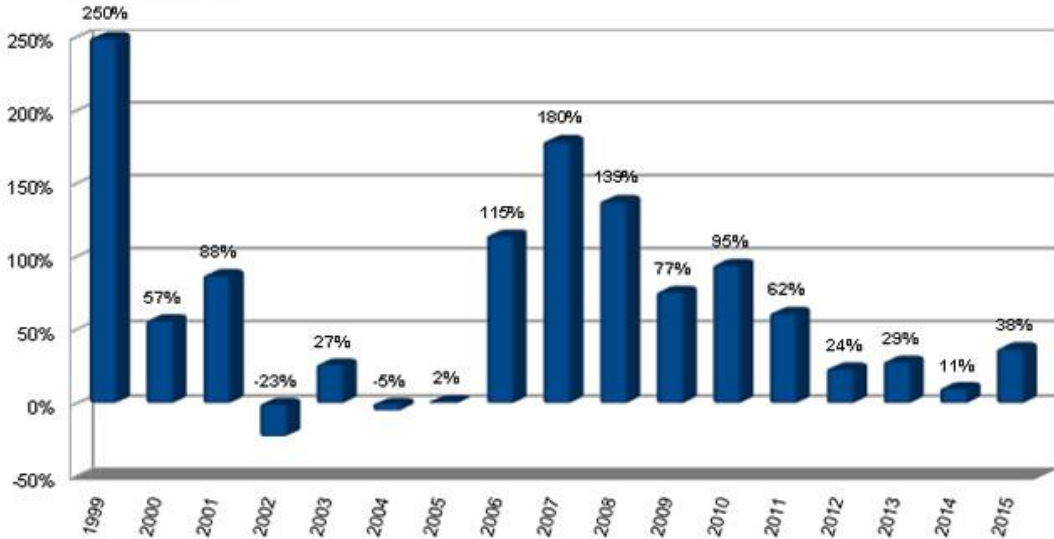
Şekil 1.8. Türkiye geneli 50m yükseklikteki ortalama güç yoğunluğu dağılımı (REPA)

Ülkemizdeki rüzgâr hızının 7.0 m/s'nin üzerinde ve 50 m yükseklikteki bölgelerde, karada rüzgâr potansiyeli 48 GW'dır. Bu kapasite ise ülke arazisi çapında %1,30'luk

alandanda mevcuttur. 6,5 m/s'nin üzerindeki hızlarda rüzgâr potansiyeli ise 17,4 GW'dır (Şenel ve Koç, 2015).

Türkiye'de rüzgâr enerjisinden elektrik elde etmek için 1986 yılından beri çalışmalar başlamış, 1998 yılında uluslararası boyutta ilk rüzgâr santrali Çeşme Germiyan köyünde kurulmuştur (Oskay, 2014). Bu başlangıçlar sayesinde sonraki yıllarda rüzgâr enerjisinden elektrik üretiminde ciddi artışlar olmuştur. Yenilenebilir enerji santralleri Türkiye'de 10/05/2005 tarihli 5246 nolu "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun" ve 29/12/2010 tarihli 6094 sayılı "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun" teşvik kanunları çerçevesinde rüzgâr enerjisi yerli ve yabancı şirketlerin dikkatini çekmeye başlamıştır (Oskay, 2014).

Türkiye'de ilk olarak 1998 yılında başlayan rüzgâr enerjisinden elektrik üretimi ilk yılını 6 Milyon kilovatsaat üretim ile kapatmıştır. Sonrakı yıl %250 artış göstererek bu gösterici 21 Milyon kilovatsaata çıkmıştır. Şekil 1.9.'da 1999-2015 yılı enerji büyüme grafiği gösterilmiştir. Sektör, 2015 yılında 11,5 milyar kilovatsaat üretim ile 2014 yılına göre %38 oranında artım göstermiştir (Web-2).



Şekil 1.9. Türkiye'de rüzgârdan elektrik üretiminin önceki yıllara göre artışı

1.2. Literatür Çalışmaları

Yapay Sinir Ağları (YSA) ve rüzgârla ilgili tahminlere ilişkin literatürde birçok çalışma yer almaktadır.

Öztürk ve arkadaşları (2018) Düzce bölgesinde meteoroloji verileri kullanarak kısa dönem enerji tahmini için matematiksel modeller oluşturmuşlar. Çoklu regresyon analizi ve MATLAB programı vasıtasıyla oluşturulan modellerin doğruluğunu test etmek için Temmuz ve Eylül ayı saatlik üretim verilerini içeren 1280 tahmin sonucu ile ilgili bir hesaplama yapılmıştır. Hataların karelerinin ortalamasının kare kökünü gösteren RMSE değerleri güneş enerjisi için 3.443, rüzgâr enerjisi için ise 4.514 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, farklı test metodu uygulanarak o model için R^2 determinasyon katsayılarının güneş için 0.997, rüzgâr için 0.9995 olduğu belirlenmiş ve öngörü sonuçlarının güvenli olması belirlenmiştir.

Kılıç ve Arabacı (2016), Yapay Sinir Ağları (YSA) kullanarak Burdur ilinin gelecekteki rüzgâr hızı değerlendirmesini yapmışlar. Veri olarak Türkiye Meteoroloji Enstitüsünden alınan Burdur ilinin 2010-2015 yıllarını kapsayan aylık ortalama rüzgâr hızı kullanmışlar. Uygulamada MATLAB Toolbox kullanılmış, en iyi değer elde etmek için her bir ağ 10'ar kez çalıştırılmıştır. Çalışma sonucunda gelecekteki rüzgâr hızlarının hesaplanabilmesi için formül geliştirilmiştir.

Kaynar vd. (2011), yaptıkları çalışmada Ankara ilinin doğalgaz tüketim miktarını tahmin etmişler. Çalışmada Yapay Sinir ağları (YSA) ve ARIMA Zaman seri analiz yöntemleri kullanılmıştır. Kullanılan değerler Ankara iline ilişkin Ocak 2005 ile Haziran 2006 arasındaki günlük ve haftalık doğalgaz arz değerleri olmuştur. Kullanılan farklı modellerle 10 adet test verisi için tahminler yapılmış, YSA ve ARIMA modellerinin birlikte iyi performans gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca, günlük veriler için yapılan tahmin hesaplama performansının haftalık veriler için hesaplanan tahminden daha iyi sonucuna varılmıştır.

Kaya ve arkadaşları (2016) Kastamonu ili için farklı rüzgâr türbinlerini kullanarak elektrik üretim potansiyeli tahmini yapmışlar. Çalışmada Nordex 50, Vestas V66, Neg Micon 1000/60, Bonus 2MW, Vestas V90 ve Power Wind 90 türbinlerinin güç-rüzgâr hızı eğrileri ve 2015 yılına ait Kastamonunun günlük rüzgâr hızı verileri baz

alınmıştır. Kullandıkları; yöntem Yapay Sinir Ağları (YSA) ve Çoklu Adaptif Bulanık Sinir Ağları (ANFIS) olmuştur. Neticede, çalıştırılacak türbin modeline göre üretelebilecek maksimum güç parametreleri öngörü edililerek 1MW'lık bir türbinin kullanılmasının verim açısından daha iyi olacağını belirlemişler.

Kırbaş (2018), kısa dönem çok adımlı rüzgâr hızı tahmini çalışmasında istatistiksel metodlar ve Yapay Sinir Ağları (YSA) kullanmıştır. Veri olarak TUBITAK T60 ulusal gözlem evi meteoroloji istasyonunun 2016 yılı Nisan ayı gözlemlerini PHP programlama dili kullanarak web sitesi üzerinden toplamıştır. Çalışmada ileriye dönük rüzgâr hızı zaman serisi oluşturmak için ARIMA modelleri ve Yapay Sinir Ağlarının NAR modelini geliştirmiştir. Çalışmadan elde ettiği verilerle kısa vade için rüzgâr hızının tahmininde bu modelin güvenilir olduğu kanaatine varmıştır.

Şahan ve Okur (2016) YSA yardımıyla Akdeniz bölgesine ait meteorolojik verilerle aylık ortalama güneş ışınlam şiddeti tahmininde bulunmuşlar. YSA modelini kurmak ve test etmek için Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan 14 yerleşim yerine ait 18 yıllık (1993-2010) meteorolojik veriler kullanılmıştır. Çalışma, MATLAB ortamında Neural Network Toolbox (nntool) kullanılarak bilgisayar ortamında yapılmış, YSA verilerinin oldukça uyumlu sonuç aldığı gözlemlenmiştir.

Cantürk (2018), çalışmasında, bir rüzgâr çiftliğinde kısa süreli elektrik üretim tahmini yapmıştır. Tahmin için rüzgâr çiftliğinden alınan veriler incelenmiş, Yapay Sinir Ağı modeline uygun olan veri topluluğu yaratmıştır. Kısa süreli tahminler için iki farklı Yapay Sinir Ağı modeli geliştirmiştir. Zamansal ve dinamik şekilde olan Yapay Sinir Ağı modeli kısa zamanlı öğretim verisiyle tahmin yapmış, zamandan bağımsız statik YSA modeli uzun süreli bir eğitim verisi ile bu işi gerçekleştirmiştir. Yapılandırılan her iki ağı Lojistik (Sigmoid), Hiperbolik Tanjant (Sigmoid) ve Radyal tabanlı (Gauss) aktivasyon fonksiyonları ile ayrı-ayrılıkta deneyerek tahmin sonuçları elde alınmıştır. Sonuç olarak, statik modelin daha fazla veri kullanması ve veri aralığının geniş olması sebebinden dinamik modelden daha iyi bir sonuç ortaya çıkardığı belirlenmiştir.

Çırak ve Korcak (2017), yaptıkları çalışmada binalardaki ısı kayıplarının karşısını almak için hesaplamada YSA modeli kullanmışlar. Çalışma esnasında hem bina duvarları, hem de kalorifer borularının yalıtımlı ve yalıtımsız halleri için iki ayrı

YSA örneği, toplamda 4 örnek model geliştirmişler. YSA modelleri 3 katmanlı, ileri beslemeli ve geri yayımlı bir şekilde tercih edilmiştir. Gizli katmanda kullanılan fonksiyon Sigmoid transfer fonksiyonu, çıkış katmanında ise doğrusal transfer fonksiyonudur. Ağdan elde ettikleri sıcaklık parametreleri ölçülen değerlerle kıyaslanmış ve sonuçların birbirilerine çok yakın olduğu kanaatine varılmıştır.

Okkan ve Dalkılıç (2012), Büyük Menderes Havzasında yerleşen Kemer Baraj Havzası'nın akımlarını modellemişler. Uygulama sırasında bir YSA türü olan Radyal Tabanlı Sinir Ağı (RTYSA) modeli geliştirmişler. Çalışmaya için Ocak 1979-Aralık 2005 yıllarının verilerini Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü ve Kemer Barajı HES işletme müdürlüğü'nden alınmıştır. Bunlara ek olarak Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından işletmede olan Denizli (17237) ve Muğla (17292) meteoroloji istasyonlarının alansal ve ortalama yağış değerleri kullanılmıştır. RTYSA modeli Mart 1979-Kasım 1997 tarihleri arasında 225 aylık akım verileri ile eğitilmiş, Aralık 1997-Aralık 2005 tarihleri arasındaki 97 aylık veriler ile sınanmıştır. Sonuç olarak RTYSA modelinin baraj havzasının aylık tahminlerinde başarılı olduğu öğrenilmiştir.

Es vd. (2014), yaptıkları çalışmayla, YSA kullanarak Türkiye Net enerji talep tahmin hesaplaması yapmışlar. Çalışmada 3 farklı sebep-sonuç ilişkisine dayalı YSA (SSYSA) modeli geliştirilmiştir. Tahmin için 1970-2010 yıllarını kapsayan Türkiye Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYH), ihracat, ithalat, ahali nüfusu, bina yüzölçümü ve taşıtların sayısı veri olarak kullanılmıştır. YSA için eldeki verileri %70'i eğitim, %15'i doğrulama ve %15'i test olarak kullanılmıştır. Tek gizli katmandan oluşturulan YSA modelinde aktivasyon fonksiyonu olarak Sigmoid aktivasyon fonksiyonu, çıktı katmanına ise doğrusal aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. Çalışmadan elde edilen verilere göre YSA modeli 2011-2025 yıllarının Türkiye Net enerji talebini öngörmüştür.

Aslay ve Özen (2013), YSA kullanarak toprak sıcaklık tahmini yapmışlar. DMİ Genel Müdürlüğü'nden alınan 1970-2011 yılları arasındaki Türkiye'deki illere ait 88 istasyondan alınan verilerle bir sonraki yılın aylık ortalama toprak sıcaklıkları tahmin edilmiştir. Çalışmada ileri beslemeli, danışmanlı öğrenme algoritması olan Levenberg-Marquardt algoritması ile oluşturulan YSA modeli kullanılmıştır. Tahmin

sonuçları incelendikte YSA modelinin oluşturduğu sonuçların ölçülen gerçek toprak sıcaklıklarına çok yakın olduğu görülmüştür.

Kaplan vd. (2013), Tokat ili için 2005-2009 yılı verilerini kullanarak YSA yardımıyla 2010 yılının rüzgâr hızı tahmini yapmışlar. Matlab Neural Network araç kutusuyla 3 katmanlı, geri beslenmeli bir YSA modeli oluşturmuşlar. Veri olarak DMİ'den 10 metre yükseklikten ölçülen, 2005-2009 yıllarının Ocak, Şubat ve Mart aylarına ait Rüzgâr-Sıcaklık (R-S), Rüzgâr-Nem (R-N) ve Rüzgâr-Basınç (R-B) verileri kullanılmıştır. Elde edilen veriler 2010 yılı rüzgâr hızı verileri ile kıyaslanıp Ortalama Karakök Hatası OKH-RMSE hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda Rüzgâr-Basınç (R-B) verilerinden alınan tahminlerin daha güvenilir olduğu belirlenmiştir.

Kayabaşı (2019), yaptığı çalışmada rüzgâr gücü tahmini için YSA ve Çoklu Lineer Regresyon (ÇLR) analizi yöntemleri kullanmıştır. Uygulama MATLAB ortamında gerçekleştirilmiştir. Veri olarak Aydın ilinin Söke ilçesinde bulunan Çatalbük Rüzgâr Enerjisi Santralinin 2012-2013 yıllarında kaydedilen 4 ayın (Şubat, Nisan, Ağustos ve Kasım) güç verileri kullanılmıştır. Çalışmada 10, 30 ve 60 dakikalık güç tahminleri yapılmıştır. Sonuç olarak, tahmin sonrası veriler karşılaştırıldığında YSA modelinin kısa süreli tahminlerde başarılı olduğu kanaatine varılmıştır.

Gabralı (2019), yaptığı çalışmada, rüzgâr şiddeti ve güneş radyasyonu potansiyelinin istatistiksel yöntemler ve dalgacık dönüşümü yardımıyla inceleme yapmıştır. Çalışma sırasında rüzgâr ve güneş enerjisi potansiyeli belirlenmiş, bu potansiyellere etki eden olaylar incelenmiştir. Veri olarak İstanbulun Büyükçekmece ilçesinin Eskice Bölgesine ait 2016 yılının meteorolojik verileri kullanılmıştır. Bu veriler kullanılarak rüzgâr şiddeti ve güneş radyasyonu için ileriye yönelik 24 saatlik 10 dakika aralıklı adımlarla tahmin çalışması yapmıştır. Tahmin modelleri için Çoklu Lineer Regresyon (ÇLR) ve Yapay Sinir ağları (YSA) modeli kullanılmıştır. YSA modeline ek olarak performansı artırmak için verilere Dalgacık dönüşümü ön işlemleri uygulanmış, Dalgacık Yapay Sinir Ağı (D-YSA) hibrit modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen modeller istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, YSA ile rüzgâr şiddeti ve güneş radyasyonu tahmininde Dalgacık dönüşümü ile ön işlem yapmanın başarıyı artırdığı belirlenmiştir.

Filik ve Filik (2017), kısa dönem rüzgâr hızı tahmini için Otoregresiv model ve YSA yardımıyla bir hibrit model geliştirmişler. Eskişehir ilinin 8 yıllık (2007-2014) ortalama saatlik rüzgâr verilerini kullanmışlar. İlk 7 yıllık veriler eğitim için, 1 yıl ise test için kullanılmıştır. İlk olarak, veriler AR ve YSA modelleri için ayrı ayrı kullanılmış, daha sonra hibrit AR ve YSA modeli oluşturularak elde edilen sonuçlar daha önceki sonuçlarla kıyaslanarak hata değerleri elde edilmiştir. YSA için ileri beslemeli, geri yayımlı ve ileri beslemeli algoritmalar seçilmiştir. Transfer fonksiyonu her iki durum için Log Sigmoid olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak hibrit yaklaşımın diğer AR ve YSA modellerine kıyasla daha düşük hata payı elde ettiği görülmüştür. Bu durum sadece AR kullanıldığı durumlara göre %5.61, sadece YSA'nın kullandığı durumlara göre ise %3 oranda daha iyi performans göstermiştir.

Özcan vd. (2013), farklı bir hibrit model kullanarak Isparta ilinde rüzgâr hızı değerlerini tahmin etmişler. Veri olarak Isparta iline ait 1975-2008 yıllarını kapsayan aylık ortalama rüzgâr hızları kullanılmış, rüzgâr potansiyeli YSA ve ANFIS metoduyla öngörülmüştür. Verilerin 408'i eğitim, 79 adedi ise test için kullanılmıştır. İstatiksel karşılaştırma neticesinde ANFIS metodunun R^2 değerinin YSA metoduyla elde edilen değere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Çalışmada rüzgâr hızı tahmini için ANFIS metodunun uygun olduğu görülmüştür.

Catalao vd. (2009) yaptığı çalışmada 6 saatten fazla zaman dilimlerinin öngörüsü için meteorolojik verilere gerek duymasına rağmen, 24 saatlik tahmin için geçmişteki üretim değerlerini kullanmış ve uygun YSA öngörü modeli hazırlamıştır. 3 tabakadan ibaret ve L-M (Levenberg-Marquardt) öğrenme kanunuyla çalışan bir Yapay Sinir Ağı yardımıyla her mevsimdeki rastgele seçilmiş bir gün için yapılan öngörülerin, geleneksel yöntemlerden daha iyi netice verdiği görülmüştür.

Kolhe vd. (2011) genetik algoritma yardımıyla YSA modeli üzerinde optimizasyon çalışması yapmışlar. Oluşturulan hibrit modelin 10 dakikalık tahminleri tekbaşına yapan YSA modelinden hata oranlarının çok daha düşük olması ile daha iyi performans gösterdiği belirlenmiştir. İlave, yüksek hızlarda türbinlerin kapandığı durumlarda YSA modelinin yeterli olmadığı kanaatine varılmıştır.

Akcan (2017) yaptığı rüzgâr hızı tahmini çalışmasında Türkiye'de bulunan beş farklı bölgedeki dokuz meteoroloji istasyondan elde ettiği aylık ortalama rüzgâr şiddeti

verilerini kullanmıştır. Çalışmada, zaman serili istatistiksel analiz metodları kullanmıştır. Beş farklı performans değerlendirme yöntemiyle elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve kullanılan yöntemlerin rüzgâr hızı tahmininde kullanılabilirliğini göstermiştir.

Korkmaz vd. (2018) Marmara bölgesi Silivri ilçesinde farklı yüksekliklerden (30 m, 50 m, 60 m) elde edilen bir yıllık rüzgâr verilerini kullanarak yaptıkları çalışmada ANFIS ve YSA gibi esnek hesaplama yöntemleri kullanarak geliştirdikleri 4 farklı model ile ileriye yönelik kısa süreli tahminler yapmışlardır. Sonuç olarak, rüzgâr hızının her yükseklik için davranışı neredeyse aynı olsa da, rüzgâr hızını en iyi tahmin edecek bir model olmadığı kanaatine varılmıştır.

Kazemzadeh vd. (2016) rüzgârın hızı, rüzgâr yönü, geçmişteki üretim verilerini, sıcaklık değerlerini veri gibi kullandığı modelde atmosfer basıncı ve nemlik bilgilerinin de girdi verisi olarak ilave edilmesinin öngörü sonucuna etkisini araştırmıştır. Bu çalışmada, radyal tabanlı, dalgacık dönüşümlü ve emperyalist rekabetçi algoritmayla oluşan 3 hibrit YSA modeli kullanılmıştır. Tahmin sonuçları incelendiğinde her modelde hava basıncı ve nemlik verilerinin hata oranlarını azalttığı görülmüştür.

Peng vd. (2013) ise meteorolojik verileri kullanarak bir YSA örneği ile fiziksel ve istatistiksel yöntemlerin birleşiminden ibaret bir hibrit modelin öngörü yeteneğini kıyaslamak için bir çalışma yapmışlar. Tahmin sonucunda hibrit örneğin hata derecesinin daha az yalnız ağır ve maliyetli bir metod olduğu, Yapay Sinir Ağının ise daha çabuk sonuç aldığı ve yüksek maliyetli olmadığı görülmüştür.

Liu vd. (2012) ARIMA Kalman ve ARIMA-YSAs olarak iki yeni hibrid yaklaşımı ile Rüzgâr şiddeti tahmini yapmışlar. Oluşturulan her iki modelin de rüzgâr enerjisi sistemlerinde durağan olmayan rüzgâr hızı tahminine uygulanabilecek iyi performansa sahip olduğunu göstermektedir.

Ghadi vd. (2014) bir rüzgâr çiftliği için oluşturdukları YSA modeli ile geçmiş 2 günlük meteorolojik verilerle 36 saatlik ve 20 dakikalık zaman dilimleri için çiftliğin toplam üretim tahmininde bulunmuşlar.

Bilgili (2007), yaptığı çalışmada, Türkiye’de bulunan 15 farklı meteoroloji istasyonuna ait 1992-2003 yıllarını kapsayan rüzgâr verilerini kullanarak rüzgâr hızı tahmini yapmıştır. Çalışmada, bazı referans istasyonlar belirleyip, bu referans istasyonların rüzgâr hızlarını kullanarak bir hedef istasyonun rüzgâr hızını YSA modelleri ile tahmin etmiştir. Elde edilen hata değerlerin makul bir değer olduğu sonucuna varılmıştır.

Saray vd. (2011), yaptıkları çalışmada, YSA modeli kullanarak Amasya ilinin Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarının rüzgâr hızı tahminlerini yapmışlar. Tahmin sonuçlarının RMSE ve MSE hata değerlerini hesaplamış ve oluşturulan YSA modelinin rüzgâr hızı tahmini için yeterli olduğu sonucuna varılmıştır.

Mert (2018), Hatay Bölgesi için 10 m yükseklikte ölçülen günlük, aylık ve yıllık ortalama rüzgâr hızları kullanılarak rüzgâr karakteristikleri ve potansiyelini analiz etmiştir. YSA modellerinin eğitim ve testi için yaptığı analiz sonucunda elde ettiği güç üretim değerlerini ve etkin parametreleri kullanmıştır. Hata değerlendirmesi sonucunda adımsal regresyon tabanlı YSA modelinin lineer yaklaşımdan daha başarılı olduğu sonucuna varmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Rüzgâr için yapılacak tahminlerde (hız, yön, potansiyel vs.) meteoroloji istasyonlarından veya rüzgâr çiftliklerinden alınan gerçek değerler kullanılmaktadır. Özellikle, uygulanacak YSA modelinin eğitim aşaması için geçmişte ölçülen rüzgâr verileri önemli rol oynamaktadır. Bu çalışmada, DMİ müdürlüğünden elde edilmiş 2011-2013 yılların kapsayan saatlik rüzgâr hızı verileri kullanılmıştır. Bu veriler istatistiksel olarak analiz edilmiş ve YSA modeline uygun hale getirilmiştir. Verilerin %80'ni eğitim, %20'si test amacıyla kullanılmıştır. YSA modelleri kullanarak ileriye yönelik en optimum zaman aralığı için rüzgâr hızı tahmini yapılmıştır. Sonuç olarak elde edilen tahmin sonuçlarıyla ölçülen Rüzgâr hızı değerleri karşılaştırılmış, Ortalama Hata (ME), Ortalama Mutlak Hata (MAE), Ortalama Kare Hata (MSE), Kök Ortalama Kare Hata (RMSE), Belirlilik katsayısı (R^2) değerleri hesaplanmış ve oluşturulan YSA modelinin başarısı belirlenmiştir.

2.1. Çalışma Alanı ve Veriler

Muğla, Türkiye'nin büyük bir kısmı Ege, küçük bir kısmı Akdeniz bölgesinde olan, her iki denize kıyısı olan bir Güney Ege ilidir. Toplam uzunluğu 1.500 km'ye varan kıyı şeriti ve 2.000 m'ye ulaşan dağlarıyla yüksek enerji potansiyeline sahiptir.

Çalışmada, Muğla ilinin Fethiye ilçesinde yer alan Muğla Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün meteoroloji gözlem istasyonundan 10 m yükseklik için elde edilen 2011-2013 yıllarını kapsayan saatlik rüzgâr hız verileri kullanılmıştır. Gözlem istasyonunun koordinat bilgileri çizelge 2.1.'de ve istasyondan elde edilen verilere numune ise şekil 2.1.'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Ölçüm İstasyonunun coğrafi koordinatı

İstasyon	Enlem	Boylam	Yükseklik
Fethiye	36°37'36.5"N	29°07'26.0"E	3m

İstasyon Adı ve No: Fethiye/17296												
Gün/Saat	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0.9 /ESE	0.1 /SSW	0.2 /ENE	0.9 /SE	0.1 /ENE	0.5 /NE	0.6 /SSW	0.3 /ENE	0.4 /SE	0.6 /WSW	0.9 /N	1.1 /N
2	0.2 /ENE	0.0 /C	0.0 /C	0.0 /C	0.8 /E	0.1 /SSE	0.4 /SE	0.7 /NNE	0.4 /NNE	0.6 /SW	0.7 /SW	0.6 /N
3	0.9 /SE	0.8 /WNW	0.4 /NE	0.4 /S	1.1 /ESE	1.6 /ESE	0.8 /ENE	0.7 /WSW	1.0 /NNW	0.9 /SE	1.5 /S	0.9 /WNW
4	0.1 /NNE	0.5 /NNE	0.6 /E	0.7 /ENE	0.0 /NNE	1.0 /SSE	0.7 /E	0.5 /SSE	0.6 /NW	0.5 /N	0.4 /ENE	0.6 /SSW
5	0.1 /SW	0.5 /SW	0.6 /N	0.7 /ESE	0.6 /SE	0.6 /ENE	0.5 /E	0.6 /ESE	1.3 /ESE	1.5 /N	1.1 /WSW	2.2 /WNW
6	0.6 /N	0.6 /ESE	0.7 /ENE	1.4 /NE	0.8 /SSW	0.5 /E	0.7 /ENE	0.7 /SW	0.5 /WSW	1.4 /WNW	1.4 /N	2.0 /WNW
7	0.8 /NE	0.6 /ENE	0.5 /NNE	0.7 /ENE	0.2 /NE	0.7 /N	1.3 /SE	0.3 /SSE	2.1 /E	4.5 /ENE	2.1 /N	1.3 /N
Gün/Saat	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	2.5 /NW	1.6 /NW	0.8 /SSW	0.6 /E	1.2 /ESE	0.7 /ENE	0.4 /N	0.5 /NE	0.6 /E	0.4 /SSE	0.4 /SE	0.5 /ENE
2	1.1 /NW	0.8 /ENE	0.9 /E	1.3 /SE	0.4 /SW	0.8 /SW	0.3 /SE	0.5 /SSE	0.4 /E	0.8 /SE	0.6 /ENE	0.5 /SE
3	1.0 /N	0.8 /SE	0.9 /SSE	1.0 /NW	1.5 /N	1.8 /ESE	4.7 /ENE	0.8 /ENE	1.7 /ESE	1.3 /SE	0.9 /ESE	1.0 /N
4	1.3 /WNW	0.8 /N	0.9 /SE	0.9 /SE	0.7 /SE	0.7 /NNE	0.5 /SE	0.6 /SE	0.4 /S	0.5 /ESE	0.1 /SSE	0.6 /NNW
5	1.5 /N	0.7 /SW	0.6 /N	0.5 /SSW	0.8 /NNE	0.5 /E	0.3 /S	1.0 /S	0.6 /ESE	0.7 /ENE	1.0 /E	0.1 /ESE
6	2.1 /N	1.4 /N	1.1 /SSW	0.9 /SSE	1.1 /WSW	1.6 /SSE	0.8 /SE	0.4 /ENE	0.8 /E	1.2 /NNE	1.0 /SW	0.4 /ENE
7	1.3 /ENE	2.6 /ESE	2.9 /E	2.9 /E	2.8 /ENE	3.0 /NE	3.4 /ESE	3.4 /E	3.3 /E	4.4 /E	4.8 /E	5.3 /E

Şekil 2.1. Fethiye Meteoroloji İstasyonundan elde edilen verilere numune

2.2. Verilere Uygulanan Önışlemler

YSA'nın en iyi avantajlarından biri hatalı ve eksik verileri tolere edip onlarla çalışabilmesidir. Bu yüzden, rüzgârla ilgili tahminlerde öncelikli olarak kullanılmaktadır. Ama YSA'nın öğrenmesi için kullanılacak veri parametresi ne derecede düzenli ve güzel olursa, netice de bir o kadar başarılı olur.

Verilere uygulanan işlemler sırası ile şu şekildedir:

- DMİ müdürlüğünden elde edilen veriler excell dosyası olduğundan öncelikle MATLAB programında çalıştırmak için txt dosyasına dönüştürülmüştür.

- Çalışma zamanı olarak belirlenen 01.01.2011-31.12.2013 yılları arasındaki dönem için eksik veri sayısı ve yüzdesi belirlenmiştir. Bunun sonucunda sadece 3 günde birden fazla veri kaybının olduğu belirlenmiştir.
- Önceki aşamada tesbit edilen eksik veriler 2011-2013 yılı için düzenlenmiştir. Literatürde veri setine uygulanan eksik veri düzenleme yöntemlerinden en çok kullanılanı doğrusal lineer interpolasyon yöntemidir.
- Veri seti kontrolü tamamlandıktan sonra bu veriler ağa gönderilmeden önce 0-1 aralığında normalize edilmiştir. Normalize edilmiş değer denklem (2.1)'de hesaplanmıştır.

$$\text{Normalize edilmiş değer} = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (2.1)$$

x – Normalize edilecek parametre değeri,

$x_{\min}$ – Normalize edilecek parametrelerdeki minimum değer,

$x_{\max}$ – Normalize edilecek parametrelerdeki maksimum değer.

2.3. Yoğunluk Fonksiyonları

Verilere uygulanan ön işlemlerden sonra bölgenin rüzgâr profillerinin belirlenmesi için bazı istatistiksel dağılımlar kullanılmaktadır. Sıkça kullanılan olası yoğunluk fonksiyonları Gauss, Gumbel, Weibull, Logistic, Lognormaldır.

Normal dağılım, aynı zamanda Gauss dağılımı veya Gauss tipi dağılım olarak isimlendirilen, birçok alanda pratik uygulaması olan, çok önemli bir sürekli olasılık ailesidir. Denklem (2.2)'de olası Gauss yoğunluk fonksiyonu verilmiştir

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}, & -\infty < x < \infty \\ 0, & \text{diğer yerlerde} \end{cases} \quad (2.2)$$

Bu dağılım gerçek durum için en iyi yaklaşımı verdiği için matematiksel modellere iyi uyum sağlar.

Weibull dağılımı günümüzde yaşam süreli veri analizinde ve mühendislikte yer alan istatistiksel modellerde geniş olarak kullanılmaktadır. Değişkenin belli aralıkta herhangi bir değer alabildiği tesadüfi olayları tanımlamak için sürekli tesadüfi değişkenler kullanılmaktadır. Weibull dağılımı da bu manada devamlı ve aynı zamanda esnek bir dağılımdır ve birçok uygulamada teorik olarak uygun çözümler sağlamaktadır (Akkoyunlu, 2015).

Weibull dağılımı için olasılık yoğunluk fonksiyonu $f(v)$ ve kümülatif dağılım fonksiyonu $F(v)$ sırasıyla denklem (2.3) ve denklem (2.4)'de gösterilmiştir.

$$f(v) = \frac{k}{c} \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^k}, \quad (k > 0, v > 0, c > 1), \quad (2.3)$$

$$F(v) = 1 - e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^k} \quad (2.4)$$

Burada k parametresi şekil parametresi olup, rüzgâr sıklığını gösterir. Ölçek parametresi olan c ise ortalama rüzgâr hızına bağlı olarak değişmektedir.

Olasılık teorisi ve istatistikte, Gumbel dağılımı farklı maksimum (veya minimum) dağılımını modellemek için kullanılır. Gumbel dağılımı (aynı zamanda Fisher-Tippett dağılımı olarak da nitelendirilir) yaygın bir uç değer dağılımının hususi durumudur. Gumbel dağılımı için kümülatif dağılım fonksiyonu $F(v)$ denklem (2.5)'de verilmiştir.

$$F(v) = e^{-e^{-(v-\mu)/\beta}} \quad (2.5)$$

2.4. Tahmin Yöntemleri

“Rüzgâr şiddetinin alansal ve zamansal olarak değişken olması rüzgâr güç tahmin ve planlamasına ihtiyaç yaratmıştır” (Dündar vd., 2011).

Rüzgârın temiz, tükenmez enerjisi olmasına rağmen süreklilik ve değişkenlik problemleri olan bir kaynak olmasından dolayı işletmede bazı zorluklar yaratmaktadır. Bu zorlukları ortadan kaldırmak için rüzgârın hız, yön ve güç tahminlerine zaman-zaman ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tahminler, hesaplama yapılacağı zaman aralıklarına göre sınıflandırılırlar:

- Çok kısa zamanlı öngörüler: Birkaç saniye ile yarım saatlik zaman aralığı için uygulanan öngörülerdir. Türbinlerin kontrolü, elektrikteki denge değeri vs. için kullanılır.
- Kısa zamanlı öngörüler: Yarım saat ile 6 saat aralığı için yapılan tahminlerdir. Sistem yönetimi, gün içi piyasası için kullanılır.
- Orta süreli tahminler: 6 saat ile 1 gün aralığı için yapılan tahminlerdir. Sistem yönetimi ve gün sonrası piyasası için kullanılır.
- Uzun zamanlı öngörüler: 1 gün-1 hafta veya daha fazla zaman dilimi için uygulanan öngörülerdir. Türbin bakımı planlanması vs. için kullanılmaktadır.

Tahmin teknikleri sınıflandırmalarına göre iki gruba ayrılırlar:

- Nitel yöntemler: Konu uzmanlarının bilgi deneyim ve fikirleri ele alınarak, bu yönde sonuç ve ihtiyaçların belirlenmesi ile oluşturulmuştur. Nitel yöntemlerde deneyimli ve tarafsız uzmanların fikirlerine gerek duyulmaktadır.
- Nicel yöntemler: Temelini belirli zaman aralıklarıyla toplanan veriler ve bu verilerin analizi oluşturmaktadır. Nicel tahmin yöntemleri de kendi içinde iki gruba ayrılır:
 - Zaman serisi analizleri
 - İlişkiye dayalı yöntemler

Zaman serisi, zaman sırasına ilave edilmiş gözlem verilerinin değerlerinden oluşmaktadır. Bu değerler, zaman serisi içerisinde değişkenlik gösterirler. Belirli bir

dönem için, belirli eşit aralıklarla gözlemlenen veri serisi zaman serisi olarak adlandırılır (Denklem (2.6)):

$$Y_t = y_1, y_2, y_3, \dots, y_t \quad (2.6)$$

Y_t – Zaman serisi,

y – Değişken,

$t = 1, 2, 3, \dots, T$ – Zaman aralığı

İlişkiye dayalı yöntemler, tahmin etmek istediğimiz değişkenin çevredeki diğer değişkenlerden bir şekilde etkilendiğini, onlarla ilişkide olabileceğini varsayar. Bunun için bu değişkenlerin matematiksel olarak ilişkisini bulmak ve bunu kullanarak gelecek için tahmin yapmak gerekir. Bu modellerin zaman serisi modellerine kıyasla kullanımları daha zor ve karmaşıktır. En basit ve çok bilinen yöntem doğrusal regresyondur (Denklem (2.7)):

$$y = a + bx_i \quad (2.7)$$

y – Bağımlı değişken,

x_i – Bağımsız değişken,

a – Sabit,

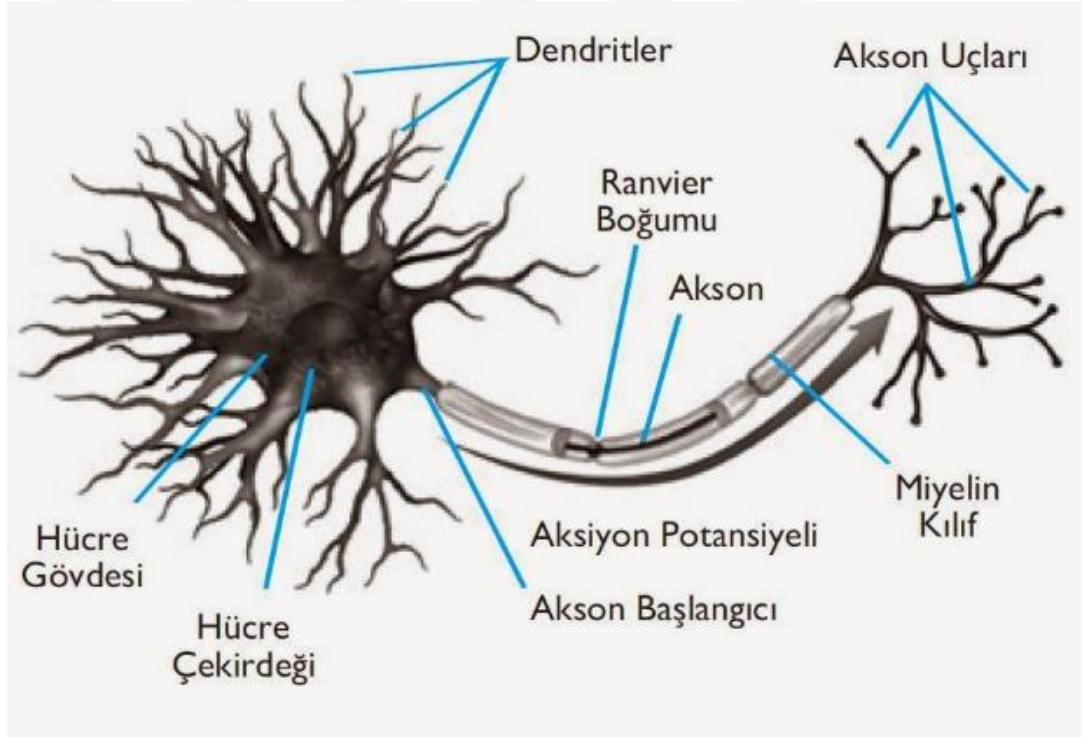
b – Eğim.

2.5. Yapay Sinir Ağları

Yapay Sinir Ağları, “Paralel Dağıtılmış Ağlar”, “Bağlantılı Ağlar”, “Nuromorfik Ağlar” isimleri ile de tanımlanırlar. Bu ağlar, insan beyninin en temel özelliği olan öğrenme fonksiyonunu ortaya koyan bilgisayar algoritmalarıdır (Öztemel, 2012). Bu ağlar, insan beynindeki biyolojik sinir hücrelerinin (nöronlar) çalışma sisteminden esinlenerek yaratılmıştır.

“İlk Yapar Sinir Ağı modeli Warren McCulloch isimli bir sinir hekimi ve Walter Pitts isimli bir matematikçi tarafından 1943 yılında geliştirilmiştir” (Keskenler ve Keskenler, 2017). Onlar elektrik devreleri kullanarak ilk yapay sinir ağı hücresi oluşturdular. Geliştirdikleri modellerle her türlü mantıksal ifadenin öğrenilmesinin mümkünlüyünü gösterdiler. Daha sonralar yapılan çalışmalarla birden fazla hücrenin birlikte çalıştırılarak daha iyi öğrenme ve sonuç gösterdiği belirlenmiştir.

İnsan beynindeki biyolojik sinir hücreleri sinapsler ve aksonlar yolu ile iletişimde olurlar. Bilgiyi alan sinapsler onları işleyerek dentritler vasıtasıyla nöron çekirdeği olan somaya iletir. Burada bilgiler toplandıktan sonra bilgiyi diğer nöronlara aktarmak için aksonlara iletir. Aksonlara gelen bilgi, uçlarındaki sinapslere gönderilir. Yine sinapslerde işleme tabi tutulan bilgi diğer nöronlara aktarılır (Cantürk, 2018). Şekil 2.2.’de insan beyninde bulunan biyolojik nöron gösterilmiştir.

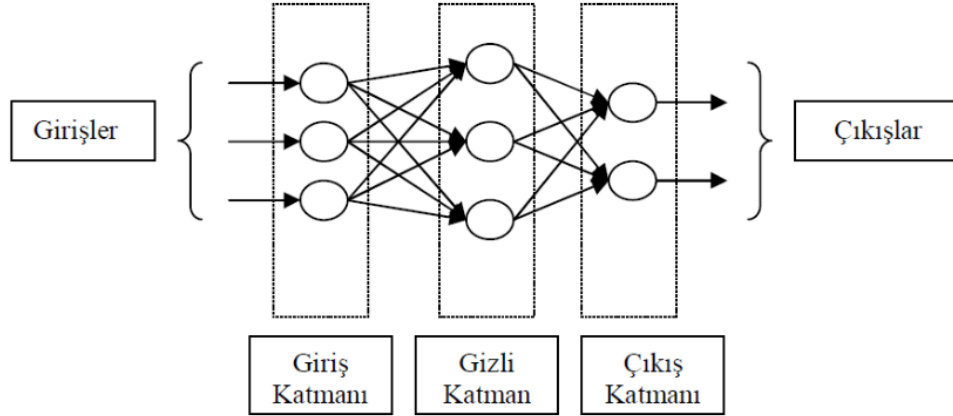


Şekil 2.2. Biyolojik nöron

İnsan beyni gibi YSA’larda da birbiri ile iletişimde olan çok sayıda bağlantı elemanları vardır.

2.6. Yapay Sinir Ağı Modeli

YSA hücresi insanın biyolojik sinir hücrelerine kıyasla daha sade bir görünüme sahiptir. YSA modeli girdi katman, gizli katman ve çıktı katmanından ibarettir. Şekil 2.3.'de YSA katman modeli gösterilmiştir.



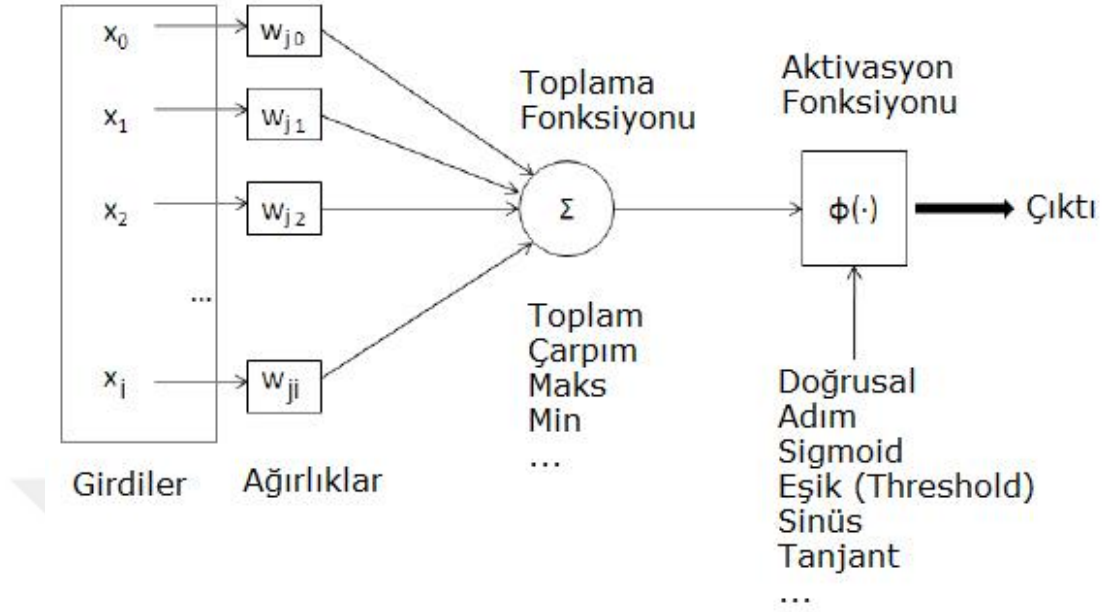
Şekil 2.3. Yapay Sinir Ağı modeli

Veriler ağı girdi katmanı yardımıyla dış ortamdan girer. Bu katmandaki nöronlar verileri sıradaki gizli katmana ulaştırır. Gizli veya Ara katman vasıtasıyla girdi katmanından gelen bilgiler toplanıp işlenir. YSA yapısında bir veya birden fazla gizli katman buluna bilir. Gizli katmanda işlenen bilgiler sırasıyla çıktı katmanına iletilir. Çıktı katmanı, Gizli katmandan gelen bilgilerin üretilerek dış ortama gönderilmesini sağlar.

2.7. Yapay Sinir Hücresi

YSA'nın en önemli yönü veri setine ilişkin fonksiyonel yapının belirlenmesinin güç olduğu zamanlarda veriye uygun birçok değişik formdaki fonksiyonel yapıyı modelleye bilmesidir. YSA, istatistiksel yöntemlerin aksine veri setinde her hangi bir önsayma gerek duymaz (Kaynar vd., 2011). Bu ağların öğrenilmesi için en iyi YSA modeli seçilmelidir. Bir YSA'nın detaylı modeli şekil 2.4.'te gösterildiği gibi giriş

bilgileri, ağırlıkları, toplama fonksiyonu, etkinlik fonksiyonu ve çıkış bilgilerinden oluşur (Yüksek, 2007).



Şekil 2.4. Yapay Sinir Hücresi modeli

Veriler (x_i) girdi katmanından ağırlıklara iletilir. Bu bilgiler direk olarak dış ortamdan veya başka nöron ve hücrelerden de gelebilir (Fausett, 1994). Bu girdiler ağırlık değerleri (w_{ji}) ile çarpılarak bir sonraki katmana iletilir. Ağırlıklı girdileri için doğru çıktıları üretilmesi için ağırlık değerleri doğru seçilmelidir. Bu değerler başlangıçta rastgele verilirler. Daha sonra, eğrinin öğrenme kuralına göre bu değerler değiştirilir (Öztemel, 2012). Elde edilen değerler toplama (Σ) fonksiyonu ile işlenir. Bu fonksiyon, biyolojik sinirdeki hücre gövdesine benzer şekilde, ağırlıklarla çarpılarak gelen girdileri toplayıp, o hücrenin net girdisini hesaplayan fonksiyondur (Şahin, 2019). Bu fonksiyonun belirlenmesinde net kural olmayıp, deneme yanılma yoluyla belirlenmektedir. Çizelge 2.2.'de bazı yaygın olan toplama fonksiyonları gösterilmiştir (Elmas, 2010).

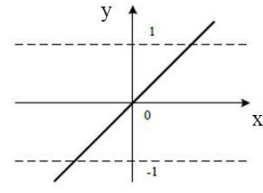
Çizelge 2.2. Toplama fonksiyonları

Toplam	$NET = \sum_i^n W_{ji}x_i + \theta_j$
Çarpım	$NET = \prod_i W_{ji}x_i$
Minimum	$NET = Min(W_{ji}x_i)$
Maksimum	$NET = Max(W_{ji}x_i)$

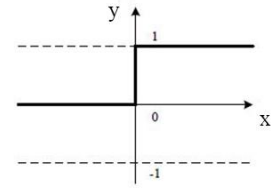
Etkinlik (Aktivasyon) fonksiyonu, çıktının hudutlarını tayin eden fonksiyondur. Bir nörona ulaşan tam veri incelendikten sonra etkinlik fonksiyonuna gönderilir ve dış çıkış katmanına verilecek çıktı elde edilir (Cantürk, 2018). Etkinlik fonksiyonu ağıın gerçekleştireceği işleve göre seçilir. Doğrusal fonksiyonların girdi ve çıktı verileri arasında orantıyı belirlemesinden dolayı genelde doğrusal olmayan etkinlik fonksiyonları tercih edilir. Çok kullanılan etkinlik fonksiyonları çizelge 2.3.'de, grafikleri ise şekil 2.5.'de belirtilmiştir. Etkinlik fonksiyonundan çıkan değerler çıktı değerleri adlandırılırlar.

Çizelge 2.3. Bazı etkinlik (aktivasyon) fonksiyonları

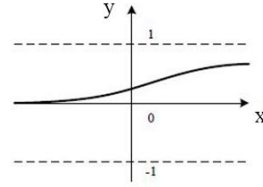
Lineer fonksiyon	$F(Net) = Net$
Step fonksiyonu	$F(Net) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } Net \geq \theta \\ 0 & \text{eğer } Net < \theta \end{cases}$
Sigmoid fonksiyonu	$F(Net) = \frac{1}{1 + e^{-Net}}$
Eşik Değer fonksiyonu	$F(Net) = \begin{cases} 0 & \text{eğer } Net \leq 0 \\ Net & \text{eğer } 0 < Net < 1 \\ 1 & \text{eğer } Net \geq 1 \end{cases}$
Hiperbolik Tanjant fonksiyonu	$F(Net) = \frac{e^{Net} - e^{-Net}}{e^{Net} + e^{-Net}}$



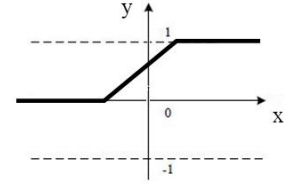
a) Lineer fonksiyon



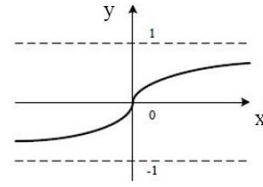
b) Step fonksiyonu



c) Sigmoid fonksiyonu



d) Eşik değeri fonksiyonu



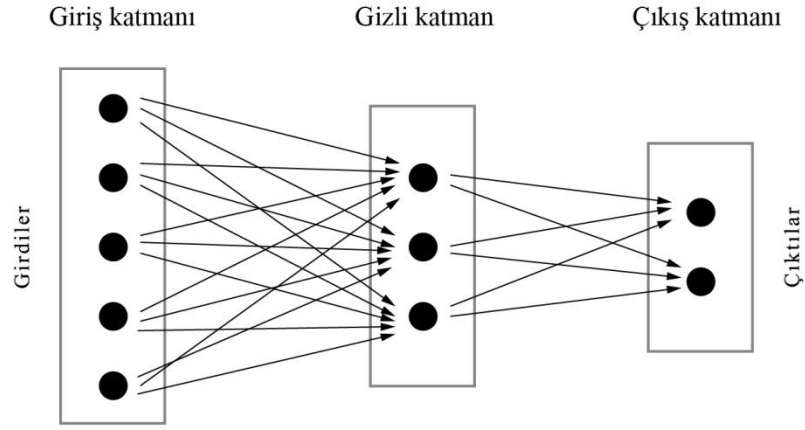
e) Hiperbolik Tanjant fonksiyonu

Şekil 2.5. Etkinlik fonksiyonlarının grafikleri

2.8. YSA'nın Ağ Yapılarına göre Modelleri

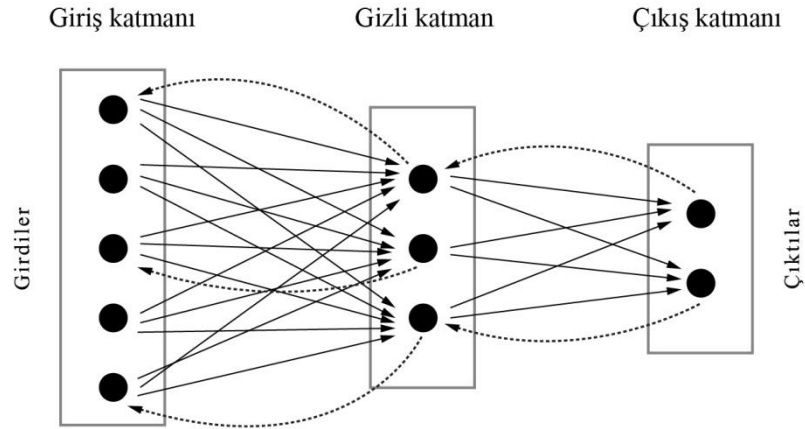
YSA'lar katmanları arasındaki nöron durum ve bağlantı şekillerine göre sınıflandırılırlar. Bağlantı yönlerine göre iki tip YSA modelleri vardır (Şahin, 2019).

İleri beslemeli Yapay Sinir Ağları: Sık kullanılan YSA şekilleridir. Bu modelde, giriş katmanından ilerleyen veriler ilgili ağırlıklarla çarpılarak hesaplanır. Sonuç diğer katmanlara sırayla iletilerek çıkış katmanına doğru yol alır. Çıkış değerleri istenen değerlerle karşılaştırılarak hata derecesi alınır ve ağ ağırlıkları güncellenir (Elmas, 2010). Şekil 2.6.'da görüldüğü gibi ağ akışı hep bir yönde ileriye dönüktür.



Şekil 2.6. İleri beslemeli Yapay Sinir Ağı modeli

Geri beslemeli YSA'lar: "Geri beslemeli ağlar en az bir geriye dönük bağlantıya sahip olmakla ileri beslemeli ağlardan ayrılmaktadır. Geri beslemeli ağlarda geri besleme, katmanlar arasında veya bir katmandaki nöronlar arasında da ola bilir. Geri beslemeli ağlarda çıktı katmanında elde edilen sonuçlar önceden belirlenen gecikme miktarına göre girdi katmanına gönderilebilir" (Cantürk, 2018). Geri beslemeli sinir ağlarının avantajı, ağın eğitim süresini azaltabilmesidir. Şekil 2.7.'da geri beslemeli Yapay Sinir Ağı modeli gösterilmiştir.

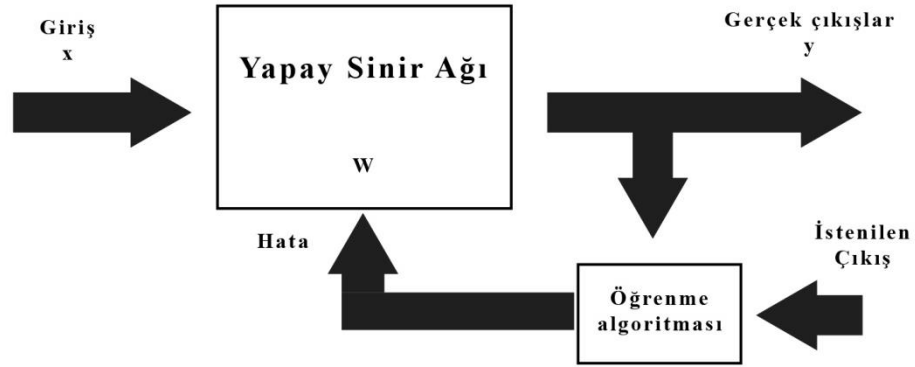


Şekil 2.7. Geri beslemeli Yapay Sinir Ağı modeli

2.9. Öğrenme Şekillerine göre YSA modelleri

YSA'lar diğer yapay zeka yöntemlerinden öğrenme yeteneğine göre seçilirler. YSA öğrenmesi, katmanlardaki ağırlıkların istenilen sonuca ulaşana kadar geçen zamana verilen isimdir. Öğrenme YSA'larda üç şekilde olur:

Danışmanlı öğrenme: Bu öğrenmede ağı daha önce belirlenmiş veriler verilmekle onlar arasındaki bağlantıyı kurması beklenilir. Ağı tahmin ettiği değerlerle gerçek veriler arasındaki hata oranı en aza indiğinde ağ öğrenmesi tamamlanmış olur. Ondan sonra bu ağı yeni değerler verilerek öğrendiği bağlantıyla sonuca varması beklenir. YSA kullanılarak yapılan çalışmalarda çoğunlukla danışmanlı öğrenme metodu kullanılmaktadır (Elmas, 2010). Şekil 2.8.'de danışmanlı öğrenme yapılı YSA modeli gösterilmiştir.

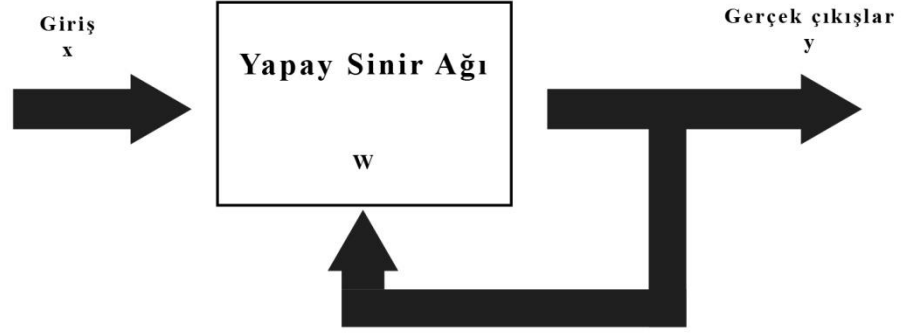


Şekil 2.8. Danışmanlı öğrenme yapılı YSA modeli

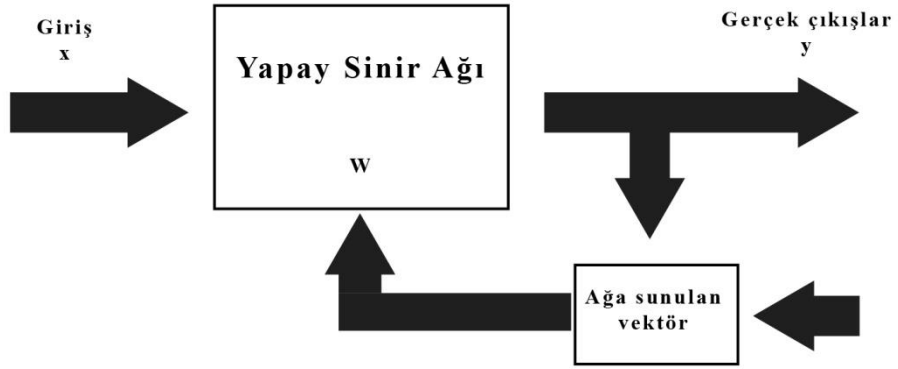
Danışmansız öğrenme: Bu öğrenmede, diğerinden farklı olarak çıkış değerleri belirtilmemektedir. Sisteme sadece girdi değerleri verilir ve hesaplanması istenir. Dışardan bir etken olmadan nöronlar kendi aralarında ilişki oluşturur. Cevabın doğruluğu giriş verilerinin cevabı gözlemnerek öğrenilir (Şahin, 2019).

Destekli öğrenme: Bu algoritmik metodda çıkış bilgilerinin verilmesine gerek duyulmaz. Fakat, ağı hesaplamış olduğu çıktının doğru veya yanlış olduğu belirtilmelidir. Ağ çıktısını ürettikten sonra, ağı sunulan girdi vektörüne karşılık

gelen çıktının doğru veya yanlış olması değerlendirilir. Şekil 2.9.'da danışmansız ve şekil 2.10.'da destekli öğrenme yapılı YSA modeli gösterilmiştir.



Şekil 2.9. Danışmansız YSA modeli



Şekil 2.10. Destekli öğrenme yapılı YSA modeli

2.10. Öğrenme Kurallarına göre YSA

Danışmanlı YSA modellerinde ağırlıkları güncelleştirmek için bazı öğrenme algoritmaları kullanılmaktadır. YSA modellerinin çözmesi istenen problemlere göre bu algoritmalar değişiklik göstermektedir. Bunlar içinde Hebb, Kohohen, Delta, Hopfield, Levenberg-Marquard algoritmaları sıkca kullanılır.

Levenberg-Marquard (L-M) algoritması YSA eğitiminde hızı ve karallığı nedeniyle son yıllarda tercih edilmektedir. Gauss-Newton yöntemine alternatif olarak geliştirilmiş, geri yayılım ve Gauss-Newton algoritmalarının avantajları dikkate alınmakla oluşturulmuştur.

“Geri yayılım algoritmasında hata değerleri geriye doğru, çıktı tabakasından veri girdi katmanına doğru azalmaktadır ve bu yönden Delta kuralının YSA’lar için bütünleşmiş bir şeklidir” (Cantürk, 2018). Gizli katmandaki nöronların nasıl bir işlem yaptığını gözlemleyemediğimizden dolayı hatanın nasıl değiştiğini öğrenmek için kullanılır.

LM algoritması bağımsız olarak Levenberg (1994) ve Marquard (1963) tarafından formüle edilmiştir. Algoritma formülü denklem (2.8)’de verilmiştir.

$$\Delta W = (J^T J + \mu I)^{-1} J^T e \quad (2.8)$$

W – Ağırlık vektörü,

I – Birim matris,

μ – Kombinasyon katsayısı. Ayarlanabilir bir parametredir.

J – $(E * M) * N$ boyutunda Jacobian matrisi,

e – $(E * M) * 1$ boyutunda hata vektörü,

E – Eğitim örnek sayısı,

M – Çıkış sayısı,

N – Ağırlık sayısı.

2.11. Sonuçların Değerlendirilmesinde Kullanılan Yöntemler

Çalışma sürecinde oluşturulan modelin başarısını değerlendirmek için bazı metodlar kullanılmıştır:

Ortalama Hata (Mean Error): Bir hesaplama modelinin öngördüğü değer ile asıl değer arasındaki ortalama hatadır.

Ortalama Mutlak Hata (Mean Absolute Error): Sürekli değişen iki parametre arasındaki farkın değeridir. MAE, asıl parametre ile verilere en iyi uyan tahmin değeri ile ortalama dikey uzaklıktır. Bununla beraber her data noktasıyla en uygun olan çizgi arasındaki ortalama yatay uzaklıktır (Web-3).

Ortalama Kare Hata (Mean Squared Error): Bu bir regresyon eğrisinin bir sıra noktaya ne kadar yakın veya uzak olduğunu bildirir. Her zaman pozitif değere sahiptir ve sıfıra yakın olan değerleri daha uygun sonuç göstermektedir (Web-3).

Kök Ortalama Kare Hata (Root Mean Square Error): Tahmin değerleri ile gerçek değerler arasındaki uzaklığın bulunmasında kullanılan bir yöntemdir. RMSE tahmin hatalarının standart sapmasıdır, yani hata kalıntılarının ne kadar yayıldığının bir göstergesidir. Başka yönden, verilere en uygun olan çizgi çevresinde o verilerin sıklığını gösterir. RMSE değerinin sıfıra yakın olması hatanın düşük olması, sıfır olması ise tahminin hiç hata yapmaması anlamına gelir (Web-3).

Ortalama Mutlak Yüzde Hata (Mean Absolute Percentage Error): Regresyon ve zaman serisi uygulanan modellerde sıklıkla kullanılan hata metodudur. Gerçek parametreler içinde sıfır olanlar varsa, sıfıra bölünme olacağından MAPE hesaplanamaz.

Belirlilik Katsayısı (R^2): İki değişken arasında doğrusal bir bağın olup olmadığını öğrenmek için kullanılan istatistiksel test yöntemidir.

Çizelge 2.4.'de hata değeri formülleri gösterilmiştir.

Çizelge 2.4. Bazı hata formülleri

Ortalama Hata (Mean Error)	$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^1 (g_i - h_i)$
Ortalama Mutlak Hata (Mean Absolute Error)	$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n g_i - h_i $
Ortalama Kare Hata (Mean Squared Error)	$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^1 (g_i - h_i)^2$
Kök Ortalama Kare Hata (Root Mean Square Error)	$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^1 (g_i - h_i)^2}$
Ortalama Mutlak Yüzde Hata (Mean Absolute Percentage Error)	$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{ g_i - h_i }{ h_i }$
Belirlilik Katsayısı (R^2)	$R^2 = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (g_i - \bar{g}_i)(h_i - \bar{h}_i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (g_i - \bar{g}_i)^2 \sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h}_i)^2}} \right]^2$

Çizelgede:

g_i – Tahmin değeri,

h_i – Gerçek değer.

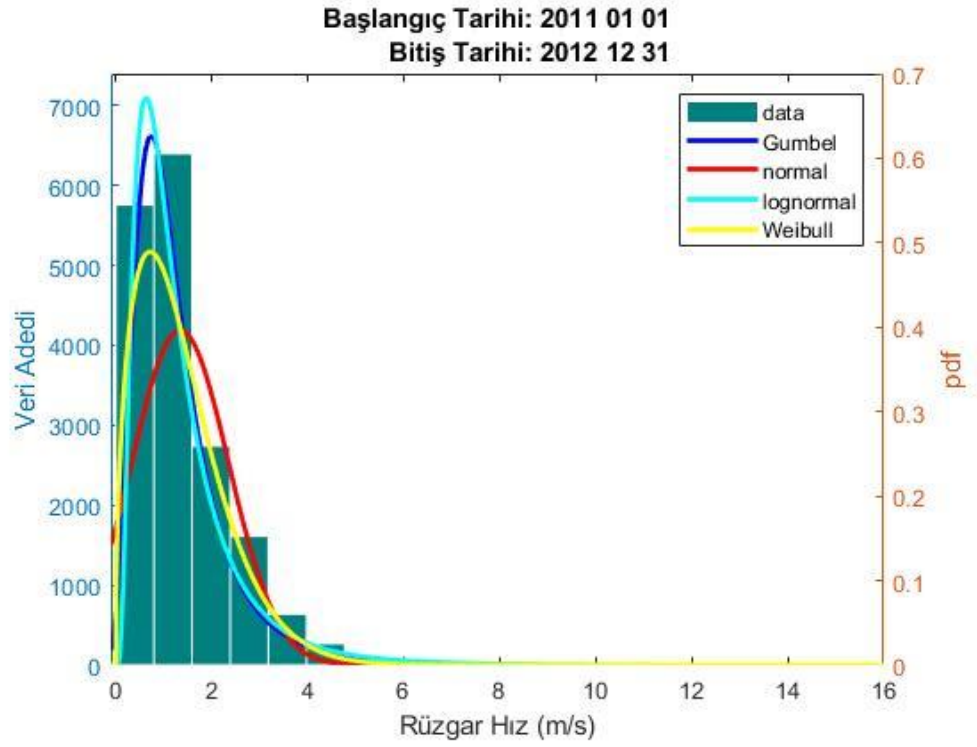
3. BULGULAR VE İRDELEME

Literatürde, rüzgâr hızıyla ilgili tahminler çok kısa dönem, kısa dönem, orta ve uzun dönem olmakla farklı zaman aralıkları için yapılmıştır. Yapılan tahminler için rüzgâr hız, basınç, nem, yön, coğrafi koordinatlar ve bunlar gibi farklı parametreler kullanılarak yapılmıştır.

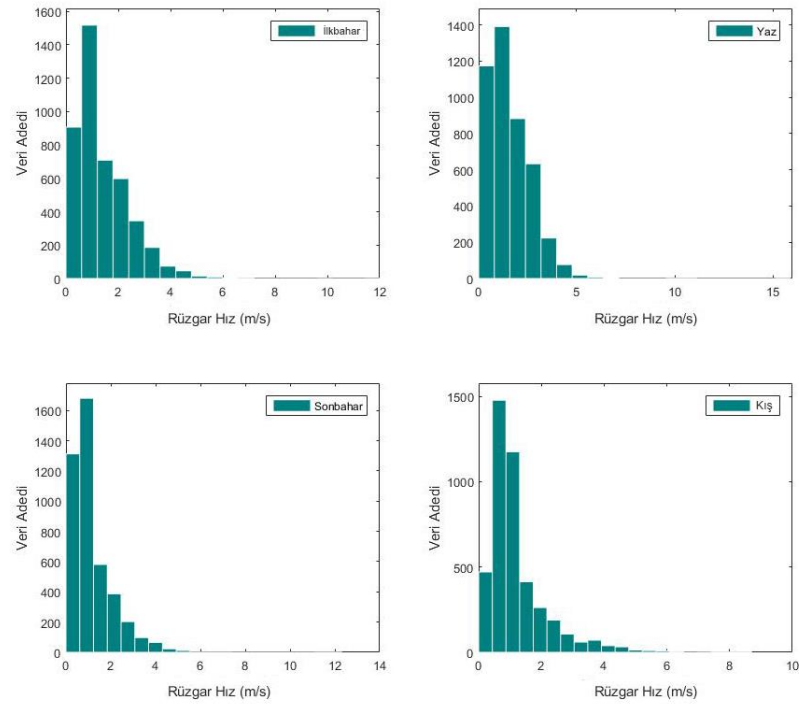
Bu çalışmada rüzgâr hızı tahmini için veri olarak rüzgâr hızı kullanılmıştır. Muğla Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden alınan 2011-2013 yılı rüzgâr hızı verileri MATLAB ve YSA yardımıyla incelenmiş, olası veri kayıpları düzeltilmiş ve tahmin yapılmıştır. Verilerin %80'ni oluşturulan YSA modelinin eğitimi, %20'si ise tahmin testi için kullanılmıştır.

3.1. Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi

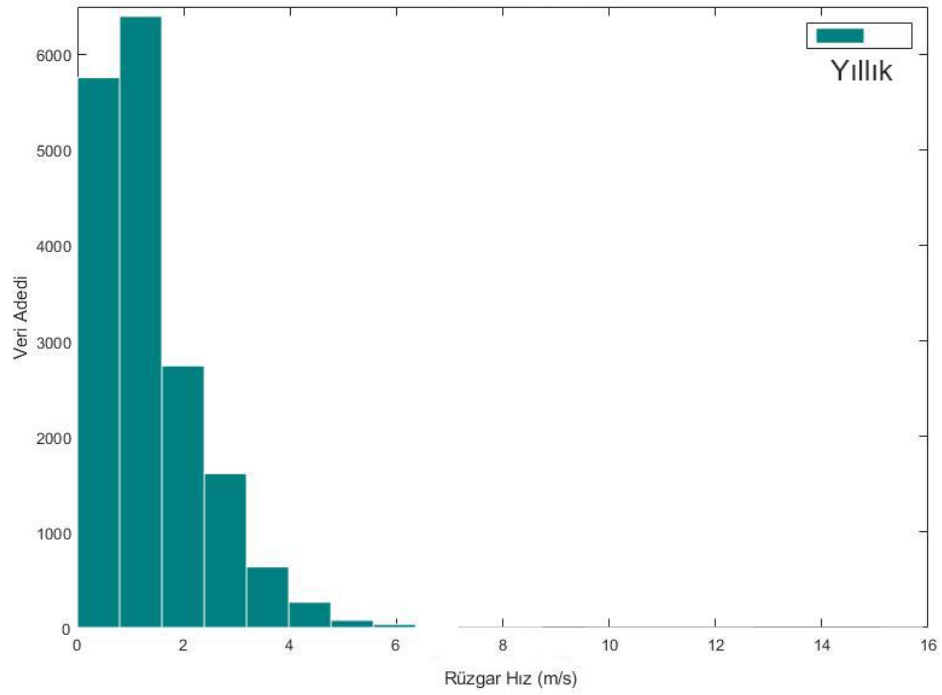
Verilere uygulanan ön işlemlerden sonra bölgenin rüzgâr profillerinin belirlenmesi için uygulanan istatistiksel dağılımların rüzgâr verileri ile 2011-2012 yılı uygunluk grafiği şekil 3.1.'de gösterilmiştir. Rüzgâr verilerine en uygun olan yoğunluk fonksiyonları, grafikten de görüldüğü üzere Gumbel ve Lognormal eğrileridir. Yine, 2011-2012 yıllarını kapsayan mevsimsel ve yıllık bazda rüzgâr hızı yoğunluk grafikleri de sırasıyla şekil 3.2. ve şekil 3.3.'te gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Yoğunluk fonksiyonlarıyla 2011-2012 yılı rüzgâr hızı yoğunluk grafiği



Şekil 3.2. 2011-2012 yılı mevsimsel bazda rüzgâr hızı yoğunluğu



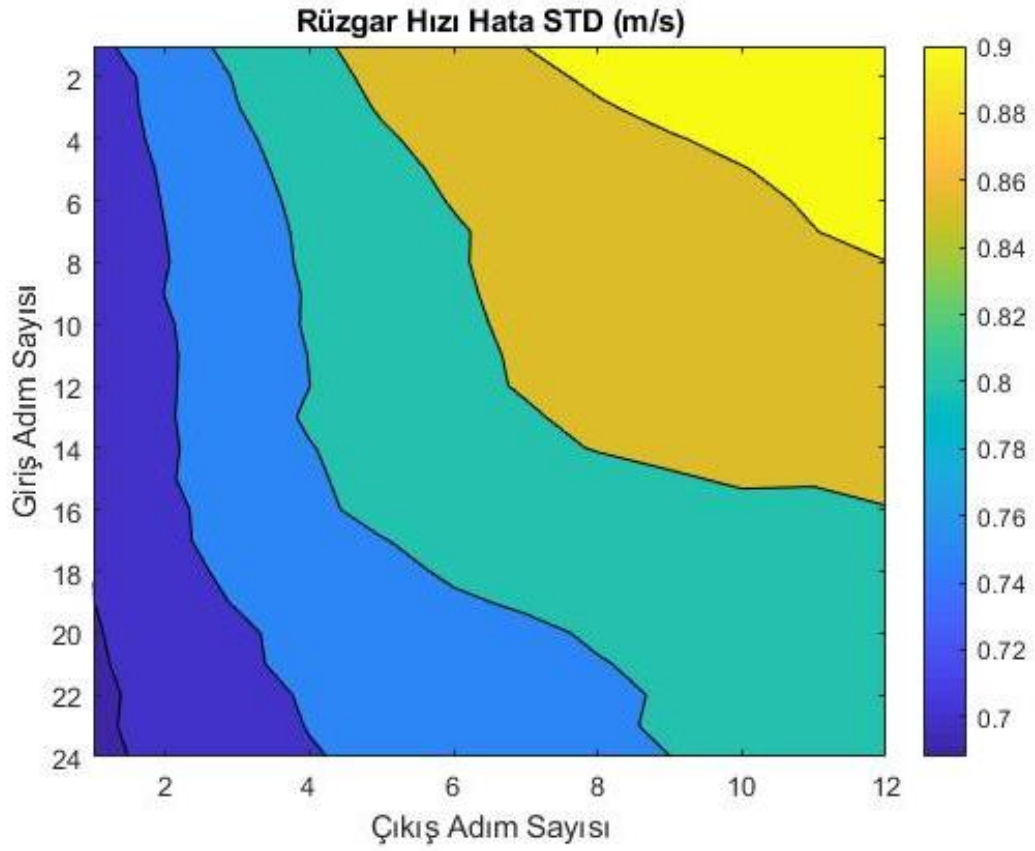
Şekil 3.3. 2011-2012 yıllarını kapsayan rüzgâr hızı yoğunluk grafiği

3.2. YSA modeli ve Tahminler

Bu tahmin çalışması yıllık ve mevsimsel bazda yapılmıştır. Mevsimsel tahmin her mevsimi temsil edecek şekilde dört farklı ay için yapılmıştır. Böylelikle, 2013 yılı İlkbahar için Mart, Yaz için Haziran, Sonbahar için Eylül, Kış için Aralık ayı rüzgâr hızı tahminleri yapılmıştır. Yıllık bazda 2013 yılı için tahmin yapılmış ve gerçek değerlerle uygunluğu test edilmiştir.

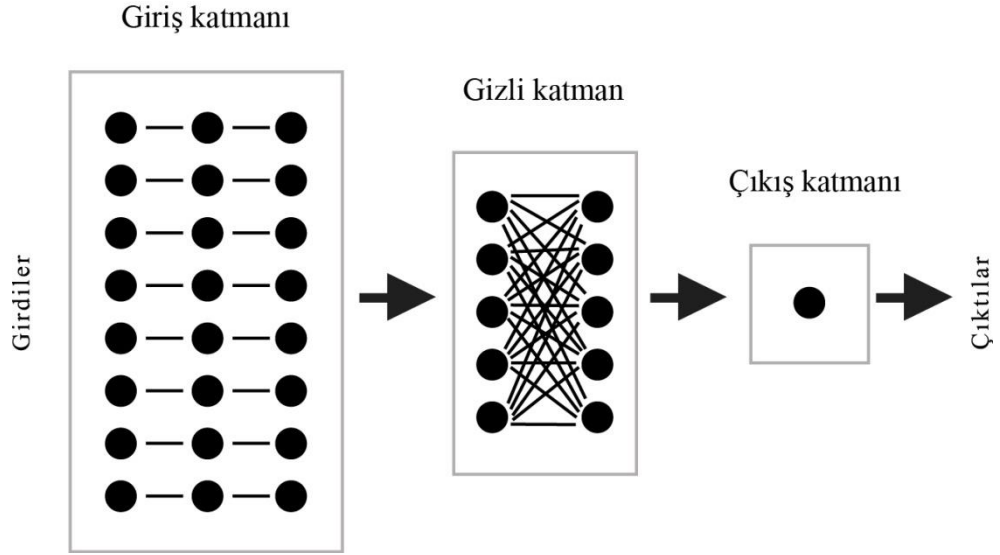
Oluşturulan YSA modeli için danışmanlı, ileri beslemeli, geri yayımlı bir model seçilmiştir. Ağırlıklardan gelen veriyi işlemek için Toplama fonksiyonu, aktivasyon için Sigmoid fonksiyonu belirlenmiştir. YSA hücreleri arasındaki ağırlık katsayılarının yenilenmesi için Levenberg-Marquard algoritması kullanılmıştır. Ayrıca, hata oranının en aza indirilmesi, geriye ve ileriye dönük en optimum zaman dilimini hesaplamak için iterasyon sayısı 1000 olarak kesinleştirilmiştir. Bunun

sonucunda şekil 3.4.'te görüldüğü gibi en uygun zaman dilimi geriye 24, ileriye 1 saat olmakla belirlenmiştir.



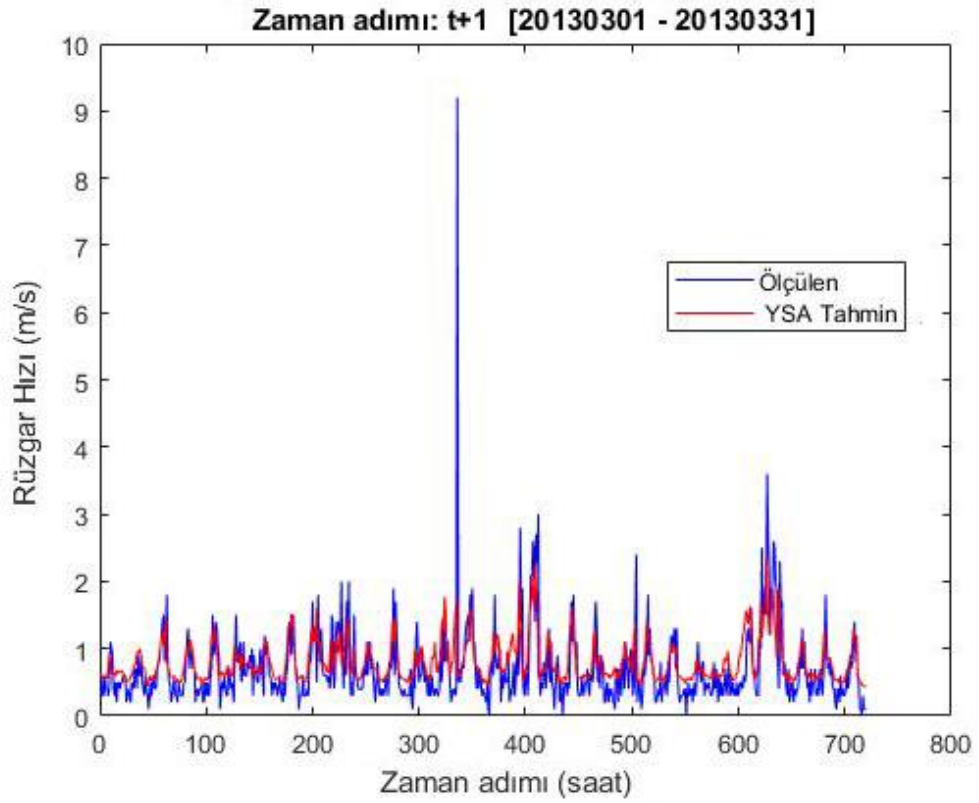
Şekil 3.4. Optimum giriş-çıkışlı rüzgâr hızı hata grafiği

Bunun sonucunda yaptığımız çalışma için en ideal 24 giriş verili ve 1 çıkış verili giriş katmanı, gizli katman ve çıkış katmanından ibaret YSA modeli kurulmuştur. Gizli katmandaki nöron sayısı 10 olarak belirlenmiştir. Böylece 24 saatlik verilerle $t + 1$ adım sonrası için hesaplamalar yapılmıştır. Şekil 3.5.'te oluşturulan YSA modeli gösterilmiştir.

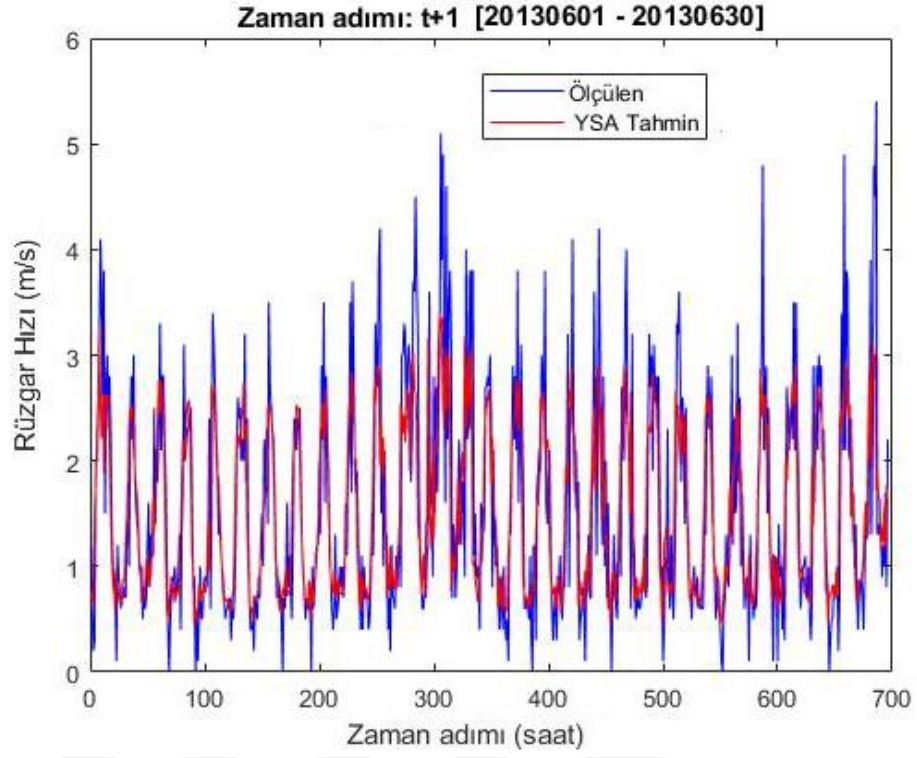


Şekil 3.5. Tahmin için oluşturulan YSA modeli

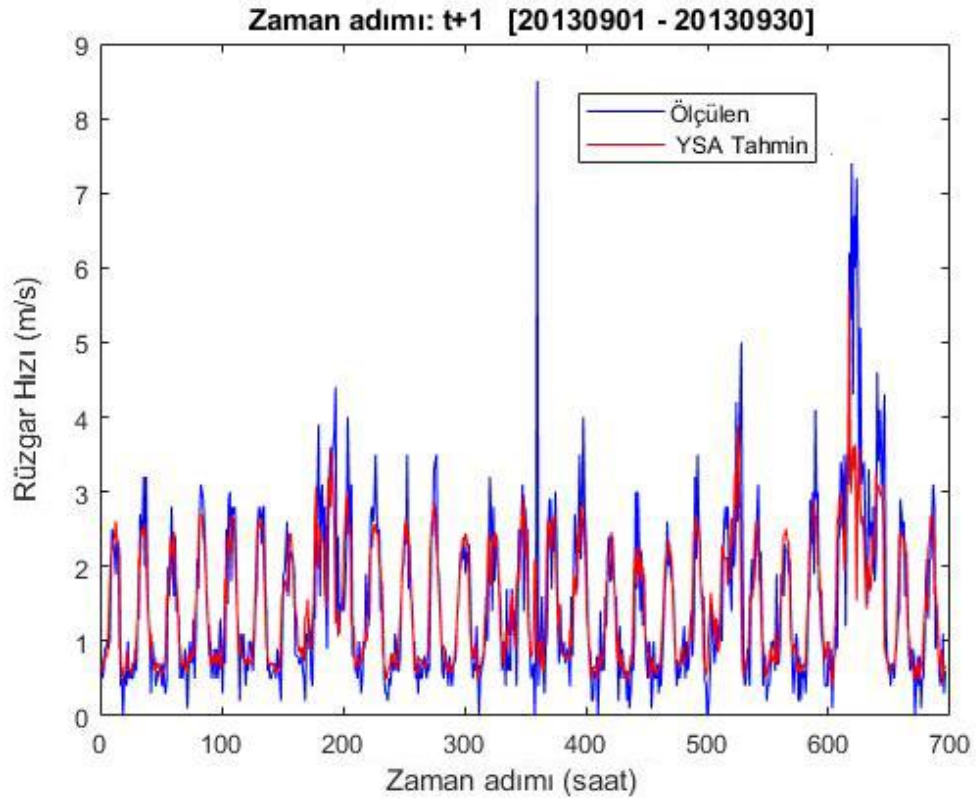
Mevsimsel bazda yapılan tahminler şekil 3.6., şekil 3.7., şekil 3.8., şekil 3.9.'da gösterilmiştir.



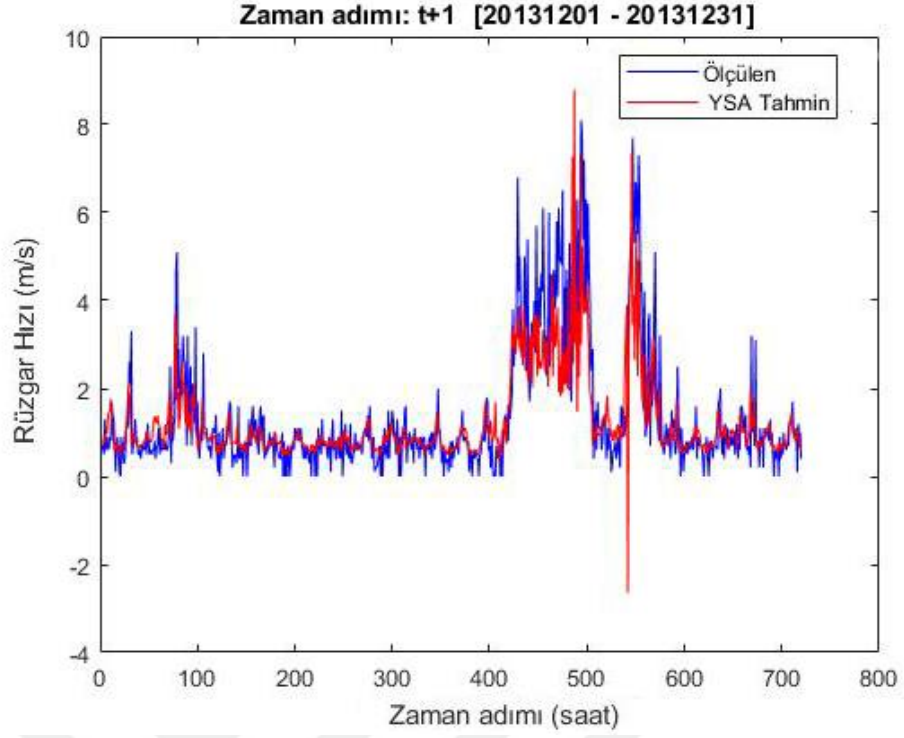
Şekil 3.6. İlkbahar (Mart ayı) için rüzgâr hızı tahmini



Şekil 3.7. Yaz (Haziran ayı) için rüzgâr hızı tahmini



Şekil 3.8. Sonbahar (Eylül ayı) için rüzgâr hızı tahmini



Şekil 3.9. Kış (Aralık ayı) için rüzgâr hızı tahmini

Grafikler ve hata değerleri incelendiğinde en iyi sonuç İlkbahar (Mart ayı) için gözlemlenmiştir. Mart ayı tahmini için hata değerleri RMSE 0,5114 m/s , MSE 0,2615 m^2/s^2 , MAE 0,3087 m/s olarak elde edilmiştir. Çizelge 3.1.'de mevsimsel tahmin için hata değerleri gösterilmiştir.

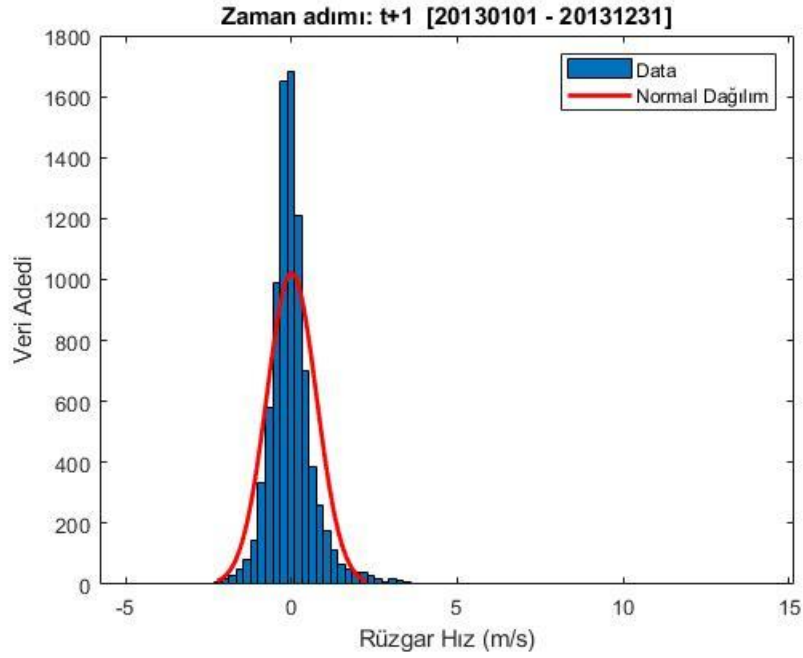
Çizelge 3.1. Mevsimsel tahmin için hata değerleri

Aylar	RMSE, m/s	MSE, m^2/s^2	MAE, m/s
Mart	0,5114	0,2615	0,3087
Haziran	0,6876	0,4728	0,4917
Eylül	0,7376	0,5440	0,4552

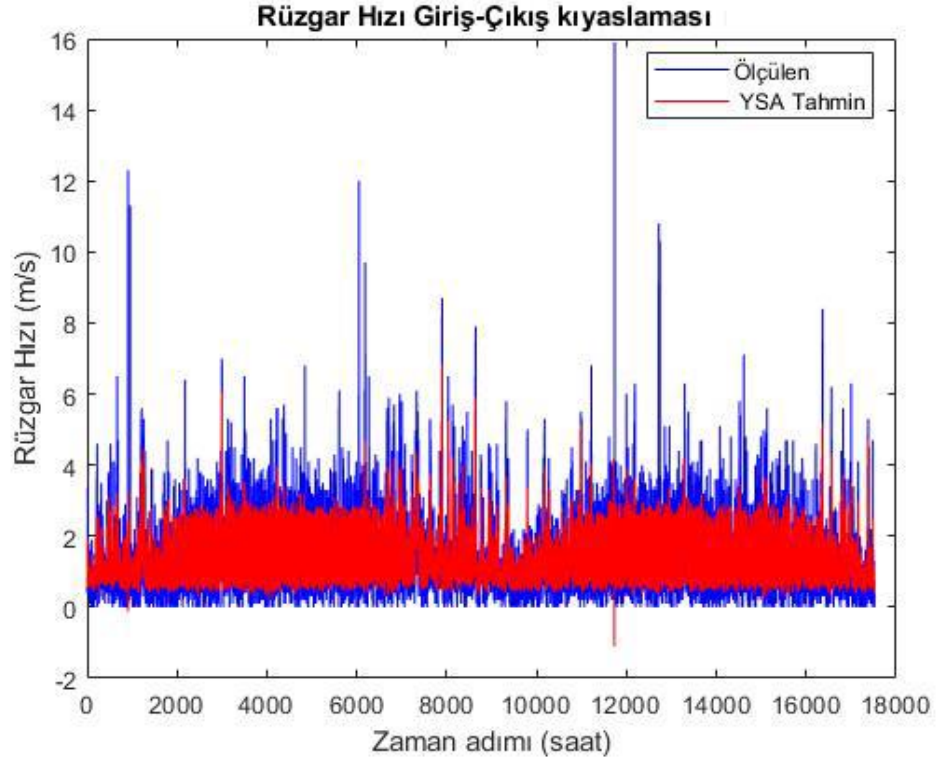
Çizelge 3.1. Mevsimsel tahmin için hata değerleri

Aralık	0,9770	0,9546	0,5877
--------	---------------	---------------	---------------

Şekil 3.10.'da 2013 yılı için $t + 1$ zaman dilimi için hesaplanmış veri ve normal dağılım (Gauss) grafiği gösterilmiştir. Bu resimden de görüldüğü gibi tahmin edilen sonuçlar Gauss eğrisine göre normal dağılmıştır. Böylece, kurduğumuz istatistiksel tahmin modelinin kullanışlılığını elde etmiş oluruz.



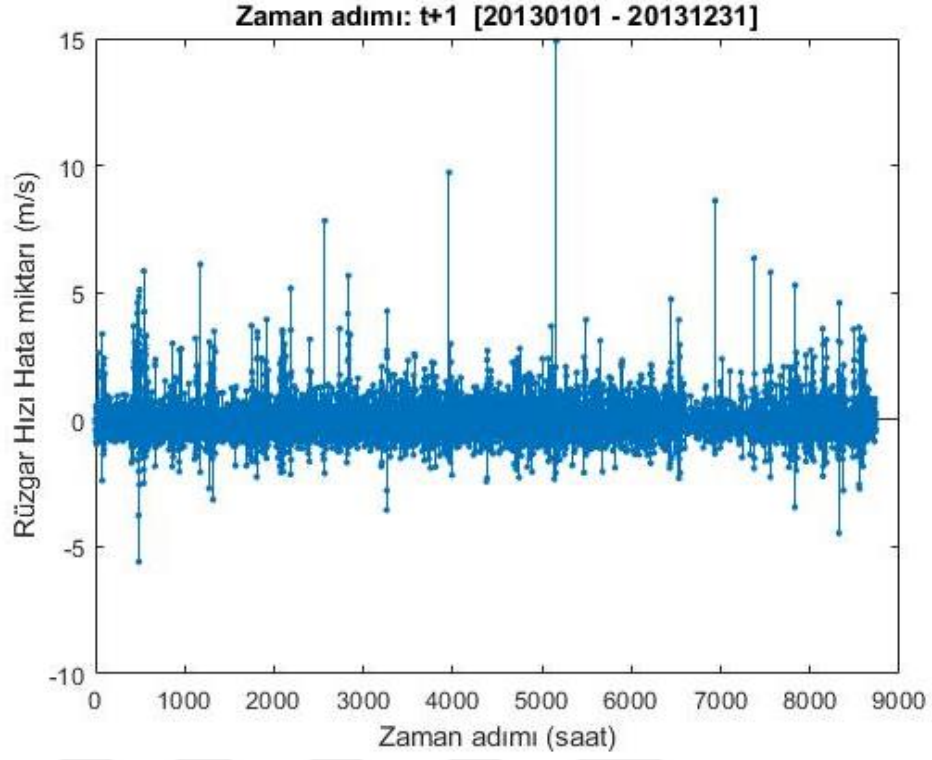
Şekil 3.11.'de YSA ile 2013 yılı rüzgâr hızı tahmin sonucu grafiksel olarak gösterilmiştir.



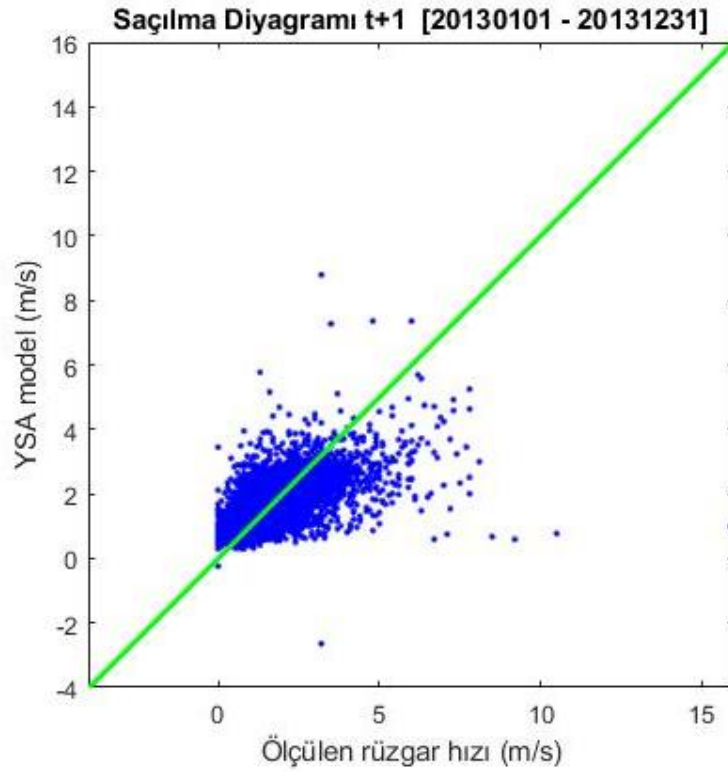
Şekil 3.11. 2013 yılı için ölçülen ve tahmin edilen rüzgâr hızı dağılımı

Grafikten de görüldüğü gibi tahmin ve gerçek veriler bir birileri ile uyum içindedirler.

Şekil 3.12 ve 3.13.'te sırasıyla, tahmin sonucu elde edilen hata miktarlarının zamansal olarak dağılım grafiği ve ölçülen ve tahmin edilen rüzgâr hızlarının saçılma diagramı gösterilmiştir.



Şekil 3.12. Hata değerlerinin zamansal olarak dağılımı



Şekil 3.13. 2013 yılı için ölçülen ve tahmin edilen rüzgâr hızı saçılma diagramı

Çizelge 3.2.'de Fethiye istasyonuna ait ME, MAE, MSE, RMSE, istatistiksel test sonuçları gösterilmiştir. ME değeri 0,0087 m/s , MAE değeri 0,4766 m/s , MSE miktarı 0,5590 m^2/s^2 , RMSE değeri 0,7476 m/s , R^2 değeri ise 0,5410 şeklindedir. Ölçüm istasyonunun verileri ile YSA tahmin sonuçlarının uyum içinde olduğu görülmektedir.

Çizelge 3.2. Ölçüm istasyonuna ait istatistiksel test sonuçları

ME	MAE	MSE	RMSE	R^2
0,0087 m/s	0,4766 m/s	0,5590 m^2/s^2	0,7476 m/s	0,5410

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Muğla ilinin Fethiye ilçesine ait rüzgâr hızı parametreleri YSA yöntemi ile tahmin edilmiştir. Rüzgâr hızı tahmini için Fethiye ilçesinde bulunan Muğla Devlet Metereoloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden elde edilmiş 10 metre yükseklikten saatlik olarak ölçülen 2011-2013 yıllarını kapsayan rüzgâr hızı verileri kullanılmıştır.

Veriler ön işlemlerden geçirilmiş, hata ve eksik kısımları düzeltilmiştir. Rüzgâr verileri olası yoğunluk fonksiyonlarıyla incelenmiştir.

Tahmin için kullanılan YSA yöntemi ile ileri beslemeli, geri yayımlı bir model seçilmiştir. 2011-2013 yıllarını kapsayan verilerin %80'ni ağın öğrenimi için, %20'si ise test için kullanılmıştır. YSA hücrelerindeki ağırlıkların yenilenmesi ve ağın öğretilmesi için Levenberg-Marquard algoritması kullanılmıştır. YSA modeli 3 katmandan oluşmaktadır: 24 adet giriş verili giriş katmanı, 10 nöronlu gizli katman, ve bir çıkış verili çıkış katmanı.

Tez kapsamında yapılan tahmin çalışması 2013 yılının dört mevsimini temsil edecek şekilde dört farklı ay için (Mart, Haziran, Eylül, Aralık) ve 2013 yılını kapsamaktadır.

Sonuç incelendiğinde, 2013 yılını kapsayan tahmin sonuçlarının gerçek verilerle uyum sağladığı gözlemlenmiştir. Mevsimsel bazda yapılan tahminlerde en iyi sonuç İlkbaharı temsilen Mart ayına aittir. Hata değerlerine bakıldığında bu ay için hata miktarları RMSE 0,5114 m/s , MSE 0,2615 m^2/s^2 , MAE 0,3087 m/s olarak elde edilmiştir. 2013 yılı için performans değerlendirmesi sonu ise RMSE 0,7476 m/s , MSE 0,5590 m^2/s^2 , MAE 0,4766 m/s , ME 0,0087 m/s , R^2 0,5410 şeklindedir.

Oluşturulan YSA modellerinin Rüzgâr hızı tahmininde etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca, çeşitli opmizasyon yöntemleri ile oluşturulabilecek hibrit modellerle bu yaklaşım her zaman geliştirilmeye açıktır.



KAYNAKLAR

- Akcan, S. (2017). Wind speed forecasting using time series analysis methods, *Cukurova Univ J Fac Eng Archit*, Cilt 32(2), 161-172 s.
- Akkoyunlu T. (2015). *Bodrum, Menteşe, Milas, Yatağan İlçelerinin Rüzgâr Verilerinin Analiz Edilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla, 213 s.
- Aslay F., Özen Ü. (2013). Metereolojik Parametreler Kullanılarak Yapay Sinir Ağları ile Toprak Sıcaklığının Tahmini, *Politeknik Dergisi*, Cilt 6, Sayı 4, 139-145 s.
- Bilgili M. (2007). *Predictions Of Wind Speed and Wind Power Potential Using Artificial Neural Networks*, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 215 s.
- Cantürk S. (2018). *Bir Rüzgâr Çiftliğinin Yapay Sinir Ağlarıyla Kısa Süreli Elektrik Üretim Tahmini*, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 129 s.
- Catalao, J., Pousinho H., ve Mendes, V. (2009). An Artificial Neural Network Approach for Short-Term Wind Power Forecasting in Portugal, *Intelligent System Application to Power Systems (ISAP)*, 5 Aralık
- Çalışkan, M. (2001). Rüzgâr Enerji Potansiyelinin Belirlenmesi, *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi*, 2001, Kayseri, MMO Basımevi, Cilt 275, 179-189 s.
- Çırak B., Korcak S. (2017). Isı Transferinde Isı Kayıplarının Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile İncelenmesi, *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(2), 185-197 s.
- Dündar C., Oğuz K., Dokuyucu K., Bacanlı H. (2011). Kısa Süreli Rüzgâr Enerjisi Tahmini, *VI Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, 21-22 Ekim 2011, Kayseri

- Elmas Ç. (2010). *Yapay Zeka Uygulamaları*, 2. Baskı, Seçkin Yayınları, Ankara, 424 s.
- Es H.A., Coşkun H. (2014). Yapay Sinir Ağları ile Türkiye Net Enerji Talep Tahmini, *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Ankara, 29 (3), 495-504 s.
- Fausett L. (1994). *Fundamental of Neural Networks: Arcitectures, Algorithms and Applications*, Prentice Holl, New Jersey, 480 s.
- Filik Ü.B. ve Filik T. (2017). Kısa Dönem Rüzgâr Hızının Tahmininde Otoregresif ve Yapay Sinir Ağları Tabanlı Yeni Bir Hibrit Yaklaşım, *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 7(2), 419-427 s.
- Gabralı D. (2019). *Yapay Sinir Ağları ile Rüzgâr ve Güneş Enerjisi Potansiyelinin Modellenmesi ve Dalgacık ile Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, T.C. İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, 139 s.
- Ghadi, M. J., Gilani, S. H., Afrakhte H. ve Baghramian A. (2014). A novel heuristic method for wind farm power prediction: A case study, *Electrical Power and Energy Systems*, 63, 962-970 s.
- GWEC (2019). *Annual Wind Report 2019*, Küresel Rüzgâr Enerji Konseyi, Belçika, 78 s.
- Kaplan Y., Saray U., Emeksiz U., Yeşilnacar Y.O., Önal S., Karaca V., (2013). Yapay Sinir Ağı Geri Yayınım Algoritması Kullanılarak Rüzgâr Hızı Tahmini, *IX Clean Energy Sempozyumu, UTES 13*, Konya.
- Kaya Ü., Caner M., Oğuz Y. (2016). Rüzgâr Türbin Modelleri Kullanarak Kastamonu İli Rüzgâr ile Elektrik Üretim Potansiyeli Tahmini, *Technological Applied Sciences (NWSATAS) Dergisi*, 11(3), 65-73 s.
- Kayabaşı E. (2019). *Yapay Sinir Ağları ve Çoklu Lineer Regresyon Yöntemleri ile Rüzgâr Gücü Tahmini*, Yüksek Lisans Tezi, T.C. Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 95 s.
- Kaynar O., Taştan S., Demirkoparan F. (2011). Yapay Sinir Ağları ile Doğalgaz Tüketim Tahmini, *Atatürk Üniversitesi İİBF Dergisi*, Erzurum, Ekonomi ve İstatistik Sempozyumu Özel Sayı, 463-474 s.

- Kazemzadeh R., Aghajani A. ve Ebrahimi A. (2016). A novel hybrid approach for predicting wind farm power production based on wavelet transform, hybrid neural networks and imperialist competitive algorithm, *Energy Conversion and Management*, 121, 232-240 s.
- Keskenler M.F., Keskenler E.F. (2017). Geçmişten Günümüze Yapay Sinir Ağları ve Tarihçesi, *Takvim-I Vedai*, 5(2), 8-18 s.
- Kılıç B., Arabacı E. (2016). Burdur İli Gelecekteki Rüzgâr Hızı Değerlerinin Yapay Sinir Ağları Metodu ile Tahmini, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Özel Sayı, 45-50 s.
- Kırbaş İ. (2018). İstatiksel Metodlar ve Yapay Sinir Ağları Kullanarak Kısa Dönem Çok Adımlı Rüzgâr Hızı Tahmini, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(1), 24-28 s.
- Korkmaz E., İzgi E., Tutun S. (2018). Forecasting of short-term wind speed at different heights using a comparative, *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*, 26(5), 2553-2569 s.
- Kolhe M., Lin T., Maunuksela J. (2011). GA-AAN for Short-Term Wind Energy Prediction, *Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference (APPEEC)*, 25-28 Mart 2011, Wuhan, Çin.
- Liu H., Tian H. Q., Li Y. F. (2012). Comparison of two new ARIMA-ANN and ARIMA-Kalman hybrid methods for wind speed prediction, *Applied Energy Dergisi*, Sayı 98, 415-427 s.
- Mert İ. (2018), *Hatay Bölgesi Rüzgâr Enerjisi Potansiyali Olasılık Dağılımı ve Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi*, Doktora Tezi, İskenderun Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.
- Okkan U., Dalkılıç H.Y. (2012). Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları ile Kemer Barajı Aylık Akımların Modellenmesi, *IMO Teknik Dergi*, 5957-5966 s.
- Oskay C. (2014). Sürdürülebilir Kalkınma Çerçevesinde Rüzgâr Enerjisinin Önemi ve Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi Yatırımlarına Yönelik Teşvikler, *Niğde Üniversitesi IIBBF Dergisi*, Cilt 7, Sayı 1, 76-94 s.

Özcan İ., Şahin A.Ş., Dikmen E., Bayram G. (2013). Isparta İlinde Rüzgâr Hızı Değerlerinin Belirlenmesi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17(1), 109-112 s.

Öztemel (2012). *Yapay Sinir Ağları*, Papatya Yayıncılık, İstanbul, 44 s.

Öztürk A., Alkan O., Tosun S. (2018). Rüzgâr ve Güneş Santrallerinde Kısa Dönem Enerji Üretim Tahmini için Matematiksel Modellerin Oluşturulması, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Sayı 6, 188-195 s.

Peng H., Liu F., Yong X. (2013). A Hybrid Strategy of Short Term Wind Power Prediction, *Renewable Energy*, 50, 590-595 s.

Saray U., Luy M., Çam E. (2011). Amasya İli için Yapay Sinir Ağlarıyla Rüzgâr Hızı Tahmini, *Elektrik Elektronik Mühendisliği Günleri EEMG*

Solmaz S., Turan R.A. (2015). Ortalama Geçmiş Rüzgâr Verileri Üzerinden Rüzgâr Enerjisi Santralleri için Önfizibilite Yapılması: Gediz Üniversitesi 100 kW Rüzgâr Enerjisi Uygulaması, 3. *İzmir Rüzgar Sempozyumu*, 8-10 Ekim

Şahan M., Okur Y. (2016). Akdeniz Bölgesine ait Metereoloji Verilere Kullanılarak Yapay Sinir Ağları Yardımıyla Güneş Enerjisi Tahmini, *SDU Journal of Science (e-Journal)*, 11(1), 61-71 s.

Şahin M. (2019). *Sivas İlinin Güneş Işınım Şiddeti ve Rüzgâr Hızının Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Edilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas.

Şenel M.C., Koç E. (2015). Dünya’da ve Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi Durumu-Genel Değerlendirme, *Mühendis ve Makine Dergisi*, Cilt 56, Sayı 663, 46-56 s.

Yılmaz E.A., Öziç H.C. (2018). Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Potansiyeli ve Gelecek Hedefleri, *Ordu Üniversitesi Sosyal Bilim Araştırmaları Dergisi*, 8(3), 525-535 s.

Yüksek A.G. (2007). *Hava Kirliliği Tahmininde Çoklu Regresyon Analizi ve Yapay Sinir Ağları Yönteminin Karşılaştırılması*, Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sivas.

WWEA (2020). World Wind Energy Association Global Statistics 2020, England.

<http://www.wwindea.org>

Wind Europe (2019). Wind Europe Annual Statistics 2019, Belçika, 24 s.

<http://www.windeurope.org>

Web-1: İstanbul Teknik Üniversitesi, Rüzgar makale

<https://rb.gy/eklvwq>

Web-2: <https://www.yegm.gov.tr>

Web-3: <https://veribilimcisi.com/2017/07/14/mse-rmse-mae-mape-metrikleri-nedir/>

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Ad Soyad : Kanan GULUZADE
Uyruk : Azerbaycan
Doğum Yeri ve Tarihi : 25/11/1994 Bakü, Azerbaycan
Medeni Hali : Bekar
Telefon : +905388873835 +994798791294
E-Posta : quluzadekenan13@gmail.com

Eğitim

Alınan Derece	Aldığı Kurum/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Okul	206 Nolu Okul, Bakü	2012
Lisans	Bakü Devlet Üniversitesi	2016
Yüksek Lisans	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi	2020

İş Tecrübesi

Yıl	Yer	Pozisyon/Görev
2017-2020	Muğla, Sürat kargo	Bilgisayar operatörü
2020-	Bakü, ArchiCO Engineering	Depo görevlisi

Yabancı Dil(ler)

Diller	Başlangıç	Orta	İleri
Türkçe			X
İngilizce		X	
Rusça		X	