

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



**YENİ ENERJİ KAYNAKLARI VE TOTAL ELEKTRİK TÜKETİMİ
ÜZERİNDEKİ ETKİSİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Ömer Faruk GÜNDÜZ
Y1613.010008**

**Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Bilgisayar Mühendisliği Programı**

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Zafer ASLAN

KASIM 2018





T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

Yüksek Lisans Tez Onay Belgesi

Enstitümüz Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı Bilgisayar Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı **Y1613.010008** numaralı öğrencisi **Ömer Faruk GÜNDÜZ**'ün "YENİ ENERJİ KAYNAKLARI VE TOTAL ELEKTRİK TÜKETİMİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ" adlı tez çalışması Enstitümüz Yönetim Kurulunun 19.09.2018 tarih ve 2018/18 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından *başarılı* ile Tezli Yüksek Lisans tezi olarak *kabul* edilmiştir.

Öğretim Üyesi Adı Soyadı

İmzası

Tez Savunma Tarihi : 05/11/2018

1) Tez Danışmanı: Prof. Dr. Zafer ASLAN

Aslan

2) Jüri Üyesi : Prof. Dr. Ali GÜNEŞ

Güneş

3) Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Farzad KIANI

Kiani

Not: Öğrencinin Tez savunmasında **Başarılı** olması halinde bu form **imzalanacaktır**. Aksi halde geçersizdir.



YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “YENİ ENERJİ KAYNAKLARI VE TOTAL ELEKTRİK TÜKETİMİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya’da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim. (14.09.2018)

Aday / İmza





Eşime ve aileme,



ÖNSÖZ

Bu tez çalışmamda, yanımda olamasa da uzaktan ve elinden gelen her desteği ve yardımlarından dolayı İstanbul Aydın Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Sayın Prof. Dr. Zafer Aslan'a çok teşekkür ederim. Doğduğum andan itibaren sevgileri, ilgileri ve koşulsuz şartsız maddi manevi destekleri için aileme sonsuz teşekkür ederim. Her zaman benimle tüm zorluklara göğüs geren ve ne olursa olsun bana olan inancını hiç kaybetmeyen, desteğini, ilgisini bu çalışma esnasında ve hayatımız boyunca sonuna kadar eksik etmeyen hayatıma değer katan sevgili eşim Gizem Acar Gündüz'e teşekkürü borç bilirim.

Eylül, 2018

Ömer Faruk Gündüz



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	ix
İÇİNDEKİLER.....	xi
KISALTMALAR.....	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
ABSTRACT.....	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışma Konusu.....	1
1.2 Tezin Amacı.....	1
1.3 Tezin Yapısı.....	2
1.4 Literatür Araştırması.....	2
1.4.1 Rüzgâr Enerjisi.....	2
1.4.2 Güneş Enerjisi.....	4
2. MATERYAL ve YÖNTEM	7
2.1 İnceleme bölgesi ve göz önüne alınan veriler.....	7
2.2 Eksik Verilerin Tamamlanması.....	8
2.3 İstatistiksel Analizler.....	8
2.4 Verilerin Normalizasyonu.....	9
2.5 Yapay Sinir Ağları.....	9
2.6 Wavelet Tool.....	11
3. ANALİZ	15
3.1 İstatistiksel Sonuçlar.....	15
3.2 YSA Simülasyon Ayarları.....	19
3.3 YSA Eğitim Sonuçları.....	19
3.4 Wavelet Sonuçları.....	24
4. SONUÇ	33
KAYNAKLAR	37
EKLER	41
ÖZGEÇMİŞ	45



KISALTMALAR

ANN	: Artificial Neural Network, Yapay Sinir Ağı
BEDAŞ	: Boğaziçi Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
CWT	: Continious Wavelet Transform, Sürekli Dalgacık Dönüşümü
EBP	: Error Back Propagation, Hata Geri Yayılımı
EMO	: Elektrik Mühendisleri Odası
LM	: Levenberg-Marquardt
MAE	: Mean Absolute Error, Mutlak Ortalama Hatası
MATLAB	: Matris Laboratuvarı
MSE	: Mean Squared Error, Karesel Ortalama Hatası
NMAE	: Normalized Mean Absolute Error, Normalize Edilmiş Mutlak Ortalama Hatası
NRMSE	: Normalized Root Mean Squared Error, Normalize Edilmiş Karesel Ortalama Hatasının Karekökü
ODS	: Ortalama Deniz Seviyesi
R	: Regresyon
RMSE	: Root Mean Squared Error, Karesel Ortalama Hatasının Karekökü
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
YSA	: Yapay Sinir Ağı



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1:	Türkiye’de Bölgelerin Yıllık Güneşlenme Süreleri [16]	5
Çizelge 2.1:	İnceleme Bölgesi ve İncelenen veriler [25].....	7
Çizelge 3.1:	2016 yılı için değişkenlerin istatistikleri	15
Çizelge 3.2:	YSA Parametreleri	19
Çizelge 3.3:	YSA eğitiminden sonra dört ayın regresyon ve hata değerleri.....	24



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1:	Kurna gözlem istasyonu konumu [26]	8
Şekil 2.2:	İki katmanlı yapay sinir ağı örneği [31]	10
Şekil 2.3:	Çalışmada kullanılan yapay sinir ağı yapısı	10
Şekil 2.4:	Daubechies dalgacıklarının 3 boyutlu görünümü [35].....	12
Şekil 2.5:	Daubechies dalgacıklarının 3. seviye fonksiyon grafiği [36].....	12
Şekil 2.6:	Daubechies dalgacıklarının 3. seviye sonuçlarına bir örnek	13
Şekil 2.7:	Scalogram örneği, 1D Continuous Wavelet, Mexh.	14
Şekil 3.1:	2016 yılı için tarihe göre sıcaklık(°C) değişim grafiği	16
Şekil 3.2:	2016 yılı için tarihe göre güneş radyasyonu(W/m ²) değişim grafiği.....	16
Şekil 3.3:	2016 yılı için tarihe göre rüzgâr şiddeti(m/s) değişim grafiği.....	17
Şekil 3.4:	2016 yılı için sıcaklık (°C) histogram grafiği.....	17
Şekil 3.5:	2016 yılı için güneş radyasyonu(W/m ²) histogram grafiği	18
Şekil 3.6:	2016 yılı için rüzgâr şiddeti (m/s) histogram grafiği	18
Şekil 3.7:	Şubat Ayı için YSA model sonuçlarının eğitim(a) ve test(b) grafikleri .	20
Şekil 3.8:	Şubat Ayı için YSA model hata histogram grafikleri	20
Şekil 3.9:	Nisan Ayı için YSA model sonuçlarının eğitim(a) ve test(b) grafikleri .	21
Şekil 3.10:	Nisan Ayı için YSA model hata histogram grafikleri.....	21
Şekil 3.11:	Haziran Ayı için YSA modelinin eğitim(a) ve test(b) grafikleri.....	22
Şekil 3.12:	Haziran Ayı için YSA model hata histogram grafikleri	22
Şekil 3.13:	Eylül Ayı için YSA model sonuçlarının eğitim(a) ve test(b) grafikleri..	23
Şekil 3.14:	Eylül Ayı için YSA model hata histogram grafikleri	23
Şekil 3.15:	2016 Şubat Ayı için güneş radyasyonu (W/m ²) wavelet grafikleri	25
Şekil 3.16:	2016 Nisan Ayı için güneş radyasyonu (W/m ²) wavelet grafikleri.....	26
Şekil 3.17:	2016 Haziran Ayı için güneş radyasyonu (W/m ²) wavelet grafikleri....	27
Şekil 3.18:	2016 Eylül Ayı için güneş radyasyonu (W/m ²) wavelet grafikleri	28
Şekil 3.19:	2016 Şubat Ayı için rüzgâr şiddeti (m/s) wavelet grafikleri	29
Şekil 3.20:	2016 Nisan Ayı için rüzgâr şiddeti (m/s) wavelet grafikleri.....	30
Şekil 3.21:	2016 Haziran Ayı için rüzgâr şiddeti (m/s) wavelet grafikleri.....	31
Şekil 3.22:	2016 Eylül Ayı için rüzgâr şiddeti (m/s) wavelet grafikleri.....	32



YENİ ENERJİ KAYNAKLARI VE TOTAL ELEKTRİK TÜKETİMİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

ÖZET

Rüzgâr ve güneş enerji kaynakları çevre dostu, sera gazlarının üretimini azaltan alternatif enerji kaynakları arasında yer almaktadır. Son 20 yıl içinde kullanım ve uygulama alanları gerek ülkemizde gerekse dünya genelinde çok genişlemiştir. Türkiye, rüzgâr enerjisi potansiyeli açısından İrlanda ve kıyıları ile karşılaştırılabilir enerji potansiyeline sahiptir. Avrupa genelinde rüzgâr enerji potansiyeli açısından 7. sırada yer alan Türkiye, dünyada ise 12. sırada yer almaktadır. Karadeniz bölgemiz dahil gerek güneşlenme süresi gerekse güneş enerji potansiyeli açısından Türkiye, önemli enerji potansiyeline sahiptir. Türkiye, rüzgâr enerji potansiyeli bakımından zengin illere sahip bir ülkedir. Kuzey Ege ve Marmara Bölgesi'nde ortalama yıllık rüzgâr hızı ve 10 m yükseklikte güç yoğunluğu bakımından en yüksek değerler sırası ile 3,29 m / s ve 51,91 W / m² olarak belirlenmiştir. Güneş enerjisi, Türkiye'de yeryüzeyine gelen güneş radyasyonu değerleri 1100 W / m²'ye kadar çıkmaktadır. Karadeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde yıllık toplam güneşlenme süresi sırası ile 1966 saat ve 3016 saattir. Ülkemizin yıllık ortalama güneşlenme süresi süresi 2640 saattir. Güneş enerjisinden yararlanma olanakları, Türkiye'nin coğrafi konumu açısından çok yüksektir. Burada sunulan tez çalışmasında, güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisi kombine sistemlerin enerji potansiyelinin tahminine yönelik olarak Kurna (Pendik, İstanbul) pilot inceleme alanı olarak seçilmiştir. Yapay sinir ağları (YSA) Yöntemine dayalı tahmin çalışması yapılmış, Wavelet (Dalgacık) Analizleri ile değişime etki eden faktörler araştırılmıştır. Rüzgâr-güneş hibrid sistemlerin kullanılmasında, inceleme bölgesi için en uygun dönemler saptanabilmektedir. Güneş-rüzgâr enerjisi sistemleri çevre dostu sistemlerdir. Belirli bir dönemde rüzgâr enerjisi potansiyeli düşük olduğu zaman, güneş enerjisi potansiyeli çalışma alanındaki düşük enerji potansiyelinin dezavantajını ortadan kaldırmaktadır. Hibrit sistem, bir güneş paneli, bir rüzgâr türbini, bir şarj kontrolörü, bir batarya bankası ve bir invertör içerir. Bu alt sistemler için optimum malzemelerin seçimi, veri madenciliği yardımı ile, rüzgâr-güneş enerjisi potansiyeli tahmin sonuçlarına göre yapılmaktadır. Levenberg-Marquardt algoritmasına dayalı YSA sonuçlarına göre, en başarılı model tahmin sonuçları sonbahar mevsiminde (Eylül, 2016) için elde edilmiştir. Gözlem verileri ile model sonuçları (test verisi) arasındaki lineer ilişki katsayısı; $R = 0,86$, ' α ' güven seviyesi, %0,001'den düşük olarak saptanmıştır. Wavelet analizleri, rüzgâr-güneş enerjisi potansiyeli ve dönüştürme sistemleri üzerinde küçük, orta ve büyük ölçekli (zaman ortamında, dakika, saat, gün, ay, mevsim gibi) faktörlerin rolünü göstermektedir. Büyük ölçekli olayların güneş radyasyonu zamansal değişimi üzerinde rüzgâr şiddetine (Eylül Ayı ilk yarısı hariç) göre daha fazla etkin olduğu söylenebilir. Bu araştırma sonuçları, yenilenebilir enerji potansiyelinin kısa-uzun dönem tahminleri, dönüştürme ve depolama sistemleri için

optimum malzemelerin seçiminde yarar sağlayabilecektir. Bulgulara göre, inceleme bölgesinde gerek rüzgâr gerekse güneş enerji sistemleri ayrı ayrı veya hibrit olarak, ısıtma, soğutma ve elektrik üretiminde temiz enerji kaynağı olarak kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: *Rüzgâr-güneş enerjisi, hibrit sistemler, yenilenebilir enerji, yapay sinir ağları, wavelet.*



NEW ENERGY RESOURCES AND EFFECT ON TOTAL ELECTRICITY CONSUMPTION

ABSTRACT

Wind and solar energy resources are among the alternative energy sources that are environmentally friendly and reduce the production of greenhouse gases. In the last 20 years, the fields of use and application have expanded considerably both in Turkey and worldwide. Turkey has a comparable energy potential off the coast of Ireland and in terms of wind energy potential. Turkey ranks 7th in Europe, and ranks 12th in the world by wind energy potential. The Black Sea region, including our need sunshine duration, both in terms of solar energy potential of Turkey has significant energy potential. Turkey, a country with the richest province in terms of wind energy potential. In the North Aegean and Marmara Region, the annual wind speed was the highest in terms of annual wind speed and power density at a height of 10 m The highest values were 3,29 m / s and 51.91 W / m², respectively. Solar energy, solar radiation values from the Earth's surface in Turkey go up to 1100 W / m². In the Black Sea and Southeastern Anatolia regions, the annual total sunshine durations are 1966 hours and 3016 hours. The average annual sunrise time of our country is 2640 hours. The possibilities of solar energy utilization is very high, in terms of Turkey's geographical location. In the thesis study presented here, Kurna (Pendik, Istanbul) was chosen as the pilot study area for estimating the energy potential of solar energy and wind energy combined systems. Estimation based on artificial neural networks (ANN), method was performed and factors effecting change with Wavelet Analysis were investigated. In the use of wind-solar hybrid systems, it is possible to determine the most appropriate periods for the study area. Solar-wind energy systems are environmentally friendly systems. When the wind energy is potentially low in a given period, solar energy can remove the disadvantage of the low energy potential in the field of potential work. The hybrid system includes a solar panel, a wind turbine, a charge controller, a battery bank and an inverter. Optimal material selection for these subsystems is done with the help of data mining, based on wind-solar energy potential prediction results. According to the ANN results based on the Levenberg-Marquardt algorithm, the most successful model estimation results are obtained for the fall season (September, 2016), according to the statistical and ANN analyzes. The coefficient of linear correlation between the observational data and the model results (test data); $R = 0.86$, ' α ' confidence level was lower than %0.001. Wavelet analysis shows the potential of small, medium and large scale (time environment, minute, hour, day, month, season) factors on wind and solar energy potential and conversion systems. It can be said that large-scale events are more effective than wind intensity (except the first half of September) on temporal change of solar radiation. The results of this research may be useful in selecting short-to-long-term estimates of renewable energy potential, optimum materials for conversion

and storage systems. According to findings, in the examination area, both wind and solar energy systems can be used separately or as hybrids as a clean energy source for heating, cooling and electricity generation.

Keywords: *Wind-solar energy, hybrid systems, renewable energy, artificial neural networks, wavelet.*



1. GİRİŞ

1.1 Çalışma Konusu

Günümüzde kullandığımız enerji üretimi maliyetli olup, kaynaklarımız günden güne azalmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında, güneş ve rüzgâr enerjisi, istasyon dışında bir maliyeti olmadan kısa süre içinde de bu masrafı amorti ederek, bizlere yenilenebilir ve uzun vadede maliyetsiz enerji kaynağı potansiyeli oluşturmaktadır. Bu alanda özellikle son 20 yıl içinde gerek dünya genelinde gerek ülkemizde önemli araştırma çalışmaları yapılmaktadır. Bu hususta yapılması gereken, insanoğluna sunulan bu yenilenebilir enerjinin, hayatlarımızı kolaylaştıracak ve maliyetleri düşürecek en etkili şekilde kullanılmasıdır. Hâli hazırda enerji türü açısından en çok kullanılan elektrik enerjisini destekleyecek güneş ve rüzgâr enerjisi hibrit sistemlerle ilgili olarak büyük atılımlar yapılmalıdır.

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmada, (Rüzgâr şiddeti, Güneş Radyasyonu, Hava Sıcaklığı) verileri kullanılarak, rüzgâr ve güneş enerjisi üretiminde önemli rol oynayan girdilere yapay sinir ağı (ANN) ve wavelet yöntemlerinden yararlanarak, enerji potansiyeli incelenecektir.

Bu incelemeye dayanarak elde edilecek sonuçlarda, bu verilere dayalı olarak, gelecekte rüzgâr ve güneş enerjisi potansiyelinin uygulamalarında ne kadar etkili ve avantajlı olacağı hakkında bilgi verilecektir.

Türkiye'nin nüfus olarak en kalabalık ili olan İstanbul'da enerji tüketimi oldukça fazladır. Tüketim değerleri BEDAŞ'ın analizlerine göre 2017 yılında toplam elektrik enerjisi tüketimi 26,6milyar kWh olarak saptanmıştır [1]. Bu tezde, İstanbul'da Anadolu Yakası Pendik (Kurna) mevkiindeki gözlem istasyonunda bir yıl boyunca 10'ar dakikalık ortalamalar şeklinde kaydedilen rüzgâr şiddeti, güneş radyasyonu ve sıcaklık değerleri ANN tahmin yöntemi ve wavelet yöntemi ile incelenmektedir. Rüzgâr ve güneş enerjisinden yararlanma olanakları açısından inceleme bölgesinin

elektrik tüketimi konusunda İstanbul ilinde tasarruf açısından uygunluğunun saptanmasına çalışılmaktadır.

1.3 Tezin Yapısı

Tez çalışması, 4 bölümden oluşmakta olup, birinci bölümde tez çalışmasında giriş bölümüne yer verilmiş olup, tezin konusu, amacı ve literatür araştırmalarına yer verilmiştir. İkinci bölümde çalışmada kullanılan materyal ve yöntemler hakkında bilgiler ve araştırmalar sunulmuştur. Üçüncü bölümde ise, çalışma sonucunda tespit edilen analiz sonuçları detaylı bir şekilde incelenmiştir. Dördüncü ve son bölümde ise, çalışmada elde edilen sonuçlar ve önerilere yer verilmiştir.

1.4 Literatür Araştırması

1.4.1 Rüzgâr Enerjisi

Türkiye rüzgâr bakımından zengin yöreleri olan bir ülkedir. 10 m yükseklikteki yıllık ortalama rüzgâr hızı ve güç yoğunluğu açısından en yüksek değer 3,29 m/s ve 51.91 W/m² ile Marmara Bölgesi'nde saptanmıştır. En düşük değer ise, 2,12 m/sn hız ve 13.19 W/m² güç yoğunluğu ile Doğu Anadolu Bölgesi 'ndedir. Türkiye 'nin %64,5 'inde rüzgâr enerjisi güç yoğunluğu 20 W/m² 'yi aşmazken, %16,11 'inde 30-40 W/m² arasında, %5,9 'unda 50 W/m² 'nin ve %0,08 'inde de 100 W/m² 'nin üzerindedir [2].

Türkiye'deki rüzgâr enerjisi potansiyeli ile alakalı çalışmalar 1990 ve sonrasındaki yıllarda ülkemizde rüzgâr enerjisinin önemini vurgulamıştır. Bu çalışmalar doğrultusunda birçok alanda tespitler, araştırmalar ve analizler yapılmıştır.

İncecik vd. (1995) yedi farklı bölgede (Dikili, Ayvalık, Gökçeada, Bozcaada, Çanakkale, Edremit ve Bodrum) Weibull modeli ile rüzgâr enerjisi potansiyeli hakkında araştırma yapmışlardır. Bu araştırmada rüzgâr enerjisi açısından en yüksek verimliliğe sahip olan bölgenin Bozcaada olduğu vurgulanmıştır [3]. Tolun, Z. Aslan vd. (1994) ise Ege Denizinde bulunan Gökçeada'da rüzgâr enerjisi potansiyeli ile alakalı araştırma yapmıştır. Bu araştırma doğrultusunda rüzgâr hızı potansiyeli 5,9 m/s, bu bölgede elde edilebilecek rüzgâr enerjisi için ise 342 W/m² değeri saptanmıştır [4].

Dünder ve İnan (1996) ise Bozcaada'da yaptıkları çalışmada, bu bölgenin rüzgâr enerjisi potansiyeli hakkında hesaplamalar yapmışlardır ve Bozcaada bölgesinin enerji potansiyeli hakkında ne kadar önemli bir bölge olduğu konusunda vurgu yapmışlardır [5]. Durak ve Şen (2002), Manisa'nın Akhisar ilçesinde yaptıkları araştırmada rüzgâr hızı için 5,8 m/s ve enerji potansiyeli için ise 308 W/m² değerlerini saptamışlardır [6].

Türksoy (1995), Ege bölgesinde bulunan Bozcaada'da yaptığı araştırmada bölgede hesaplanan ortalama rüzgâr şiddeti değerini 6,5 m/s olarak tespit etmiştir. 250 kW enerji üreten bir rüzgâr türbininin yıllık enerji üretimi etkisi üzerinde çalışma yapmıştır [7].

Karslı ve Geçit (2003), Gaziantep'e bağlı olan Nurdağı bölgesinde rüzgâr enerjisi potansiyeli araştırması yapmışlardır. Bu araştırmada öngörülen potansiyel değeri 222 W/m² saptanmıştır [8]. Kütahya'da yapılan bir başka araştırma ise Akpınar E.K. ve Akpınar S. (2004) tarafından yapılmıştır. Bu araştırma doğrultusunda 5,63 m/s rüzgâr hızı ve 244 W/m² rüzgâr enerji potansiyeli değerlerini elde etmişlerdir [9].

Bu araştırmalarda görüldüğü üzere rüzgâr enerjisi potansiyeli Türkiye'de önemli bir konu olarak ele alınıp, ülkenin çeşitli bölgelerde enerji potansiyeli hakkında araştırmalara konu olmuştur.

Elektrik Mühendisleri Odası (EMO)'nın 2018 yılının Temmuz ayındaki raporlarına göre, rüzgâr enerjisinden elde edilen toplam kurulu güç miktarı 6620,6 MW olarak tespit edilmiştir. Rüzgâr enerjisi, toplam kurulu güç miktarı olarak, Türkiye'nin %7,6 oranında enerji ihtiyacını karşılamaktadır [10].

Doucoure vd. (2016) yaptıkları çalışmada wavelet tabanlı YSA analizi yapmıştır. Bu çalışma doğrultusunda rüzgâr hızı tahminlerindeki hata oranlarını düşürmeyi amaçlamışlardır. Hata oranı olarak en iyi sonuç olarak MSE=0.0190 değerini tespit etmişlerdir [11].

Ata (2015) yaptığı çalışmada, YSA kullanarak rüzgâr enerji sistemleri tahmininde bulunmuştur. Yapay sinir ağlarının kullanımının klasik yöntemlere alternatif bir yol olarak faydalı hale geldiğini belirtmiştir. Ata, rüzgâr şiddetini (m/s) farklı modeller kullanarak tahmin ettiği çalışmada en düşük hata değerini wavelet yöntemi yardımıyla MSE= 0.2336 olarak tespit etmiştir [12].

Tascikaraoglu vd. (2016), 6 saatlik rüzgâr şiddeti (m/s) verileri kullanarak yaptıkları çalışmada, wavelet dönüşümü, yapay sinir ağları vb. yöntemler kullanmışlardır. Bu çalışmada wavelet yöntemi yardımıyla hata değeri olarak RMSE= 2.4713 tespit etmişlerdir. Aynı veriler göz önünde bulundurularak YSA yöntemiyle RMSE= 2.3083 hata değerini saptamışlardır [13].

De Giorgi vd. (2014), rüzgâr şiddeti tahmini yaptıkları çalışmada, çeşitli tahmin yöntemlerini karşılaştırmışlardır. Bir saat, üç saat, altı saat, 12 saat ve 24 saatlik zaman aralıklarında yöntemlerin hata oranı değerlerini tespit etmişlerdir. YSA kullanarak bir saatlik tahmin için NMAE=0.0704 hata değerini tespit etmişlerdir. Bu değer 24 saatlik tahminde NMAE=0.1127 değerine yükselmiştir. YSA yöntemi ile birlikte wavelet dönüşümü eklendiği zaman bir saatlik tahmin için hata değeri NMAE= 0.0567 'e düşmüştür. Aynı tahmin 24 saat için yapıldığında ise, NMAE= 0.1550 değerine yükselmiştir [14].

1.4.2 Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi; güneşten gelen ve dünya atmosferi dışında şiddeti sabit ve 1370 W/m² olan ve yer yüzeyinde 0-1100 W/m² değerleri arasında değişen yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Isıtmadan soğutmaya ve elektrik üretiminde kontrollü olarak kullanılabilir. Ülkemizin yıllık güneşlenme süresi ortalama olarak 2640 saattir [15].

Yenilebilir enerji kaynakları içinde önemli rol oynayan güneş enerjisi, çevresel ve ekonomik açıdan kullanılması gereken bir enerji kaynağıdır. Türkiye'nin coğrafi konumu açısından güneş enerjisinden faydalanma imkânımız oldukça verimlidir.

Çizelge 1.1'de Türkiye'de farklı coğrafi bölgelerdeki yıllık güneşlenme sürelerinin değişimi sunulmakta olup, Karadeniz Bölgesinde en düşük, Güneydoğu Anadolu Bölgesinde en yüksek değerler kaydedilmiştir.

Çizelge 1.1: Türkiye’de Bölgelerin Yıllık Güneşlenme Süreleri [16]

Bölge	Yıllık
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	3016 saat
Akdeniz Bölgesi	2923 saat
Ege Bölgesi	2726 saat
İç Anadolu Bölgesi	2712 saat
Doğu Anadolu Bölgesi	2693 saat
Marmara Bölgesi	2528 saat
Karadeniz Bölgesi	1966 saat

EMO’ nun 2018 yılında yayınladığı raporlar doğrultusunda, Türkiye 2018 senesinde güneş enerjinin kurulu güç değerini 4.726 MW olarak açıklamıştır. Güneş enerjisinden elde edilen enerji, toplam enerjinin %5,5 ‘ini tedarik edebilmektedir. 1970’li yılların ilk dönemlerinden itibaren, güneş enerjisinden elde edilen enerji miktarı her geçen gün artış göstermektedir [10]. Bu raporlar TEİAŞ’ın 2018 yılının Nisan ayında yayınladığı kurulu güç raporları doğrultusunda kesinlik kazanmıştır [17].

Güneş ve rüzgâr enerjilerinden elde edilecek yenilenebilir enerji kaynakları, gelecek yıllarda daha çok önem kazanacaktır. Enerji üretim maliyetlerini azaltacak yenilenebilir enerji kaynakları, gelecek için umut vadetmektedir.

İstanbul nüfus yoğunluğu ile en çok enerji ihtiyacı olan şehirler arasında yer almaktadır. EMO’nun 2018 raporuna göre İstanbul’da elektrik dağıtımını yapan Boğaziçi Elektrik Dağıtım Şirketi’nin 2016 senesinde 23.239.380 MWh elektrik satışı yaptığını açıklamıştır [10].

Hayli (2001) yaptığı çalışmada yenilenebilir enerji türünün maliyet ve avantajları hakkında önemli bir araştırma yapmıştır. Yenilenebilir yani tükenmeyen bir enerji kaynağının, hammadde maliyetinin olmadığını belirtmiştir [18].

S. Topçu, Z. Aslan vd. (1994) İstanbul'da yaptıkları saatlik güneş radyasyonu araştırmasında, günlük ortalama güneş radyasyonu değerini 3.81 kWh olarak tespit etmişlerdir. Güneş radyasyonunun ısıtma amaçlı kullanılması için, Nisan ve Eylül ayları arasının en uygun ve verimli dönem olduğunu saptamışlardır [19].

Deo vd. (2016) 2014 Mart ayı ile 2015 Haziran ayı arasındaki dönem için güneş radyasyonu tahmini için wavelet ve YSA yöntemlerine başvurmuşlardır. Bu araştırmayı çeşitli istasyonlarda gerçekleştirmişlerdir. Verilerinin %65'ini eğitim, %35'ini ise test için kullanmışlardır. Bu araştırma sonucunda, en yüksek $R= 0.965$ değerini Roma'da elde etmişlerdir [20].

Mohammadi vd. (2015) güneş radyasyonu tahmini yaptıkları çalışmada, YSA ve wavelet yöntemlerini kullanmışlardır. Bu çalışmada sadece yapay sinir ağları ile $R^2= 0.8076$ ve $RMSE= 1.8063$ sonuçlarını elde etmişlerdir. Aynı verilerde wavelet yöntemi dahil edilerek yaptıkları başka bir tahminde ise $R^2= 0.9742$ ve $RMSE= 0.6618$ değerlerini tespit etmişlerdir [21].

Olatomiwa vd. (2015a) global güneş radyasyonu tahmini yaptıkları çalışmada $RMSE=0.688$ ve $R^2=0.8024$ doğruluk oranı değerlerine ulaşmışlardır [22].

Olatomiwa vd. (2015b) Nijerya'da yaptıkları bir diğer güneş radyasyonu tahmininde $RMSE=1.0854$ ve $R^2= 0.8544$ değerlerini tespit etmişlerdir [23].

Nazaripouya vd. (2016) güneş radyasyonu tahmini yaptıkları çalışmada, güneşli ve bulutlu günlerde elde edilen veriler kullanarak aralarındaki tahmin performans farkını incelemişlerdir. Güneşli günlerde toplanan veriler için hata oranı $MSE=0,0095$ elde ederken, bulutlu günlerde toplanan veriler için aynı yöntemleri kullanarak hata oranı $MSE= 1.0289$ değerini tespit etmişlerdir [24]

2. MATERYAL ve YÖNTEM

2.1 İnceleme bölgesi ve göz önüne alınan veriler

Çalışmada İstanbul'da bir yıl süresince (1.1.2016-31.12.2016) ortalama deniz seviyesinden 130m yukarıdaki Pendik-Kurna (İstasyon No 34.04: Enlem: 40.9569°N, Boylam, 29.3368°E) gözlem istasyonu kayıtlarına dayalı onar dakikalık ortalama hava sıcaklığı (°C, ods 2m), gelen güneş radyasyonu (W/m²) ve rüzgâr şiddeti (m/s) verileri kullanılmıştır.

Çizelge 2.1: İnceleme Bölgesi ve İncelenen veriler [25]

İnceleme Bölgesi: İstasyon kodu 34.04	Pendik, Kurna (40.956902 derece Kuzey enlemi, 29.3368 derece Doğu boylamı, 130 metre; ods)
Dönemi	1.1.2016-31.12.2016
Verileri	10 dakikalık ortalamalar
Gözlenen ve Tahmin edilen veri	Rüzgâr Şiddeti(m/s)
Girdi verileri	Sıcaklık (2m °C), Güneş Radyasyon (W/m ²)

Kurna (Pendik, İstanbul) gözlem istasyonu, İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı, fabrikalar bulunan ve üretime dayalı bir ilçe olan Gebze ve endüstri şehri olan Kocaeli'ne yakınlığı ile önemli bir konumda yer almaktadır. Şekil 2.1'de Kurna (Pendik, İstanbul) gözlem istasyonunun harita üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 2.1: Kurna gözlem istasyonu konumu [26]

2.2 Eksik Verilerin Tamamlanması

Veri setinde, bakım çalışmaları veya arızalanma sebeplerinden kaynaklanan eksik veriler ‘IBM SPSS Statistics 25’ programı içinde bulunan ‘Series mean’ yöntemi kullanılarak tamamlanmıştır. Bu yöntemin kullanılmasının nedeni Schneider (2001)’in ‘Analysis of Incomplete Climate Data: Estimation of Mean Values and Covariance Matrices and Imputation of Missing Values’ adlı çalışmasında ne kadar etkili bir yöntem olduğunu vurgulamasıdır [27]. Bu çalışmada dört mevsimi temsilen, dört ay üzerinde analizler ve araştırmalar yapılmıştır. Kış mevsimini temsilen Şubat Ayı, İlkbahar mevsimini temsilen Nisan Ayı, Yaz mevsimini temsilen Haziran Ayı ve son olarak Sonbahar mevsimini temsil etmek üzere Eylül Ayı seçilmiştir. Bu ayların seçilmesinin temel sebebi ise, gözlem istasyonundan elde edilen verilerde eksik veri sayısı olarak kendi mevsimlerine göre en az eksik veriye sahip olan aylar olmalarıdır.

2.3 İstatistiksel Analizler

İstatistiksel analizlerin tamamlanması için ‘IBM SPSS Statistics 25’ programından faydalanılmıştır. Bu analizler sırasında genel istatistiksel değerler (minimum, maksimum, ortalama, standart sapma vb.) hesaplanmıştır. Ayrıca değerlerin grafiklerinin oluşturulmasında, ‘Simple Line’ ve ‘Histogram’ grafiklerinden faydalanılmıştır. Simple line grafiğinin kullanım amacı, güneş radyasyonu ve rüzgâr

şiddetinin zaman ortamında, göz önüne alınan aylardaki değişimlerini göstermektedir. Histogram grafiğinin kullanım amacı ise negatif ya da pozitif bir anlamlılık olup olmadığının gözlemlenmesidir.

2.4 Verilerin Normalizasyonu

Veriler Yapay Sinir Ağları(YSA) ile yüksek verimlilik ile eğitilmesi için normalizasyon yöntemi kullanılmıştır. Normalizasyon yöntemleri arasında minimum-maksimum normalizasyonu yöntemi seçilmiştir (2.1).

$$d^t = \frac{d - \min(p)}{\max(p) - \min(p)} \quad (2.1)$$

Eşitlik 2.1: Minimum-Maksimum Normalizasyon Formülü [28]

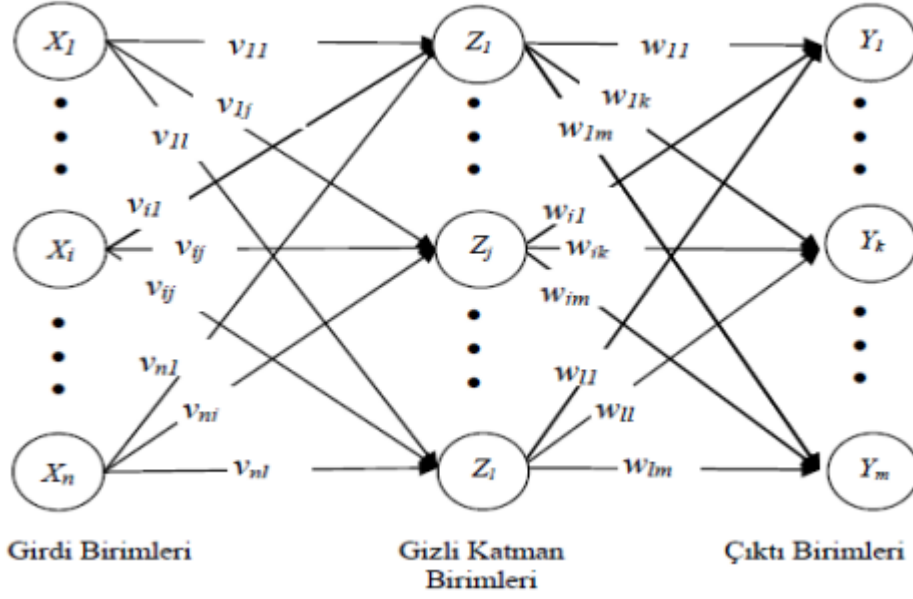
Minimum-Maksimum Normalizasyonu kullanılarak güneş radyasyonu (W/m^2), rüzgâr şiddeti (m/s) ve sıcaklık (Celcius) değerleri normalize edilip YSA ile eğitilmiştir.

2.5 Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları (YSA) hakkında yapılan araştırmalar, YSA'nın güçlü desen sınıflandırması ve güçlü örüntü tanımaya olanak sağladığını göstermektedir. Özellikle insan beyni araştırılarak geliştirilen YSA, verilerden edindiği deneyimlerle genelleme ve çıkarımlar yapmayı sağlar. YSA, birçok farklı iş alanında çeşitli görevlerde kullanılmaktadır [29].

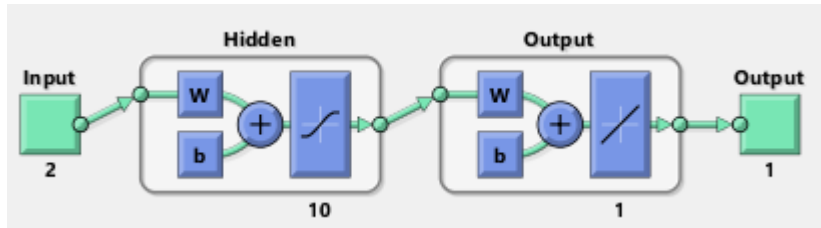
Yapay sinir ağları, doğrusal olmayan verileri girdi ve çıktı olarak modelleyebilen bir evrensel fonksiyon yaklaşımıdır. Bu tür esnek fonksiyon yaklaşımı olarak, desen tanıma, sınıflandırma ve tahmin için güçlü yöntemlerdir. Sinir ağları, hataya daha az duyarlıdır ve gürültüyü, kaotik bileşenleri ve ağır kuyukları diğer yöntemlere göre daha iyi tolere edebilirler [30].

İki katmanlı bir sinir ağının yapısı Şekil 2.2'de gösterilmiştir.



Şekil 2.2: İki katmanlı yapay sinir ağı örneği [31]

Şekil 2.3' te yer verilen modelde ileri beslemeli YSA yapısı gösterilmektedir. Bu modelde 2 adet girdi verisi (güneş radyasyonu, sıcaklık), 10 adet gizli katman, 1 adet çıktı katmanı ve son olarak 1 çıktı verisi (rüzgâr şiddeti) bulunmaktadır. Veriler girildikten sonra gizli katman alanında hiperbolik tanjant fonksiyonu sayesinde ağırlık katsayıları ve değişken katsayıları saptanmıştır. Bu işlemden sonra çıktı katmanında elde edilen ağırlık ve değişken katsayıları doğrusal fonksiyon ile işlenmektedir. Son olarak tahmin edilen sonuç, YSA'nın çıktı bölümünden alınmaktadır. YSA için en doğru tahminler ve sonuçlar R (Regresyon) değerinin 1'e, MSE (Mean Squared Error)' nin ise 0'a en yakın olduğu performans değerleri ile elde edilmektedir.



Şekil 2.3: Çalışmada kullanılan yapay sinir ağı yapısı

YSA eğitiminin yapılması ve verimli sonuç alınması için Levenberg–Marquardt (LM) algoritmasını kullanan ‘trainlm’ fonksiyonu MATLAB programında bulunan bir öğrenme fonksiyondur. Bu fonksiyonun tercih edilme sebebi ise, Bogan ve Wilamowski’ nin (2010) çalışmasında ‘error backpropagation’ (EBP) algoritması ve LM algoritmasını karşılaştırdıklarında LM’nin eğitim süresi ve performans açısından üstünlüğünü ortaya koymasına dayanmaktadır. Ayrıca LM algoritması, aynı YSA eğitimi için EBP’ ten daha az nöron kullanmaya gerek duyduğu için ise önemli performans avantajı sağlamaktadır [32].

MSE, YSA eğitilirken kullanılan bir ağın performansını saptayan bir fonksiyondur. Bu çalışmada MSE, MATLAB’ de YSA’nın performansını ölçmek amacıyla kullanılmıştır [33].

2.6 Wavelet Tool

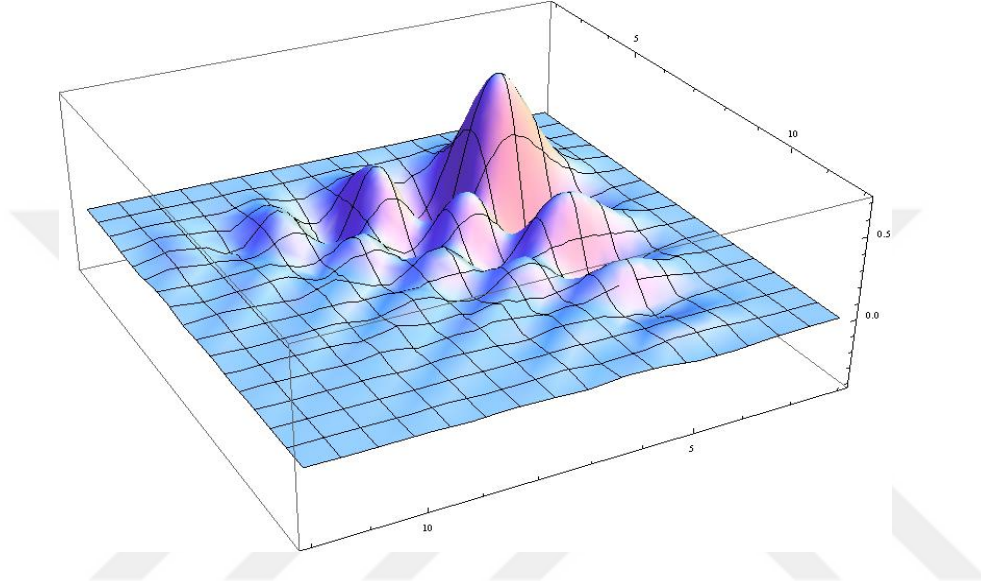
Abul Hasan Siddiqi, Manchanda, Akkoyunlu vd. (2016), Daubechies (1988) ve Meyer (1993), gerçek dünya problemlerini çözmek için dalgacık yöntemlerine odaklanmışlardır. Bu çalışma, rüzgâr ve güneş enerjisi potansiyelini ve bunların geçici varyasyonlarını tanımlamak için gözlemlere ve model sonuçlarına dayanan rüzgâr şiddeti ve güneş radyasyonu analizleri ile ilgilidir [34] [35] [36] [37].

1980’li yıllara kadar dalgacık ve fraktal yöntemlerin icadı öncesi zaman serilerini analiz etmek için İstatistik Yöntemleri ve Fourier Analizi kullanılmıştır. Zaman serileri için Dalgacık ve Fraktal Yöntemlerinin incelenmesi doksanlı yılların ortalarında başlar. Bu dönemlerde Shumway ve Stoffer (1982), A. Arneodo vd. (1988), R. Gencay vd. (1988) ve Paul S. Addison (1997) gibi önemli araştırmacılar Fourier analizi ve wavelet ile alakalı çalışmalara imza atmışlardır [38] [39] [40] [41].

Sürekli Dalgacık Dönüşümü (CWT), sinyallerin frekans içeriğini zamanın bir fonksiyonu olarak gösteren spektrogramlar üretmek için kullanılabilir. CWT sürekli-zaman fonksiyonunu dalgacıklara böler. Fourier dönüşümünden farklı olarak, CWT, çok iyi zaman ve frekans lokalizasyonu sağlayan bir sinyalin zaman-frekans gösterimini oluşturma yeteneğine sahiptir [39] [42] [43] [44].

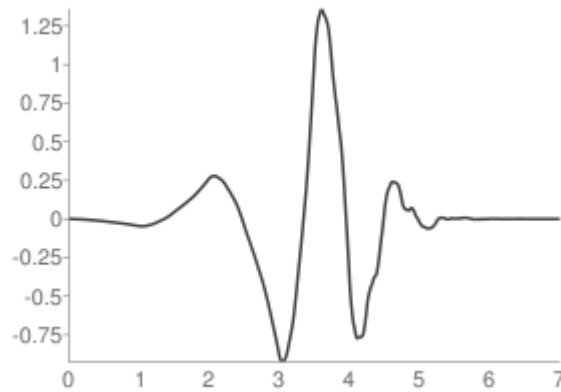
Karaca Y., Aslan Z vd. (2017), CWT ve wavelet dalgacık katsayı metodu ile okul eğitiminde yaş ve cinsiyet faktörü ile ilgili çalışma yapmışlardır [45].

Daubechies dalgacıkları, Prof. Dr. Ingrid Daubechies'in çalışmalarına dayanan, ayrı bir dalgacık dönüşümü tanımlayan ve yok olan anlar (dalga'nın kesilme durumu) ile karakterize edilen bir ortogonal dalgacık ailesidir. Bu sınıfın her dalgacık tipi ile ortogonal çoklu çözünürlük analizi üreten bir ölçekleme fonksiyonu vardır. Daubechies dalgacıkları sonuçtaki ölçekleme ve dalgacık işlevleri açısından tanımlanmamıştır; Aslında kapalı formda yazmak mümkün değildir [44]. Şekil 2.4'te Daubechies dalgacıklarının grafiği gösterilmiştir.



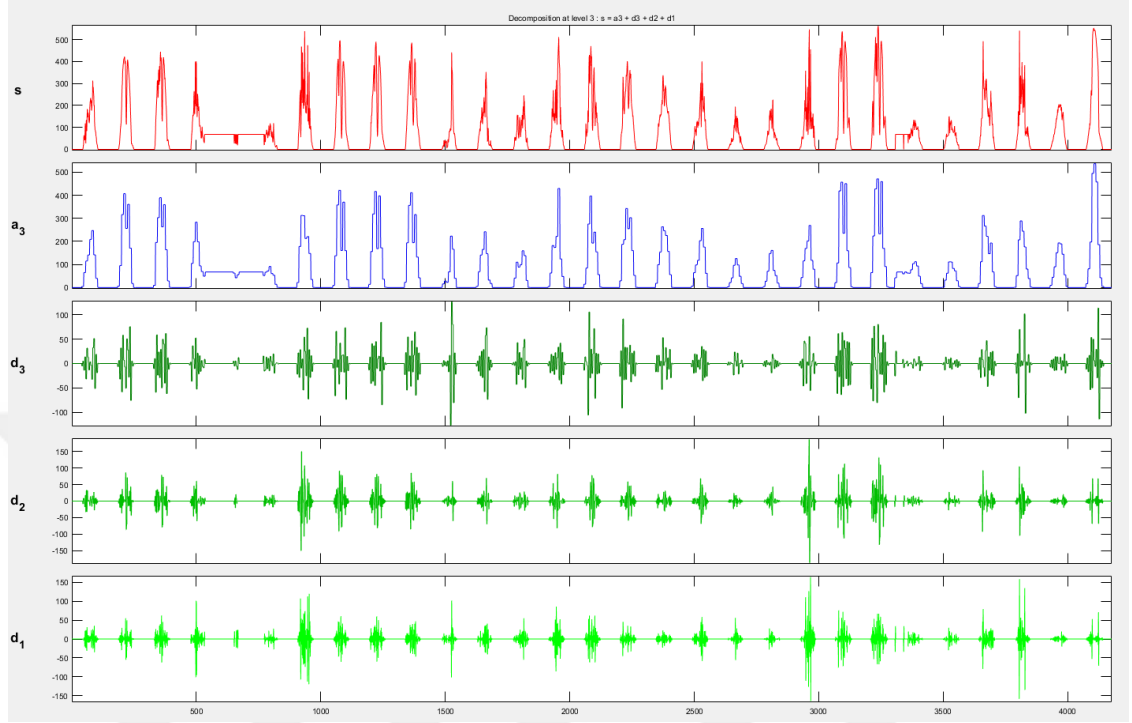
Şekil 2.4: Daubechies dalgacıklarının 3 boyutlu görünümü [35]

Bu çalışmada büyük, orta ve küçük ölçekli olayların incelenmesi için MATLAB programında, 'Wavelet 1-D Toolbox' ile dalgacık tipi olarak 'db' (Daubechies dalgacıkları) seçilerek 3. seviyede çalıştırılmıştır. Daubechies dalgacıkları için 3. seviye fonksiyonu Şekil 2.5'te gösterilmiştir.



Şekil 2.5: Daubechies dalgacıklarının 3. seviye fonksiyon grafiği [36]

Daubechies dalgacıklarının 3. seviyede çalıştırılması ardından alınan bir çıktıya örnek Şekil 2.6'da verilmiştir.

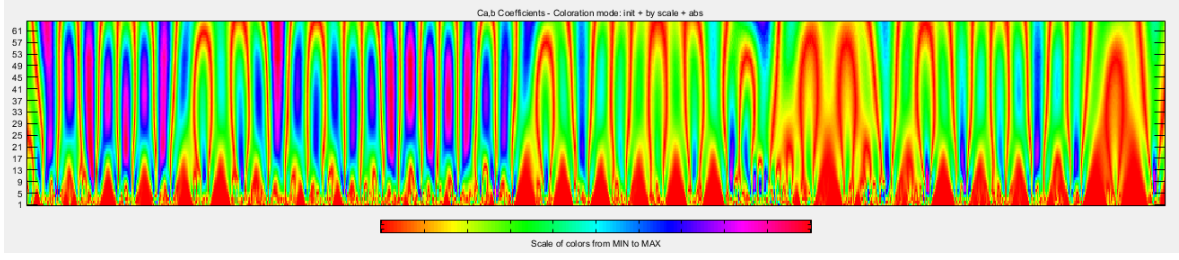


Şekil 2.6: Daubechies dalgacıklarının 3. seviye sonuçlarına bir örnek

Şekil 2.6' da s ile adlandırılan kırmızı dalgacıklar ham verileri, a_3 yaklaşım verilerini, d_3 büyük ölçekli olayları (zaman ortamında, bir ay boyunca), d_2 orta ölçekli (örneğin bir ila iki haftalık) ve d_1 ise küçük ölçekli (10 dakika, saat, bir veya birkaç gün içindeki) olayları göstermektedir.

Scalogram dalgacık katsayılarının karelerinin dalga boyuna göre karşılık grafiksel gösterimidir. Scalogram çok fazla ayrıntı gösterir ve sinyalin düşük frekans döngüselliğini tespit eder [46].

Scalogram analizi için MATLAB programında '1-D Continuous Wavelet Toolbox' kullanılmıştır. Sonuçları almak için 'Mexican Hat' tipi seçilmiş olup, renklendirme tipi ise 'hsv' olarak tercih edilmiştir. Scalograma örnek bir grafik Şekil 2.7'de verilmiştir.



Şekil 2.7: Scalogram örneği, 1D Continuous Wavelet, Mexh.

Şekil 2.7’de görülen kırmızıdan açık yeşile kadar olan renk salınımları küçük ölçekli, yeşilden maviye kadar olan salınımlar orta ölçekli olayları ve son olarak lacivertten koyu pembe rengine doğru ilerleyen salınımlar büyük ölçekli olayların, veriler üzerindeki etkileri göstermektedir.

3. ANALİZ

3.1 İstatistiksel Sonuçlar

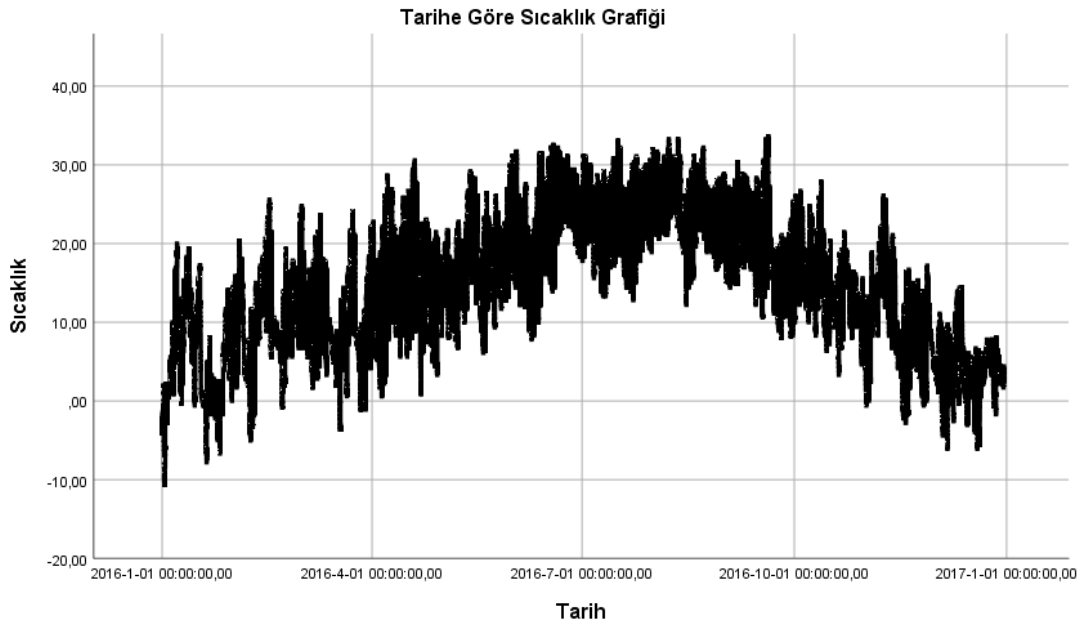
Çizelge 3.1’de göz önüne alınan verilerin ayrı ayrı istatistiksel büyüklükleri sunulmaktadır. Hava sıcaklığı ortalaması 14,5 °C, güneş radyasyonu ortalaması 137,97 W/m² ve rüzgâr şiddetinin yıllık ortalama değeri ise 1,53 m/s olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 3.1: 2016 yılı için değişkenlerin istatistikleri

İstatistikler	Hava Sıcaklığı (°C)	Güneş Radyasyonu (W/m ²)	Rüzgâr Şiddeti (m/s)
Toplam Veri	52527	52527	52527
Ortalama	14,4861	137,9744	1,5321
Ortalamanın Standart Hatası	,0373	,9589	,0083
Medyan	14,4	7,0	,44
Mod	15,6	,00	,00
Standart Sapma	8,5564	219,7720	1,9056
Varyans	73,214	48299,762	3,631
Çarpıklık	-,057	1,717	1,124
Çarpıklığın Standart Hatası	,011	,011	,011
Kurtosis	-,771	1,956	,337
Kurtosis’in Standart Hatası	,021	,021	,021
Menzil	44,50	1071,00	11,61
Minimum	-10,60	,00	,00
Maksimum	33,90	1071,00	11,61

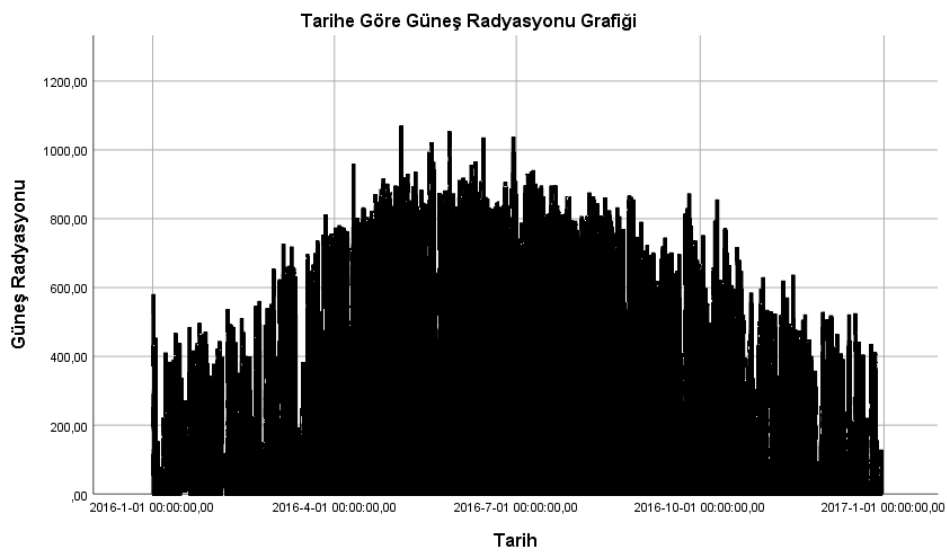
Şekil 3.1’de, ortalama deniz seviyesinden 2m yükseklikte ölçülmüş ortalama hava sıcaklığı değerlerinin 2016 yılı içindeki, onar dakikalık, saatlik, haftalık, aylık ve

mevsimsel salınımları birlikte gösterilmektedir. En düşük değer $-10,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, en yüksek değer ise $33,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak saptanmıştır.



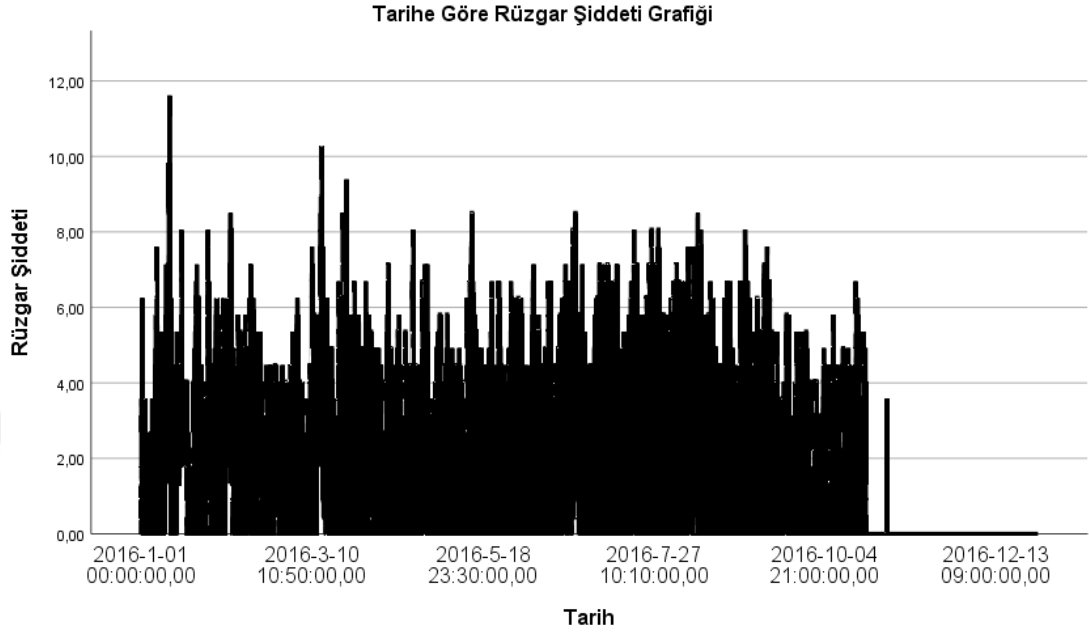
şekil 3.1: 2016 yılı için tarihe göre sıcaklık($^{\circ}\text{C}$) değişim grafiği

şekil 3.2'de pilot bölgede güneş radyasyonu değerleri ölçülmüş olup, 2016 yılı içindeki onar dakikalık, saatlik, haftalık, aylık ve mevsimsel salınımları birlikte gösterilmektedir. En yüksek değer ise 1071 W/m^2 olarak saptanmıştır.



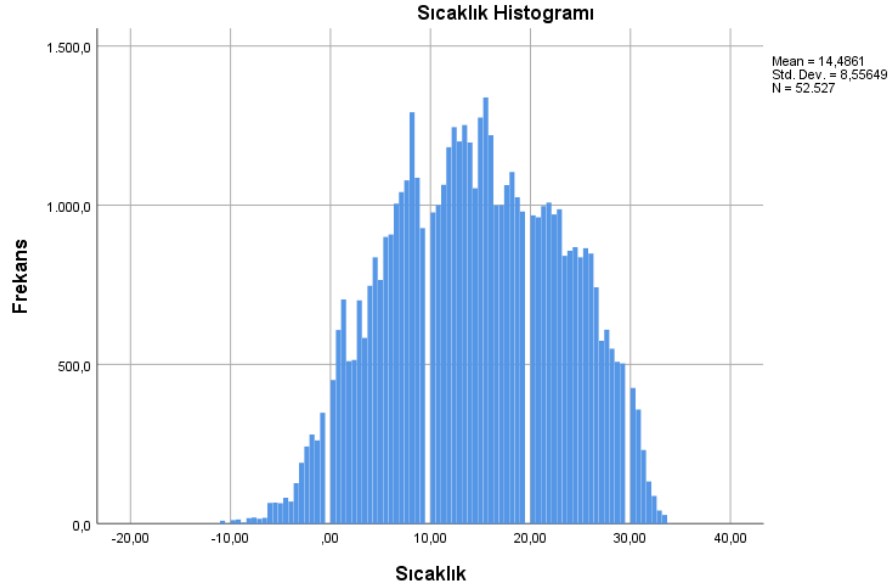
şekil 3.2: 2016 yılı için tarihe göre güneş radyasyonu(W/m^2) değişim grafiği

Şekil 3.3’de pilot bölgede rüzgâr şiddeti değerleri ölçülmüş olup, 2016 yılı içindeki onar dakikalık, saatlik, haftalık, aylık ve mevsimsel salınımları birlikte gösterilmektedir. En yüksek değer ise 11,6 m/s olarak saptanmıştır.



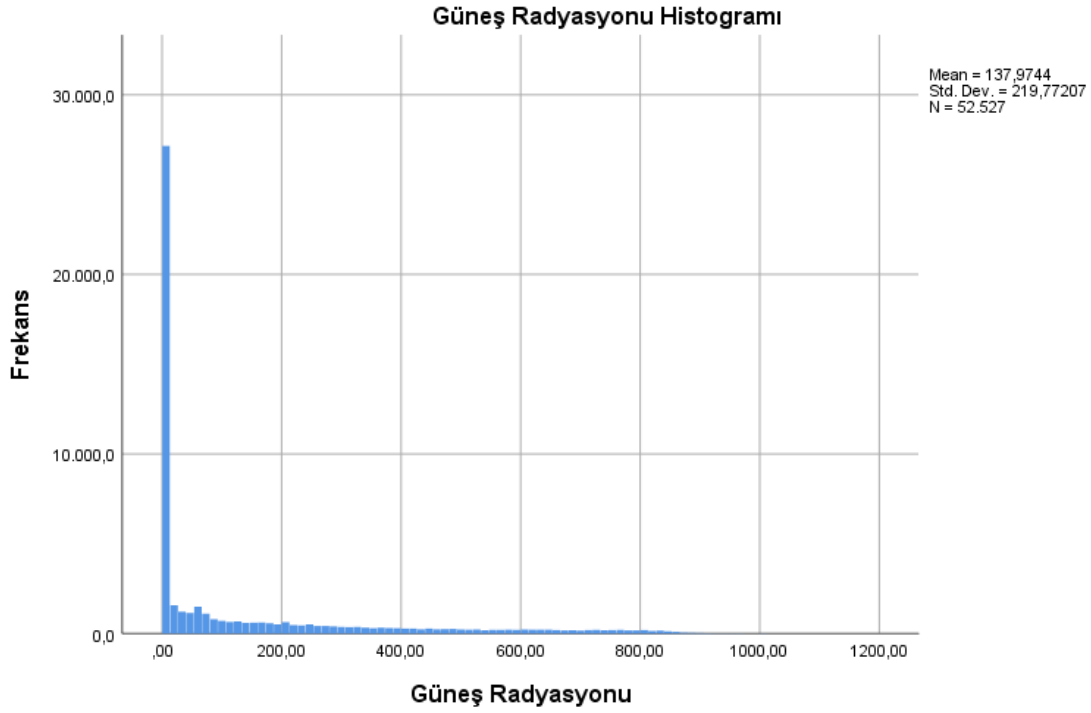
Şekil 3.3: 2016 yılı için tarihe göre rüzgâr şiddeti(m/s) değişim grafiği

Şekil 3.4’te sıcaklık frekans histogramı, normal dağılıma benzer yapı göstermektedir.



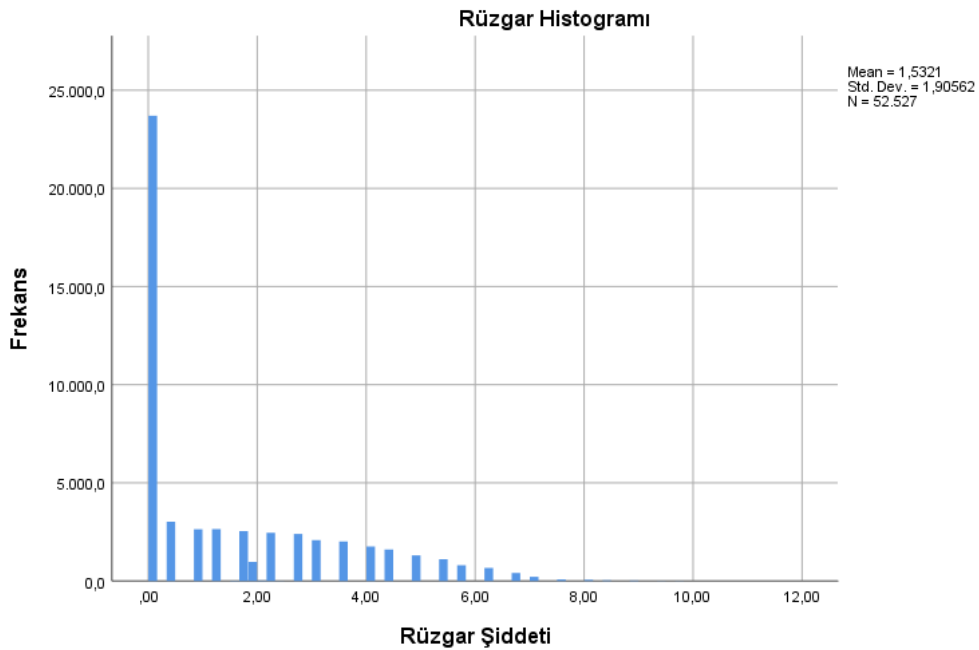
Şekil 3.4: 2016 yılı için sıcaklık (°C) histogram grafiği

Şekil 3.5'te güneş radyasyonu frekans histogramı, normal dağılıma benzer yapı göstermektedir.



Şekil 3.5: 2016 yılı için güneş radyasyonu(W/m^2) histogram grafiği

Şekil 3.6'da rüzgâr şiddeti frekans histogramı, normal dağılıma benzer yapı göstermektedir.



Şekil 3.6: 2016 yılı için rüzgâr şiddeti (m/s) histogram grafiği

3.2 YSA Simülasyon Ayarları

Simülasyonlar MATLAB R2018a program ile yapılmıştır. Çizelge 3.2’de yapılan hesaplamaları hangi parametreler ile yapıldığı gösterilmiştir.

Çizelge 3.2: YSA Parametreleri

Parametreler	Değer
Katman sayısı	2
Giriş nöron sayısı	2
Çıktı nöronlarının sayısı (eğri uydurma net)	1
Eğitim Yöntemi	Levenberg-Marquardt
Performans İşlevi	Mean Squared Error
Gizli katmandaki nöron sayısı	10

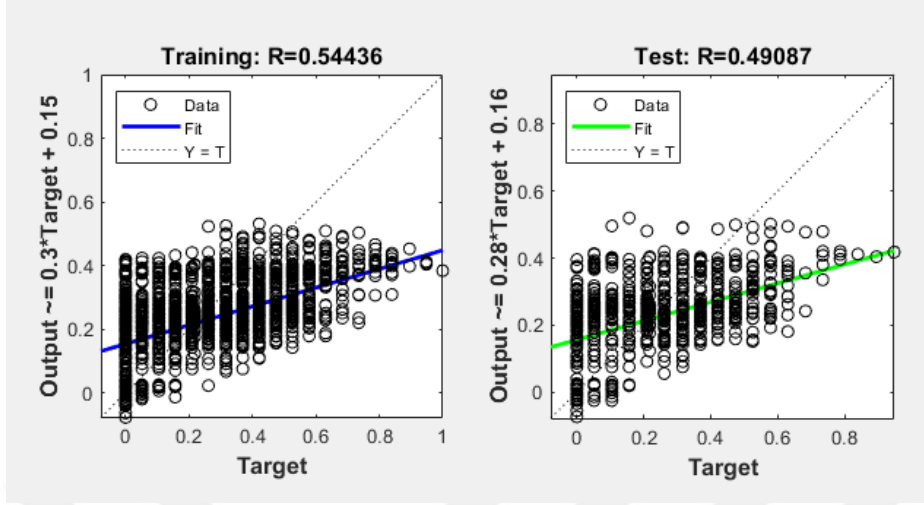
3.3 YSA Eğitim Sonuçları

Bu bölümde yapılan YSA eğitim sonuçlarından elde edilen şekiller ve yorumları açıklanmıştır. Elde edilen sonuçlar herhangi bir müdahale olmadan tamamen eğitim sonrası program tarafından verilen sonuçlar değişiklik yapılmadan orijinal şekilde paylaşılmıştır.

Şekil 3.7(a)’da x eksenini 10’ar dakikalık ortalamalar olarak rüzgâr şiddeti gözlemlerini, y eksenini ise YSA yöntemine dayalı olarak eğitilen rüzgâr şiddeti değerlerini göstermektedir. Model ve gözlem sonuçları arasındaki lineer ilişki katsayısı $R=0,54$ olup, veri boyu $N=2088$ için $\alpha<0,01$ güven seviyesinde anlamlı bir ilişki bulunmaktadır.

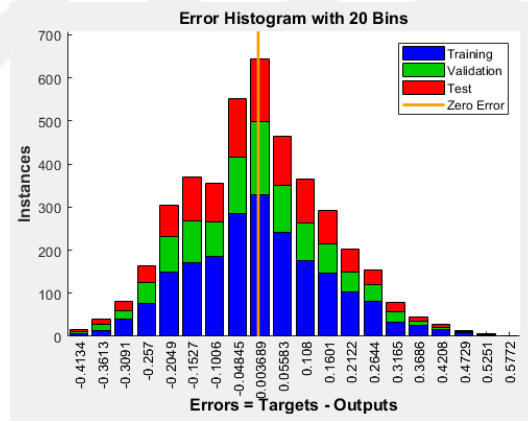
Şekil 3.7(b)’de x eksenini 10’ar dakikalık ortalamalar olarak rüzgâr şiddeti gözlemlerini, y eksenini ise YSA yöntemine dayalı olarak test edilen rüzgâr şiddeti değerlerini göstermektedir. Model ve gözlem sonuçları arasındaki lineer ilişki

katsayısı $R=0,49$ olup, veri boyu $N=1044$ için $\alpha<0,01$ güven seviyesinde anlamlı bir ilişki bulunmaktadır.



Şekil 3.7: Şubat Ayı için YSA model sonuçlarının eğitim(a) ve test(b) grafikleri

Şubat Ayı için YSA eğitiminden elde edilen hata histogramı Şekil 3.8’de verilmiştir.

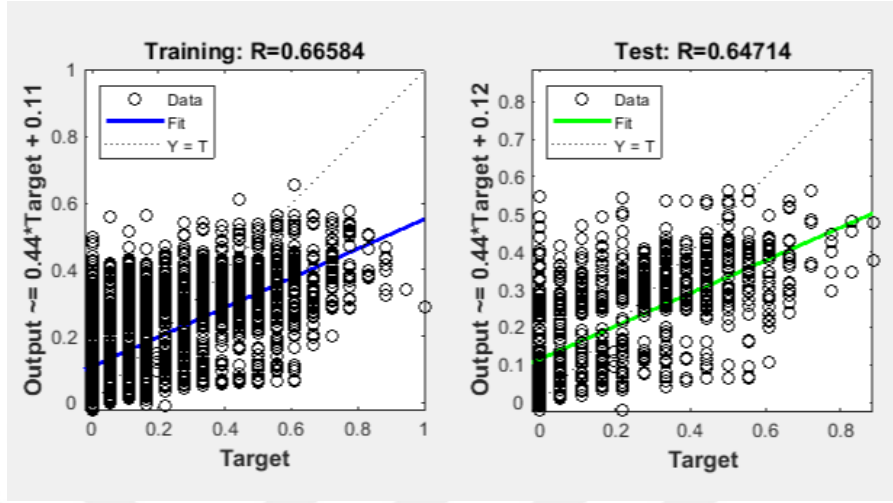


Şekil 3.8: Şubat Ayı için YSA model hata histogram grafikleri

Şekil 3.9(a)’da x eksenini 10’ar dakikalık ortalamalar olarak rüzgâr şiddeti gözlemlerini, y eksenini ise YSA yöntemine dayalı olarak eğitilen rüzgâr şiddeti değerlerini göstermektedir. Model ve gözlem sonuçları arasındaki lineer ilişki katsayısı $R=0,66$ olup, veri boyu $N=2160$ için $\alpha<0,01$ güven seviyesinde anlamlı bir ilişki bulunmaktadır.

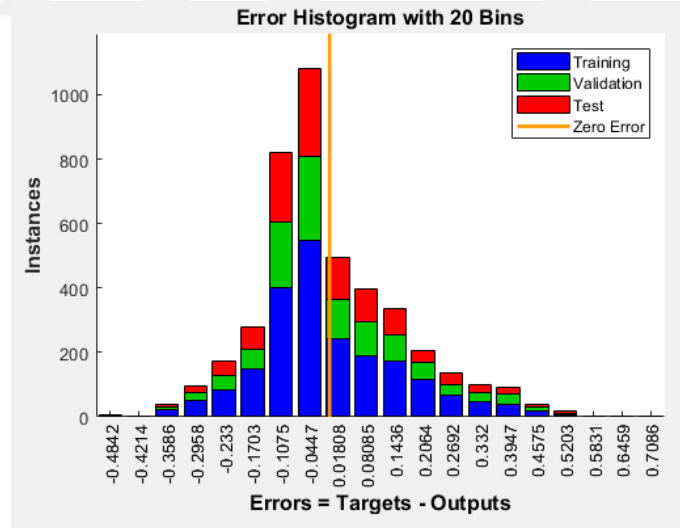
Şekil 3.9(b)’de x eksenini 10’ar dakikalık ortalamalar olarak rüzgâr şiddeti gözlemlerini, y eksenini ise YSA yöntemine dayalı olarak test edilen rüzgâr şiddeti

değerlerini göstermektedir. Model ve gözlem sonuçları arasındaki lineer ilişki katsayısı $R=0,64$ olup, veri boyu $N=1080$ için $\alpha<0,01$ güven seviyesinde anlamlı bir ilişki bulunmaktadır.



Şekil 3.9: Nisan Ayı için YSA model sonuçlarının eğitim(a) ve test(b) grafikleri

Nisan Ayı için YSA eğitiminden elde edilen hata histogramı Şekil 3.10'da verilmiştir.

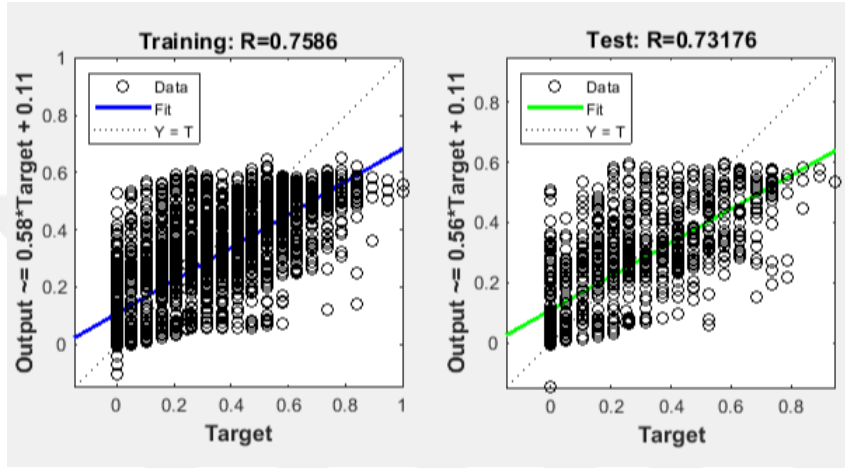


Şekil 3.10: Nisan Ayı için YSA model hata histogram grafikleri

Şekil 3.11(a)'da x eksenini 10'ar dakikalık ortalamalar olarak rüzgâr şiddeti gözlemlerini, y eksenini ise YSA yöntemine dayalı olarak eğitilen rüzgâr şiddeti değerlerini göstermektedir. Model ve gözlem sonuçları arasındaki lineer ilişki

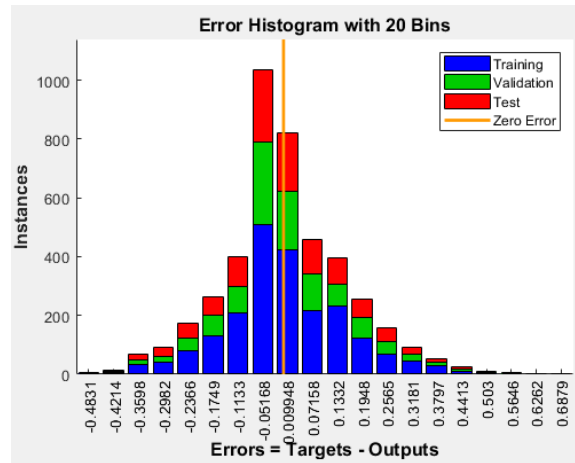
katsayısı $R=0,75$ olup, veri boyu $N=2160$ için $\alpha<0,01$ güven seviyesinde anlamlı bir ilişki bulunmaktadır.

Şekil 3.11(b)'de x eksenini 10'ar dakikalık ortalamalar olarak rüzgâr şiddeti gözlemlerini, y eksenini ise YSA yöntemine dayalı olarak test edilen rüzgâr şiddeti değerlerini göstermektedir. Model ve gözlem sonuçları arasındaki lineer ilişki katsayısı $R=0,73$ olup, veri boyu $N=1080$ için $\alpha<0,01$ güven seviyesinde anlamlı bir ilişki bulunmaktadır.



Şekil 3.11: Haziran Ayı için YSA modelinin eğitim(a) ve test(b) grafikleri

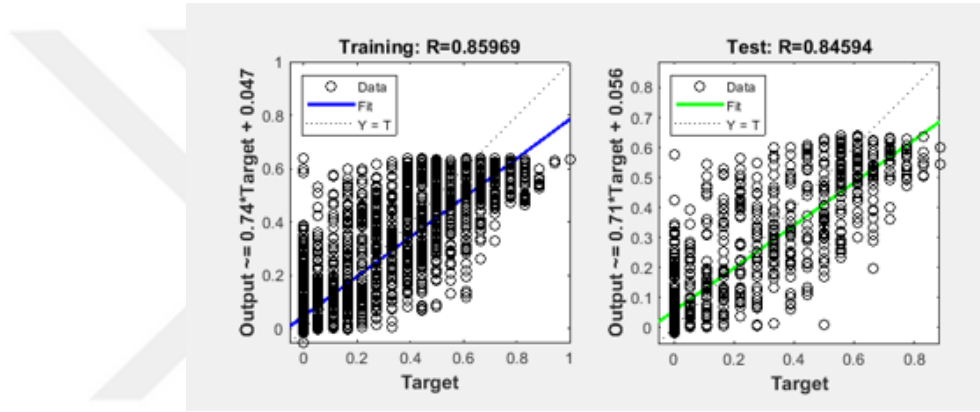
Haziran Ayı için YSA eğitiminden elde edilen hata histogramı Şekil 3.12'de verilmiştir.



Şekil 3.12: Haziran Ayı için YSA model hata histogram grafikleri

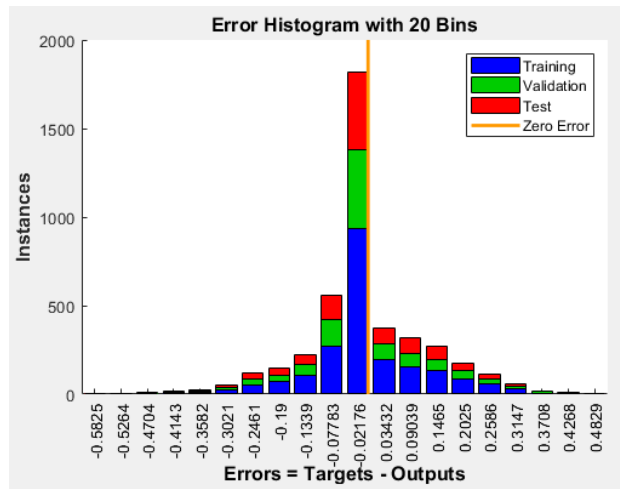
Şekil 3.13(a)'da x eksenini 10'ar dakikalık ortalamalar olarak rüzgâr şiddeti gözlemlerini, y eksenini ise YSA yöntemine dayalı olarak eğitilen rüzgâr şiddeti değerlerini göstermektedir. Model ve gözlem sonuçları arasındaki lineer ilişki katsayısı $R=0,86$ olup, veri boyu $N=2160$ için $\alpha<0,01$ güven seviyesinde anlamlı bir ilişki bulunmaktadır.

Şekil 3.13(b)'de x eksenini 10'ar dakikalık ortalamalar olarak rüzgâr şiddeti gözlemlerini, y eksenini ise YSA yöntemine dayalı olarak test edilen rüzgâr şiddeti değerlerini göstermektedir. Model ve gözlem sonuçları arasındaki lineer ilişki katsayısı $R=0,84$ olup, veri boyu $N=1080$ için $\alpha<0,01$ güven seviyesinde anlamlı bir ilişki bulunmaktadır.



Şekil 3.13: Eylül Ayı için YSA model sonuçlarının eğitim(a) ve test(b) grafikleri

Eylül Ayı için YSA eğitiminden elde edilen hata histogramı Şekil 3.14'te verilmiştir.



Şekil 3.14: Eylül Ayı için YSA model hata histogram grafikleri

Yapılan bu YSA eğitim çalışmasından elde edilen regresyon ve bazı hata değerleri Çizelge 3.3'te gösterilmiştir. Alınan sonuçlara göre, her bir ay için ayrı ayrı yapılan tahminlerde en düşük eğitim regresyonu $R=0,5443$ ile Şubat ayında saptanmıştır. En yüksek regresyon değeri ise $R=0,8596$ ile Eylül ayında saptanmıştır. Bu regresyon değerleri ve $0,027$ ' den düşük hata değerleri ile oldukça güvenilir sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 3.3: YSA eğitiminden sonra dört ayın regresyon ve hata değerleri

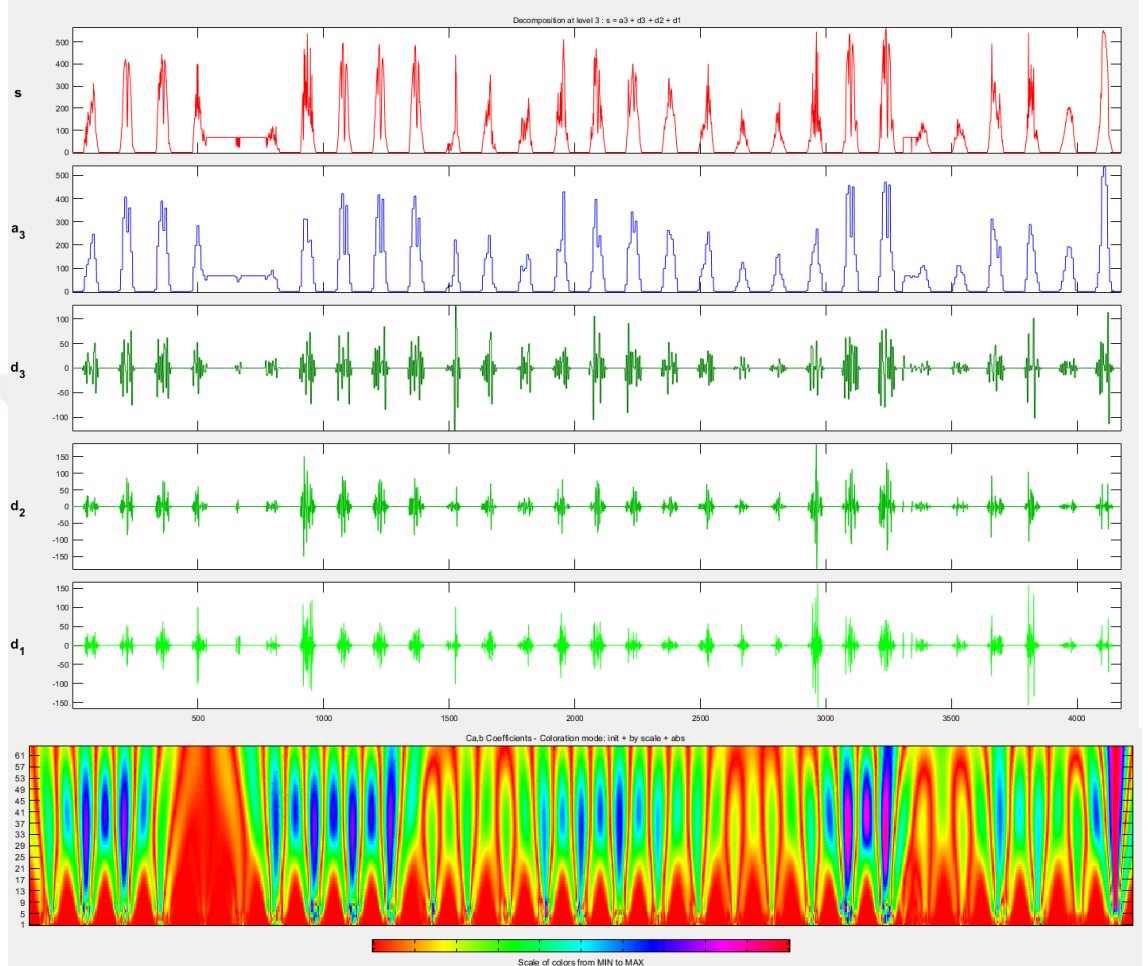
Değerler	Şubat	Nisan	Haziran	Eylül
R(Eğitim)	0,5443	0,6658	0,7586	0,8596
R(Test)	0,4908	0,6471	0,7317	0,8459
MSE	0,0261	0,0254	0,0233	0,0161
RMSE	0.1618	0.1594	0.1529	0.1272
NRMSE	0.2984	0.2727	0.2182	0.1672

3.4 Wavelet Sonuçları

İnceleme bölgesi için örnek olarak seçilen farklı mevsimlere ve aylara ait wavelet analizleri Şekil 3.15 ve Şekil 3.22 arasında sunulmaktadır. Bu şekiller iki farklı wavelet toolbox kullanılarak birleştirilmiştir. 's' ve 'd1' arasında yer alan ilk 5 grafik '1-D Wavelet Toolbox' ile hazırlanmıştır. 6. Satırda bulunan renkli salınımlara sahip olan grafik ise '1-D Continuous Wavelet Toolbox' ile hazırlanmıştır. İlk beş grafik Daubechies algoritmasının üçüncü seviyede çalıştırılması sonucu elde edilmiştir. Son grafik ise, 'Mexican Hat' algoritması kullanılarak ve renk skalası olarak 'hsv' tipi seçilerek elde edilmiştir.

10 dakikalık ortalama güneş radyasyonu verilerinin kış mevsimini temsil eden Şubat Ayı analizleri, 1D Wavelet analizleri Şekil 3.15'te sunulmaktadır. Ortalama güneş radyasyonunun dördüncü hafta başlarında $700W/m^2$ değerine yükseldiği gözlenmiştir. Birinci hafta ortasında gözlenen $100W/m^2$ den düşük radyasyon

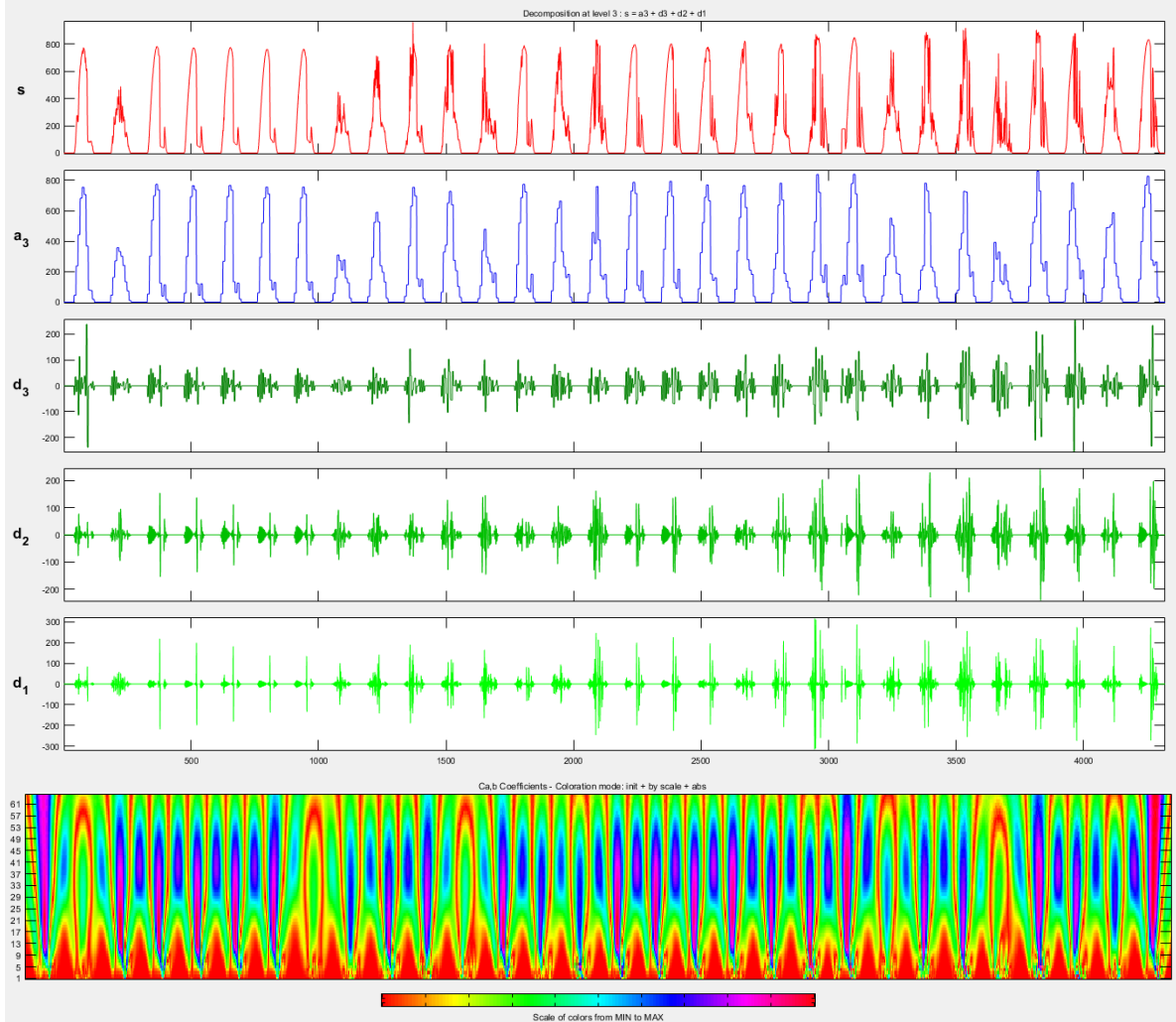
değerleri küçük ölçekli olaylarla (yerel bulutluluk, yağış vb. sistemler) ilişkilendirilebilir. Büyük ölçekli olayların rolü ve periyodisitesi Nisan ayına göre daha azdır. Büyük ölçekli olayların son hafta başlarında önemli derecede etkin olduğu belirtilebilir.



Şekil 3.15: 2016 Şubat Ayı için güneş radyasyonu (W/m^2) wavelet grafikleri

10 dakikalık ortalama güneş radyasyonu verilerinin ilkbahar mevsimini temsil eden Nisan Ayı analizleri, 1D Wavelet analizleri Şekil 3.16’da sunulmaktadır. Ortalama güneş radyasyonunun ikinci hafta başlarında $1000W/m^2$ değerine yükseldiği gözlenmiştir. Kırmızı ve sarı, küçük ölçekli olaylara, yeşil mavi orta ölçekli, mor-pembe ve koyu pembe rengi büyük ölçekli olayların etkin olduğu dönemleri ve periyodisitesini (x10 dakika olarak) göstermektedir. Nisan ayının ilk birkaç günü, ikinci ve dördüncü haftasında büyük ölçekli olayların periyodisitesi azalmış olup, güneş radyasyonu değişiminde orta ve düşük ölçekli olayların daha etkin rol oynadığı söylenebilir. 4 gün büyük ölçekli olayların periyodu (koyu pembe rengi salınımlar)

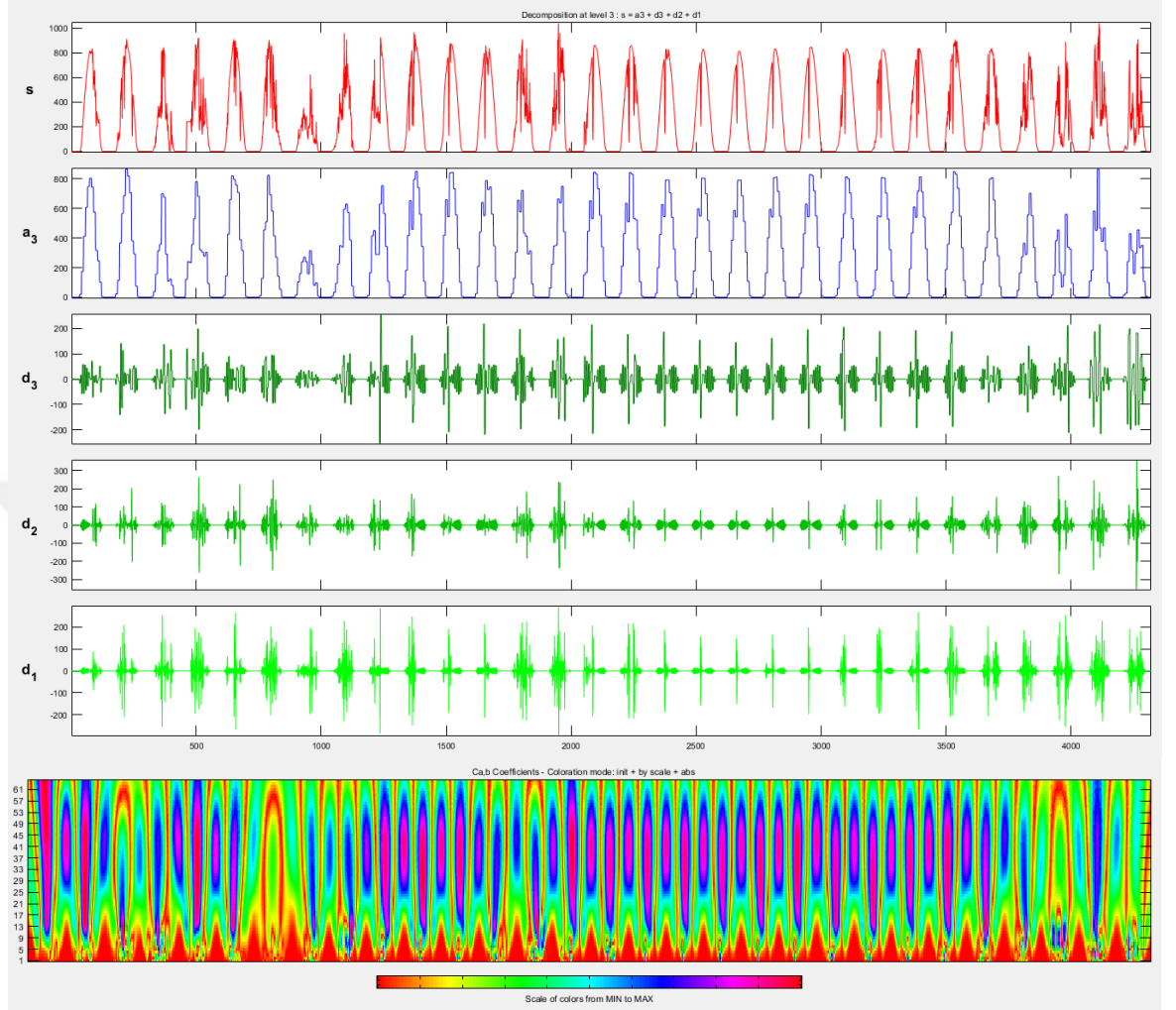
0-10 saat arasında (semi-diurnal) değişim göstermiştir. 30 gün boyunca gözlenen küçük ölçekli olayların periyodu ortalama olarak 0-200 dakika (yaklaşık 0-3 saat) arasında değişim göstermiştir. Küçük ölçekli olayların periyodisitesi inceleme dönemi ortasından sonuna doğru biraz azalmış, 0-170 dakika arasında değişmiştir. Genel olarak, Nisan ayının birçok gününde, güneş radyasyonu değişiminin küçük, orta ve büyük ölçekli olayların birlikte etkisi altında kaldığı vurgulanabilir.



Şekil 3.16: 2016 Nisan Ayı için güneş radyasyonu (W/m^2) wavelet grafikleri

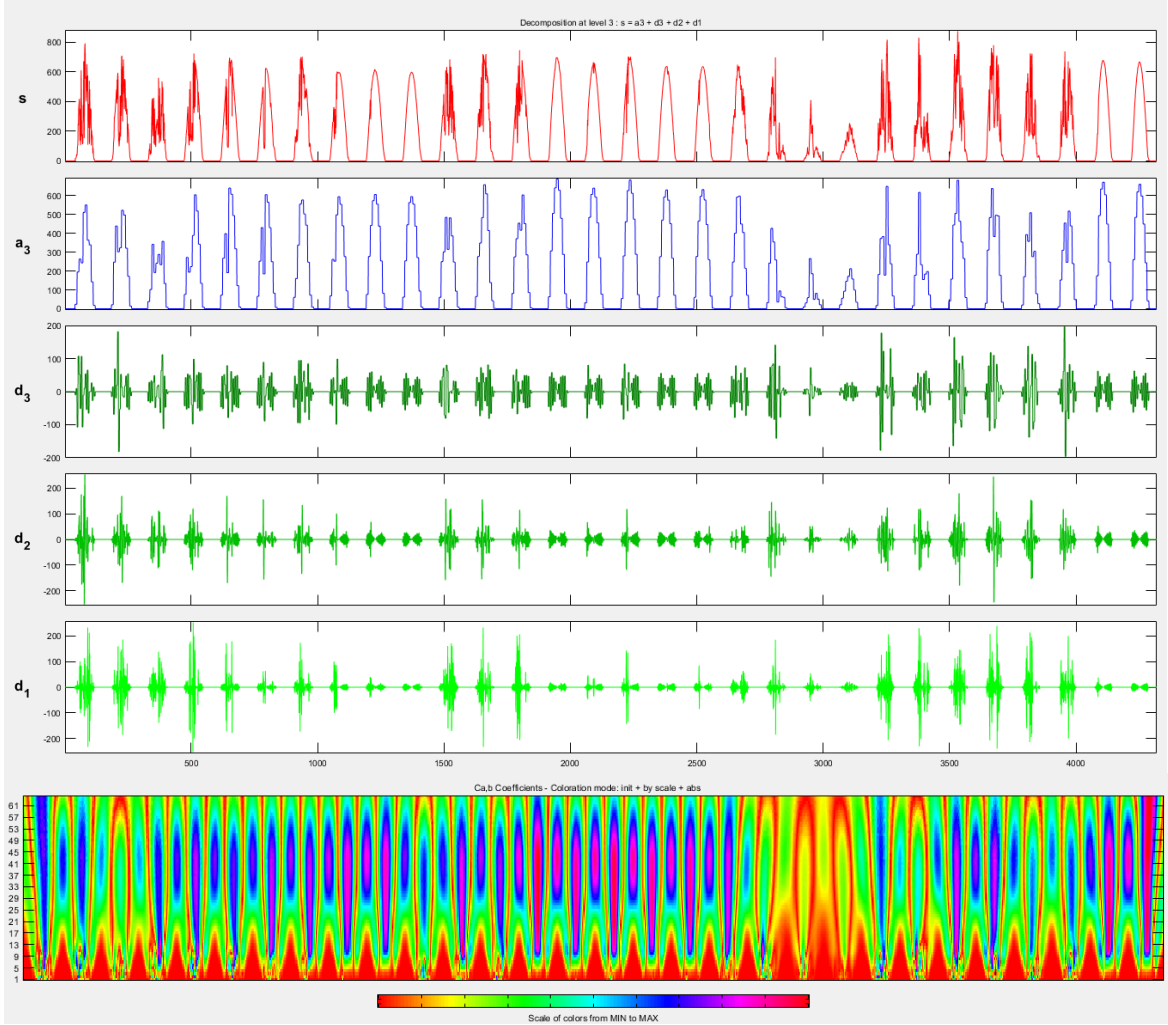
10 dakikalık ortalama güneş radyasyonu verilerinin yaz mevsimini temsil eden Haziran Ayı analizleri, 1D Wavelet analizleri Şekil 3.17’de sunulmaktadır. Ortalama güneş radyasyonunun ikinci hafta ortası ve son hafta içinde $1100W/m^2$ değerine yükseldiği gözlenmiştir. Genel olarak, küçük ölçekli olayların periyodisitesinin 170 dakikanın (yaklaşık 3 saat) altında olduğu belirlenmiştir. Birinci ve ikinci hafta içinde periyodisitesi 10 gün olan orta ölçekli olayların etkin olduğu söylenebilir.

Diğer dönemlerde güneş radyasyonu değişiminin küçük, orta ve büyük ölçekli olayların birlikte etkisi altında kaldığı vurgulanabilir.



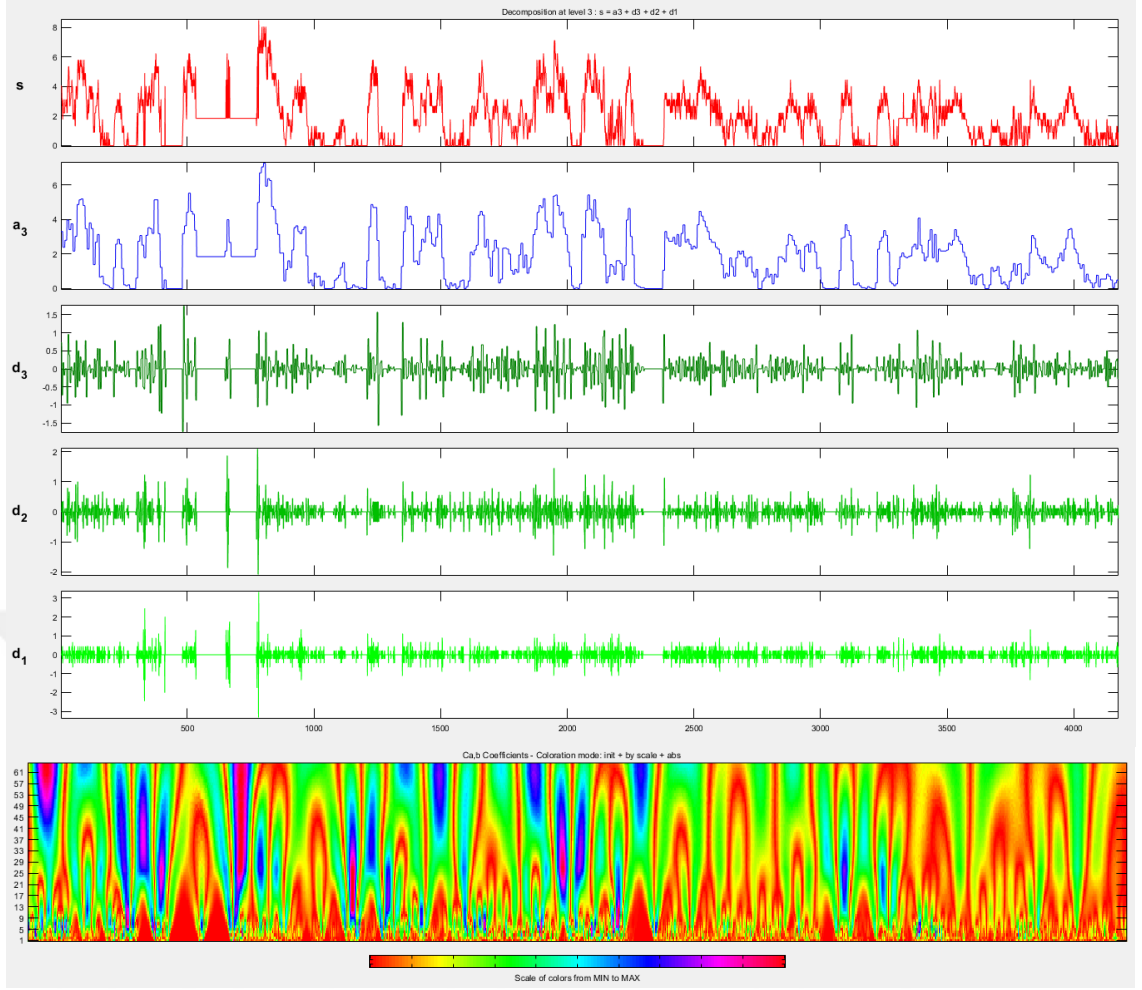
Şekil 3.17: 2016 Haziran Ayı için güneş radyasyonu (W/m^2) wavelet grafikleri

10 dakikalık ortalama güneş radyasyonu verilerinin sonbahar mevsimini temsil eden Eylül Ayı analizleri, 1D Wavelet analizleri Şekil 3.18’de sunulmaktadır. Ortalama güneş radyasyonunun ikinci hafta içinde $700W/m^2$ değerine yükseldiği gözlenmiştir. Küçük (0-3 saat periyodisiteli) ve orta (0-10 gün periyodisiteli) ölçekli olaylar, ikinci hafta başında güneş radyasyonu değerlerinin $400W/m^2$ ’nin altına düşmesine neden olmuştur. Diğer dönemlerde küçük, orta ve büyük ölçekli olaylar birlikte etkin olmuştur.



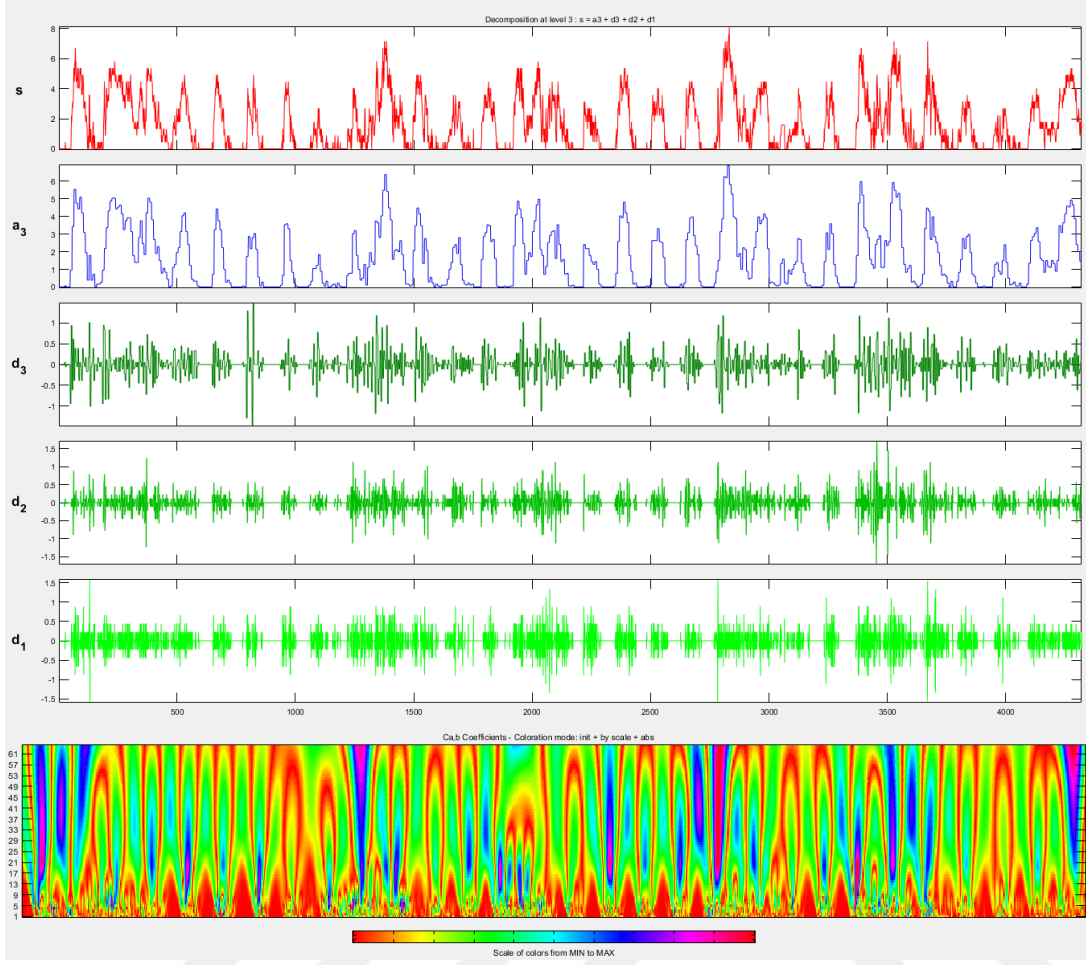
Şekil 3.18: 2016 Eylül Ayı için güneş radyasyonu (W/m^2) wavelet grafikleri

10 dakikalık ortalama rüzgâr şiddeti verilerinin kış mevsimini temsil eden Şubat Ayı analizleri, 1D Wavelet analizleri Şekil 3.19’da sunulmaktadır. Ortalama rüzgâr şiddetinin ilk hafta sonlarında 8,5 m/sn değerine yükseldiği gözlenmiştir. İkinci haftadan sonra düşük rüzgâr şiddeti değerleri küçük ölçekli olaylarla (yerel bulutluluk, yağış vb. sistemler) ilişkilendirilebilir. Büyük ölçekli olayların rolü ve periyodisitesi ilk haftanın bazı günleri dışında çok azdır. Küçük ölçekli olayların ikinci hafta sonundan itibaren önemli derecede etkin olduğu belirtilebilir.



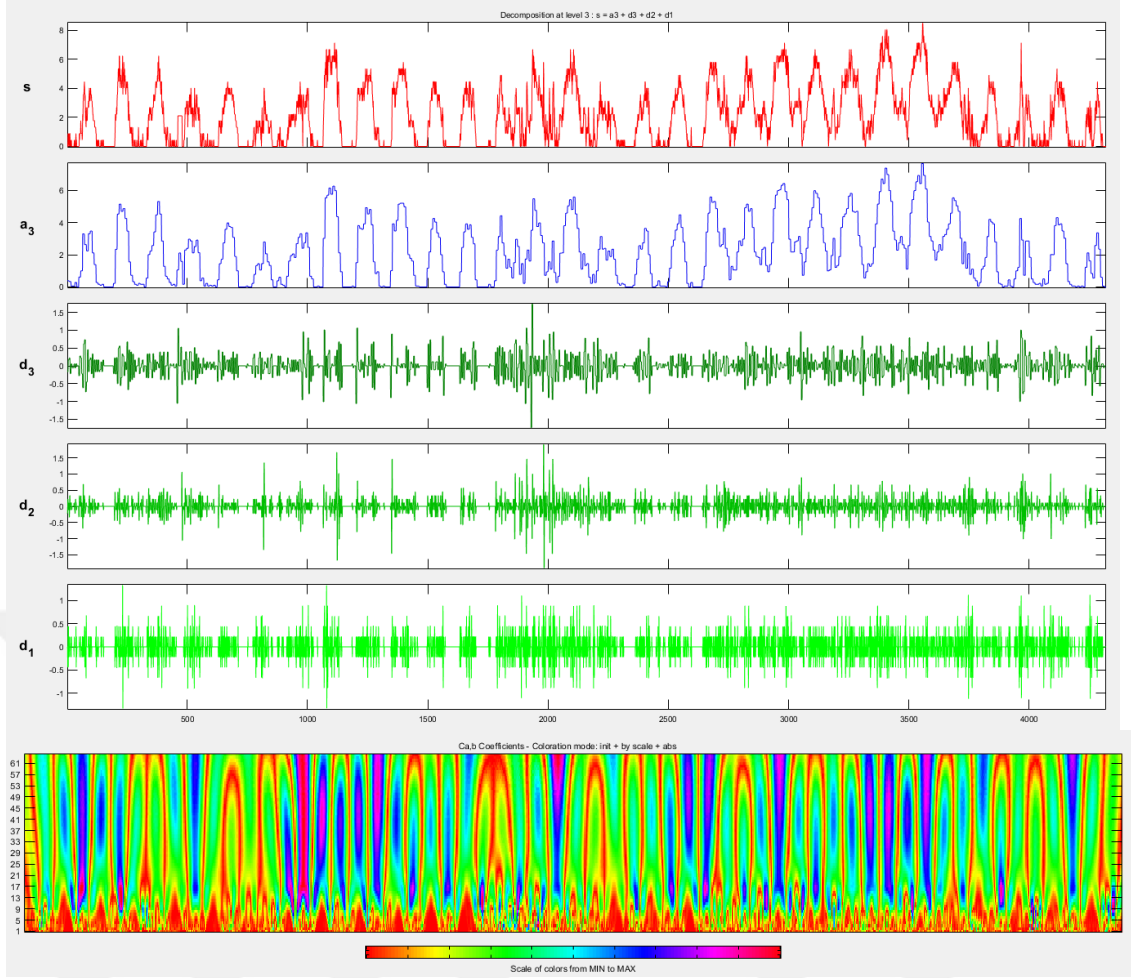
Şekil 3.19: 2016 Şubat Ayı için rüzgâr şiddeti (m/s) wavelet grafikleri

10 dakikalık ortalama rüzgâr şiddeti verilerinin ilkbahar mevsimini temsil eden Nisan Ayı analizleri, 1D Wavelet analizleri Şekil 3.20’de sunulmaktadır. Ortalama rüzgâr şiddetinin üçüncü hafta sonlarında 8 m/s değerine yükseldiği gözlenmiştir. Ay boyunca rüzgâr şiddeti değerleri küçük ölçekli olaylarla ilişkilendirilebilir. Büyük ölçekli olayların rolü ve periyodisitesi ilk haftanın başı ve üçüncü haftanın ilk günleri dışında çok azdır. Küçük ölçekli ve orta ölçekli olayların Nisan ayı boyunca önemli derecede etkin olduğu belirtilebilir.



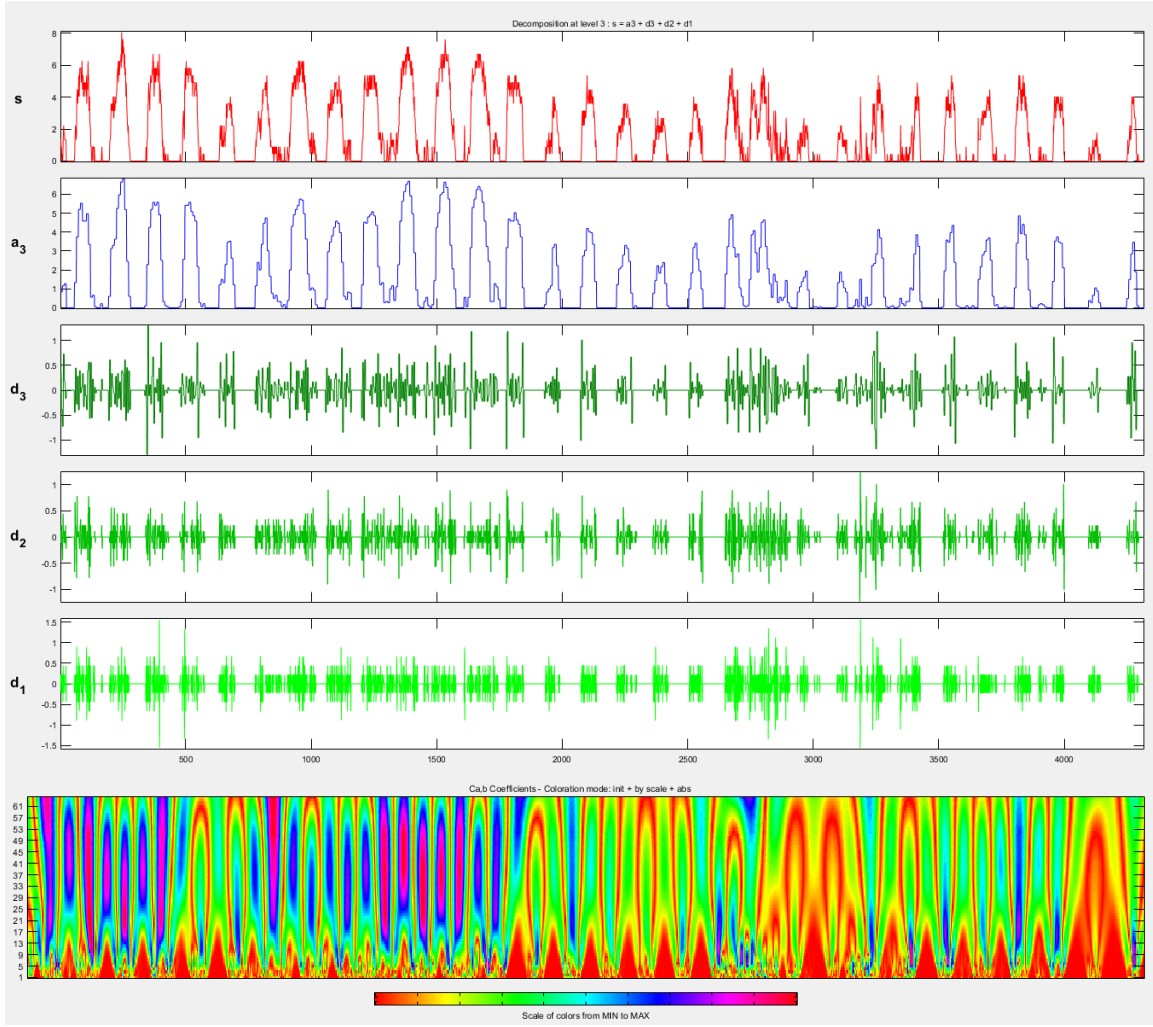
Şekil 3.20: 2016 Nisan Ayı için rüzgâr şiddeti (m/s) wavelet grafikleri

10 dakikalık ortalama rüzgâr şiddeti verilerinin yaz mevsimini temsil eden Haziran Ayı analizleri, 1D Wavelet analizleri Şekil 3.21’de sunulmaktadır. Ortalama rüzgâr şiddetinin son haftanın başında 8,2 m/s değerine yükseldiği gözlenmiştir. Büyük ölçekli olayların rolü ve periyodisitesi ikinci haftanın ilk günleri ve üçüncü hafta genelinde kendini göstermektedir. Küçük ölçekli olayların ilk hafta sonunda ve ikinci haftanın genelinde önemli derecede etkin olduğu belirtilebilir. Ayın bitiminde ise küçük ölçekli olaylar rüzgâr şiddetinde etkisini göstermektedir.



Şekil 3.21: 2016 Haziran Ayı için rüzgâr şiddeti (m/s) wavelet grafikleri

10 dakikalık ortalama rüzgâr şiddeti verilerinin sonbahar mevsimini temsil eden Eylül Ayı analizleri, 1D Wavelet analizleri Şekil 3.22’de sunulmaktadır. Ortalama rüzgâr şiddetinin ilk hafta başında 8 m/sn değerine yükseldiği gözlenmiştir. Eylül ayının ilk yarısında rüzgâr şiddeti değerleri büyük ölçekli olaylarla, ikinci yarısında ise küçük ölçekli olaylarla ilişkilendirilebilir. Büyük ölçekli olayların rolü ve periyodisitesi üçüncü ve dördüncü haftada çok azdır. Küçük ölçekli ve orta ölçekli olayların Eylül ayı ikinci yarısında ve ilk hafta sonu boyunca önemli derecede etkin olduğu belirtilebilir.



Şekil 3.22: 2016 Eylül Ayı için rüzgâr şiddeti (m/s) wavelet grafikleri

4. SONUÇ

Bu tez çalışması rüzgâr şiddeti ve güneş radyasyonu değerlerinin yapay sinir ağları (YSA) ile tahmini ve wavelet tekniklerinin uygulanması ile ilgilidir. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer alan rüzgâr ve güneş enerji potansiyelinin tahminine yönelik bir ön etüt çalışmasıdır.

Çalışmanın birinci bölümünde tezin amacı, konusu ve kaynak taramalarına yer verilmiştir. İkinci bölümde ise materyal ve yöntemler detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Üçüncü bölümde rüzgâr şiddeti ve güneş radyasyonu verilerinin matematik modellemesine dayalı sonuçlar verilmiştir. Bu bölümde, kullanılan verilerin istatistik analizleri, YSA ile yapılan eğitim ve bu eğitimden elde edilen tahmin bulguları detaylandırılarak sunulmuştur. Üçüncü bölümde MATLAB wavelet-tool ile yapılan analizler ortaya konmuştur. Bu analizlere dayalı olarak, hangi aylarda, göz önüne alınan değişken için daha ayrıntılı olarak bölgesel modelleme yapılması gerektiği saptanabilmektedir. Sonuç bölümünde model çıktıları, modelin başarısı irdelenmiş, yapılan diğer çalışmalarla benzerlik ve farklılıklar karşılaştırılmıştır. Gelecekte bu çalışmanın çıktılarının bundan sonraki çalışmalara sağlayabileceği katkılar hakkında öneriler yapılmıştır.

Bu çalışmada ham veriler işleme alınmadan önce, eksik verilerin tamamlanması uygulaması yapılmıştır. Bu işlemde ‘Mean Series’ yöntemi kullanılmıştır. Eksik veriler tamamlandıktan sonra, YSA eğitimi için gerekli olan normalizasyon işlemi tüm değişkenler için uygulanmıştır. Normalizasyon için minimum-maksimum normalizasyonu yöntemi göz önüne alınmıştır.

Veri ön işlemleri sonrasında, tamamlanan veriler ile istatistiksel analizler yapılmıştır. İstatistiksel bulgulara dayalı olarak minimum sıcaklık (°C) değeri -10,6 °C olarak maksimum değer ise 33,9 °C olarak tespit edilmiştir. Güneş radyasyonu için maksimum değer 1070 W/m² olup, Türkiye’de maksimum elde edilebilen 1100 W/m² değerine oldukça yakın bir değer gözlenmiştir. 2016 yılı boyunca gözlem

istasyonunda elde edilen maksimum rüzgâr şiddeti (m/s) ise, 11,6 m/s olarak saptanmıştır.

YSA modelinde Levenberg-Marquardt algoritmasıyla yapılan eğitimlerle iki adet girdi verisi (güneş radyasyonu ve sıcaklık) kullanılarak rüzgâr şiddeti tahmin edilmiştir. Dört mevsim için, her mevsimi temsil eden birer ay seçilmiştir. YSA eğitiminde performans ölçümü için ‘Mean Squared Error’ (MSE) yöntemi kullanılmıştır. Bu eğitim ve performans analizleri sonucunda, en güvenilir model tahmin değeri sonbahar ayını temsilen seçilen 2016 yılı Eylül ayında elde edilmiş olup, $R=0.86$, $MSE < 0.016$ olarak hesaplanmıştır ve $\alpha < 0.001$ güvenilirlik seviyesinde tahmin sonuçları elde edilmiştir. Korelasyon katsayısı ve hata değerlerinin diğer aylara ait değerlerden daha düşük olduğu aylar ise, kış mevsimini temsilen seçilen Şubat ayında elde edilmiştir. Bu ay için güvenilirlik, $\alpha < 0.01$ olup, lineer ilişki katsayısı $R=0,54$ ve $MSE < 0,026$ olarak saptanmıştır. Bu sonuçlara dayanarak, seçilen aylar için yeterli güvenilirlikte rüzgâr şiddeti tahmini gerçekleştirilmiştir.

Son bölümde, wavelet analizi ile güneş radyasyonu ve rüzgâr şiddeti değişkenlerine etki eden farklı ölçekten olayların rolünün saptanmasına çalışılmıştır. Rüzgâr şiddeti için dört farklı ayda analizler yapılmıştır. Şubat Ayı için, ilk iki haftanın bazı günleri dışında büyük ölçekli olaylara ay boyunca rastlanmamış olup, özellikle ayın ikinci yarısında küçük ve orta ölçekli olayların onar dakikalık ortalama rüzgâr şiddeti değişimi üzerinde etkili olduğu gözlemlenmiştir. Nisan Ayı için, ilk ve üçüncü haftalarının ilk iki gününde etki eden büyük ölçekli olayların Nisan ayında rüzgâr şiddeti değişiminde daha az etkili olduğu saptanmıştır. Bu ay genelinde küçük ve orta ölçekli olayların önemli rol oynadığı tespit edilmiştir. Haziran Ayı için, rüzgâr şiddetinde büyük ölçekli olaylar ikinci haftanın ilk günleri ve üçüncü hafta genelinde etkin olmaktadır. Küçük ölçekli olayların ilk hafta sonunda ve ikinci haftanın genelinde önemli olduğu saptanmıştır. Eylül Ayı için, ayın ilk yarısında rüzgâr şiddeti değerlerindeki etkilerin büyük ölçekli olaylarla, ikinci yarısında ise küçük ölçekli olaylara bağlı olduğu tespit edilmiştir. Güneş radyasyonu için yapılan wavelet analizleri ise, rüzgâr şiddeti araştırmalarda seçilen aynı aylar göz önüne alınmıştır. Şubat Ayı için yapılan güneş radyasyonu onar dakikalık değişimlerinin MATLAB wavelet tool’a dayalı analizinde, büyük ölçekli olayların güneş radyasyonu değişimlerinde son haftanın başlarında önemli derecede etkin olduğu saptanmıştır.

Küçük ölçekli olayların ise ilk haftanın sonunda etkili olduğu tespit edilmiştir. Nisan ayının büyük bir döneminde, güneş radyasyonu değişiminin küçük, orta ve büyük ölçekli olayların birlikte etkisi altında kaldığı saptanmıştır. Haziran ayı genelinde, orta ve büyük ölçekli olaylar güneş radyasyonu değişiminde etkili olup, ilk ve son hafta sonunda küçük ölçekli olayların etkili olduğu tespit edilmiştir. Son olarak, Eylül ayında küçük ölçekli olayların üçüncü hafta sonu etkili olduğu saptanmıştır. Diğer dönemlerde küçük, orta ve büyük ölçekli olayların birlikte etkin olduğu gözlemlenmiştir.

Genel sonuç olarak, özellikle rüzgâr şiddeti tahmininde özellikle Şubat ayında bölgesel, küçük ölçekli modellerinin tahmin çalışmalarına dahil edildiği hibrit modeller kullanılması gerekmektedir. Çalışma bulgularına dayalı olarak, rüzgâr şiddeti ve güneş radyasyonu tahmini için, YSA ve Wavelet uygulamalarının, rüzgâr-güneş hibrit enerji sistemlerinin kurulacağı alanların saptanmasında, enerji potansiyelinin mevsimsel değişimlerinin belirlenmesinde güvenle kullanılabileceği vurgulanabilir.



KAYNAKLAR

- [1] <http://www.bedas.com.tr/userFiles/file/faaliyet-raporu-2017.pdf> , alındığı tarih : 10.09.2018.
- [2] **İ.H. Tavman ve T.K. Önder** (2001). *Türkiye 'de Rüzgar Enerjisi Potansiyeli ve Kullanımı. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, 316-323, İzmir.
- [3] **İncecik, S. ve Erdoğan F.** (1995). *An Investigation of the Wind Power Potential on the Western Coast of Anatolia*, *Renewable Energy*, 6, 863-865.
- [4] **Tolun, S., Menteş, S., Aslan, Z. ve Yükselen, M. A.** (1995). *The Wind Energy Potential of Gökçeada in the Northern Aegean Sea*, *Renewable Energy*, 6, 679-685.
- [5] **Dündar, C. ve Inan, D.** (1996). *Investigation of Wind Energy Application Possibilities for a Specific Island (Bozcaada) in Turkey*, *WREC*, 822-826.
- [6] **Durak, M. ve Şen, Z.** (2002). *Wind Power Potential in Turkey and Akhisar Case Study*, *Renewable Energy*, 25, 463472.
- [7] **Türksoy, Ferdi** (1995). *Investigation of wind power potential at Bozcaada, Turkey*. *Renewable Energy* 6.8: 917-923.
- [8] **Karsli, V. M. ve Geçit, C.** (2003). *An Investigation on Wind Power Potential of Nurdağı-Gaziantep, Turkey*, *Renewable Energy*, 28, 823-830.
- [9] **Akpınar, E. K. ve Akpınar, S.** (2004). *Determination of the Wind Energy Potential for Maden-Elazığ, Turkey*, *Energy Conversion and Management*, 45, 2901-2914.
- [10] http://www.emo.org.tr/ekler/34427e6be0fae4a_ek.pdf , alındığı tarih: 10.09.2018.
- [11] **Doucoure, Boubacar, Kodjo Agbossou ve Alben Cardenas** (2016). *Time series prediction using artificial wavelet neural network and multi-resolution analysis: Application to wind speed data*. *Renewable Energy* 92: 202-211.
- [12] **Ata, Rasit** (2015). *Artificial neural networks applications in wind energy systems: a review*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 49: 534-562.

- [13] **Tascikaraoglu, Akin, vd.** (2016). *Exploiting sparsity of interconnections in spatio-temporal wind speed forecasting using Wavelet Transform*. Applied Energy 165: 735-747.
- [14] **De Giorgi, Maria, vd.** (2014). *Comparison between wind power prediction models based on wavelet decomposition with least-squares support vector machine (LS-SVM) and artificial neural network (ANN)*. Energies 7.8: 5251-5272.
- [15] **Yılmaz, Ö.** (2005). *Hidroelektrik Enerji Üretiminin Çevresel Boyutları*. Çevre Enerji Kongresi Bildiriler Kitabı: 421-4216.
- [16] **Çakır, Mutlu Tarık** (2010). *Türkiye'nin rüzgâr enerji potansiyeli ve AB ülkeleri içindeki yeri*. Politeknik Dergisi 13.4.
- [17] <https://www.teias.gov.tr/sites/default/files/2018-04/kuruluguc.pdf> , alındığı tarih: 10.09.2018.
- [18] **Hayli, Selçuk** (2001). *Rüzgâr enerjisinin önemi Dünya'da ve Türkiye'deki durumu*. Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi 11.1: 1-26.
- [19] **Topcu, S., Dilmac S. ve Z. Aslan** (1995). *Study of hourly solar radiation data in Istanbul*. Renewable Energy 6.2: 171-174.
- [20] **Deo, Ravinesh C., Xiaohu Wen ve Feng Qi** (2016). *A wavelet-coupled support vector machine model for forecasting global incident solar radiation using limited meteorological dataset*. Applied Energy 168: 568-593.
- [21] **Mohammadi, Kasra, vd.** (2015). *A new hybrid support vector machine-wavelet transform approach for estimation of horizontal global solar radiation*. Energy Conversion and Management 92: 162-171.
- [22] **Olatomiwa, Lanre, vd.** (2015). *A support vector machine-firefly algorithm-based model for global solar radiation prediction*. Solar Energy 115: 632-644.
- [23] **Olatomiwa, Lanre, vd.** (2015). *Adaptive neuro-fuzzy approach for solar radiation prediction in Nigeria*. Renewable and Sustainable Energy Reviews 51: 1784-1791.

- [24] **Nazaripouya, Hamidreza, vd.** (2016). *Univariate time series prediction of solar power using a hybrid wavelet-ARMA-NARX prediction method*. Transmission and Distribution Conference and Exposition (T&D), 2016 IEEE/PES. IEEE.
- [25] <http://www.haritamap.com/yer/kurna-koyu-pendik> , alındığı tarih : 10.09.2018.
- [26] <https://www.google.com/maps/place/Kurna,+Kurna+Mahallesi,+34916+Pendik%2F%C4%B0stanbul/@40.9390995,29.3093825,13.17z/data=!4m5!3m4!1s0x14cad73a71fe76eb:0xe4adc013221dec04!8m2!3d40.9569!4d29.3368> , alındığı tarih : 10.09.2018.
- [27] **Schneider, Tapio** (2001). *Analysis of incomplete climate data: Estimation of mean values and covariance matrices and imputation of missing values*. Journal of climate 14.5: 853-871.
- [28] **Jain, Y. Kumar ve Santosh Kumar Bhandare** (2011). *Min max normalization-based data perturbation method for privacy protection*. International Journal of Computer & Communication Technology 2.8: 45-50.
- [29] **Zhang, Guoqiang, B. Eddy Patuwo ve Michael Y. Hu** (1998). *Forecasting with artificial neural networks: The state of the art*. International journal of forecasting 14.1: 35-62.
- [30] **Kaastra, Iebling ve Milton Boyd** (1996). *Designing a neural network for forecasting financial and economic time series*. Neurocomputing 10.3: 215-236.
- [31] **Aygören, Hakan, Hakan Saritaş ve Tuncay Morali** (2012). *İMKB 100 Endeksinin Yapay Sinir Ağları ve Newton Nümerik Arama Modelleri ile Tahmini*. Journal of Alanya Faculty of Business/Alanya İşletme Fakültesi Dergisi 4.1.
- [32] **Wilamowski, Bogdan M. ve Hao Yu** (2010). *Improved computation for Levenberg–Marquardt training*. IEEE transactions on neural networks 21.6: 930-937.
- [33] **Wang, Zhou ve Alan C. Bovik** (2009). *Mean squared error: Love it or leave it? A new look at signal fidelity measures*. IEEE signal processing magazine 26.1: 98-117.

- [34] **Dağhan, Gökhan ve Buket Akkoyunlu** (2016). *Modeling the continuance usage intention of online learning environments*. Computers in Human Behavior 60: 198-211.
- [35] **Manchanda, Pammy, Aiman AS Mukheimer ve A. H. Siddiqi** (2000). *Pointwise convergence of wavelet expansions associated with dilation matrix*. Applicable Analysis 76.3-4: 301-308.
- [36] **Daubechies, Ingrid** (1988). *Orthonormal bases of compactly supported wavelets*. Communications on pure and applied mathematics 41.7: 909-996.
- [37] **Meyer, Yves** (1993). *Wavelets-algorithms and applications*. Wavelets- Algorithms and applications Society for Industrial and Applied Mathematics Translation., 142 p.
- [38] **Shumway, Robert H. ve David S. Stoffer** (1982). *An approach to time series smoothing and forecasting using the EM algorithm*. Journal of time series analysis 3.4: 253-264.
- [39] **Arneodo, A., G. Grasseau ve M. Holschneider** (1988). *Wavelet transform of multifractals*. Physical review letters 61.20: 2281.
- [40] **Frank, Murray, Ramazan Gencay ve Thanasis Stengos** (1988). *International chaos?* European Economic Review 32.8: 1569-1584.
- [41] **Addison, Paul S.** (1997). *Fractals and chaos: an illustrated course*. CRC Press.
- [42] **Unser, Michael, Akram Aldroubi ve Steven J. Schiff** (1994). *Fast implementation of the continuous wavelet transform with integer scales*. IEEE Transactions on Signal Processing 42.12: 3519-3523.
- [43] **Grossmann, A., Richard Kronland-Martinet ve J. Morlet** (1990). *Reading and understanding continuous wavelet transforms*. Wavelets. Springer, Berlin, Heidelberg. 2-20.
- [44] **Daubechies, Ingrid** (1992). *Ten lectures on wavelets*. Vol. 61. Siam.
- [45] **Karaca, Yeliz, vd.** (2017). *Rank determination of mental functions by 1D wavelets and partial correlation*. Journal of medical systems 41.1: 2.
- [46] **Rioul, Olivier, and Martin Vetterli** (1991). *Wavelets and signal processing*. IEEE signal processing magazine 8.4: 14-38.

EKLER

EK A- “MATLAB YSA” eğitim ve değerlendirme kodu





EK A

```
function ruzgarTahmini(giris, cikis)
    girisDegerleri = giris; %Input değerleri bir değişkene atanıyor%
    cikisDegeri = cikis;%Hedef değerleri bir değişkene atanıyor%

    egitimTipi = 'trainlm'; %Eğitim tipi belirleniyor ve bir
değişkene atanıyor%
    katmanSayisi = 10; %Katman sayısı tanımlanıyor%
    ann = fitnet(katmanSayisi,egitimTipi); %ann değişkenine eğitim
fonksiyonu tanımlanıyor%
    ann.input.processFcns = {'removeconstantrows','mapminmax'};
%İşleme fonksiyonları görevlendiriliyor%

    ann.divideFcn = 'dividerand';%Bölme için rastgele sayılar
seçilmesi tanımlanıyor%
    ann.divideMode = 'sample';%Bölme yöntemi tanımlanıyor%
    ann.divideParam.trainRatio = 50/100; %Eğitim için verinin ne
kadarı kullanılacağı tanımlanıyor%
    ann.divideParam.valRatio = 25/100;%Validation için verinin ne
kadarı kullanılacağı tanımlanıyor%
    ann.divideParam.testRatio = 25/100;%Test için verinin ne kadarı
kullanılacağı tanımlanıyor%

    ann.performFcn = 'mse'; %Mean squared error performance
fonksiyonu olarak tanımlanıyor%
    ann.plotFcns =
{'plotperform','plottrainstate','ploterrhist','plotregression'};
%Eğitimin sonunda verilecek grafikler tanımlanıyor%

    [ann,tr] = train(ann,girisDegerleri,cikisDegeri); %Eğitim
yapılıyor.%

    %Çeşitli performans değerleri hesaplanıyor%
    hesaplama = ann(girisDegerleri);
    performance = perform(ann,cikisDegeri,hesaplama);

    maks=max(hesaplama);
    hataDegeri=mae(maks);
    rmse=sqrt(mse(ann,cikisDegeri,hesaplama));
    nrmse=rmse/(max(hesaplama)-min(hesaplama));
    %Çeşitli performans değerleri hesaplanması tamamlanıyor%

    ruzgarSonuc = ann(girisDegerleri); %Sonuçlar atanıyor%
    ruzgarSonuc(tr.valInd);
    fprintf('max= %f , mae= %f ,rmse = %f,nrmse = %f, Performance =
%f ',maks,hataDegeri,rmse,nrmse ,performance);%Hesaplanan değerler
ekrana basılıyor%
end
```



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Ömer Faruk GÜNDÜZ
Doğum Tarihi ve Yeri : 01.01.1991 / İstanbul
Medeni Durumu : Evli
E-Posta : omerfarukgunduz2510@gmail.com



EĞİTİM BİLGİLERİ

Lisans : Computer Engineering (2008-2013), İstanbul Aydın Üniversitesi
Yüksek Lisans : Bilgisayar Mühendisliği (Tezli), İstanbul Aydın Üniversitesi

PROGRAMLAMA BİLGİLERİ

Bilgisi	Seviyesi
Asp.net, MVC, SQL, JAVA, C#, C, C++.	İyi
SPSS ve MATLAB.	İyi
HTML, CSS, JQuery, AngularJS, JavaScript	İyi
Windows, Microsoft Office (MS-Word, Excel, Power Point).	İyi

DİL BİLGİSİ

İngilizce : İyi