İZMİR BAKIRÇAY ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
AKILLI SİSTEMLER MÜHENDİSLİĞİ A.B.D.

AKILLI TARIM SİSTEMLERİNE NOKTASAL YAĞIŞ TAHMİNİ ENTEGRASYONU : AYDIN ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Serkan ANSAY

Tez Danışmanı: Dr. Bayram KÖSE

Haziran 2022

AKILLI TARIM SİSTEMLERİNE NOKTASAL YAĞIŞ TAHMİNİ ENTEGRASYONU : AYDIN ÖRNEĞİ

Yüksek Lisans Tezi

Serkan ANSAY İzmir 2022

AKILLI TARIM SİSTEMLERİNE NOKTASAL YAĞIŞ TAHMİNİ ENTEGRASYONU : AYDIN ÖRNEĞİ

Serkan ANSAY

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Akıllı Sistemler Mühendisliği
Anabilim Dalı
Danışman: Dr. Bayram KÖSE

İzmir
İzmir Bakırçay Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Haziran 2022

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

İzmir Bakırçay Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Akıllı Sistemler Mühendisliği Anabilim dalında öğrenim görmekte olan Serkan ANSAY'ın "AKILLI TARIM SİSTEMLERİNE NOKTASAL YAĞIŞ TAHMİNİ ENTEGRASYONU : AYDIN ÖRNEĞİ" başlıklı tezi 06/07/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "İzmir Bakırçay Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği" nin ilgili maddeleri uyarınca, Akıllı Sistemler Mühendisliği (Disiplinlerarası) Anabilim dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Ünvanı Adı Soyadı	İmza
Üye (Tez Danışmanı)	Dr. Bayram KÖSE	
Üye	Prof. Dr. Mehmet SAĞBAŞ	
Üye	Doç. Dr. Muhammet Tahir GÜNEŞER	

Prof. Dr. Serkan ÇINARLI
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

FINAL APPROVAL FOR THESIS

This thesis titled "REGIONAL PRECIPITATION FORECAST INTEGRATION IN SMART AGRICULTURAL SYSTEMS: THE CASE OF AYDIN" has been prepared and submitted by Serkan ANSAY in partial fulfillment of the requirements in "İzmir Bakırçay University Directive on Graduate Education and Examination" for the Degree of Master of Smart Systems Engineering (Interdisciplinary) Science Department has been examined and approved on 06/07/2022.

Committee Members	Title, Name and Surname	Signature
Member (Supervisor)	Dr. Bayram KÖSE	
Member	Prof. Dr. Mehmet SAĞBAŞ	
Member	Doç. Dr. Muhammet Tahir GÜNEŞER	

Prof. Dr. Serkan ÇINARLI
Director of Graduate Education Institute

ÖZET

AKILLI TARIM SİSTEMLERİNE NOKTASAL YAĞIŞ TAHMİNİ ENTEGRASYONU : AYDIN ÖRNEĞİ

Serkan ANSAY

Akıllı Sistemler Mühendisliği Anabilim Dalı

İzmir Bakırçay Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Haziran 2022

Danışman: Dr. Bayram KÖSE

Son yıllarda akıllı tarım alanında ve yağış tahmini konusunda çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Bu iki konunun birbirine entegrasyonu noktasında özellikle Aydın ili için gerçekleştirilen çalışmalar oldukça nadirdir. Tez çalışmasında, Aydın ilinde Efeler ilçesi ve Köşk ilçesinde bulunan kurumsal meteoroloji istasyonları verileri ile bu iki istasyonun orta noktası Serçeköy beldesinde kişisel kullanımda olan mini meteoroloji istasyonu verilerinden Yapay Sinir Ağı ve Çoklu Doğrusal Regresyon yöntemleri ile oluşturulan modeller karşılaştırılmıştır. Çalışma alanı olan Serçeköy beldesi için en başarılı modelden elde edilen yağış tahmini ile bağlantılı akıllı tarım sulama sistemi tasarlanmış ve uygulaması gerçekleştirilmiştir. Sulama sisteminin tasarım aşamaları ile ilgili hesaplamalar farklı modeller üzerinde ayrıntılı olarak verilmiştir. Akıllı tarım sistemlerine noktasal yağış tahmini entegrasyonunun nasıl yapılacağı ve sağladığı faydalar örnek model üstünden açıklanmış, uygulanabilir bir model olarak tavsiye edilmiştir. Çalışmada sulama saatlerinin tanımlanması ve yapay sinir ağının devreye alınması sonucu cep telefonu ile uzaktan kontrolün gerçekleştirildiği, sistemin izlenebildiği bir akıllı tarım sulama sistemi oluşturulmuştur. Oluşturulan bu sistem yapay sinir ağı modelinden elde edilen noktasal yağış tahminine göre tarımsal sulama işlemini gerçekleştirme noktasında Aydın ili için yenilik niteliğindedir.

Anahtar Sözcükler: Akıllı tarım; Yapay sinir ağları; Yağış tahmini.

ABSTRACT

REGIONAL PRECIPITATION FORECAST INTEGRATION IN SMART AGRICULTURAL SYSTEMS: THE CASE OF AYDIN

Serkan ANSAY

İzmir Bakırçay University, Graduate Education Institute, June 2022

Supervisor: Dr. Bayram KÖSE

In recent years, various studies have been carried out in the field of smart agriculture and precipitation forecasting. Studies carried out especially for the province of Aydın at the point of integration of these two subjects are very rare. In the thesis study, the data of institutional meteorology stations in Efeler district and Köşk district in Aydın province and the models created by Artificial Neural Network and Multiple Linear Regression methods from the data of the mini meteorology station in personal use in Serçeköy town, the midpoint of these two stations were compared. For the Serçeköy town, which is the study area, a smart agricultural irrigation system related to the precipitation forecast obtained from the most successful model was designed and implemented. Calculations related to the design stages of the irrigation system are given in detail on different models. How to integrate point precipitation estimation into smart agriculture systems and the benefits it provides are explained over the sample model, and it is recommended as a viable model. In the study, as a result of defining the irrigation hours and commissioning the artificial neural network, a smart agricultural irrigation system was created that can be remotely controlled by mobile phone and the system can be monitored. This system created is an innovation for Aydın province at the point of realizing the agricultural irrigation process according to the point precipitation estimation obtained from the artificial neural network model.

Keywords: Smart agriculture; Artificial neural networks; Precipitation forecast.

TEŞEKKÜR

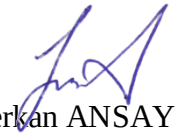
Yüksek lisans sürecinde ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımlarından dolayı çok değerli hocam Dr. Bayram KÖSE'ye en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Bu tezi, eşime ve oğluma ithaf ediyorum.

18/06/2022

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veriler, bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın İzmir Bakırçay Üniversitesi tarafından kullanılan "Turnitin" bilimsel intihal tespit programıyla tarandığını ve hiçbir şekilde "intihal içermediğini" beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.



Serkan ANSAY

18/06/2022

STATEMENT OF COMPLIANCE WITH ETHICAL PRINCIPLES AND RULES

I hereby truthfully declare that this thesis is an original work prepared by me; that I have behaved in accordance with the scientific ethical principles and rules throughout the stages of preparation, data collection, analysis and presentation of my work; that I have cited the sources of all the data and information that could be obtained within the scope of this study, and included these sources in the references section; and that this study has been scanned for plagiarism with "Turnitin" scientific plagiarism detection program used by İzmir Bakırçay University, and that "it does not have any plagiarism" whatsoever. I also declare that, if a case contrary to my declaration is detected in my work at any time, I hereby express my consent to all the ethical and legal consequences that are involved.



Serkan ANSAY

İÇİNDEKİLER

Sayfa

BAŞLIK SAYFASI ..... **i**

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI ..... Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

FINAL APPROVAL FOR THESIS ..... Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

ÖZET ..... **v**

ABSTRACT ..... **vi**

TEŞEKKÜR ..... **vii**

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ ..... **viii**

STATEMENT OF COMPLIANCE WITH ETHICAL PRINCIPLES & RULES ..... **ix**

İÇİNDEKİLER ..... **x**

TABLOLAR/ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **xii**

ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **xiii**

GÖRSELLER DİZİNİ ..... **xv**

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... **xvi**

1. GİRİŞ **1**

1.1. Tezin Amacı ve Önemi **1**

2. MATERYAL **6**

2.1. Akıllı Tarım Sistemleri - Donanım Boyutu **6**
2.1.1. Arduino ve bileşenleri **6**
2.1.2. Arduino devresinde kullanılan elemanlar **8**
2.1.2.1. 12V/5V röle modülü **8**
2.1.2.2. 12V su valfi **8**
2.1.3. Raspberry Pi **8**
2.1.4. Kişisel meteoroloji istasyonu **9**
2.2. Akıllı Tarım Sistemleri - Yazılım Boyutu **9**
2.2.1. Visual Studio – C# **10**
2.2.2. Flutter – Dart **11**
2.2.3. Veri tabanı (database) **11**
2.2.4. Bulut (cloud) teknolojisi **122**
2.3. Akıllı Tarımda Yağış Tahmini Entegrasyonu Uygulaması **12**
2.3.1. Bulut (cloud) teknolojisi **12**
2.3.2. Veri tabanı (database) **13**
2.3.3. Efeler meteoroloji istasyonu **13**
2.3.4. Köşk meteoroloji istasyonu **13**
2.3.5. Yerel istasyon **13**
2.3.6. Raspberry Pi **14**

2.3.7. Arduino 14
2.3.8. Su valfi 14
2.3.9. Mobil cihaz 14
2.4. Uygulamayla İlgili Görseller 15
2.5. Bölgeyle İlgili Veriler 21
2.5.1. Coğrafi konumu ve yeryüzü şekilleri 21
2.5.2. Tarımsal boyutu 21
2.5.3. Meteorolojik boyutu 22
2.6. Yağış Gözlem İstasyon Verileri 23
2.6.1. Efeler meteoroloji istasyonu 24
2.6.2. Köşk meteoroloji istasyonu 25
2.6.3. Serçeköy (kişisel) meteoroloji istasyonu 25

3. YÖNTEM 26

3.1. İleri Beslemeli Geri Yayılım Sinir Ağları 26
3.2. Çoklu Doğrusal Regresyon 28
3.3. Performans Kriterleri 29
3.3.1. Korelasyon analizi 30
3.3.2. Ortalama kare hata (OKH) 30
3.3.3. Determinasyon katsayısı 30
3.4. Girdi Parametrelerinin Tanıtımı 31

4. BULGULAR 42

4.1. Efeler Meteoroloji İstasyonu Verilerine Göre 42
4.2. Köşk Meteoroloji İstasyonu Verilerine Göre 48
4.3. Serçeköy (Kişisel) Meteoroloji İstasyonu Verilerine Göre 54

5. SONUÇ VE ÖNERİLER 61

KAYNAKÇA 63

ÖZGEÇMİŞ 67

TABLOLAR/ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2.1. Aydın ili aylık toplam yağış (mm) OMGİ 23

Tablo 3.1. Verilerin korelasyonu (Efeler ilçesi).....39

Tablo 3.2. Verilerin analizi (Efeler ilçesi).....39

Tablo 3.3. Verilerin korelasyonu (Köşk ilçesi).....40

Tablo 3.4. Verilerin analizi (Köşk ilçesi).....40

Tablo 3.5. Verilerin korelasyonu (Serçeköy beldesi).....41

Tablo 3.6. Verilerin analizi (Serçeköy beldesi).....41

Tablo 4.1. ÇDR ve YSA için hazırlanmış model parametreleri (Efeler ilçesi).....42

Tablo 4.2. ÇDR sonucu elde edilen denklemler (Efeler İlçesi).....42

Tablo 4.3. ÇDR ve YSA için hazırlanmış modeller (Efeler ilçesi).....45

Tablo 4.4. ÇDR ve YSA için hazırlanmış model parametreleri (Köşk ilçesi).....48

Tablo 4.5. ÇDR sonucu elde edilen denklemler (Köşk İlçesi).....48

Tablo 4.6. ÇDR ve YSA için hazırlanmış modeller (Köşk ilçesi).....52

Tablo 4.7. ÇDR ve YSA için hazırlanmış model parametreleri (Serçeköy beldesi).....54

Tablo 4.8. ÇDR sonucu elde edilen denklemler (Serçeköy beldesi).....54

Tablo 4.9. ÇDR ve YSA için hazırlanmış modeller (Serçeköy beldesi).....58

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Proje şeması.....12

Şekil 2.2. Aydın statip haritası.....22

Şekil 2.3. Ege Bölgesi yıllık alansal yağışlar.....23

Şekil 3.1. Yapay sinir ağı.....26

Şekil 3.2. Yapay sinir ağının matematiksel yapısı.....28

Şekil 3.3. Basit doğrusal regresyon grafiği.....29

Şekil 3.4. Efeler ilçesi veri setine göre nem dağılımı.....32

Şekil 3.5. Efeler ilçesi veri setine göre rüzgâr dağılımı.....32

Şekil 3.6. Efeler ilçesi veri setine göre sıcaklık dağılımı.....33

Şekil 3.7. Efeler ilçesi veri setine göre yağış dağılımı.....33

Şekil 3.8. Köşk ilçesi veri setine göre nem dağılımı.....34

Şekil 3.9. Köşk ilçesi veri setine göre rüzgâr dağılımı.....34

Şekil 3.10. Köşk ilçesi veri setine göre sıcaklık dağılımı.....35

Şekil 3.11. Köşk ilçesi veri setine göre yağış dağılımı.....35

Şekil 3.12. Serçeköy beldesi kişisel istasyon veri setine göre nem dağılımı.....36

Şekil 3.13. Serçeköy beldesi kişisel istasyon veri setine göre rüzgâr dağılımı.....36

Şekil 3.14. Serçeköy beldesi kişisel istasyon veri setine göre sıcaklık dağılımı.....37

Şekil 3.15. Serçeköy beldesi kişisel istasyon veri setine göre yağış dağılımı.....37

Şekil 4.1. YSA 1. model nöron sayısına göre OKH değerleri (Efeler ilçesi).....43

Şekil 4.2. YSA 2. model nöron sayısına göre OKH değerleri (Efeler ilçesi).....43

Şekil 4.3. YSA 3. model nöron sayısına göre OKH değerleri (Efeler ilçesi) 44

Şekil 4.4. YSA 4. model nöron sayısına göre OKH değerleri (Efeler ilçesi). 44

Şekil 4.5. Modeller için yapay sinir ağları çalışma adımları (Efeler ilçesi).....45

Şekil 4.6. Model-1 için regresyon ve hata grafiği (Efeler ilçesi). 46

Şekil 4.7. Model-2 için regresyon ve hata grafiği (Efeler ilçesi).....47

Şekil 4.8. Model-3 için regresyon ve hata grafiği (Efeler ilçesi).....47

Şekil 4.9. Model-4 için regresyon ve hata grafiği (Efeler ilçesi).....48

Şekil 4.10. YSA 1. model nöron sayısına göre OKH değerleri (Köşk ilçesi).....49

Şekil 4.11. YSA 2. model nöron sayısına göre OKH değerleri (Köşk ilçesi).....49

Şekil 4.12. YSA 3. model nöron sayısına göre OKH değerleri (Köşk ilçesi).....50

Şekil 4.13. YSA 4. model nöron sayısına göre OKH değerleri (Köşk ilçesi).....50

Şekil 4.14. Modeller için yapay sinir ağları çalışma adımları (Köşk ilçesi). 51

Şekil 4.15. Model-1 için regresyon ve hata grafiği (Köşk ilçesi). 52

Şekil 4.16. Model-2 için regresyon ve hata grafiği (Köşk ilçesi) 53

Şekil 4.17. Model-3 için regresyon ve hata grafiği (Köşk ilçesi) 53

Şekil 4.18. Model-4 için regresyon ve hata grafiği (Köşk ilçesi) 54

Şekil 4.19. YSA 1. model nöron sayısına göre OKH değerleri (Serçeköy beldesi).....55

Şekil 4.20. YSA 2. model nöron sayısına göre OKH değerleri (Serçeköy beldesi).....55

Şekil 4.21. YSA 3. model nöron sayısına göre OKH değerleri (Serçeköy beldesi).....56

Şekil 4.22. YSA 4. model nöron sayısına göre OKH değerleri (Serçeköy beldesi).....56

Şekil 4.23. Modeller için yapay sinir ağları çalışma adımları (Serçeköy beldesi). 57

Şekil 4.24. Model-1 için regresyon ve hata grafiği (Serçeköy beldesi).....58

Şekil 4.25. Model-2 için regresyon ve hata grafiği (Serçeköy beldesi).....59

Şekil 4.26. Model-3 için regresyon ve hata grafiği (Serçeköy beldesi).....59

Şekil 4.27. Model-4 için regresyon ve hata grafiği (Serçeköy beldesi).....60

GÖRSELLER DİZİNİ

Sayfa

Görsel 2.1. Arduino devresinin yapısı.....7

Görsel 2.2. 12V/5V röle modülü.....8

Görsel 2.3. 12V su valfi. 8

Görsel 2.4. Raspberry Pi devresi.....9

Görsel 2.5. Serçeköy (kişisel) meteoroloji istasyonu görseli.....15

Görsel 2.6. Flutter ile yazılmış uygulama görseli (anasayfa sekmesi). 16

Görsel 2.7. Flutter ile yazılmış uygulama görseli (ayarlar sekmesi).....17

Görsel 2.8. C# ile yazılmış ara program (Raspberry Pi üstünde çalışan). 18

Görsel 2.9. Röle – Arduino bağlantısı.....18

Görsel 2.10. Arduino-röle-valf bağlantısı.....19

Görsel 2.11. Projenin uygulamaya geçirilmesi.....19

Görsel 2.12. Sisteme bağlı sulama işleminin gerçekleşmesi 20

Görsel 2.13. Efeler meteoroloji istasyon konumu 24

Görsel 2.14. Köşk meteoroloji istasyon konumu.....25

Görsel 2.15. Yerel meteoroloji istasyon konumu 25

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

C# : Microsoft tarafından geliştirilen bir programlama dili

R : Korelasyon

R^2 : Determinasyon (belirlilik) katsayısı

ABD : Amerika Birleşik Devletleri

ARM : Bir çeşit işlemci mimarisi

ÇDR : Çoklu doğrusal regresyon

DC : (Direct Current) doğru akım

ICSP : (In-circuit Serial Programing) devre üzerinden seri programlama

IDE : Arduino için entegre geliştirme ortamı

IOS : (Iphone Operating System) Iphone için geliştirilmiş işletim sistemi

IOT : (Internet of Things) internete bağlı olan tüm cihazlar

mA : Miliamper

MATLAB : (Matrix Laboratory) çok paradigmalı sayısal hesaplama yazılımı

MGM : Meteoroloji Genel Müdürlüğü

MSE : (Mean Squared Error) ortalama kare hata

OKH : Ortalama kare hata

OMGİ : Meteoroloji gözlem istasyonları

PHP : (Personal Home Page) internet sitesi programlama dili

PWM : (Pulse Width Modulation) sinyal genişlik modülasyonu

RAM : (Random Access Memory) bilgisayar geçici hafızası

RDBMS : İlişkisel veri tabanı yönetim sistemi

STATİP : Sorunlu tarım alanlarının tespiti ve iyileştirilmesi projesi

USB : (Universal Serial Bus) seri yapılı bir bağlantı biçimi

V : Volt

WiFi : (Wireless Fidelity) kablosuz bağlantı

YSA : Yapay sinir ağı

1. GİRİŞ

1.1. Tezin Amacı ve Önemi

Meteoroloji alanında yapılan araştırmalar ve tahminler çeşitli konularda fayda sağlamaktadır. Bölgelerin, şehirlerin, köylerin meteorolojik anlık verileri ile meteorolojik parametrelere ait tahminler yapılmaktadır. Bu tahminlerde yağış parametresi önemli bir paya sahiptir. Havacılık, tarım endüstrisi dolayısıyla ekonomi, belediyelerin erken uyarı ve hazırlık sistemleri, spor müsabakalarının gerçekleştirilmesi, enerji şirketlerinin üretim ve planlamaları, can ve malın korunması, hidroelektrik santrallerinin üretim kapasitesi, şebeke suyu sağlayan barajların doluluk oranı gibi birçok alanda yağış tahmininden faydalanmaktadır [1].

Su, şüphesiz hayatın devamı için yaşamın temel ihtiyaçlarından biridir. Su rezervlerinin yeterli olması ve kontrol altında tutulması ekolojik dengenin devamı açısından önemlidir. Hidrolojik modelleme kapsamında yer alan bu yeterliliği sağlayabilmek ve koruyabilmek adına alınacak stratejik kararlarda bazı parametrelerin yüksek doğruluk değerine sahip öngörülerden oluşması gerekliliği kaçınılmaz bir gerçektir. Meteorolojide birkaç yıllık rüzgâr, yağış, nem, sıcaklık gibi parametrelerin, matematiksel işlemlerden geçirilmesiyle oluşacak tahmin modeline ulaşılmasıyla, daha az veriyle daha hızlı ve daha doğru sonuca ulaşmanın yolu açılmış olacaktır [2].

Büyük ölçekte ülkelerin küçük ölçekte ise şehirlerin en önemli ortak amaçlarından biri ekonomik kalkınmaya destek olmaktır. Her ülkenin mali durumuna göre sahip olduğu çeşitli üretim parametrelerine ait sayısal verileri bulunmaktadır. Üretim artışı ve verimliliğin yüksek oranlara çıkmasını sağlayan teknoloji ile inovasyonun kullanımıyla elde edilen katma değer, üretimde daha yüksek başarının elde edilmesinin yolunu açmaktadır [3]. Akıllı tarım inovasyona konu olan alanlardan biridir.

2010'da ABD'de smart manufacturing (akıllı üretim) adı altında ve bir yıl sonra Almanya'da Industry 4.0 olarak ortaya çıkan Endüstri 4.0, imalat üretim başta olmak üzere sanayinin tüm üretim süreçlerini, bütün sektörleri kapsayacak şekilde etkilemiştir. Bilgi ve bilişim teknolojilerinin üretime entegrasyonu şeklinde tanımlanabilecek sanayi devriminin günümüze ulaşan son aşaması olan Endüstri 4.0 ile etkilenen sektörlerden biri de tarım sektörü olup bu sektörde üretimde teknoloji entegreli bir hal almaya

başlamıştır. Günümüzde yüksek teknolojili üretim tekniklerini ile birçok tarımsal faaliyet uygulanmaktadır. Tarımın teknoloji ile daha randımanlı, daha seri hale gelmesiyle akıllı tarım ifadesi ortaya çıkmıştır [3].

Türkiye'de tarımsal faaliyetler bölgelere göre farklılık göstermektedir. Kimi bölgeler iklimsel ya da yükselti, engebe gibi özel konumlarından dolayı tarımsal faaliyetlere hiç müsait değilken yükseltisi fazla olmayan dolayısıyla soğuk hava şartlarına maruz kalmayan tarıma elverişli bölgelerde tarım faaliyetleri sürdürülebilmektedir. Marmara, Ege ve İç Anadolu bölgesi bu anlamda öne çıkmaktadır [4]. Aydın İl Tarım ve Orman Müdürlüğünün "Aydın'da Tarım ve Hayvancılık" başlıklı makalesinde Aydın ilinin tarımsal faaliyet açısından önde gelen şehirlerden biri olduğu ifade edilmektedir [5].

Meteorolojik olaylarda kısa mesafelerde iki farklı bölgede farklı sıcaklıklar, farklı yağış miktarı oluşabilmektedir. İki farklı meteoroloji istasyonu arasında bulunan konumlarda, özellikle mesafe arttıkça, tahmin edilene göre yağış farklılıkları yaşanabilmektedir. Bunun yanında Türkiye'de istasyonların dağılışında bölgeler arasında büyük farklılıklar bulunmaktadır. Türkiye'de istasyonlar çoğunlukla yerleşim yerlerine yakın kurulmuştur. Türkiye'de topografya kısa mesafede hızla değişmesi meteorolojik parametrelerin kısa mesafelerde oldukça farklı olmasına neden olmuştur [6]. Türkiye'de yüksek dağlık alanlarda çok az sayıda meteorolojik istasyon bulunmaktadır. Aydın ilini de kapsayan bir çalışmada yakın mesafede olan konumlarda verilerinde birbirine yakın olduğu, diğer yanda konumlar arası mesafe arttıkça veriler arasındaki benzerliğin azaldığı tezi ile hareket edildiği ifade edilmiştir. Ayrıca böyle bir durumda harita üzerinde herhangi bir konumdaki yağış miktarı verilen istasyonlardaki yağış miktarları ve istasyonlar arasındaki mesafelerin ağırlıkları dikkate alınarak hesaplanması gerekliliği belirtilmiştir [7]. Yağış tahmini birçok alanda kullanılmakta olup yağış tahminlerinden en çok faydalanan alanlardan biri de tarımdır [8]. Tarımsal faaliyetlerde yağış, sıcaklık önemli parametrelerdir ve ürüne göre farklılık göstermektedir. Tarım alanının özel konumu tarımsal faaliyetin verimini doğrudan etkilemektedir [8].

Regresyon ile yağış tahmini noktasında çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. 2016 yılında yapılan çalışmada hem doğrusal regresyon hem de fonksiyonel regresyonun profesyonel hava tahmini hizmetlerinden daha iyi performans gösterdiği, değerlendirilen sürenin artması ile performansın daha da artacağı sonucuna varılmıştır [9]. 2019 yılında

yapılan çalışmada regresyon modeli ile yağış tahmini ele alınmıştır. Bir coğrafi alanın önceki kayıtlarına dayanarak yağış tahmini yapılıyor olması ile yapılacak tahminin yüksek düzeyde güvenilir olduğu kanıtlanmaya çalışılmış, modelin performansının geleneksel yağış tahmin sistemleri ile karşılaştırıldığında daha yüksek doğruluğa sahip olduğu görülmüştür [10]. 2017 yılında yapılan bir çalışmada veri setine doğrusal regresyon uygulanmış ve katsayılar, parametrelerin karşılık gelen değerlerine dayalı olarak yağışı tahmin etmek için kullanılmıştır. Modelin avantajı olarak farklı atmosferik parametreler arasındaki önceki korelasyona dayalı olarak yağışı tahmin ediyor olması çıkarılmıştır [11]. 2020 yılında yapılan çalışmada yağış tahmininde bulunmak için çeşitli parametreler ile Çoklu Doğrusal Regresyon uygulanmış, bu yöntemin başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür [12].

Yapay sinir ağları (YSA) yağış tahmini konusunda çeşitli çalışmalar yapılmış ve halen yapılmaya devam etmektedir. 2020 yılında yapılan bir çalışmada yağış ile tetiklenen heyelanların geçmiş verilerin YSA uygulanması sonucu gelecek heyelanlara ışı tutacağı anlaşılmış, bu alanda fayda sağladığı görülmüştür [13]. 2017'de yapılan bir çalışma yoğun sel baskını gerçekleşen bir bölgede gerçekleştirilmiş olup, YSA yöntemi kullanılmıştır. Yağış verilerindeki doğrusal olmayan ilişkilerden dolayı YSA'nın mevcut tüm yaklaşımlara kıyasla tercih edilebilecek bir yaklaşım olduğu ortaya konmuştur [14]. 2015 yılında gerçekleştirilen bir çalışmada Hindistan'ın tarıma bağımlı olmasından yola çıkılmış, yağışın önemine atıfta bulunularak çeşitli YSA mimarileri ile ilgili araştırma yapılmıştır. Çalışma genel itibariyle YSA'nın yıllık yağış tahmini için iyi performans sergilediğini göstermektedir [15]. 2020 yılında yapılan bir çalışmada meteorolojik analiz için verimli ve güvenilir olup doğrusal olmayan tahmin modeller geliştirilerek YSA yaklaşımının uygulanabilirliği ve başarısı ortaya konmaktadır [16].

Literatürde Çoklu Doğrusal Regresyon (ÇDR) ile YSA kıyaslamalı çalışmalar da mevcuttur. Yapılan bir çalışmada önceki yıllara ait eksik olan verilerin bulunması yönünde ileri beslemeli geri yayılım sinir ağı ile modeller oluşturulmuştur. Aynı döneme ait aylık verilerden faydalanılarak oluşturulan modellerin iyi sonuçlar verdiği anlaşılmış ve ileri beslemeli geri yayılım yapay sinir ağının, eksik verilerin tespit edilmesinde etkin rol alabileceği görülmüştür [17]. Farklı bir çalışmada ise bir meteoroloji istasyonundan sıcaklık, nispi nem ve sıcaklık parametreleri ile edinilen 4018 günlük verilerde eksik olan verilerin tahmini için yapay sinir ağı ile çoklu doğrusal regresyon analizi yöntemleri devreye alınmıştır. Çalışma sonucu yapay sinir ağını daha

randımanlı sonuçlar verdiği görülmüştür [2]. Şanlıurfa ili için yapılan çalışmalarda Standartlaştırılmış Yağış İndeksi değerlerinin önceki indis değerleri tahmini için yapay sinir ağları yönteminden faydalanılarak 16 model oluşturulmuştur. 78 yıla ait aylık verilerden oluşan bu çalışmada 16. model Standartlaştırılmış Yağış İndeksinin formüle edilmesi sonrası Yapay Sinir Ağları yöntemiyle işlem sonrası Test açısından oluşan Ortalama Kare Hata (0.12) ve Ortalama Mutlak Hata (0.23) değerleri bakımından diğer modellere göre daha başarılı sonuç vermiştir [18]. 2018 yılında yapılan bir çalışmada Cambridge havzasındaki günlük buharlaşma miktarını Hargreaves-Samani, Ritchie ve Turc yöntemleri ve Yapay Sinir Ağları yöntemleri kullanılarak tahminler yapılmıştır. ABD Massachusetts istasyonundan alınan 1081 adet günlük veriler ile yapılan çalışmalar sonucunda yapay sinir ağlarının benzer modellemelerde başarı sağlayabileceği anlaşılmıştır [19]. 2019 yılında gerçekleştirilen çalışmalarda 56 yıla ait aylık toplam yağış verileri ile kuralık tahmini için yapay sinir ağı yöntemi kullanılmıştır. Yapay sinir ağı modelinin yüksek derecede esnek olduğu ve doğrulukta taklit-tahmini için oldukça güçlü bir araç olarak kullanılabileceği belirtilmiştir [20]. Sezer 2019 yılında tezinde çalışmasını Zonguldak ili elektrik enerjisindeki yük tahminini, Regresyon, Geri Yayılımlı Yapay Sinir Ağları ve Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları metotlarıyla gerçekleştirmiştir. Elde edilen bütün modeller için aynı değişkenler devreye alınarak 8 farklı model oluşturulup analiz edilmiştir. Elde edilen modellerin R^2 (determinasyon) değeri ile en iyi model bulunmuştur [21]. 2020 yılında yapılan hava kirliliğine yönelik bir çalışmada regresyon ve yapay sinir ağları modelleri oluşturulmuştur. Çalışma sonucuna göre yapay sinir ağlarının regresyon analizine göre daha randımanlı olduğu anlaşılmıştır [22].

2015 yılında Hindistan'da yapılan bir çalışmada toprak nem ve sıcaklık sensörlerinden gelen veriye göre sulama işleminin gerçekleştirilmesi uygulamaya dökülmüştür [23]. 2018'de IoT tabanlı hava durumu verileriyle toprak nemi, sıcaklığı ve çevre koşulları gibi zemin parametrelerinin algılanmasını kullanarak bir tarlanın sulama gereksinimlerini tahmin etmek bir akıllı sistem üstüne çalışılmıştır [24]. 2019'da gerçekleştirilen bir çalışmada IoT tabanlı sensörler ve çevresel veriler kullanılarak güneş enerjisiyle çalışan bir akıllı sulama sisteminin kontrolünün ve izlenmesinin nasıl sağlanabileceğini gösterilmiş; veriler, Radyal Tabanlı YSA ile ortam koşullarını tahmin etmek için kullanılmıştır [25]. 2021 yılına ait bir çalışmada IoT tabanlı bir gün öncesi için hacimsel toprak nem içeriğini, sulama periyodunu ve ekilebilir araziyi beslemek

için gereken suyun mekansal dağılımını tahmin etmek için Uzun Kısa Süreli Bellek YSA kullanılmıştır [26]. 2017'de Çorum'da yapılan bir çalışmada toprağa nem sensörleri yerleştirilmiş, akıllı telefon ile uzaktan kontrol edilebilen bir sistem geliştirilmiştir [27]. Yapılan bir çalışmada havanın sıcaklık, nem ve toprağın nem değerlerinden yola çıkarak bir sulama sistemi üzerine uygulama geliştirilmiştir. Uygulama Android tabanlı olup sistemin internet üstünden izlenmesi ile kontrolü sağlanmıştır [28].

Bu Çalışma Aydın ili Efeler ilçesi Serçeköy beldesinde yürütülmüştür. Aydın ilinde birçok çiftçi geçmiş meteorolojik verilerden elde edilen modeller sonucu yağış, sıcaklık tahminlerine erişebilmektedir. Aydın ilinde 27 meteoroloji istasyonu bulunmaktadır. Efeler ilçesinde bulunan meteoroloji istasyonu ile Köşk ilçesinde bulunan meteoroloji istasyonu kuş uçuşu mesafesi yaklaşık 18 km olup, Efeler ilçesine bağlı Serçeköy beldesi bu iki istasyonun yaklaşık orta noktasında yer almaktadır [9]. Beldede bireysel olarak kullanılan meteoroloji istasyonu vasıtasıyla son yıllara ait verilerden faydalanılmıştır. Aydın iline bağlı Efeler ilçesi ile Köşk ilçesi meteoroloji istasyonundan geçmiş yıllara ait parametrelere (rüzgar, sıcaklık, nem, yağış) ait veriler ile bireysel kullanımda olan istasyondan edinilen verilerle oluşturulan en iyi YSA ve ÇDR modelleri karşılaştırılmıştır. Çalışma alanı için elde edilen en iyi model akıllı tarıma entegre edilmeye çalışılmıştır. Çalışma alanına kurulan düzenek ve mobil cihaz için geliştirilen uygulama ile YSA destekli çalışan sulama sistemi oluşturulmuştur. Bu sayede kullanıcı uzaktan sulama saatlerini tanımlayabilmektedir. Sulama saati yaklaştığında yağış tahminine göre eğer yakın bir zamanda yağış gerçekleşecekse sulama sistemi devreye girmemekte aksi durumda sulama işlemi gerçekleşmektedir.

2022 Dünya Su Günü temasına "Yeraltısuyunu Görünür Yapmak" ithafen [29] gerçekleştirilen bu çalışma ile bulunulan bölgeye bağımlı olarak oluşturulan yüksek doğrulukta yağış tahminleri sayesinde akıllı tarıma katkıda bulunularak yeraltı sularının ve tedarik edilen suların kullanımının azaltılması hedeflenmiştir. Bu çalışma, tarımda kullanılan sulama işçiliğinin-maliyetin azaltılması, yetiştirilen ürünlerde olumlu değişimlerin gözlemlenmesi, tarımsal faaliyet yürütenlere örnek model olması açısından önem arz etmektedir.

2. MATERYAL

2.1. Akıllı Tarım Sistemleri - Donanım Boyutu

Akıllı sistemler; verilerin sensörler ile toplanması, toplanan verilerin yorumlanması, eğer YSA kapsamlı bir sistem ise modelden geçirilerek anlamlı çıktılar elde edilmesi ve elde edilen bu çıktılara göre yazılımın veya donanımın tetiklenmesinden sorumlu robotik yapılardır [30].

Günümüzde akıllı sistemler bilgi güvenliği, bilgi gizliliği, ulaşım, bankacılık, akıllı cihaz uygulamaları, havacılık, denizcilik, savunma sanayi, tarım vb. birçok alanda kullanılmakta ve kullanım alanları ile sıklığı giderek artmaktadır [31]. Akıllı sistemlerde iletişim şeklinin mekân ve zamandan bağımsız olması sebebiyle kablosuz olması tercih edilmektedir. Bu iletişim şekli IoT (Nesnelerin İnterneti) ile bağlantılı olarak giderek yaygınlaşmaktadır. Arduino ile Raspberry Pi IoT tabanlı bulut sistemlerle veri alışverişinde bulunan ve birçok akıllı sistemde olduğu gibi akıllı tarım sistem tasarımında da kendine uygulama sahası bulan uygulama platformlarıdır [32].

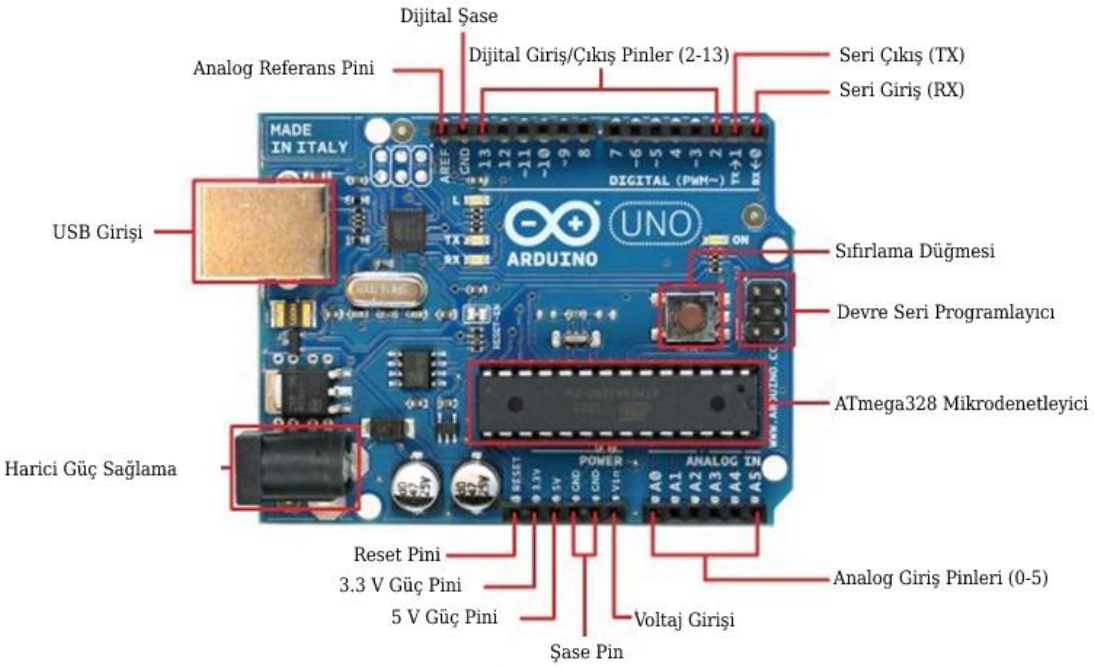
2.1.1. Arduino ve bileşenleri

Arduino, çevre elemanlarla (sensör, led, buzzer veya motor gibi) temel giriş ve çıkış uygulamalarını gerçekleştiren açık kaynaklı bir fiziksel programlama platformudur. Arduino ile interaktif uygulamalar bağımsız olarak gerçekleştirilebilir. Arduino ile bir çok yazılım aracılığıyla haberleşmek mümkündür [33].

Arduino UNO R3, kendi kategorisinde en son model durumundadır. Eski modellerde bulunan özelliklere ek olarak 8U2 yerine 16U2 modeli kullanılmıştır. Bu sayede daha az bellekle daha hızlı veri aktarım imkanı oluşmuştur. Birçok işletim sisteminde Arduino'yu bilgisayara tanıtma aşamasında sürücüye ihtiyaç bulunmamaktadır. Windows işletim sistemi için Arduino IDE yazılımı içerisinde bulunan inf dosyasının bilgisayara tanıtılması gerekmektedir [34].

Arduino Uno R3 kartında 8 bitlik Atmega328 işlemci, 6 tanesi PWM çıkışı olarak kullanılabilen 14 adet dijital giriş-çıkış pini ayrıca 6 adet analog giriş pini bulunmaktadır. 16 Mhz kristal osilatör, USB bağlantısı, regüleli 5V, ICSP başlığı ve reset butonu mevcuttur. Çalıştırmak için gereken gücü USB bağlantısı ile bilgisayardan

veya 7-12 Volt DC güç kaynağından temin etmektedir. Besleme gerilimi için alt ve üst limitler 6-20 V olarak belirlenmiştir. Giriş/çıkış pini başına akım 40 mA'dır. Kart üzerinde regüle edilmiş 3,3 V çıkış bulunmaktadır ve 3,3 V için çıkış akımı 50 mA'dir [35]. Arduino yapısı Görsel 2.1'de verilmiştir.



Görsel 2.1. Arduino devresinin yapısı

Arduino'yu USB desteği sayesinde bilgisayara bağlayıp yazılan kodları devreye yüklemek mümkündür. Kart gücünü USB veya harici güç kaynağı ile almaktadır. Mikrodenetleyici devrede beyin görevindedir, giriş çıkışları kontrol ederek yazılan kodları yürütmekten sorumludur. Analog/dijital pinler giriş veya çıkış pini olarak ayarlanabilmekte, sensörler, motorlar gibi çevre elemanlar ile iletişime geçilebilmektedir. Çevre elemanlara yönelik 5V güç devre üzerinden sağlanabilmektedir [36].

Arduino çeşitli bileşenlerden oluşmaktadır. Geliştirme ortamı (IDE) hazırlanan kodların karta aktarılmasından sorumlu yazılımdır. Arduino bootloader bilgisayar ilk açıldığında çalışan küçük bir yazılım parçasıdır. Karta her seferinde yazılım yükleme işlemini bu yazılım üstlenir. Optiboot bileşeni kartta bootloader bileşenidir. Görevi kart üstündeki mikrodenetleyicinin programlanmasını sağlamaktır. Arduino kütüphaneleri, Arduino ile çevre elemanlarının bağlantı kurmasını kolaylaştıran bir kod paketidir.

2.1.2. Arduino devresinde kullanılan elemanlar

2.1.2.1. 12V/5V röle modülü

Raspberry Pi'den Arduino'ya gelen veriye göre 5V çıkış ile 12 V anahtarlama yapıp sulama sisteminin devreye girmesini sağlar. Görüntüsü Görsel 2.2'de verilmiştir.



Görsel 2.2. 12V/5V röle modülü

2.1.2.2.12V su valfi

Röle modüle gelen sinyal doğrultusunda sulama işleminin başlamasından veya bitmesinden doğrudan sorumlu parçadır. Görüntüsü Görsel 2.3'te verilmiştir.



Görsel 2.3. 12V su valfi

2.1.3. Raspberry Pi

Raspberry Pi, ARM tabanlı bir işlemci kullanan, çeşitli işletim sistemleri yüklenebilen, ebat, güç tüketimi, maliyet açısından düşük olmasına rağmen RAM ve işlemci performansı bakımından kendi kategorisinde popüler olan mini bilgisayar

özelliği sergileyen elektronik bir karttır [37]. Görüntüsü Görsel 2.4'te verilmiştir.



Görsel 2.4. Raspberry Pi devresi

Raspberry Pi üstünde işletim sisteminin bulunması hazırlanan derlenmiş kodların kendi bünyesinde çalışmasına, Arduino gibi platformlar ile iletişime geçmesine, veri alışverişinde bulunabilmesine olanak sağlamaktadır. WiFi ve ethernet özelliğini barındırması sebebiyle IoT özelliği sergilemektedir.

2.1.4. Kişisel meteoroloji istasyonu

Meteoroloji Genel Müdürlüğü, yerli veya yabancı kaynaklardan her ne kadar yağış tahmini konusunda faydalanılıyor olsa da özellikle geniş düzlüklerde, uzun mesafelerde istasyonların bulunmamasından dolayı bu bölgelerin yağış tahminlerinde tutarsız olduğu durumlar yaşayabilmektedir [38].

Çalışmada, birkaç yıldır kişisel kullanımda olan mini meteoroloji istasyonundan (Anemometre PCE-FWS 20N) faydalanılmıştır. Geçmiş döneme ait saatlik nem, rüzgar, sıcaklık ve yağış verileriyle model oluşturulmuştur. Ayrıca bu istasyondan toplanan anlık veriler veri tabanına aktarılarak, mobil uygulamaya yansıtılmıştır.

2.2. Akıllı Tarım Sistemleri - Yazılım Boyutu

Akıllı sistemlerin yazılım boyutunda tasarımcı amacına, senkronize kullanacağı donanımlara-cihazlara, elektronik iletişim şekline, veri trafiğine göre tercih noktasında oldukça geniş bir yelpaze ile karşı karşıya kalmaktadır. Akıllı sistemlerin bir kolu olan akıllı tarımda da benzer durum mevcuttur. Akıllı sistemlerin genelinde bilgisayar tabanlı uygulamalarda C# ve Flutter, cihazlarda büyük konfigürasyonlara ihtiyaç duymaması,

kullanım ağı ve birçok cihazla uyumlu olması sebebiyle bu alanda popüler durumdadır [39], [40].

2.2.1. Visual Studio – C#

Visual Studio, Microsoft tarafından üretilmiş çeşitli programlama dilleri ile bilgisayar programları, mobil uygulamalar, internet sitesi, internet hizmetleri ve uygulamaları yapmaya olanak tanıyan entegre program geliştirme ortamıdır [41].

Yazılım sektörü 1950'lerden bu yana gelişmektedir. Günümüze dek çeşitli programlama dilleri gelişmiştir. Günümüzde nesne tabanlı programlama dillerinden olan, .net kütüphanesi ile kendini ileri taşıyan C# programlama dilinden bahsetmek mümkündür. C# için C, C++ ve Java dillerinden etkilenerek, Visual Basic'de dahil bu dillerin dezavantajları elenerek türetilmiş, nesne tabanlı programlama dilleri arasında en iyi programlama dili olmayı başarmıştır [42].

C# programlama dili, birçok programlama dilinde olduğu gibi, ek özellikler kazanabilmek için kütüphane tanımlamasına ihtiyaç duymaktadır. Çalışmada varsayılan olarak gelen kütüphanelere ek olarak 'System IO.Ports', 'MySql.Data' ile 'MySql.Data.MySqlClient' ve 'Microsoft.Office.Interop.Excel' kütüphaneleri kullanılmıştır.

'System IO.Ports' kütüphanesi seri bağlantı noktalarını kontrol etmek için sınıflar barındırır. En önemli sınıf olarak, 'SerialPort' un, zamanla senkronize, olay-koşul odaklı giriş veya çıkış için pin kontrolü erişimi sağladığı ifade edilebilir [43].

'MySql.Data' ile 'MySql.Data.MySqlClient' kütüphaneleri ile MySQL veritabanıyla bağlantı kurulur, veritabanı işlemleri gerçekleştirilir. MySqlCommand nesnesi ile veritabanını sorgulamak için ExecuteReader kullanılır. Sonuçlar genellikle ExecuteReader tarafından oluşturulan bir MySqlDataReader nesnesinde döndürülür. Verileri eklemek, güncellemek ve silmek için ExecuteNonQuery, tek bir değer döndürmek için ExecuteScalar kullanılır. Sonuçlar genellikle bir MySqlDataReader nesnesine döndürülür ve ardından işlenir [44].

'Microsoft.Office.Interop.Excel' kütüphanesi bir Microsoft Office Excel çalışma sayfası oluşturma, veri çekme, düzenleme özelliklerine izin veren ve buna bağlı kod yazma işlemini kolaylaştıran bir yapıya sahiptir [45].

2.2.2. Flutter – Dart

Kodlama, programlama aşamasında kullanıcı ve geliştiriciler kendilerinin kolayca tasarlayabileceği yaklaşımları ortaya çıkarmaya çalışmaktadır [46]. Flutter ile hazırlanan yazılımlar Çapraz Platform denen bir mimari yapı sayesinde tek bir platform yerine popüler olan pek çok platform için aynı anda yazılım yazma imkânı sağlamaktadır [47]. Tercih sebebi olarak Dart programlama dili ile yazılmış bir uygulamanın IOS, Android işletim sistemleri yanında internet tarayıcısı ve masaüstü platformlarında da çalıştırılabiliyor olması söylenebilir. Bu multi platform yani çapraz platform desteği ile zaman ve maliyet noktasında tasarruf sağlıyor olması ergonomik boyutu ortaya koymaktadır [48].

Bu programlama dili de C# ve birçok programlama dilinde olduğu gibi kütüphane yapısını kullanmaktadır. Çalışmada 'package:mysql1/mysql1.dart' kütüphanesi kullanılmıştır. Bu kütüphane Dart programlama dili için bir MySQL sürücüsü özelliği sunmaktadır. Bu kütüphane, MySQL'e kullanımı kolay bir arayüz sağlamayı amaçlamaktadır [49]. Veri/tablo ekleme, silme, değiştirme işlemlerini gerçekleştirmeye izin vermektedir.

2.2.3. Veri tabanı (database)

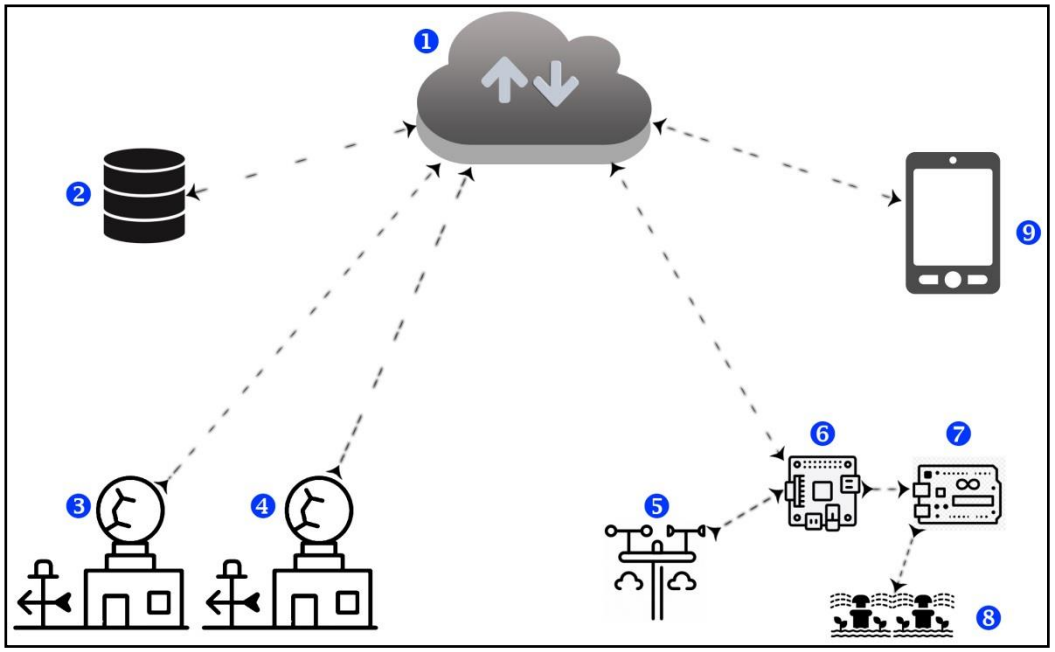
Günümüzde artan veri trafiğine karşılık araştırma konularından olan verilerin nasıl tutulacağı, nasıl saklanacağı veya çağırılacağı gün geçtikçe öne çıkmaktadır. Çözüm olarak platformlara göre veri saklama alanı olarak çeşitli veri tabanları mevcut olsa da zamanla bu yerini bulut teknolojisi ile senkronize çalışabilecek veri tabanlarına bırakmaktadır. MySQL, Oracle Corporation tarafından geliştirilen, dağıtılan ve desteklenen popüler bir açık kaynaklı RDBMS (İlişkisel Veri Tabanı Yönetim Sistemi)'dir [50]. Önceleri PHP (Personal Home Page) ile uyumlu bir veri tabanı olarak ortaya çıkmış olsa da şuan çeşitli program ve uygulamalarca desteklenmektedir. Bu sebeple bu çalışmada çeşitli verilerin saklanması için çevrimiçi MySQL veri tabanı tercih edilmiştir.

2.2.4. Bulut (cloud) teknolojisi

Endüstri 4.0'ın bir kolu olarak karşımıza çıkan bulut teknolojileri, kullanıcının konumundan bağımsız olarak uzak bir sunucunun (açık bilgi sistemleri, dijital kaynaklar, yazılım, veri tabanı vb.) gücünü kullanmanıza izin verir ve yapay zeka çalışmaları için geniş fırsatlar sunar [51]. Günümüzde internet hızının artmasıyla yedeklemeden, çok katılımcılı oyunlara kadar verilerin bulunduğu durumlarda bu teknolojiden faydalanılmaktadır.

2.3. Akıllı Tarımda Yağış Tahmini Entegrasyonu Uygulaması

Tez çalışmasının uygulamaya dökülmesine yönelik şema Şekil 2.1'de gösterilmiştir. Proje 8 farklı aşamadan oluşmakta olup her aşamanın kendine ait özellikleri ve görevleri bulunmaktadır. Aşamaların detayları aşağıda açıklanmıştır.



Şekil 2.1. Proje şeması

2.3.1. Bulut (cloud) teknolojisi

Sistemin tüm parçaları doğrudan veya dolaylı olarak bulut teknolojisi ile bağlantılıdır, bu sayede tüm parçalar/bölümler birbirleriyle iletişim halindedir.

2.3.2. Veri tabanı (database)

Çalışmada kullanılan MySQL veri tabanı, (3) ve (4) nolu istasyonlardan gelen güncel meterolojik verileri (nem, sıcaklık, yağış, rüzgar), (6) nolu Raspberry Pi aracılığıyla (5) nolu yerel meteoroloji istasyonundan elde edilen verileri ve (9) nolu uzaktan erişim ile sistemi kontrol eden kullanıcı tarafından tercih edilecek iki seçenek olan sulama saatlerine göre veya YSA tarafından yağış tahminine göre sulamanın gerçekleştirilmesi verilerini tutmaktadır.

2.3.3. Efeler meteoroloji istasyonu

Efeler meteoroloji istasyonuna ait veriler (nem, sıcaklık, rüzgar, yağış) (6) nolu Raspberry Pi aracılığıyla anlık olarak çekilmekte saatlik olarak (2) nolu veri tabanına aktarılmaktadır. Verilerin istasyondan anlık olarak çekilememe (teknik sebeplerden dolayı) ihtimaline karşı alternatif olarak veriler, ücretsiz kullanıma izin veren openweathermap.org sitesinden çekilebilmektedir.

2.3.4. Köşk meteoroloji istasyonu

Köşk meteoroloji istasyonuna ait veriler (nem, sıcaklık, rüzgar, yağış) (6) nolu Raspberry Pi aracılığıyla anlık olarak çekilmekte saatlik olarak (2) nolu veri tabanına aktarılmaktadır. Verilerin istasyondan anlık olarak çekilememe (teknik sebeplerden dolayı) ihtimaline karşı, Efeler istasyonunda olduğu gibi, openweathermap.org sitesinden çekilebilmektedir.

2.3.5. Yerel istasyon

Efeler ilçesinin Serçeköy beldesinde konuşlu kişisel meteoroloji istasyonu, bulunduğu bölgenin nem, yağış, rüzgar ve sıcaklık verilerini anlık olarak USB vasıtasıyla (6) nolu Raspberry Pi'ye aktarmaktadır.

2.3.6. Raspberry Pi

Sistemin beyni olarak düşünülebilir. USB kanalıyla (5) nolu yerel istasyondan gelen verileri excel formatında saklamaktadır. Visual studio üstünde C# ile yazılmış ara program sayesinde belli aralıklarla bu verileri (2) nolu veri tabanına aktarmaktadır. Bu program aynı zamanda belli aralıklarla (2) nolu veri tabanında olan değişikliklere göre (7) nolu Arduino'ya sinyal göndermekte, mekanizmanın aktif pasif olmasını sağlamaktadır. Kullanıcının talep edip etmemiş olmasına göre veri tabanından alacağı bilgi doğrultusunda MATLAB programında oluşturulmuş YSA modeline göre yağış tahmini ile senkronize çalışmaktadır. Eğer kullanıcı sulama sisteminin YSA modelinden çıkacak tahmine göre çalışmasını istemişse sulama zamanı yağış ihtimali düşük çıkması durumunda sulama sistemi devreye alınacak aksi durumda sulama doğal yolla gerçekleşecek olan yağış ile sağlanmış olacaktır.

2.3.7. Arduino

Bu devre kendisine (6) nolu devreden gelen sinyal doğrultusunda 12v/5v röleyi devreye sokmakta böylece 12v su valfi açık konuma geçerek sulama sistemi çalışmaya başlamaktadır. Tersi durumda ise tekrar sinyal ile röle devre dışı bırakılmakta ve valf kapalı konuma geçmekte, sulama sistemi durmaktadır.

2.3.8. Su valfi

(7) nolu devreden (Arduino) gelecek komuta göre su vanası görevi görmektedir. Gelen sinyale göre suyu vermek, gelen sinyale göre suyu kesmekten sorumludur.

2.3.9. Mobil cihaz

Flutter – Dart ile oluşturulmuş uygulama sayesinde (1) nolu bulut teknolojisi üstünden (2) nolu veri tabanı ile iletişim halindedir. Kullanıcı uygulama üstünden sulama saatlerini tanımlayabilmekte, anlık sulama komutunda bulunabilmekte, tanımlanan saatlerde sulamanın gerçekleşip gerçekleşmemesine YSA'nın karar vermesini sağlayabilmektedir. Uygulama üstünde yapılan işlemlerin tamamı anlık olarak

veri tabanına aktarılmaktadır. (6) nolu Raspberry Pi tarafından belli aralıklarla YSA modelinin devreye alınarak istasyonların bulunduğu bölgeler ile ilgili yağış tahminlerini veri tabanına aktarması sonucu uygulama 3 istasyona ait yağış tahminlerini kullanıcıya sunabilmektedir.

2.4. Uygulamayla İlgili Görseller

Görsel 2.5'de Serçeköy beldesinde konuşlandırılmış kişisel kullanımda olan meteoroloji istasyon fotoğrafı yer almaktadır.



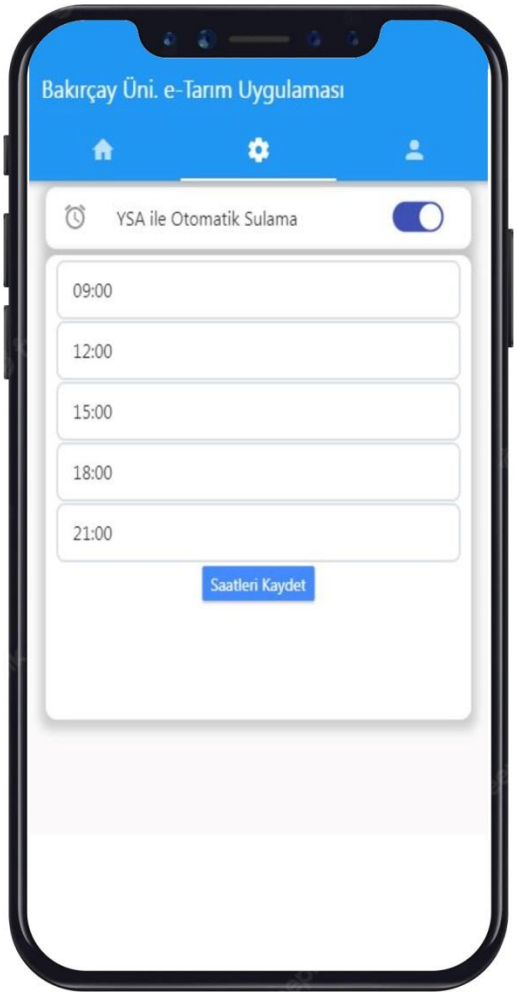
Görsel 2.5. Serçeköy (kişisel) meteoroloji istasyonu görseli

Görsel 2.6'da verilen Flutter ile hazırlanmış uygulama çalıştırıldığında karşılaşılan ilk ekran görülmektedir. Ekranda istasyonlardan anlık olarak elde edilen sıcaklık, rüzgar, nem ve yağış verileri görülmekte, her istasyonun bulunduğu bölgeye ait YSA ile tahmin edilen yağış durumu bilgisi yer almaktadır.



Görsel 2.6. Flutter ile yazılmış uygulama görseli (anasayfa sekmesi)

Görsel 2.7'de verilen Flutter ile hazırlanmış uygulamanın ikinci sekmesi görülmektedir. Bu sekmede kullanıcı tarafından sulama saatleri tanımlanmaktadır. Ayrıca "YSA ile Otomatik Sulama" kaydırma butonunun aktif olması durumunda, ilgili bölgede YSA modeline göre yağış olma ihtimali bulunuyorsa sulama sisteminin devreye girmemesi sağlanır.



Görsel 2.7. Flutter ile yazılmış uygulama görseli (ayarlar sekmesi)

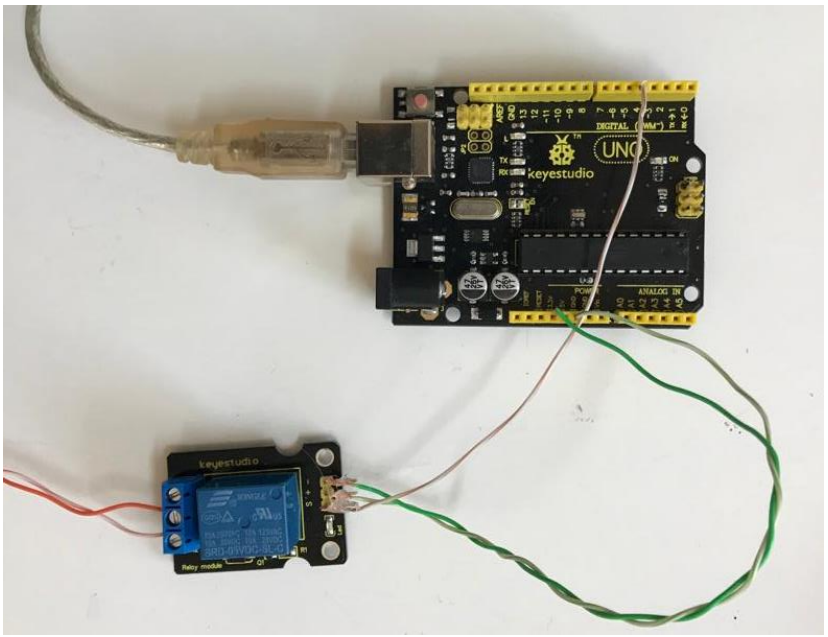
Görsel 2.8'de Raspberry Pi üstünde çalışan programın ekran görüntüsü yer almaktadır. Uygulama üç sütun olarak düşünülecek olursa ilk sütunda veritabanı ile ilgili test, bağlantı kesme, meteorolojiden veri çekme butonları yer almaktadır. Bunlar sadece tedbir amaçlı yer almakta olup internet bağlantısının bir şekilde kopması ya da teknik bir problemin oluşması durumunda fayda sağlayabilmektedir. Altında yer alan sulama süresi su vanası görevi gören su valfinin kaç dakika boyunca açık olacağını, dolayısıyla kaç dakika boyunca sulamanın gerçekleşeceğini ifade etmektedir. Sulama durumu anlık olarak sulamanın gerçekleşip gerçekleşmediğini bildirmekte, ilgili saatte aktif duruma geçmektedir. Orta sütunda bulunan meteoroloji verileri Köşk ve Efeler ilçelerinde bulunan meteoroloji istasyonlarından internet vasıtasıyla alınan anlık veriler ile kişisel kullanılan (Serçeköy beldesi) istasyonundan alınan verileri veri tabanına aktarmaktadır. Son sütunda ise mobil cihazdan gelen veriler görülmekte, YSA ile

sulama kontrolünün devrede olup olmadığı ve tanımlanan sulama saatleri görüntülenmektedir.

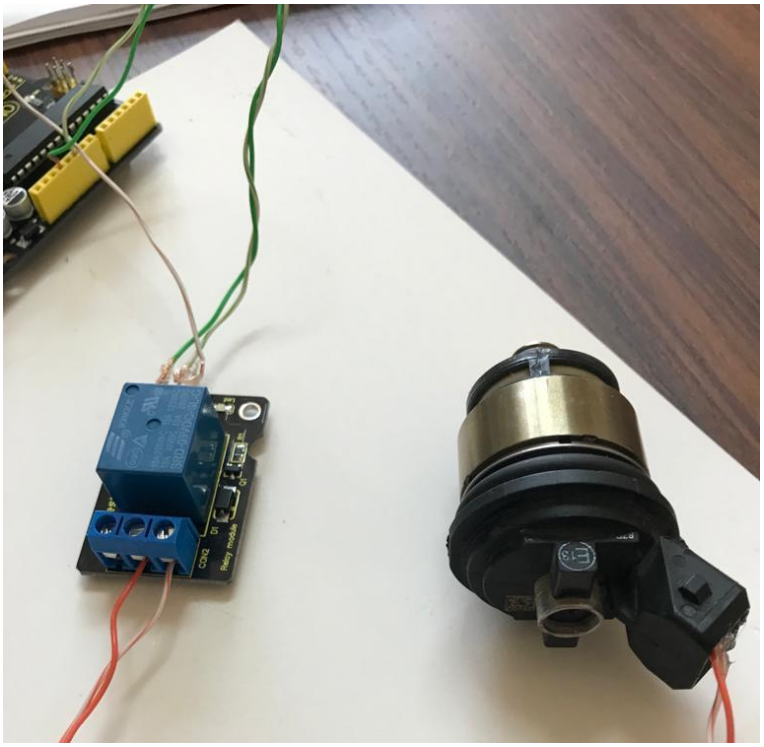


Görsel 2.8. C# ile yazılmış ara program (Raspberry Pi üstünde çalışan)

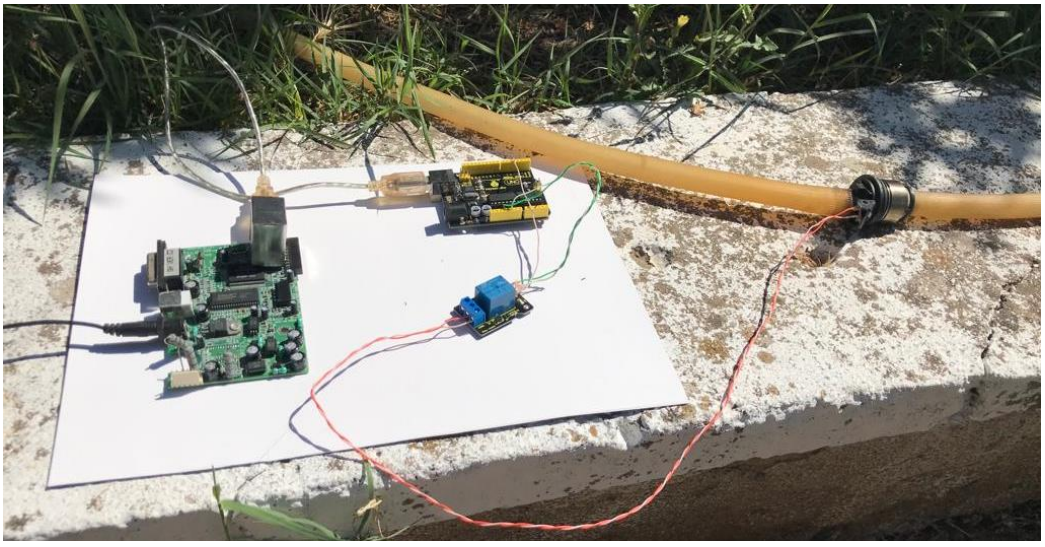
Görsel 2.9'da Arduino ile röle bağlantısı fotoğrafi, Görsel 2.10'da Arduino, röle ve su valfi bağlantı fotoğrafi, Görsel 2.11'de çalışmanın uygulama fotoğrafi, Görsel 2.12'de çalışmanın uygulama aşamasında sulama sisteminin çalışma anına ait fotoğraf gösterilmektedir.



Görsel 2.9. Röle – Arduino bağlantısı



Görsel 2.10. Arduino-röle-valf bağlantısı



Görsel 2.11. Projenin uygulamaya geçirilmesi



Görsel 2.12. Sisteme bağlı sulama işleminin gerçekleşmesi

2.5. Bölgeyle İlgili Veriler

2.5.1. Coğrafi konumu ve yeryüzü şekilleri

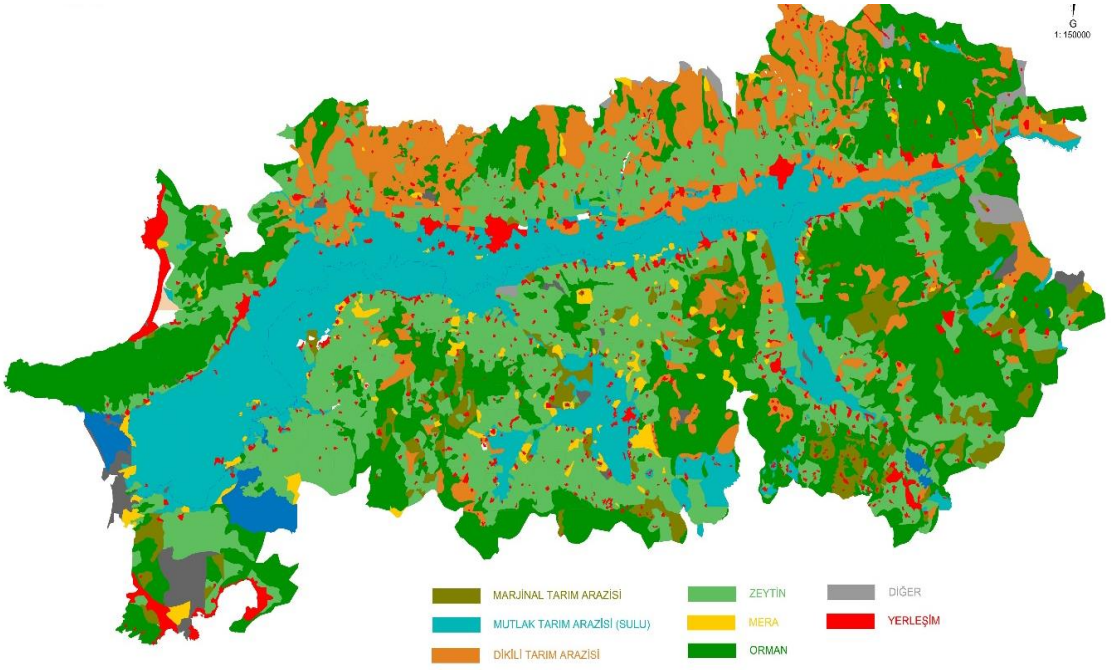
Aydın ili Ege bölgesinde yer almakta olup kışları ılık ve yağışlı, yazları sıcak ve kurak geçen Akdeniz iklim özelliği göstermektedir. Aydın Dağları ile Menteşe Dağları arasında yer almaktadır. 24976 m^2 alana sahip olan havza içerisinde Aydın ili 1582 m^2 yüz ölçümüne sahiptir [52].

Aydın; Doğu Avrupa, Orta Asya ve Orta Doğu üçgeninin tam olarak ortasında bulunan, ülkenin tarım, sanayi, dış ticaret ve turizm faaliyetlerinin bir arada olduğu, güçlü bir ekonomiye sahip olan Ege Bölgesi içindedir. Aydin ilk çağlardan bu yana verimli toprakları ile ticaret yolları üzerinde bulunması nedeniyle önemli bir yerleşim yeri olmuştur. Tarımsal faaliyetlerin yoğunluğu, çeşitliliği ve turizm olanakları ilin önemini giderek artırmıştır. Anadolu'nun batısında, Ege Bölgesi'nin güneybatı kesiminde kıyı Ege bölümünde yer almaktadır. Kuzeyinde İzmir, Manisa, doğusunda Denizli, güneyinde Muğla ve batısında Ege Denizi yer alır. Kuzeyi ile güneyi dağlık, engebelidir, iki bölüm arasında iki yandan faylarla sınırlanmış ve sonradan alüvyonlarla örtülmüş genç bir çöküntü alanı olan Büyük Menderes ovasında yer alır [53].

2.5.2. Tarımsal boyutu

Aydın ili toprak, iklim, topoğrafik yapı ve ekolojik özellikleri bakımından aynı anda birden fazla mahsul türünün aynı alanda yetiştirilmesine elverişlidir. Tarımın her kolunda yetiştiricilik yapılabilmektedir. Aydın ili 16 ilçe, 37 belde ve 490 köye sahiptir. Şehirde yaşayanların bir kısmı da tarımla uğraşmakta olup toplam nüfusun %55'i geçimini tarımdan sağlamaktadır [5].

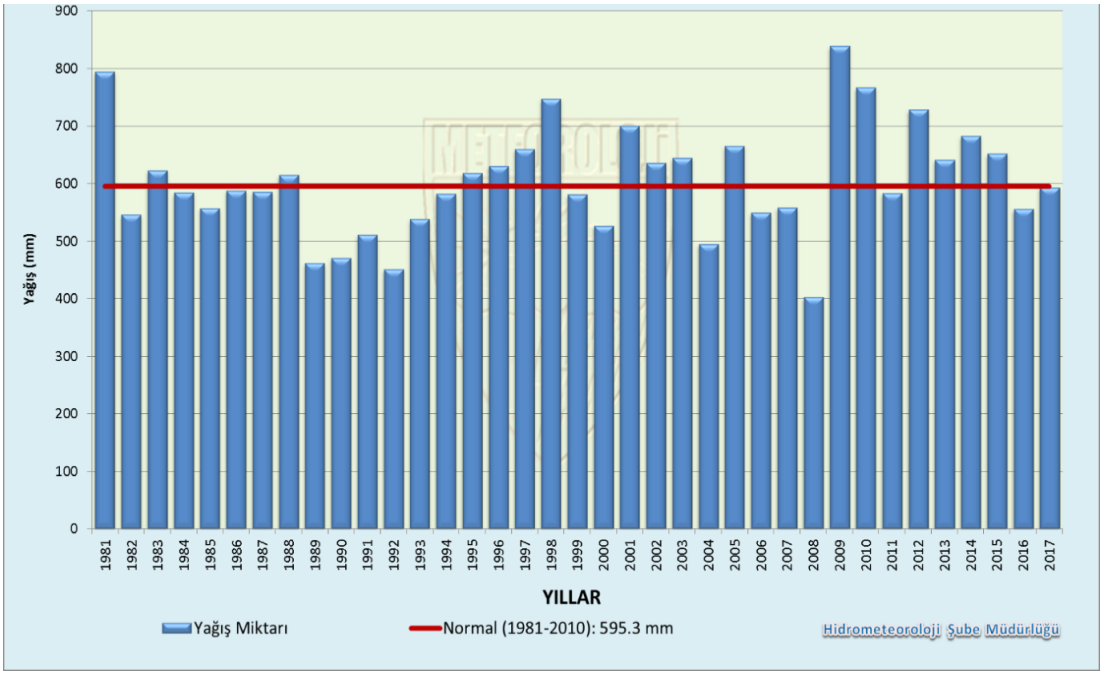
Şekil 2.2'de tarım arazileri incelendiğinde dağlık alanlardan dolayı mutlak tarım arazilerinin Menderes Ovası'na yayıldığı anlaşılmaktadır.



Şekil 2.2. Aydın statip haritası [54]

2.5.3. Meteorolojik boyutu

Tarım ve Orman Bakanlığı 2018-2022 Aydın İli Kuraklık Eylem Planı çerçevesinde Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanmış Şekil 2.3'te yer verilen tabloda Ege Bölgesi genelinde yağışların ortalama olarak normalin altında olduğu görülmektedir.



Şekil 2.3. Ege Bölgesi yıllık alansal yağışlar [54]

Tablo 2.1'de Aydın iline ait yıllara göre toplam yağış miktarları Şekil 2.3'te verilen grafikle karşılaştırıldığında 2009 yılı dışında kalan yılların normal değer olan 600mm'yi çok fazla geçemediği bazılarının altında kaldığı görülmektedir.

Tablo 2.1. Aydın ili aylık toplam yağış (mm) OMGİ [54]

Yıl	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Toplam
2007	28,2	25	19,6	16,4	37	9,2	0	2	0	118	145	185,4	585,8
2008	26,2	20,6	60	70,8	17,6	0	0	1	23,2	27,2	78,8	98,8	424,2
2009	265,8	161,2	89,2	67,2	11,6	0	0	0,2	28,4	50,4	109,2	191	974,2
2010	151	163,4	26,2	16,8	42,2	32	0	0	0,6	95,6	37,2	102,6	667,6
2011	135,4	63,2	24,2	48,2	44,2	14,8	0	0,6	21,8	52,2	0,2	16,4	421,2
2012	119	144	36,6	61,6	54,4	39,6	0,2	0,2	0	35,4	23	184,8	698,8
2013	156,4	147,2	91,4	51,2	45,8	4,6	0	0	6,4	69,8	99,4	9,4	681,6
2014	72,2	39	53	81,4	9	51,8	0	0	5,2	27,6	119,4	254,9	713,5
2015	106	129,8	102	21	87,6	5,4	3	0	27,6	69,7	86,5	0	638,6
2016	150,5	40,5	113,5	7	37,5	4	0	0	6,7	0	48,3	11,4	419,4
2017	221	17,9	96,6	39,4	40,1	15,3	0	16,5	0	38	76	93,1	653,9

2.6. Yağış Gözlem İstasyon Verileri

Türkiye, engebeli veya geniş düz ovaları barındıran yeryüzü özelliklerinden dolayı çeşitli sahalara sahiptir [55]. Bu alanlarda meteorolojik verilerin toplanması oldukça zor

olmakla birlikte yağış diğer meteorolojik parametrelere göre önem kazanmakta, modellenmesi zor bir duruma dönüşmektedir. MGM'nin ölçtüğü parametrelere ait tüm veriler günün teknolojisi ile ekonomik imkanlara bağımlı olarak değişken aralıkta toplanarak kaydedilmiştir. Günümüze dek gerçekleşen teknolojik gelişmelere paralel sistemde yenilikler gerçekleştirilmiş, eksikliklikleri, zorlukları aşmak için istasyon sayısı artırılmıştır. Nitekim 2016 yılından sonra yüksek rakımlı noktalarda da yağış gözlemleri yapılmaya, totalizatör kullanılmaya başlanmıştır. 2003 yılıyla iklim gözlemi yapabilmek için otomatik meteoroloji gözlem istasyonları (OMGİ) kurulmaya başlanmıştır. OMGİ'ler veri arşivi oluşturan, veri sıklığının arttığı, çeşitli coğrafi ortamların karakterize edilmesinde kullanılan ve insana ihtiyaç duymayan istasyonlardır [56].

2.6.1. Efeler meteoroloji istasyonu

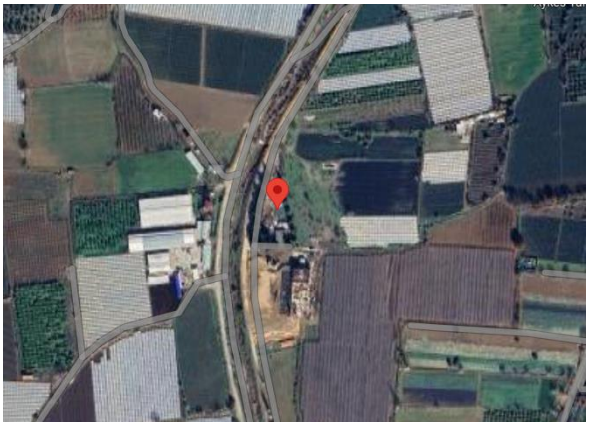
Geçmiş yıllara ait nem, sıcaklık, yağış ve rüzgar verileri Aydın ili Efeler ilçesi 17234 nolu, "OMGİ - Sinoptik - Günlük Klima" gözlem türüne sahip yağış gözlem istasyonundan temin edilmiştir. İstasyon; Cumhuriyet, 1999. Sk. No:3, 09020 Efeler Aydın adresli Aydın Meteoroloji Müdürlüğü binası yanında konumlanmıştır. İstasyon, 37° 50` 26.32`` enlemi ve 27° 50` 16.19`` boylamında yer almakta olup, rakımı 53m ve rasat türü mm'dir [57]. Uydu görüntüsü Görsel 2.13'te yer almaktadır.



Görsel 2.13. Efeler meteoroloji istasyon konumu

2.6.2. Köşk meteoroloji istasyonu

Geçmiş yıllara ait nem, sıcaklık, yağış ve rüzgar verileri Aydın ili 18428 nolu yağış gözlem istasyonundan temin edilmiştir. İstasyon; Serdaroğlu, 09570 Köşk Aydın adresinde konumlanmıştır. İstasyon, 37° 50` 35.2`` enlemi ve 28° 02` 25.1`` boylamında yer almakta olup, rakımı 55m ve rasat türü mm'dir [57]. Uydu görüntüsü Görsel 2.14'te yer almaktadır.



Görsel 2.14. Köşk meteoroloji istasyon konumu

2.6.3. Serçeköy (kişisel) meteoroloji istasyonu

Aydın ili Efeler ilçesi Serçeköy beldesinde kişisel kullanım amaçlı konuşlandırılan yerel istasyon, 37° 51` 1.8`` enlemi ve 27° 55` 59.5`` boylamında yer almakta olup, rakımı 54m ve rasat türü mm'dir. Bulunduğu bölgenin uydu görüntüsü Görsel 2.15'te verilmiştir.

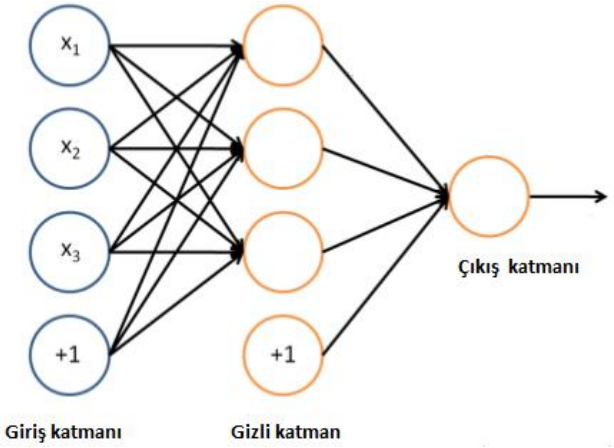


Görsel 2.15. Yerel meteoroloji istasyon konumu

3. YÖNTEM

3.1. İleri Beslemeli Geri Yayılım Sinir Ağları

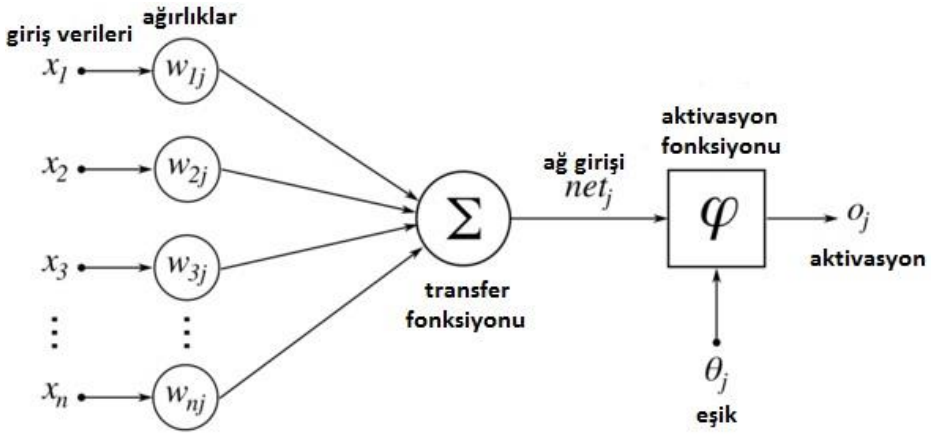
Öğrenme işlemi insan beynindeki sinir ağları aracılığıyla gerçekleşmektedir. İnsan beyninde bulunan sinir ağları yaklaşık 6 milyar nörondan ve nöronlar arası iletişimden sorumlu yaklaşık 60 trilyon sinaps adı verilen bağlantıdan oluşmaktadır. Her nöronun yapacağı işlem diğer nöronlardan sinaps yoluyla gelen sinyallere göre şekillenmektedir. Öğrenme işlemini anlamaya yönelik insan beyninin çalışma prensibi araştırılarak sayısal bir modele dönüştürmeye yönelik çalışmalar yapılmış ve halen yapılmaya devam etmektedir. Nöronların çalışma şeklini bir modele çevirebilmek için yapılan bu çalışmalarda çeşitli yapay nöron ve ağ modellemeleri geliştirilmiştir. Yapay Sinir Ağları (YSA), bilgisayarların hesaplama yönteminden farklı bir bilim dalı olarak, insan beyninin bir görevi gerçekleştirme yöntemini, birbirleriyle ağırlık yoluyla ilişkisi olan parçaların bir araya gelmesiyle oluşturdukları kompleks bilgi işleme yapıları olarak ifade edilmektedir [58]. Şekil 3.1'de yapay sinir ağının çalışma mantığı gösterilmektedir. Giriş katmanı, bir ağa öğrenilmesi gereken verilerin tanımlandığı katmandır. Gizli katman, giriş ve çıkış katmanları arasında yer almakta olup, katman sayısı ve nöron sayısı probleme göre farklılık göstermektedir. Gizli katmanda ileri yönlü hesaplamalar yapılırken aynı zamanda geri yönlü hata yayılımı gerçekleşir. Çıkış katmanı, YSA'da öğrenilmesi istenen örnek verilerin çıkış olarak hesaplandığı katmandır [59].



Şekil 3.1. Yapay sinir ağı

YSA üstüne çalışmalar 20. yüzyılın ilk yarısında başlamış, günümüze gelene dek birçok alanda kullanılmıştır. Tek katmanlı modelleri zaman içerisinde yerini çok katmanlı modellere bırakmıştır. Gelişim sürecine bakıldığında birçok model ve algoritma ile uyumlu oluşu öne çıkmasına sebep olmuştur [60]. Geri yayılım sinir ağının ortaya çıkışı ile araştırmalar daha aktif ve çabuk öğrenen algoritmalar geliştirme safhasına geçmiştir. Süreç, yeni yöntem ve ağ tiplerinin desteğiyle YSA; modelleme, öğrenme, benzetim, tanımlama, tahminde bulunma gibi birçok alanda uygulamaların yapıldığı bir model olarak karşımıza çıkmaktadır [61], [62].

YSA modelinin her metodunda amaç, eldeki veriyle en iyi çözümlenebilecek ağı tespit edebilmektir. Bu çalışma kapsamında doğrusal olmayan parametre kestirimi için İleri Beslemeli Geri Yayılım sinir ağı ve hücreler arası ağırlık değer girdilerini aktivasyon fonksiyonu denen fonksiyonlar ile çıkış katmanına aktarma noktasında randımanlı çalışan sigmoid aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır [61]. İleri Beslemeli Geri Yayılım sinir ağı giriş, çıkış ve en az bir adet gizli katmandan oluşur. Giriş katmanı çalışma alanı veri sayısı iken çıkış katmanı da aynı veri sayısına sahiptir. Gizli katman sayısı; çeşitli parametreler (veri sayısı, verilerin korelasyonu gibi) göz önünde bulundurularak deneme yanılma yoluyla belirlenir. Aynı şekilde gizli katman nöron sayısı da bir deneme yanılma işlemi süreciyle belirlenir. Ağı eğitme noktasında ağ sürecinde ileri yönlü tarama işlemi yapılır ve peş peşe olan düğümün devamında elde edilen değer hesaplanır çıkış katmanına aktarılır. Elde edilmesi beklenen değerler ile çıkış katmanına aktarılan değerlerin karşılaştırması yapılır ve hata miktarını düşürmek için ağ, başlangıca dönerek katmana ait elemanların arasındaki ağırlık değerlerini düzenler ve işlemi tekrarlar. Yapay sinir ağı çıkış bölümü ağırlık değerleriyle ulaşılması beklenen çıktı değerleri arasındaki hatanın minimize edilmesini amaçlar [58]. Hataların en aza indirilmesi için ağ hücreleri arasında bulunan ağırlık değerlerinin optimum değere sahip olması gerekmektedir. Şekil 3.2'de gösterildiği gibi giriş verileriyle elde edilen ağırlıklı giriş verilerinin transfer fonksiyonu ile toplamları alınır. YSA'da net olarak isimlendirilen ağ değeri aktivasyon fonksiyonunda işleme tâbi tutulur ve bu şekilde aktivasyon işlemi tamamlanarak veriler çıkış katmanına aktarılır.



Şekil 3.2. Yapay sinir ağının matematiksel yapısı [63]

$$z_i = \sum_{i=1}^{n} (w_{ij} x_i + b_j) \tag{3.1}$$

Transfer fonksiyonunda hücreye gelen net girdiler yukarıdaki formül ile hesaplanır. n, girdilerin sayısını; w ağırlıkları; x girdileri ve b, eşik (bias) değerini temsil etmektedir. Aktivasyon fonksiyonu girdi-çıktı arası eğrisel eşleşmeyi sağladığı için ağın performansını önemli düzeyde etkilemektedir. Hatayı minimumda tutması sebebiyle en çok kullanılan aktivasyon fonksiyonu sigmoid fonksiyonu olup denklemi aşağıda yer almaktadır.

$$f(z_i) = \frac{1}{1 + e^{-zi}} \tag{3.2}$$

Burada yer alan toplam fonksiyonu sonucu elde edilen değer Şekil 3.2'de görüldüğü gibi doğrusal olan veya doğrusal olmayan türevlenebilir bir aktivasyon fonksiyonundan geçirilir ve aşağıdaki denklemde gösterildiği gibi bir sonuç değer elde edilir [64].

$$y = f(z_i) = f\left(\sum_{i=1}^{n} \left(w_{ij} x_i + b_j\right)\right) \tag{3.3}$$

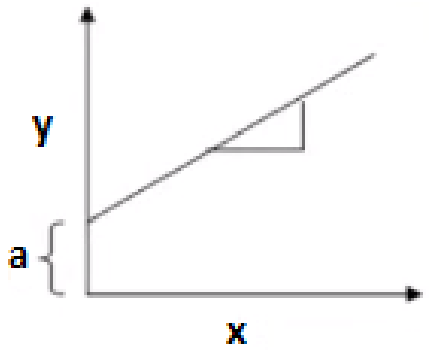
3.2. Çoklu Doğrusal Regresyon

Regresyon, iki değişken arasındaki korelasyonun (ilişkinin) matematiksel

modelini elde etmek için kullanılır. Genel ifadesi aşağıda verilmektedir.

$$y = a + bx \tag{3.4}$$

Burada x: seçilen bağımsız değişkenin değerini, y: seçilmiş x değeri için y değerini, a: doğrunun y eksenini kestiği noktanın değerini, b: doğrunun eğimini, a ve b : regresyon katsayılarını ifade etmektedir [61]. Bu model aynı zamanda basit doğrusal regresyon modeli olarak bilinir. Bu bilgileri içeren regresyon grafiği Şekil 3.3'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Basit doğrusal regresyon grafiği

Şekil 3.3'te de gösterildiği gibi x bağımsız değişkeni birden fazla olursa y değeri ÇDR ile hesaplanabilmektedir. Bununla ilgili regresyona ait denklem aşağıda gösterilmiştir.

$$Y_i = a + a_1X_1 + a_2X_2 + \cdots + a_nX_n + e_i \tag{3.5}$$

Burada a sabit katsayısını, $a_1, a_2, \ldots, a_n$ regresyon katsayılarını, a_i katsayıları bağımsız değişken Y_i'nin değerini değiştirme etkilerini ve e_i hata terimini ifade etmektedir [65]. Y, çıkış verisidir. Giriş verileri olan s (sıcaklık), nem (n), y (yağış) ve r (rüzgâr) parametrelerine ait verilerin 1 saate kadar ötelenmesiyle elde edilmektedir.

3.3. Performans Kriterleri

Çalışma performans 3 farklı kriterde değerlendirilmektedir.

3.3.1. Korelasyon analizi

Korelasyon, olasılık kuramı ve istatistikte iki rassal değişken arasındaki doğrusal ilişkinin yönünü ve gücünü belirtir. Genel istatistiksel kullanımda korelasyon, bağımsızlık durumundan ne kadar uzaklaşıldığını gösterir. Bir değişkenin iki ya da daha çok değişken ile olan ilişkisi çoklu korelasyon; bu değişkenlerden birinin sabitlenerek diğer değişkenler ile olan ilişkisi ise kısmi korelasyon teknikleriyle hesaplanır. Korelasyon katsayısı -1 ile +1 arasında değerler alır. -1 tam negatif doğrusal bir ilişkiyi, +1 tam pozitif doğrusal bir ilişkiyi ifade etmektedir. 0 ise iki değişken arasında ilişki olmadığı anlamını taşır. Literatürde R ile ifade edilmektedir.

3.3.2. Ortalama kare hata (OKH)

Daha çok hata değerlerinin büyüklüklerinin benzer olduğu durumlarda kullanılan bir istatistik türüdür. Yabancı kaynaklarda MSE (Mean Squared Error) olarak bilinir. Aşağıdaki denklemde formülü gösterilmiş olup, gerçek çıkış (y) ile beklenen çıkış (d) arasındaki hatanın karelerinin toplanıp ortalamasının alınması işlemidir [59], [66].

$$MSE = OKH = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(d_i - y_i)^2 \tag{3.6}$$

3.3.3. Determinasyon katsayısı

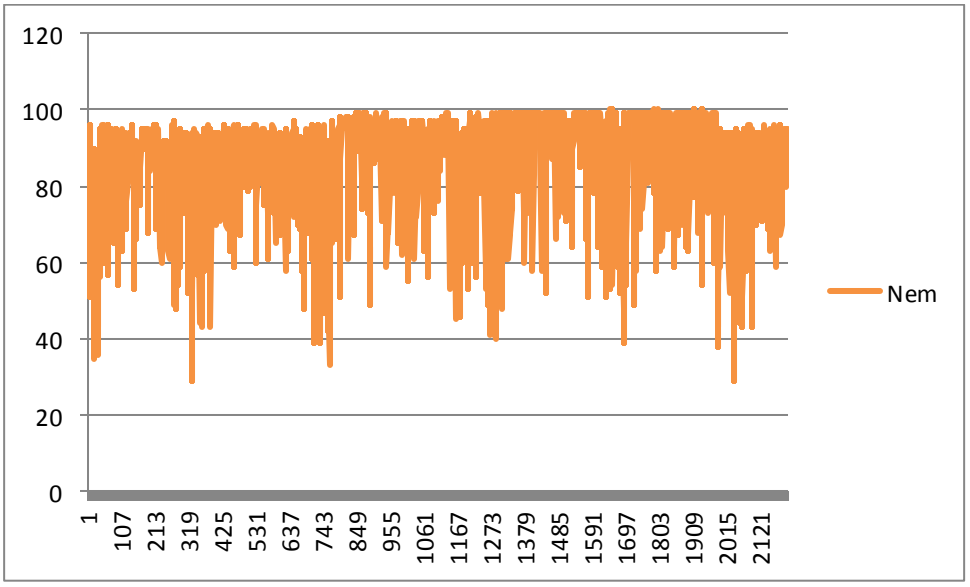
Regresyon katsayılarının hesaplanması ve regresyon tahmin modelinin oluşturulması işlemlerinden sonra, determinasyon (belirlilik) katsayısı olan (R^2) hesaplanır. Böylece katsayıların anlamlılığı, modelin uygunluğu anlaşılabilir hale gelir. ÇDR modeli için (R^2) hesabı aşağıdaki denklemde gösterilmiş olup tahmin edilen değerlerin gerçek değerlere olan farkının karesinin toplamlarının, gerçek değerin ortalamaya olan farkın karesi toplamlarına bölünmesiyle oluşan değerin 1'den çıkarılmasıyla hesaplanmaktadır [67].

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_i^n (y_{i(gerçek)} - y_{i(tahmin)})^2}{\sum_i^n (y_{i(gerçek)} - ortalama(y_{gerçek}))^2} \tag{3.7}$$

3.4. Girdi Parametrelerinin Tanıtımı

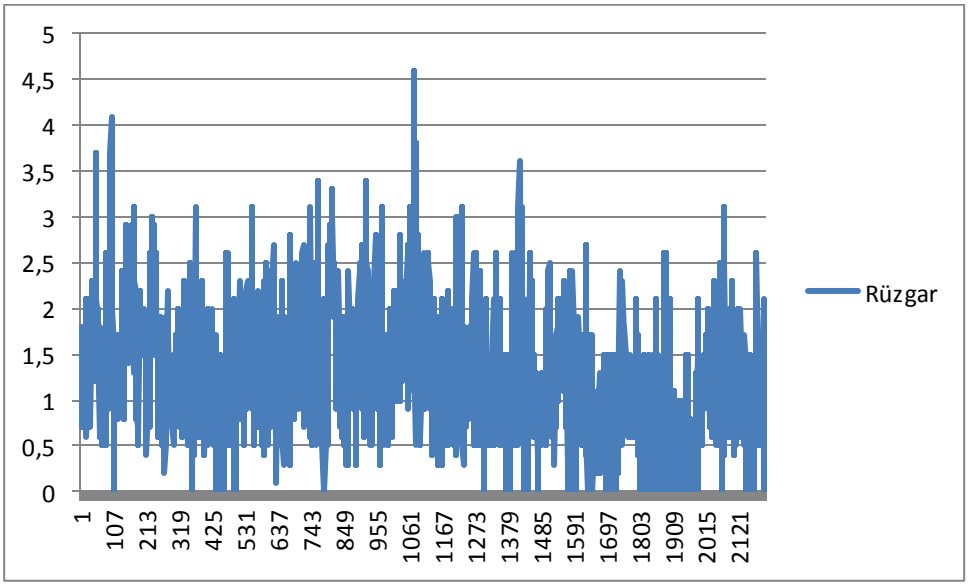
Çalışma için Aydın ili Efeler ilçesi 17234 nolu meteoroloji istasyonundan Mayıs/2016 - Mayıs/2021 arasına ait 45384 saatlik çeşitli parametrelerde veri seti edinilmiştir. Aynı tarih aralığına ait Aydın Köşk ilçesinde bulunan 18428 nolu meteoroloji istasyonundan 46523 saatlik çeşitli parametrelerde veri seti edinilmiştir. Aydın ili Efeler ilçesi Serçeköy beldesinde yer alan kişisel kullanımda olan meteoroloji istasyonundan 12672 saatlik nem, sıcaklık, rüzgâr, yağış parametrelerine ait veri seti edinilmiştir. Üç istasyonda ortak tarih ve saat dilimine ait veri bulunmayan satırlar elenerek toplamda 9639 saatlik veri elde edilmiştir. Efeler istasyonuna ait nem verilerinin dağılımı Şekil 3.4'te, rüzgar verilerinin dağılımı Şekil 3.5'te, sıcaklık verilerinin dağılımı Şekil 3.6'da, yağış verilerinin dağılımı Şekil 3.7'de; Köşk istasyonuna ait nem verilerinin dağılımı Şekil 3.8'de, rüzgar verilerinin dağılımı Şekil 3.9'da, sıcaklık verilerinin dağılımı Şekil 3.10'da, yağış verilerinin dağılımı Şekil 3.11'de ve Serçeköy beldesinde kişisel olarak kullanılan istasyona ait nem verilerinin dağılımı Şekil 3.12'de, rüzgar verilerinin dağılımı Şekil 3.13'te, sıcaklık verilerinin dağılımı Şekil 3.14'te, yağış verilerinin dağılımı Şekil 3.15'te verilmiştir.

Şekil 3.4'te, eldeki veriler kapsamında, nemin doygunluk oranı olan %100'e çok kez ulaşıldığı, ortalama %80 - %90 oranları arasında seyrettiği anlaşılmaktadır. En düşük nem oranı %20 - %40 aralığındadır.



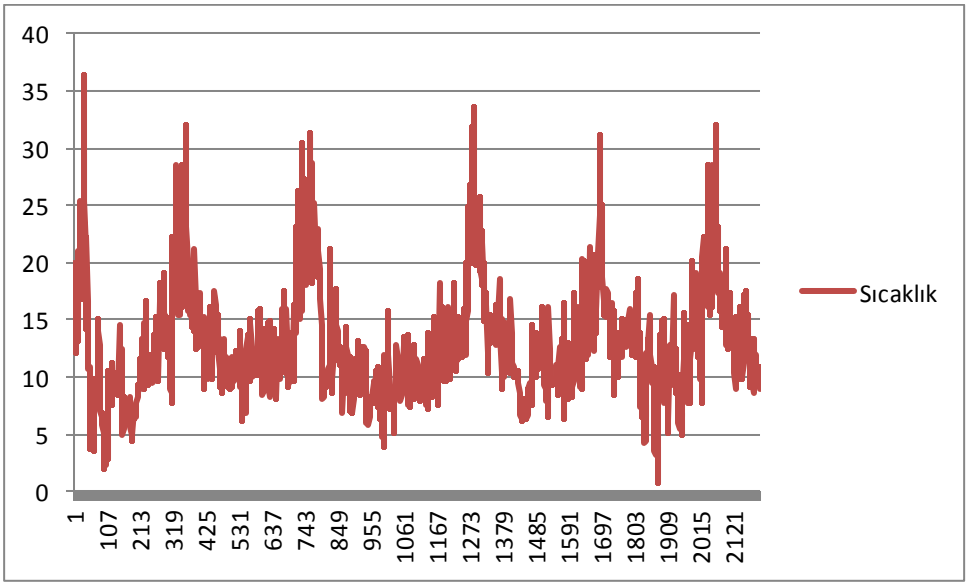
Şekil 3.4. Efeler ilçesi veri setine göre nem dağılımı.

Şekil 3.5'te, rüzgâr hızı m/sn olarak gösterilmekte olup eldeki veriler kapsamında hızın en yüksek 4,5 ile 5 m/sn arasında olduğu, çok kez 0 olduğu, genel anlamda 1 ile 2 m/sn arasında seyrettiği görülmektedir.



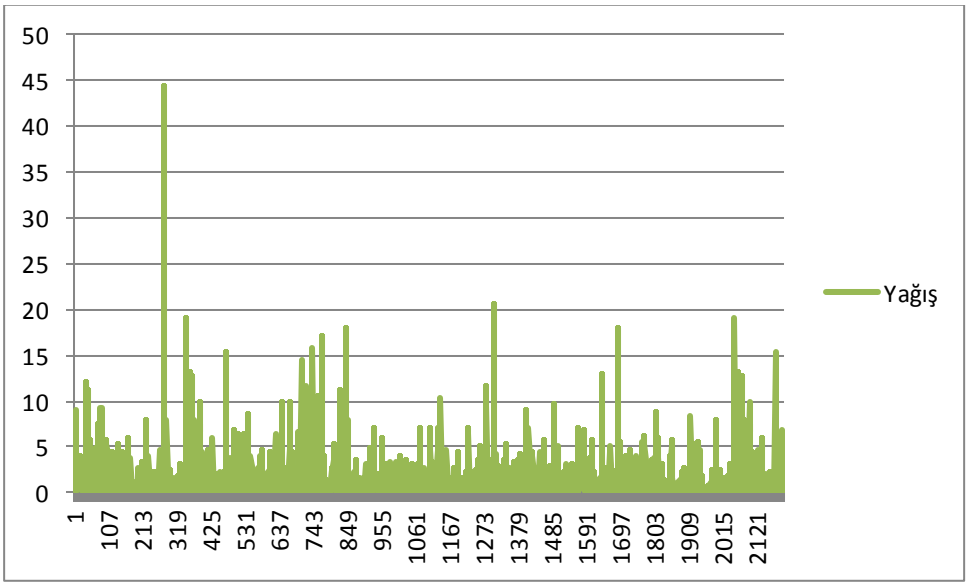
Şekil 3.5. Efeler ilçesi veri setine göre rüzgâr dağılımı

Şekil 3.6'da, eldeki veriler kapsamında, genel anlamda 0 ile 40 °C arası dalgalanma göze çarpmaktadır. En yüksek sıcaklık 35 ile 40 °C aralığında gerçekleşirken en düşük sıcaklığın 0 ile 5 °C arasında gerçekleşmiş olduğu görülmektedir. Ortalama değerin 10 ile 15 °C aralığı olduğu söylenebilir.



Şekil 3.6. Efeler ilçesi veri setine göre sıcaklık dağılımı

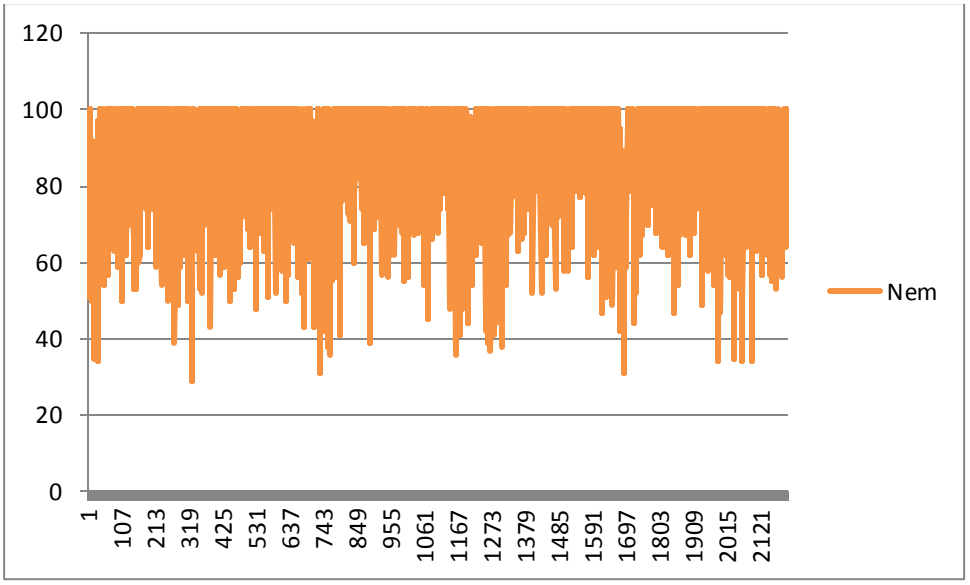
Şekil 3.7'de, yağış miktarı mm=kg/m^2 cinsinden verilmekte olup en fazla yaklaşık 45 mm olduğu, genel anlamda 0 ile 5 mm aralığında yığılma gösterdiği görülmektedir.



Şekil 3.7. Efeler ilçesi veri setine göre yağış dağılımı

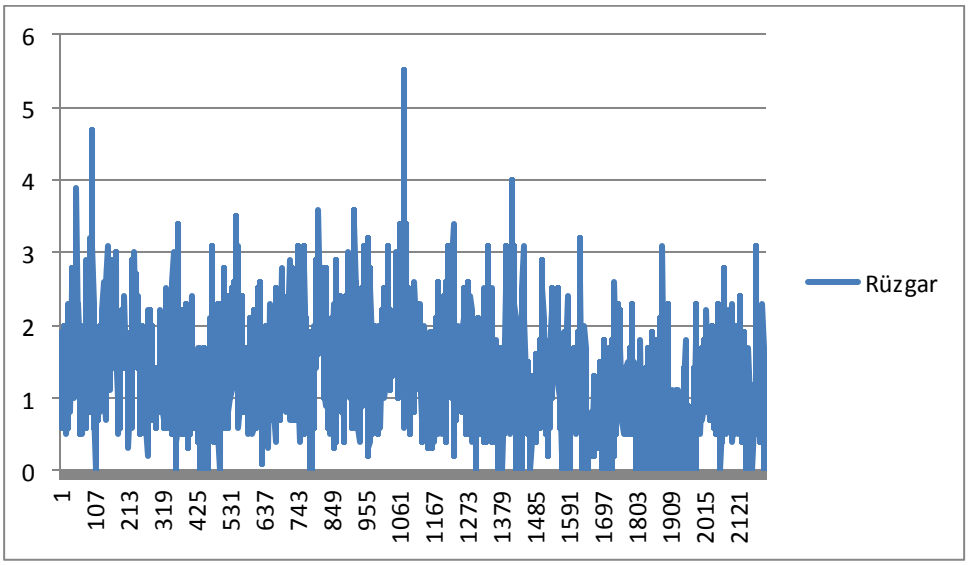
Şekil 3.8'de, eldeki veriler kapsamında, nemin doygunluk oranı olan %100'e çok kez ulaşıldığı, ortalama %80 - %100 oranları arasında seyrettiği anlaşılmaktadır. En

düşük nem oranı %20 - %40 arasında bulunmaktadır.



Şekil 3.8. Köşk ilçesi veri setine göre nem dağılımı

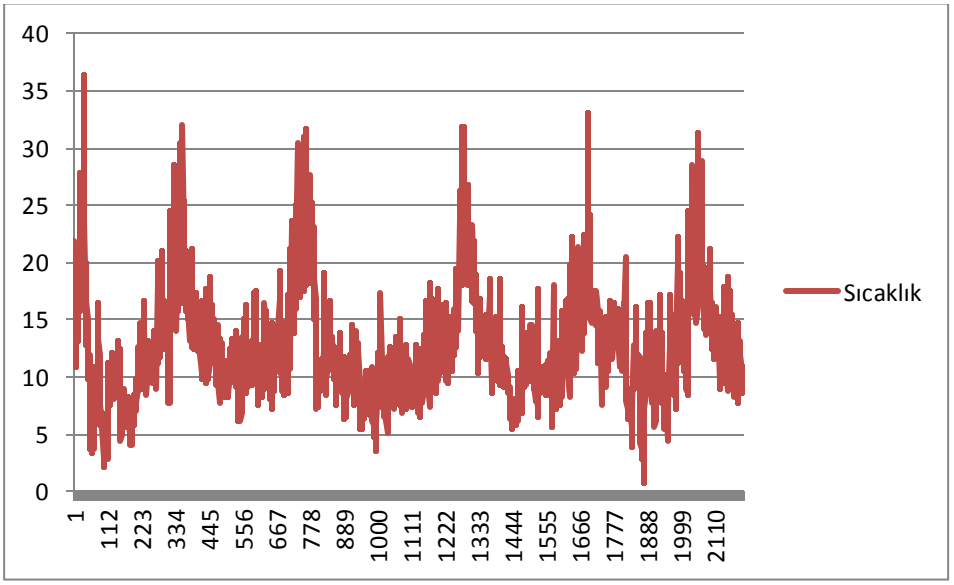
Şekil 3.9'da, rüzgâr hızı m/sn olarak gösterilmekte olup eldeki veriler kapsamında hızın en yüksek 5 ile 6 m/sn arasında olduğu, çok kez 0 olduğu, genel anlamda 1 ile 2 m/sn arasında seyrettiği görülmektedir.



Şekil 3.9. Köşk ilçesi veri setine göre rüzgâr dağılımı

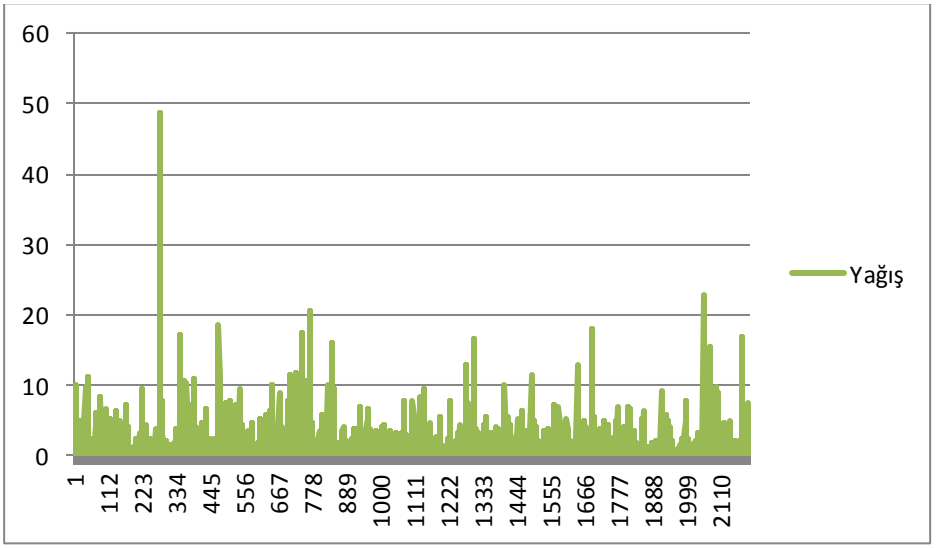
Şekil 3.10'da, eldeki veriler kapsamında, genel anlamda 0 ile 40 °C arası

dalgalanma göze çarpmaktadır. En yüksek sıcaklık 35 ile 40 °C aralığında gerçekleşirken en düşük sıcaklığın 0 ile 5 °C arasında gerçekleşmiş olduğu görülmektedir. Ortalama değerin 10 ile 15 °C aralığı olduğu söylenebilir.



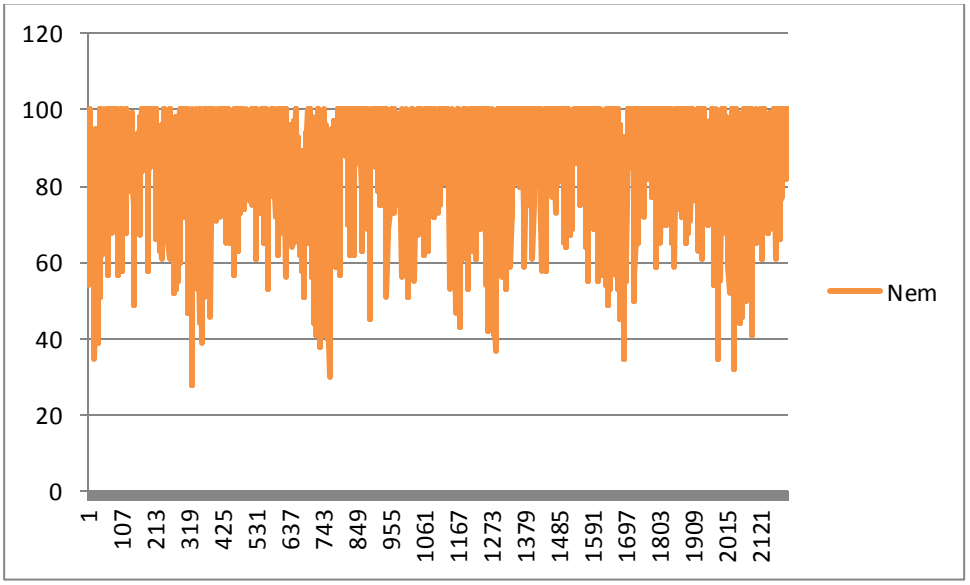
Şekil 3.10. Köşk ilçesi veri setine göre sıcaklık dağılımı

Şekil 3.11'de, yağış miktarı mm=kg/m^2 olup en fazla yaklaşık 50 mm olduğu, genel anlamda 0 ile 5 mm aralığında yığılma gösterdiği görülmektedir.



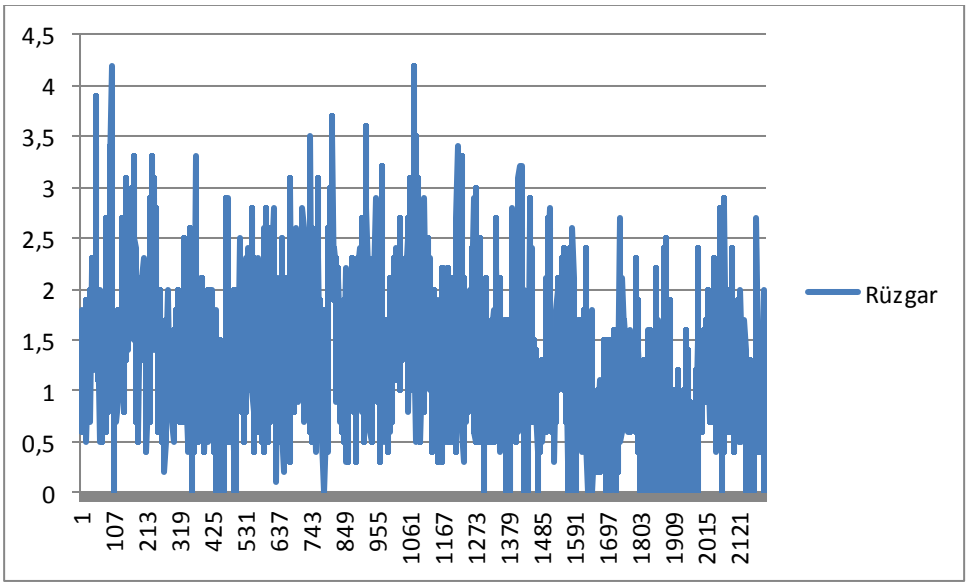
Şekil 3.11. Köşk ilçesi veri setine göre yağış dağılımı

Şekil 3.12'de, eldeki veriler kapsamında, nemin doygunluk oranı olan %100'e çok kez ulaşıldığı, %80 - %90 oranları arasında yığılma olduğu anlaşılmaktadır. En düşük nem oranı %20 - %40 arasında bulunmaktadır.



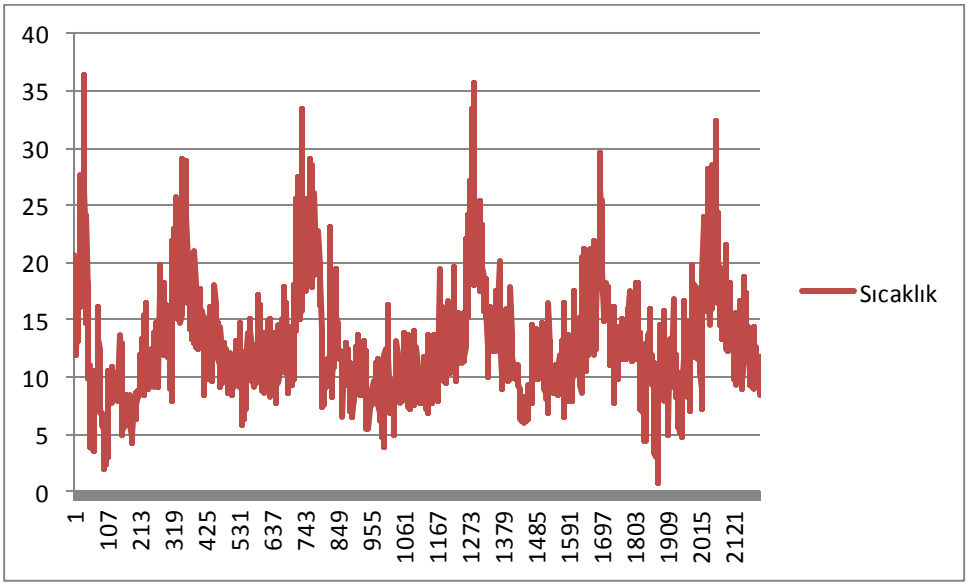
Şekil 3.12. Serçeköy beldesi kişisel istasyon veri setine göre nem dağılımı

Şekil 3.13'te, rüzgâr hızı m/sn olarak gösterilmekte olup eldeki veriler kapsamında hızın en yüksek 4,5 ile 5 m/sn arasında olduğu, çok kez 0 olduğu, genel anlamda 1 ile 2 m/sn arasında seyrettiği görülmektedir.



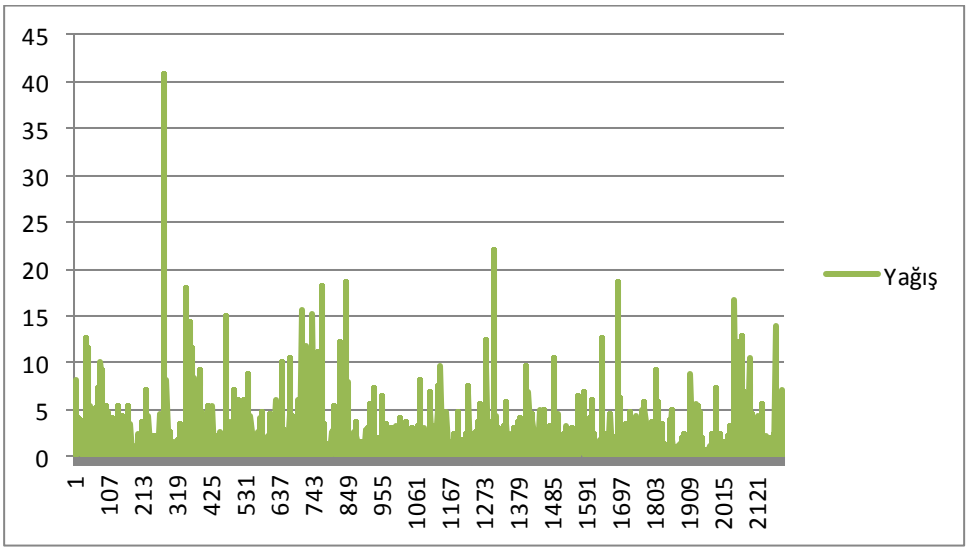
Şekil 3.13. Serçeköy beldesi kişisel istasyon veri setine göre rüzgâr dağılımı

Şekil 3.14'te, eldeki veriler kapsamında, genel anlamda 0 ile 40 °C arası dalgalanma göze çarpmaktadır. En yüksek sıcaklık 35 ile 40 °C aralığında gerçekleşirken en düşük sıcaklığın 0 ile 5 °C arasında gerçekleşmiş olduğu görülmektedir. Ortalama değerin 10 ile 15 °C aralığı olduğu söylenebilir.



Şekil 3.14. Serçeköy beldesi kişisel istasyon veri setine göre sıcaklık dağılımı

Şekil 3.15'te, yağış miktarı mm=kg/m^2 cinsinden verilmekte olup en fazla 40 mm üstü olduğu, genel anlamda 0 ile 5 mm aralığında yığılma gösterdiği görülmektedir.



Şekil 3.15. Serçeköy beldesi kişisel istasyon veri setine göre yağış dağılımı

Grafiklerden de anlaşılabileceği gibi Efeler, Köşk ve Serçeköy'e ait sıcaklık, nem, rüzgâr ve yağış değerlerinde aynı saate ait farklı veriler olduğu gözlemlenebilmektedir.

Tablo 3.2, Tablo 3.4 ve Tablo 3.6'da yararlanılan hesaplamalara ait bilgiler aşağıdaki gibidir.

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum x_j \tag{3.8}$$

Yukarıda verilen aritmetik ortalamanın formülünde $\bar{x}$ ortalamayı, x veri setindeki her bir veriyi, n örneklem boyutunu, s standart sapmayı temsil etmektedir.

$$\sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n-1}} \tag{3.9}$$

Burada verilen denklem standart sapmanın formülü olup x veri setindeki her bir veriyi, $\bar{x}$ ortalamayı ve n örneklem boyutunu ifade etmektedir.

$$\frac{n}{(n-1)(n-2)}\sum\left(\frac{x_j-\bar{x}}{s}\right)^3 \tag{3.10}$$

Yukarıda verilen çarpıklık denkleminde, bir dağılımın ortalaması etrafindaki asimetri derecesini belirtir. Pozitif çarpıklık, asimetrik ucu daha yüksek pozitif değerlere doğru genişleyen bir çarpıklığı belirtirken negatif çarpıklık, asimetrik ucu daha düşük negatif değerlere doğru genişleyen bir dağılımı belirtir. Sıfira yaklaşan durumda çarpıklığın azaldığından bahsedilebilir. s standart sapmayı, x_j veri setindeki her bir veriyi, $\bar{x}$ ortalamayı ve n örneklem boyutunu ifade etmektedir.

$$\left\{\frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)}\sum\left(\frac{x_j-\bar{x}}{s}\right)^4\right\} - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)} \tag{3.11}$$

Yukarıda verilen denklem basıklık formülü olup normal dağılıma kıyasla, dağılımın dikliğini ya da düzlüğünü vermektedir. Pozitif yönde ise dik bir dağılımı, negatif yönde ise düz bir dağılımı belirtir. s standart sapmayı, x_j veri setindeki her bir veriyi, $\bar{x}$ ortalamayı ve n örneklem boyutunu ifade etmektedir.

Parametrelere ait veriler anlamlı ilişkilerini kaybetmeyecek şekilde model oluşturmak üzere 1 saat ötelenerek farklı giriş katmanları türetilmiştir. Efeler ilçesine ait veriler arası korelasyon Tablo 3.1'de, Köşk ilçesine ait veriler arası korelasyon Tablo 3.3'te ve Serçeköy beldesinde bulunan kişisel istasyona ait veriler arası korelasyon Tablo 3.5'te yer almaktdır; n; nispi nem (%), s; sıcaklık (c°), r; rüzgâr hızı (m/s) ve y;

yağış (mm= kg/m^2) verilerini temsil etmekte, -1 ötelenen saat sayısını ifade etmektedir.

Tablo 3.1'de doğrusal ve ters yönlü korelasyonlar mevcut olup en yüksek korelasyon 0.646 değeri ile doğrusal olup r ile r-1 (rüzgâr hızı ile bir saat önceki rüzgâr hızı arasındaki korelasyonu) arasında olup bunu n ile s, n ile n-1 ve y ile y-1 takip etmektedir. Öte yanda en düşük korelasyon -0.027 değeri ile r-1 ve n arasında, ters yönlü durumdadır.

Tablo 3.1. Verilerin korelasyonu (Efeler ilçesi)

	n	*r*	*s*	*y*	*n-1*	*r-1*	*y-1*
n	1,000						
r	-0,167	1,000					
s	-0,524	-0,106	1,000				
y	-0,063	0,087	0,098	1,000			
n-1	0,486	-0,035	-0,336	0,185	1,000		
r-1	-0,027	0,646	-0,138	0,035	-0,167	1,000	
y-1	-0,029	0,047	0,099	0,410	-0,063	0,087	1,000

Tablo 3.2'de Efeler ilçesi için Mayıs 2016 – Mayıs 2021 arası veriler incelendiğinde ortalama yağışın 1,2 – 1,7 mm arasında seyrettiği görülmektedir. Diğer yanda ilgili yıllar içinde en fazla yağışın 2017 yılında gerçekleştiği ve en yüksek yağış sıralamasında en düşük yağışın 2016 yılında gerçekleştiği görülmektedir. 2017 yılında yağış yayılımının en yüksek olduğu, 2019 ve 2020 yıllarında ortalamaya en yakın yayılımın oluştuğu görülmektedir. Çarpıklığın, ortalamaya göre asimetrinin, en az olduğu yıl 2016 iken en fazla olduğu yılın 2017 olduğu anlaşılmaktadır. Veriler incelendiğinde pozitif basıklıktan dolayı dik bir dağılım olduğu, en dik dağılımın 2017 yılında olduğu görülmektedir.

Tablo 3.2. Verilerin analizi (Efeler ilçesi)

Yıllar	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Toplam yağış	108,1	673,4	653,8	615,6	488,1	535,1
Ortalama yağış	1,689	1,537	1,469	1,234	1,367	1,315
En yüksek yağış	12,1	44,4	17,9	20,7	17,9	19
Standart sapma	2,491	3,039	2,382	1,793	1,793	2,151
Çarpıklık	2,660	7,798	3,638	4,354	3,873	3,922
Basıklık	7,623	94,496	16,593	32,761	25,524	20,808
Toplam veri sayısı	282	1921	1939	2174	1555	1768

Tablo 3.3'te doğrusal ve ters yönlü korelasyonlar mevcut olup en yüksek korelasyon 0.593 değeri ile doğrusal olup r ile r-1 (rüzgâr hızı ile bir saat önceki rüzgâr hızı arasındaki korelasyonu) arasında olup bunu n ile s, n ile n-1 ve y ile y-1 takip etmektedir. Öte yanda en düşük korelasyon -0.014 değeri ile r-1 ve n arasında, ters yönlü durumdadır.

Tablo 3.3. Verilerin korelasyonu (Köşk ilçesi)

	n	*r*	*s*	*y*	*n-1*	*r-1*	*y-1*
n	1,000						
r	-0,135	1,000					
s	-0,390	-0,093	1,000				
y	-0,048	0,091	0,083	1,000			
n-1	0,226	-0,031	-0,219	0,124	1,000		
r-1	-0,014	0,593	-0,129	0,035	-0,135	1,000	
y-1	-0,020	0,049	0,088	0,226	-0,048	0,091	1,000

Tablo 3.4'te Köşk ilçesi için Mayıs 2016 – Mayıs 2021 arası veriler incelendiğinde ortalama yağışın 1,2 – 1,7 mm arasında seyrettiği görülmektedir. Diğer yanda ilgili yıllar içinde en fazla yağışın 2017 yılında gerçekleştiği ve en yüksek yağış sıralamasında en düşük yağışın 2016 yılında gerçekleştiği görülmektedir. 2017 yılında yağış yayılımının en yüksek olduğu, 2020 yılında ortalamaya en yakın yayılımın oluştuğu görülmektedir. Çarpıklığın, ortalamaya göre asimetrinin, en az olduğu yıl 2016 iken en fazla olduğu yılın 2017 olduğu anlaşılmaktadır. Veriler incelendiğinde pozitif basıklıktan dolayı dik bir dağılım olduğu, en dik dağılımın 2017 yılında olduğu görülmektedir.

Tablo 3.4. Verilerin analizi (Köşk ilçesi)

Yıllar	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Toplam Yağış	108,7	685	666,8	619,8	491,3	534,4
Ortalama Yağış	1,698	1,564	1,498	1,242	1,376	1,313
En Yüksek Yağış	10,9	48,8	18,9	22,8	19,7	15,4
Standart Sapma	2,432	3,250	2,499	1,883	1,858	2,111
Çarpıklık	2,553	6,262	3,644	4,828	4,020	3,726
Basıklık	6,921	58,390	16,775	40,643	25,238	18,582
Toplam Veri Sayısı	282	1921	1939	2174	1555	1768

Tablo 3.5'te doğrusal ve ters yönlü korelasyonlar mevcut olup en yüksek korelasyon 0.625 değeri ile doğrusal olup r ile r-1 (rüzgâr hızı ile bir saat önceki rüzgâr hızı arasındaki korelasyonu) arasında olup bunu n ile s, n ile n-1 ve y ile y-1 takip

etmektedir. Öte yanda en düşük korelasyon -0.022 değeri ile r-1 ve n arasında, ters yönlü durumdadır.

Tablo 3.5. Verilerin korelasyonu (Serçeköy beldesi)

	n	*r*	*s*	*y*	*n-1*	*r-1*	*y-1*
n	1,000						
r	-0,148	1,000					
s	-0,455	-0,094	1,000				
y	-0,064	0,083	0,092	1,000			
n-1	0,386	-0,033	-0,297	0,144	1,000		
r-1	-0,022	0,625	-0,128	0,034	-0,148	1,000	
y-1	-0,032	0,044	0,099	0,374	-0,064	0,083	1,000

Tablo 3.6'da Serçeköy beldesi için Mayıs 2016 – Mayıs 2021 arası veriler incelendiğinde ortalama yağışın 1,2 – 1,8 mm arasında seyrettiği görülmektedir. Diğer yanda ilgili yıllar içinde en fazla yağışın 2017 yılında gerçekleştiği ve en yüksek yağış sıralamasında en düşük yağışın 2016 yılında gerçekleştiği görülmektedir. 2017 yılında yağış yayılımının en yüksek olduğu, 2019 yılında ortalamaya en yakın yayılımın oluştuğu görülmektedir. Çarpıklığın, ortalamaya göre asimetrinin, en az olduğu yıl 2016 iken en fazla olduğu yılın 2017 olduğu anlaşılmaktadır. Veriler incelendiğinde pozitif basıklıktan dolayı dik bir dağılım olduğu, en dik dağılımın 2017 yılında olduğu görülmektedir.

Tablo 3.6. Verilerin analizi (Serçeköy beldesi)

Yıllar	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Toplam Yağış	109,3	668,2	667,2	614,8	492,6	534
Ortalama Yağış	1,708	1,526	1,499	1,232	1,380	1,312
En Yüksek Yağış	13,7	40,1	19	20,3	18,4	17,3
Standart Sapma	2,598	2,905	2,512	1,774	1,818	2,127
Çarpıklık	2,594	8,256	3,738	3,588	3,758	4,148
Basıklık	7,032	105,208	18,273	32,261	23,222	24,552
Toplam Veri Sayısı	282	1921	1939	2174	1555	1768

4. BULGULAR

Çalışmanın gerçekleştirildiği 3 istasyona ait veriler parametre bazında incelendiğinde genel anlamda bir paralelliğin söz konusu olduğu fakat yağışın saat bazında farklılık gösterdiği durumların bulunduğu görülmüştür. ÇDR yöntemi ile modellerin oluşturularak modellerden denklemlerin oluşturulması, YSA için gizli katmana ait optimal nöron sayısının tespiti, modellerin oluşturulması ve nihayetinde ÇDR ve YSA ile oluşturulmuş modellerin performans kriterlerine göre karşılaştırma işlemleri gerçekleştirilmiştir.

4.1. Efeler Meteoroloji İstasyonu Verilerine Göre

Tablo 3.1'den faydalanılarak, Şekil 3.1'de görüldüğü akışta çalışmak üzere giriş katmanı oluşturma amaçlı, yüksek korelasyona sahip parametrelerden modeller oluşturulmuştur. Oluşturulan modeller Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1. ÇDR ve YSA için hazırlanmış model parametreleri (Efeler ilçesi)

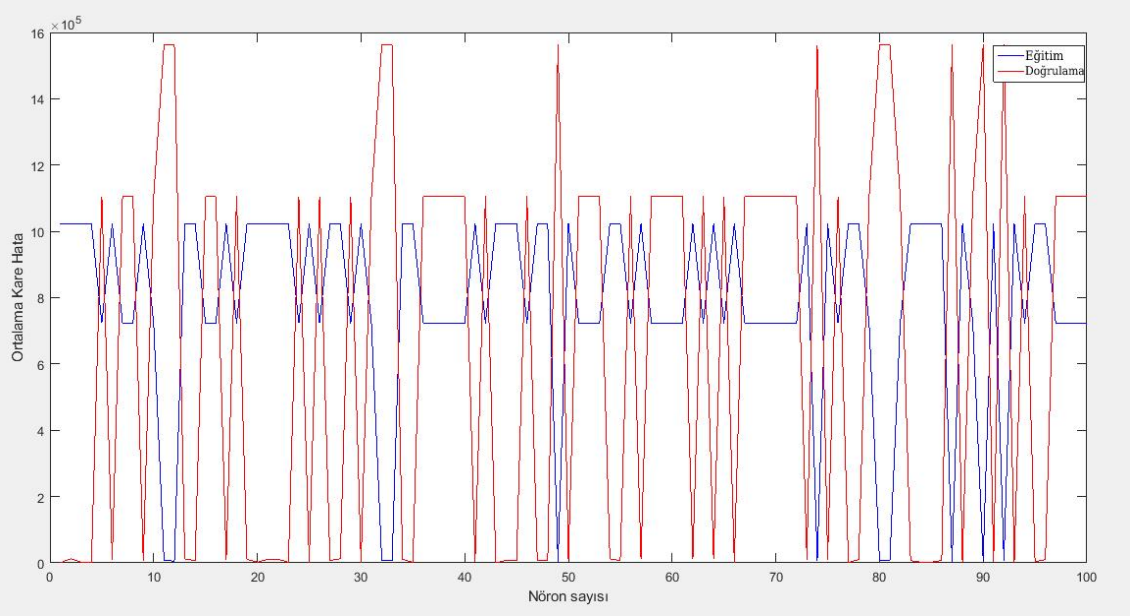
Model	Giriş Katmanı	Çıkış Katmanı
1	n,r,s,n-1	y
2	n,r,s,r-1	y
3	n,r,s,n-1,r-1	y
4	n,r,s,y-1	y

Tablo 4.2'de, Tablo 4.1'de oluşturulmuş giriş/çıkış katmanı verilerinin ÇDR işlemine tabi tutulması sonucu elde edilen değişken katsayıları ve buna bağlı oluşan denklemler gösterilmektedir.

Tablo 4.2. Çoklu doğrusal regresyon sonucu elde edilen denklemler (Efeler İlçesi)

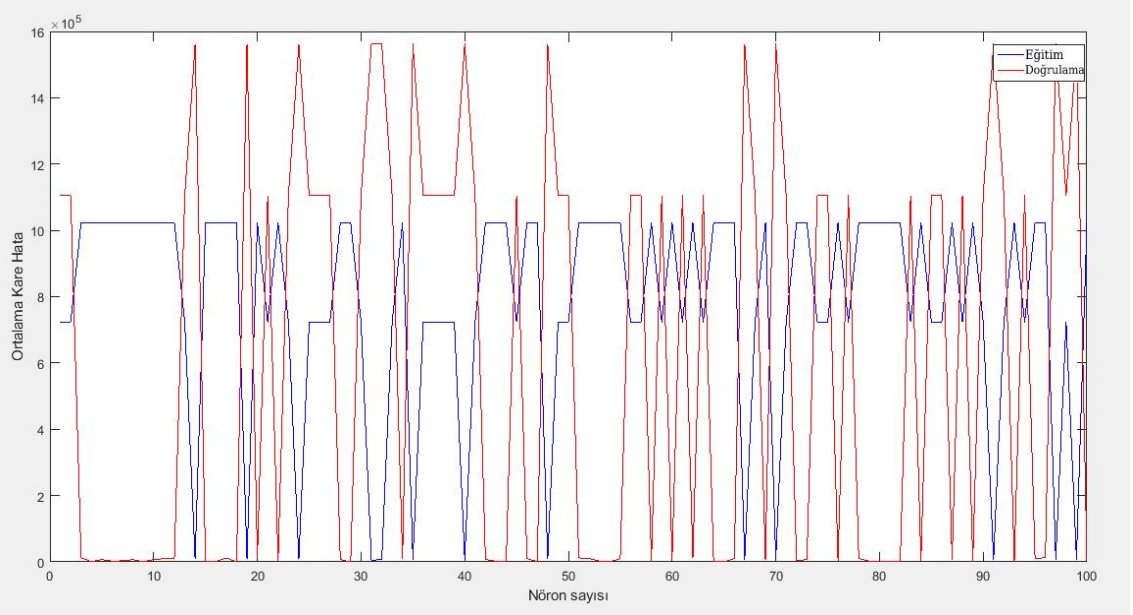
Model	Denklem
1	0,0052x1+0,0055x2+0,0696x3+0,0033x4+-0,6026
2	0,0081x1+0,0146x2+0,0698x3+-0,0098x4+-0,5644
3	0,0052x1+0,0053x2+0,0696x3+0,0033x4+0,0002x5+-0,603
4	0,0003x1+0,0004x2+0,0012x3+0,9645x4+-0,0194

Şekil 4.1'de eğitim ve doğrulama OKH değerleri ortalaması dikkate alındığında optimal değer olarak nöron sayısının 4 olması uygun görülmektedir.



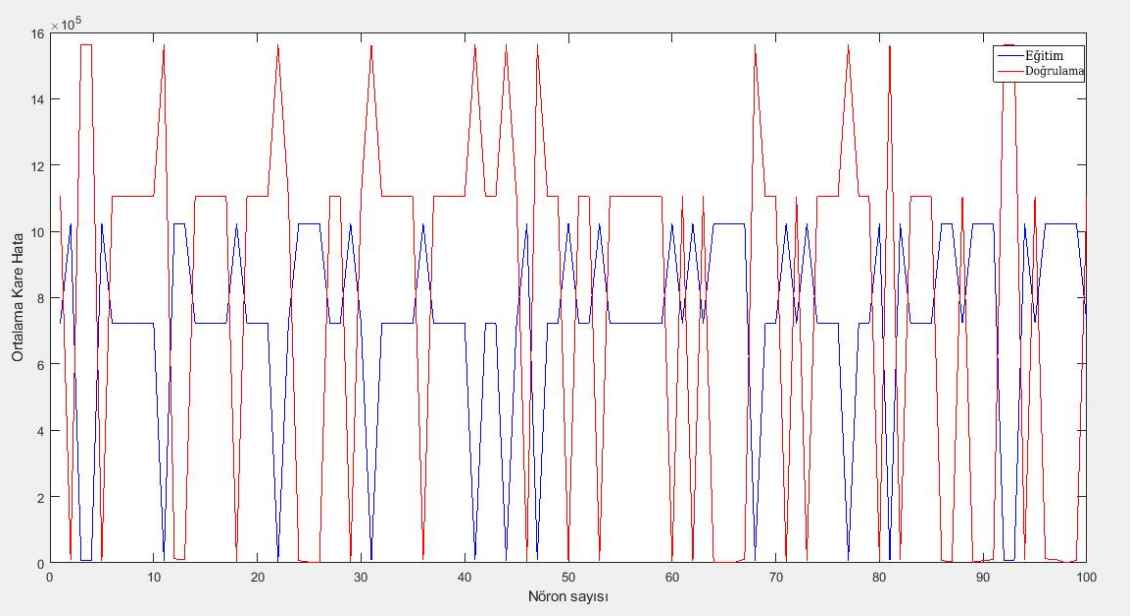
Şekil 4.1. YSA 1. model nöron sayısına göre OKH değerleri (Efeler ilçesi)

Şekil 4.2'de eğitim ve doğrulama OKH değerleri ortalaması dikkate alındığında optimal değer olarak nöron sayısının 4 olması uygun görülmektedir.



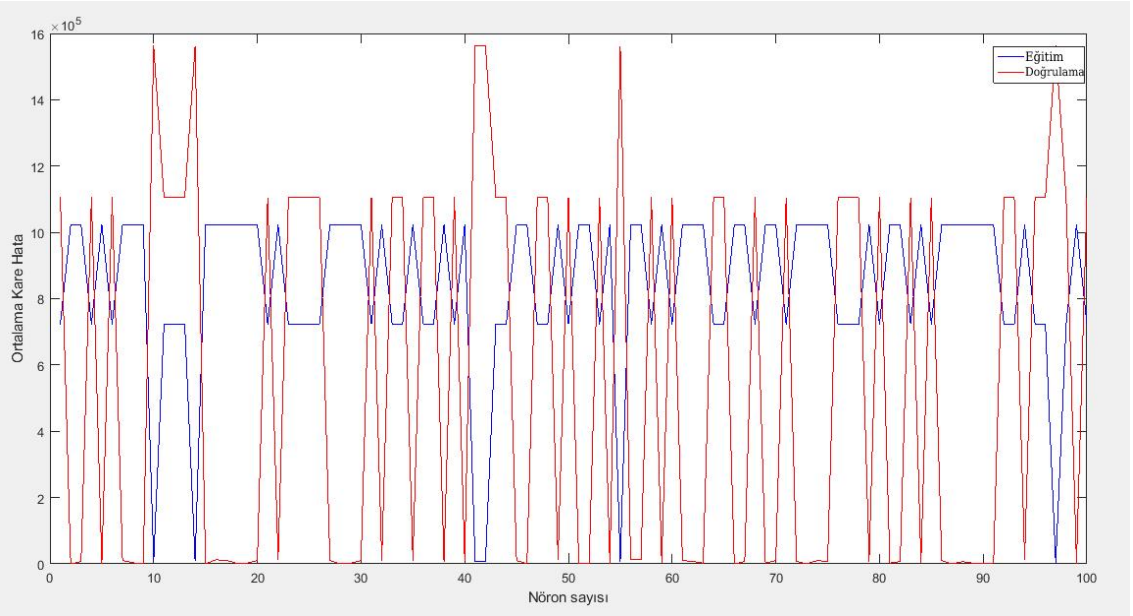
Şekil 4.2. YSA 2. model nöron sayısına göre OKH değerleri (Efeler ilçesi)

Şekil 4.3'te eğitim ve doğrulama OKH değerleri ortalaması dikkate alındığında optimal değer olarak nöron sayısının 2 olması uygun görülmektedir.



Şekil 4.3. YSA 3. model nöron sayısına göre OKH değerleri (Efeler ilçesi)

Şekil 4.4'te eğitim ve doğrulama OKH değerleri ortalaması dikkate alındığında optimal değer olarak nöron sayısının 2 olması uygun görülmektedir.

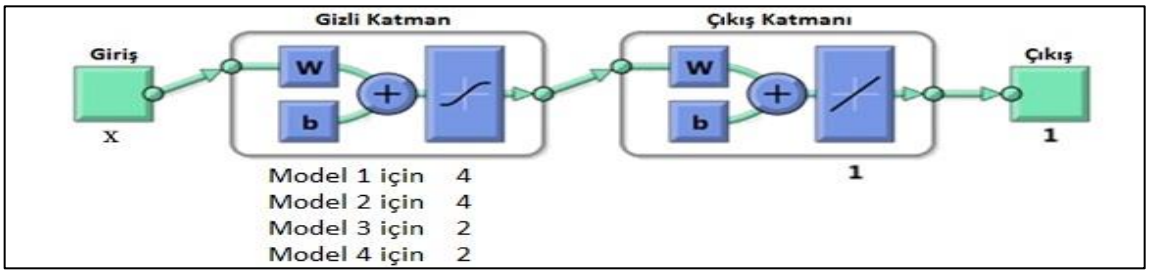


Şekil 4.4. YSA 4. model nöron sayısına göre OKH değerleri (Efeler ilçesi)

MATLAB programının Neural Fitting uygulaması ile oluşturulan YSA modelinde, sigmoid fonksiyonunu içeren gizli katman nöron sayısı 1. model için Şekil 4.1'de , 2. model için Şekil 4.2'de, 3. model için Şekil 4.3'te ve 4. model için Şekil 4.4'te gösterildiği gibi MATLAB programı ile doğrulama ve eğitim düzeyinde 0-100 arası en

düşük OKH (Ortalama Kare Hata) değerine göre belirlenmeye çalışılmıştır. Eğitim ve doğrulama alanlarında optimal OKH değerine sahip nöron sayısı model sırasına göre 4, 4, 2, 2 olarak belirlenmiştir. Veri setinde 9639 verinin %70'i (6747) eğitim için, %15'i (1446) doğrulama için, %15'i (1446) test için kullanılmıştır. Eğitim için Levenberg-Marquard eğitim algoritması kullanılmıştır.

Şekil 4.5, "Giriş" bölümünde x değeri; modele ait katsayı adedidir, Tablo 4.1'de "Giriş Katmanı" sütununda bulunan parametre sayısıdır, Şekil 3.1 ile paralel olarak "Giriş" bölümü eğitilecek verilerin girişinden, "Gizli Katman" verilerin sigmoid fonksiyonu kullanılarak eğitilmesinden, "Çıkış Katmanı" verilerin doğrulanması işlemlerinin yapılmasından ve eğitilen verilerin "Çıkış" bölümüne aktarılmasından sorumludur. "Gizli Katman" bölümünde nöron sayısı, yukarıda da bahsedildiği gibi optimal nöron sayısını bulmaya yönelik çalışma sonucu elde edilmiştir.



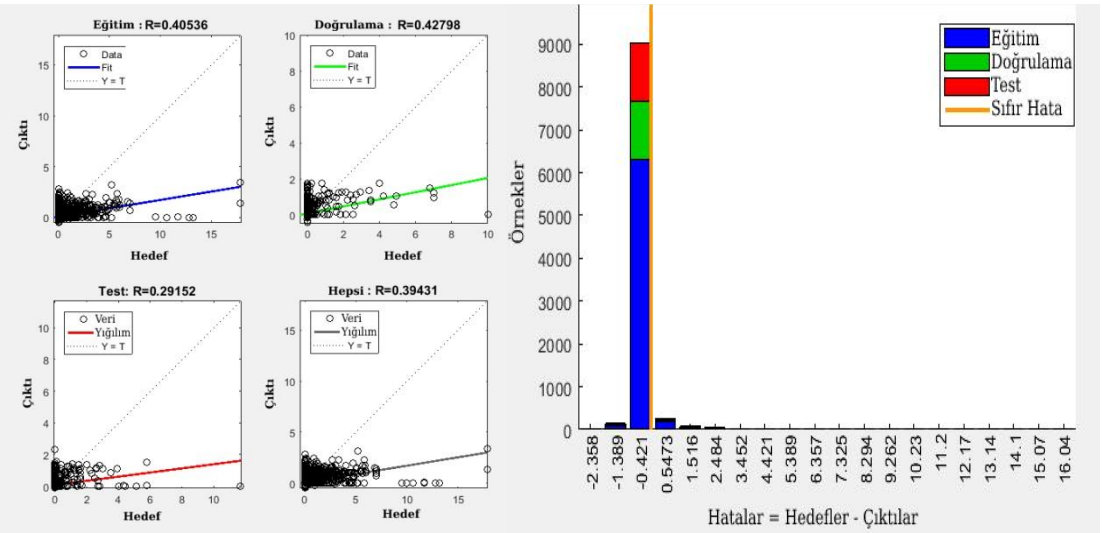
Şekil 4.5. Modeller için yapay sinir ağları çalışma adımları (Efeler ilçesi)

Tablo 4.3'te OKH çıktılar ve hedefler arasındaki ortalama kare farkıdır. Sıfıra yaklaştıkça hata azalmaktadır. R korelasyonu temsil eder, +1 veya -1'e yaklaşması ilişkinin arttığı anlamına gelir, R^2 model sonuç ile gerçek sonuç arasındaki korelasyon değerinin karesi olup çıktılar ve hedefler arasındaki korelasyonu ölçmektedir. Değerin 1'e yaklaşması bağlantının dolayısıyla güvenirliğin artması anlamına gelmektedir. Tablo incelendiğinde ilk 3 modelin hata ve regresyon değeri bakımından kötü bir değere sahip olduğu söylenebilir. Diğer yanda 4 nolu modelin regresyon değeri %90 üstü olup iyi bir değere sahiptir. Hataları da değerlendirmeye dahil ettiğimizde hem regresyon değeri en yüksek hem de hatası en düşük olan modelin 4. model olduğu görülmektedir.

Tablo 4.3. ÇDR ve YSA için hazırlanmış modeller (Efeler ilçesi)

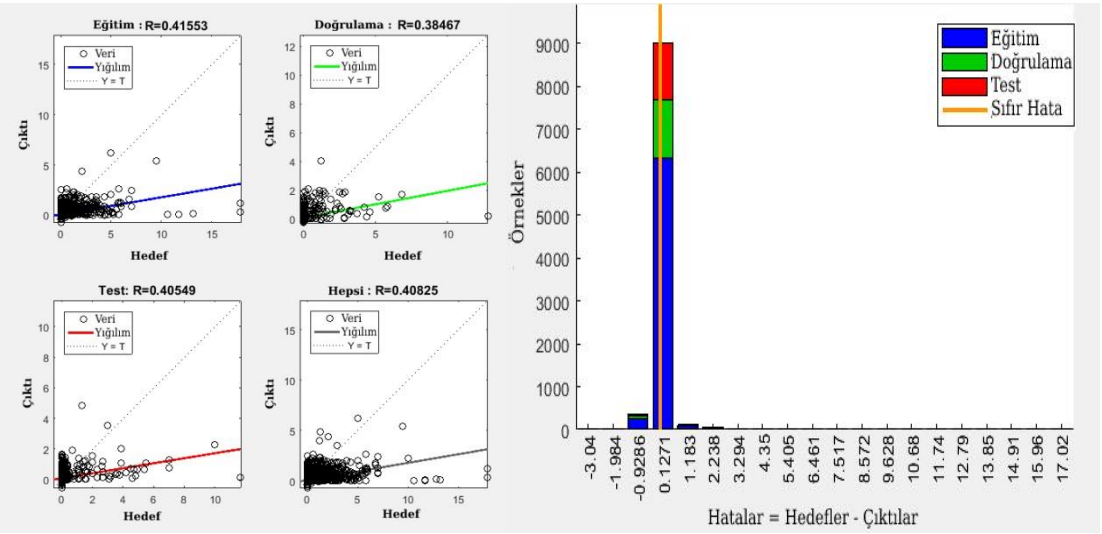
Model	ÇDR		YSA	
	R^2	OKH	R^2	OKH
1	0.05	0.62	0.15	0.37
2	0.05	0.62	0.16	0.32
3	0.05	0.62	0.18	0.32
4	0.91	0.18	0.90	0.02

Şekil 4.6 incelendiğinde ortalama regresyonun %40 oranına sahip olduğu, hata grafiğinde ise değerlerin 0 hatadan biraz uzak olduğu görülmektedir.



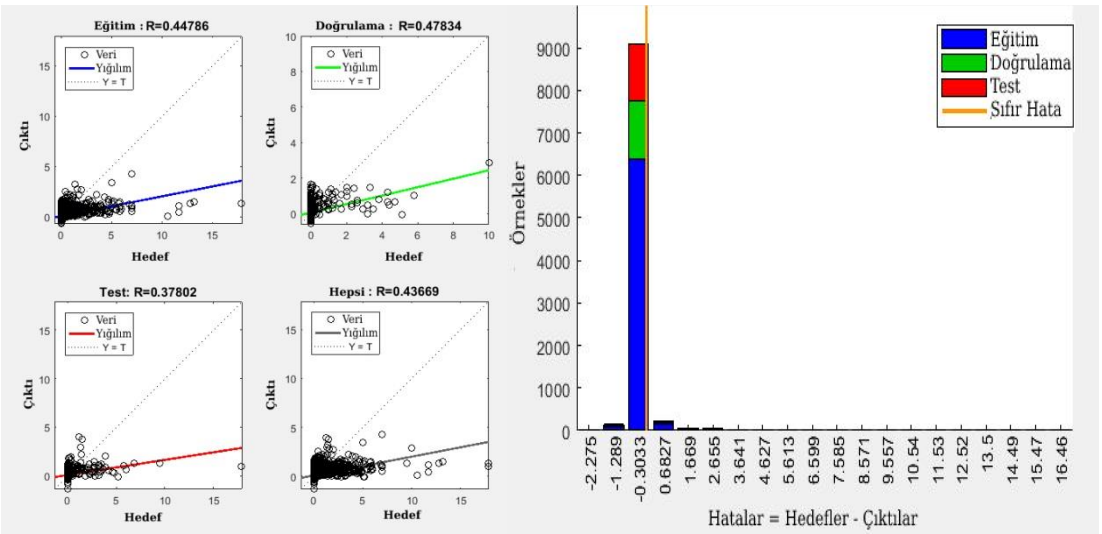
Şekil 4.6. Model-1 için regresyon ve hata grafiği (Efeler ilçesi)

Şekil 4.7 incelendiğinde ortalama regresyonun %40 oranına sahip olduğu, hata grafiğinde ise değerlerin 0 hatadan biraz uzak olduğu görülmektedir.



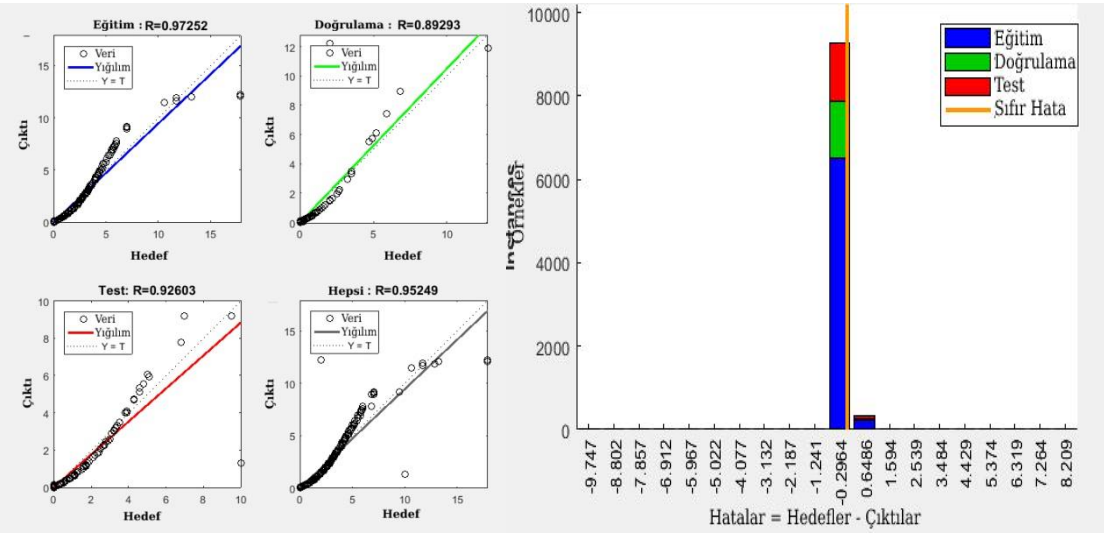
Şekil 4.7. Model-2 için regresyon ve hata grafiği (Efeler ilçesi).

Şekil 4.8 incelendiğinde ortalama regresyonun %43 oranına sahip olduğu, hata grafiğinde ise değerlerin 0 hatadan biraz uzak olduğu görülmektedir.



Şekil 4.8. Model-3 için regresyon ve hata grafiği (Efeler ilçesi).

Şekil 4.9 incelendiğinde ortalama regresyonun %95 oranına sahip olduğu, hata grafiğinde ise değerlerin 0 hata çevresinde toplandığı görülmektedir.



Şekil 4.9. Model-4 için regresyon ve hata grafiği (Efeler ilçesi)

4.2. Köşk Meteoroloji İstasyonu Verilerine Göre

Tablo 3.3'ten faydalanılarak, Şekil 3.1'deki gibi bir akışta çalışmak üzere giriş katmanı oluşturma amaçlı, yüksek korelasyona sahip parametrelerden modeller oluşturulmuştur. Oluşturulan modeller Tablo 4.4'te verilmiştir.

Tablo 4.4. ÇDR ve YSA için hazırlanmış model parametreleri (Köşk ilçesi)

Model	Giriş Katmanı	Çıkış Katmanı
1	n,r,s,n-1	y
2	n,r,s,r-1	y
3	n,r,s,n-1,r-1	y
4	n,r,s, y-1	y

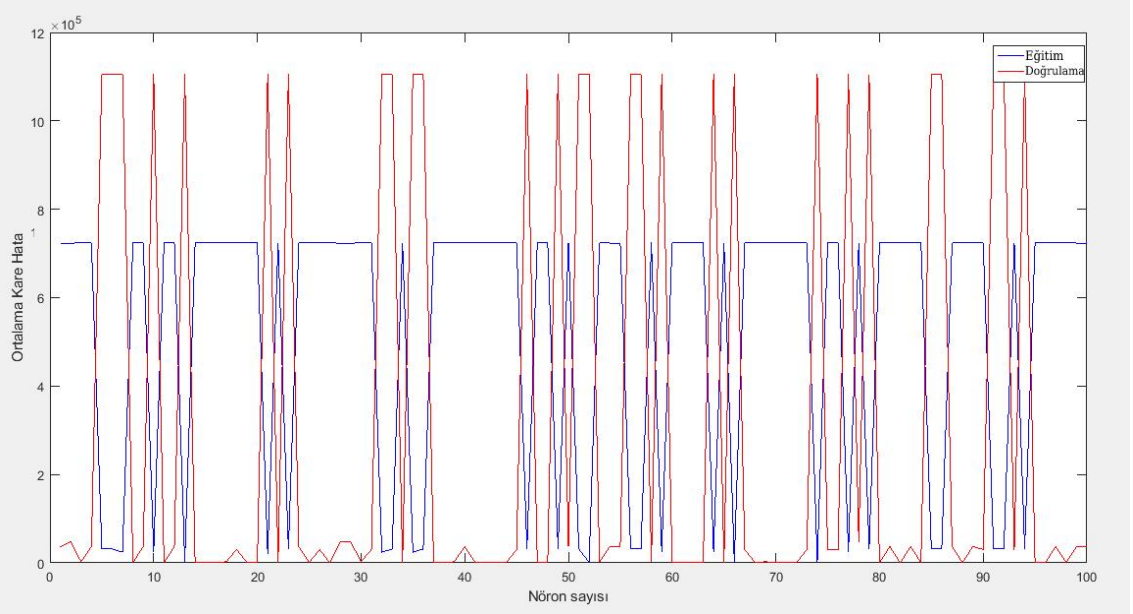
Tablo 4.5'te, Tablo 4.4'te oluşturulmuş giriş/çıkış katmanı verilerinin ÇDR işlemine tabi tutulması sonucu elde edilen değişken katsayıları ve buna bağlı oluşan denklemler gösterilmektedir.

Tablo 4.5. Çoklu doğrusal regresyon sonucu elde edilen denklemler (Köşk İlçesi)

Model	Denklem
1	0,0077x1+0,0114x2+0,0004x3+0,0019x4+-0,4626
2	0,0098x1+0,0076x2+0,0011x3+0,0058x4+-0,4969
3	0,0072x1+0,0075x2+0,0011x3+0,0027x4+0,006x5+-0,5016
4	-0,0002x1+-0,0001x2+0x3+1,034x4+0,0107

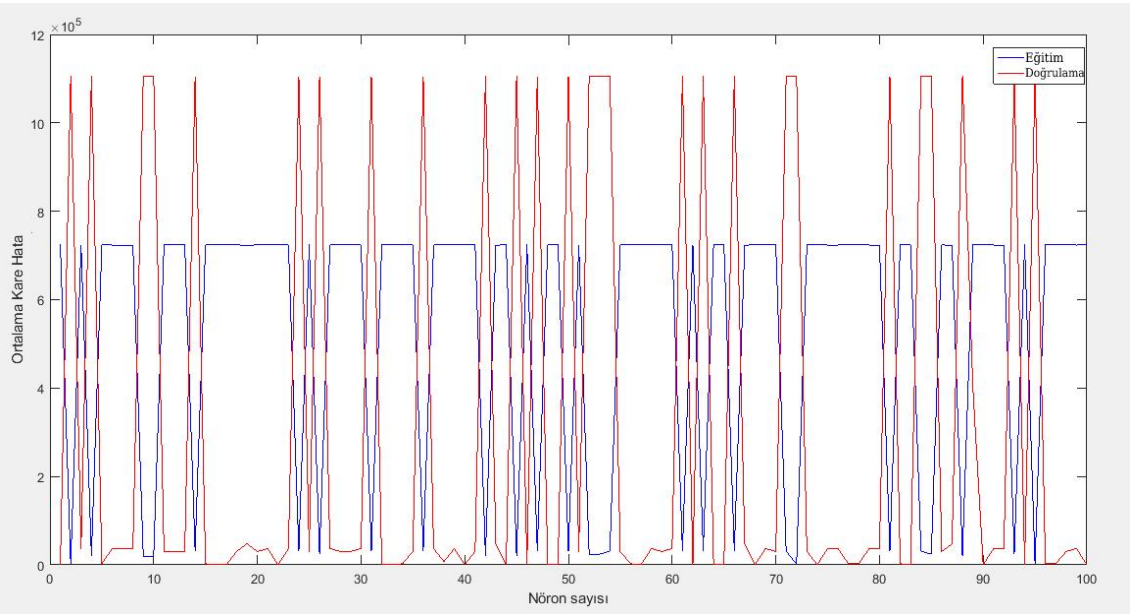
Şekil 4.10'da eğitim ve doğrulama OKH değerleri ortalaması dikkate alındığında

optimal değer olarak nöron sayısının 3 olması uygun görülmektedir.



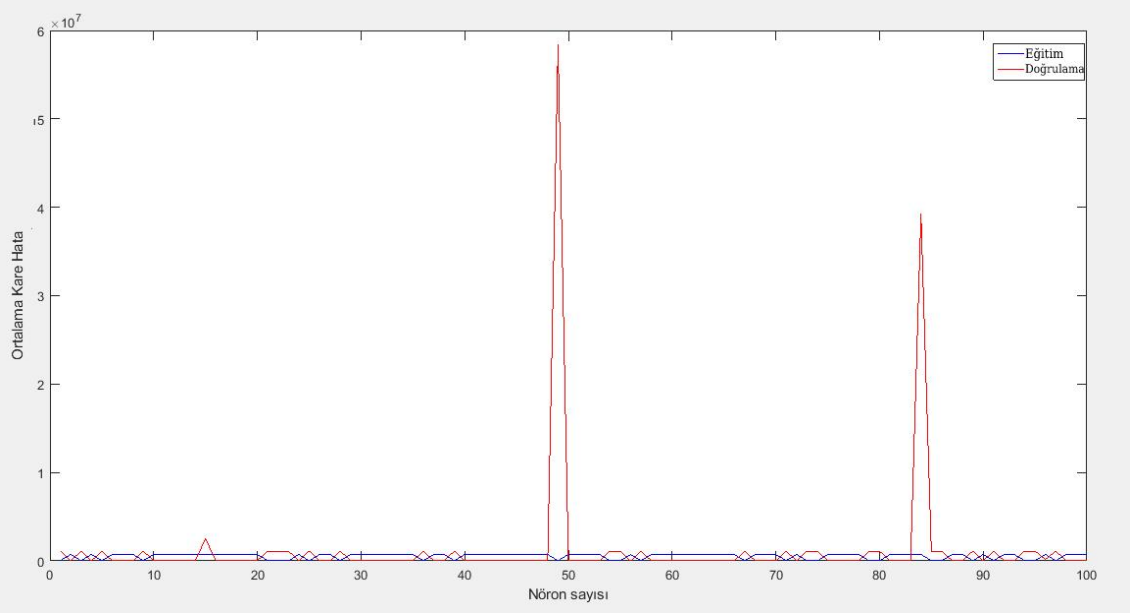
Şekil 4.10. YSA 1. model nöron sayısına göre OKH değerleri (Köşk ilçesi)

Şekil 4.10'da eğitim ve doğrulama OKH değerleri ortalaması dikkate alındığında optimal değer olarak nöron sayısının 3 olması uygun görülmektedir.



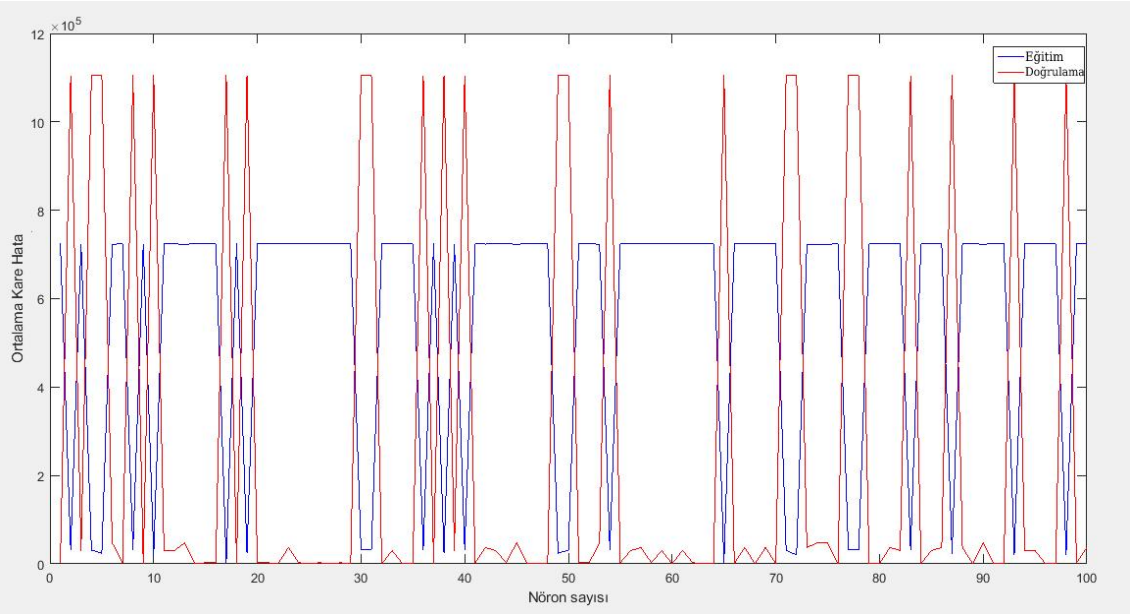
Şekil 4.11. YSA 2. model nöron sayısına göre OKH değerleri (Köşk ilçesi)

Şekil 4.12'de eğitim ve doğrulama OKH değerleri ortalaması dikkate alındığında optimal değer olarak nöron sayısının 2 olması uygun görülmektedir.



Şekil 4.12. YSA 3. model nöron sayısına göre OKH değerleri (Köşk ilçesi)

Şekil 4.13'te eğitim ve doğrulama OKH değerleri ortalaması dikkate alındığında optimal değer olarak nöron sayısının 1 olması uygun görülmektedir.

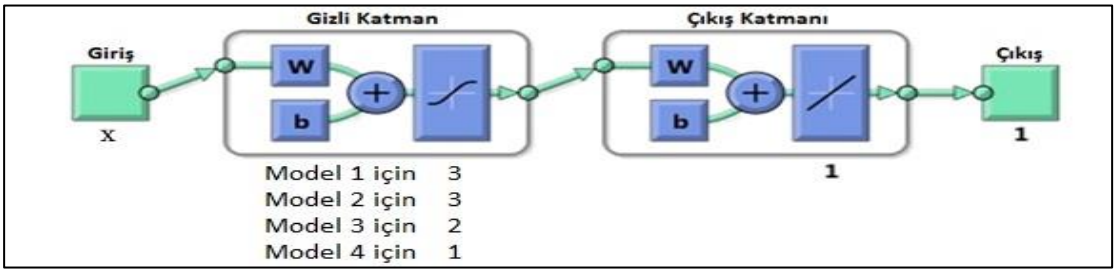


Şekil 4.13. YSA 4. model nöron sayısına göre OKH değerleri (Köşk ilçesi)

MATLAB programının Neural Fitting uygulaması ile oluşturulan YSA modelinde, sigmoid fonksiyonunu içeren gizli katman nöron sayısı 1. model için Şekil 4.10'da , 2. model için Şekil 4.11'de, 3. model için Şekil 4.12'de ve 4. model için Şekil 4.13'te

gösterildiği gibi MATLAB programı ile doğrulama ve eğitim düzeyinde 0-100 arası en düşük OKH (Ortalama Kare Hata) değerine göre belirlenmeye çalışılmıştır. Eğitim ve doğrulama alanlarında optimal OKH değerine sahip nöron sayısı model sırasına göre 3, 3, 2, 1 olarak belirlenmiştir. Veri setinde 9639 verinin %70'i (6747) eğitim için, %15'i (1446) doğrulama için, %15'i (1446) test için kullanılmıştır. Eğitim için Levenberg-Marquard eğitim algoritması kullanılmıştır.

Şekil 4.14, "Giriş" bölümünde x değeri; modele ait katsayı adedidir, Tablo 4.4'te "Giriş Katmanı" sütununda bulunan parametre sayısıdır, Şekil 3.1 ile paralel olarak "Giriş" bölümü eğitilecek verilerin girişinden, "Gizli Katman" verilerin sigmoid fonksiyonu kullanılarak eğitilmesinden, "Çıkış Katmanı" verilerin doğrulanması işlemlerinin yapılmasından ve eğitilen verilerin "Çıkış" bölümüne aktarılmasından sorumludur. "Gizli Katman" bölümünde nöron sayısı, yukarıda da bahsedildiği gibi optimal nöron sayısını bulmaya yönelik çalışma sonucu elde edilmiştir.



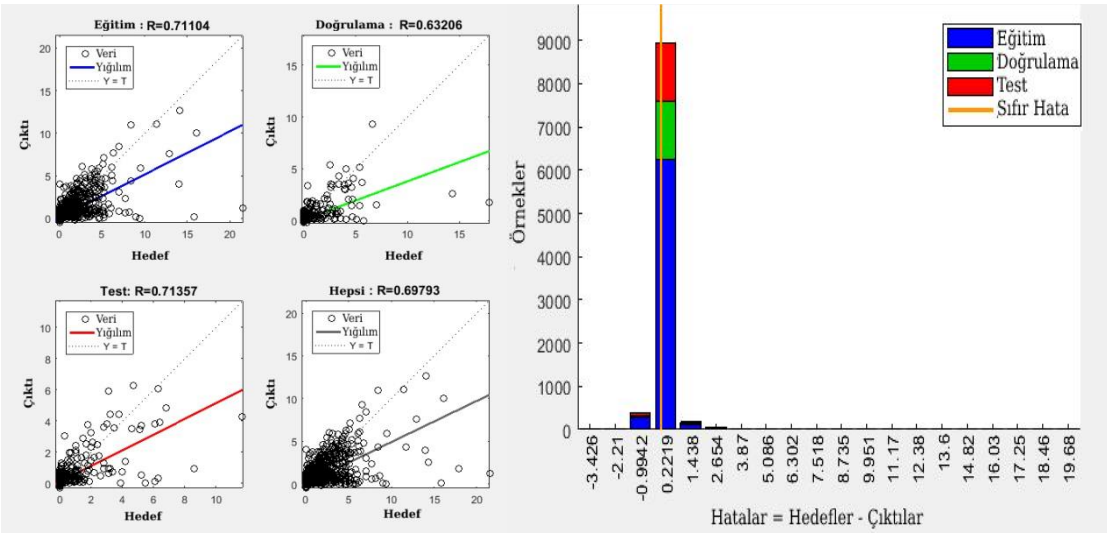
Şekil 4.14. Modeller için yapay sinir ağları çalışma adımları (Köşk ilçesi)

Tablo 4.6'da OKH çıktılar ve hedefler arasındaki ortalama kare farkıdır. Sıfıra yaklaştıkça hata azalmaktadır. R değeri korelasyonu temsil etmekte, +1 veya -1'e yaklaşması ilişkinin arttığı anlamına gelmekte, R^2 (belirlilik katsayısı) model sonuç ile gerçek sonuç arasındaki korelasyon değerinin karesi olup çıktılar ve hedefler arasındaki korelasyonu ölçmektedir. Değerin 1'e yaklaşması bağlantının dolayısıyla güvenirliğin artması anlamına gelmektedir. Tablo incelendiğinde ilk 3 modelin hata - regresyon değeri bakımından kötü bir değere sahip olduğu söylenebilir. 4 nolu modelin regresyon değeri %90 üstü olup iyi bir değere sahiptir. Hataları da değerlendirmeye dahil ettiğimizde hem regresyon değeri en yüksek hem de hatası en düşük olan modelin 4. model olduğu görülmektedir.

Tablo 4.6. ÇDR ve YSA için hazırlanmış modeller (Köşk ilçesi)

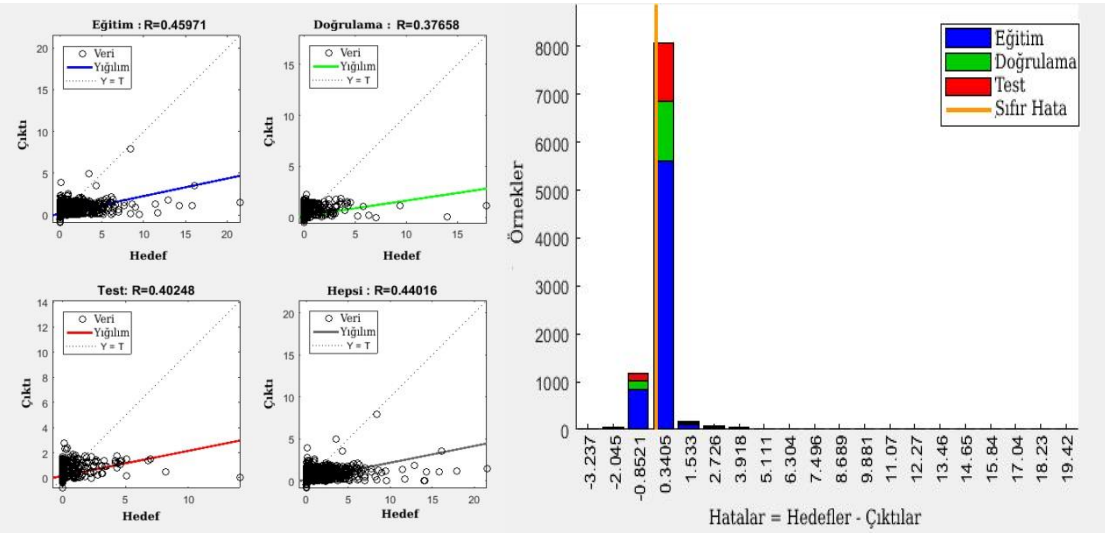
Model	ÇDR		YSA	
	R^2	OKH	R^2	OKH
1	0.05	0.82	0.47	0.36
2	0.06	0.82	0.19	0.59
3	0.06	0.82	0.49	0.28
4	0.98	0.04	0.99	0.01

Şekil 4.15 incelendiğinde ortalama regresyonun %69 oranına sahip olduğu, hata grafiğinde ise değerlerin 0 hatadan biraz uzak olduğu görülmektedir.



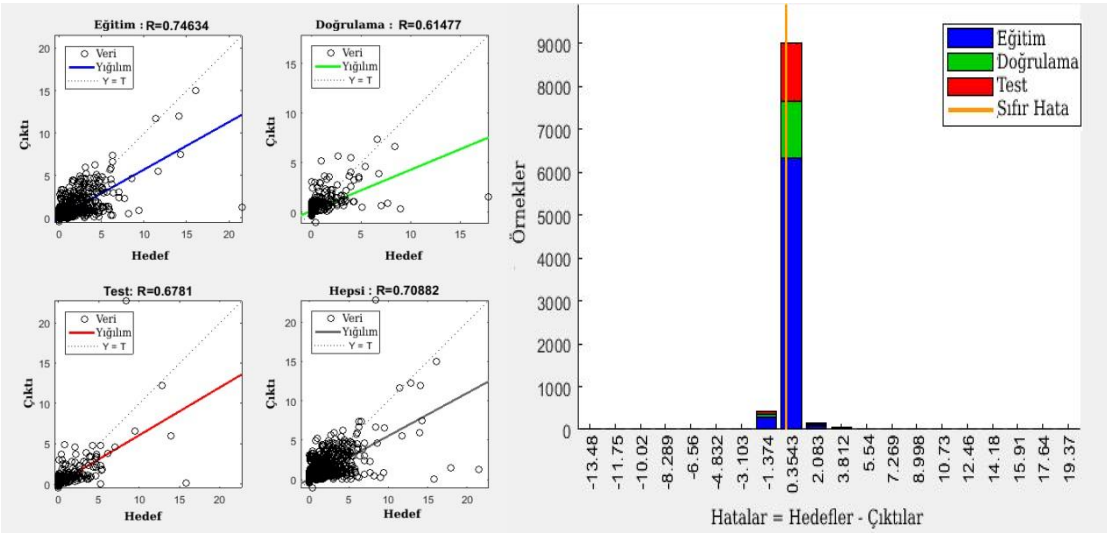
Şekil 4.15. Model-1 için regresyon ve hata grafiği (Köşk ilçesi)

Şekil 4.16 incelendiğinde ortalama regresyonun %44 oranına sahip olduğu, hata grafiğinde ise değerlerin 0 hatadan biraz uzak olduğu görülmektedir.



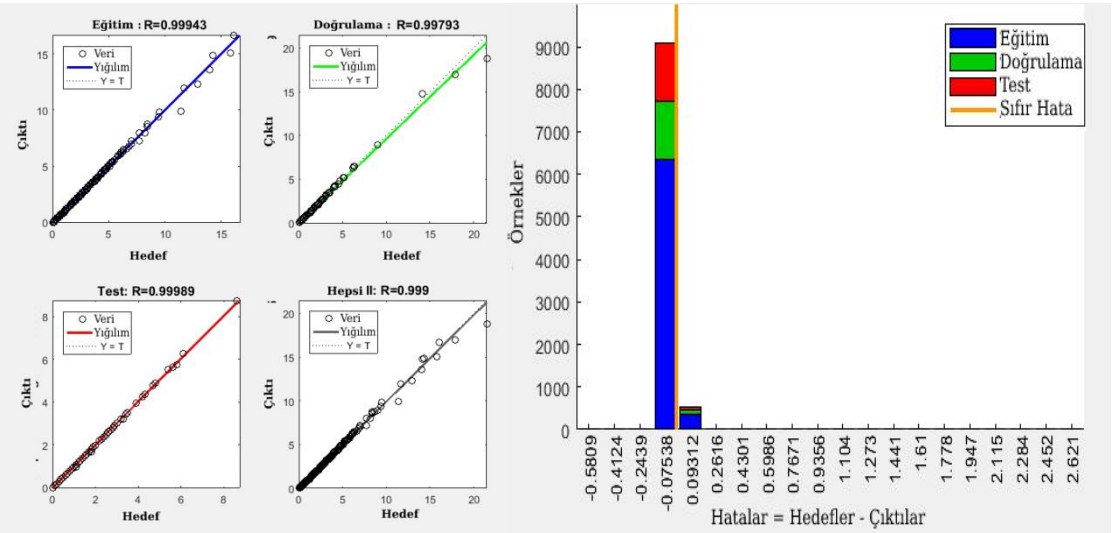
Şekil 4.16. Model-2 için regresyon ve hata grafiği (Köşk ilçesi)

Şekil 4.17 incelendiğinde ortalama regresyonun %70 oranına sahip olduğu, hata grafiğinde ise değerlerin 0 hatadan az uzak olduğu görülmektedir.



Şekil 4.17. Model-3 için regresyon ve hata grafiği (Köşk ilçesi)

Şekil 4.18 incelendiğinde ortalama regresyonun %99 oranına sahip olduğu, hata grafiğinde ise değerlerin 0 hata civarında olduğu görülmektedir.



Şekil 4.18. Model-4 için regresyon ve hata grafiği (Köşk ilçesi)

4.3. Serçeköy (Kişisel) Meteoroloji İstasyonu Verilerine Göre

Tablo 3.5'ten faydalanılarak, Şekil 3.1'deki gibi bir akışta çalışmak üzere giriş katmanı oluşturma amaçlı, yüksek korelasyona sahip parametrelerden modeller oluşturulmuştur. Oluşturulan bu modeller Tablo 4.7'de verilmiştir.

Tablo 4.7. ÇDR ve YSA için hazırlanmış model parametreleri (Serçeköy beldesi)

Model	Giriş Katmanı	Çıkış Katmanı
1	n,r,s,n-1	y
2	n,r,s,r-1	y
3	n,r,s,n-1,r-1	y
4	n,r,s, y-1	y

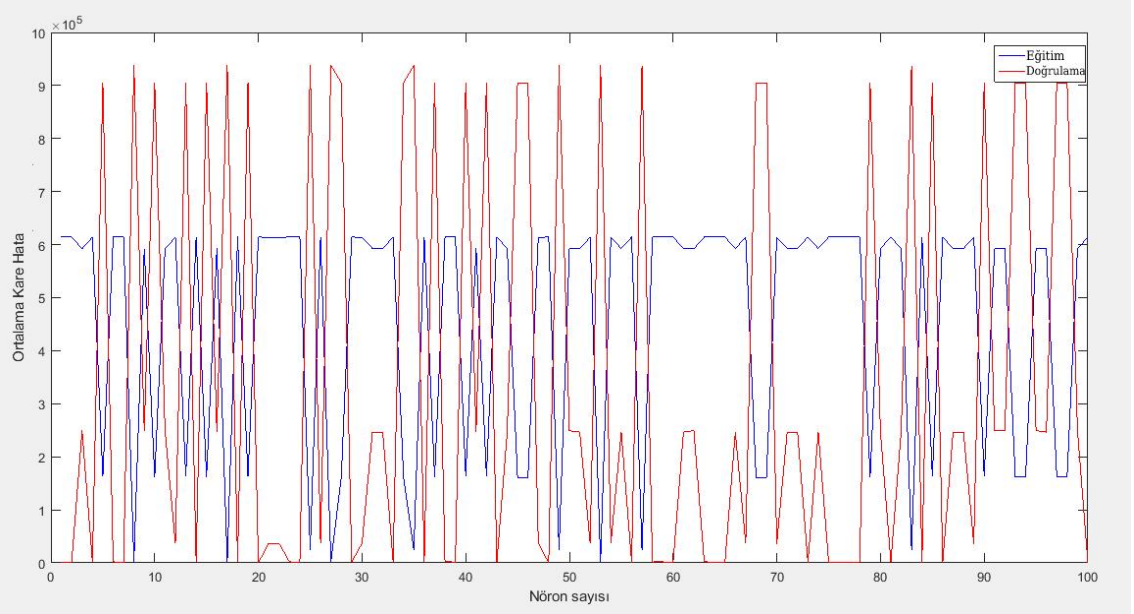
Tablo 4.8'de, Tablo 4.7'de oluşturulmuş giriş/çıkış katmanı verilerinin ÇDR işlemine tabi tutulması sonucu elde edilen değişken katsayıları ve buna bağlı oluşan denklemler gösterilmektedir.

Tablo 4.8. Çoklu doğrusal regresyon sonucu elde edilen denklemler (Serçeköy beldesi)

Model	Denklem
1	0,0098x1+0,0164x2+0,0053x3+0,002x4+-0,6997
2	0,012x1+0,0116x2+0,0061x3+0,0071x4+-0,74
3	0,009x1+0,0113x2+0,0062x3+0,0032x4+0,0074x5+-0,7452
4	-0,0003x1+-0,0002x2+-0,0001x3+1,0327x4+0,0166

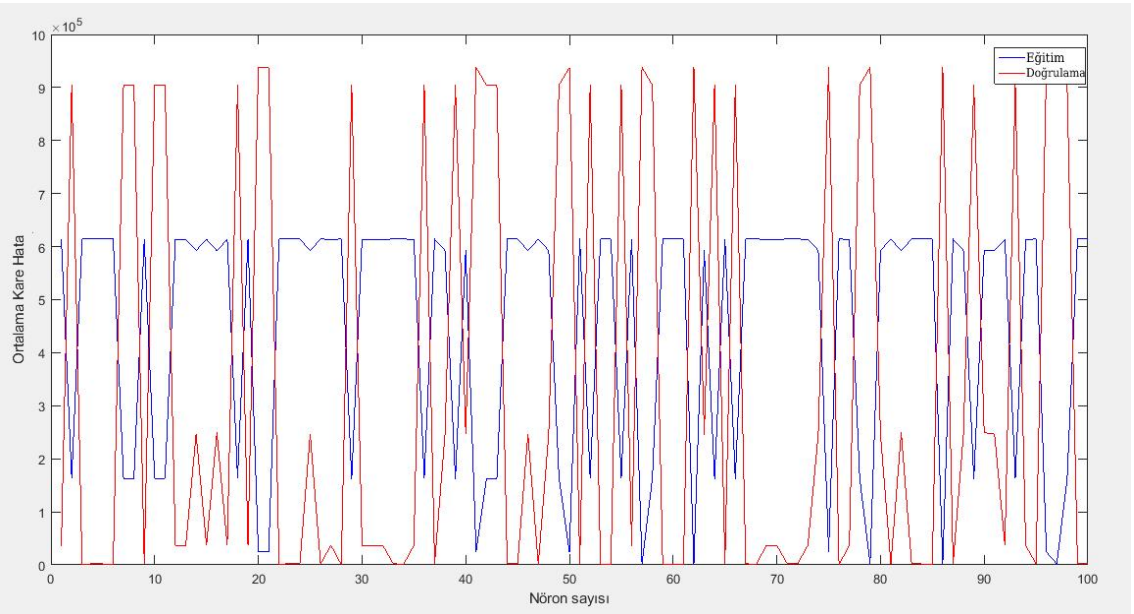
Şekil 4.19'da eğitim ve doğrulama OKH değerleri ortalaması dikkate alındığında

optimal değer olarak nöron sayısının 2 olması uygun görülmektedir.



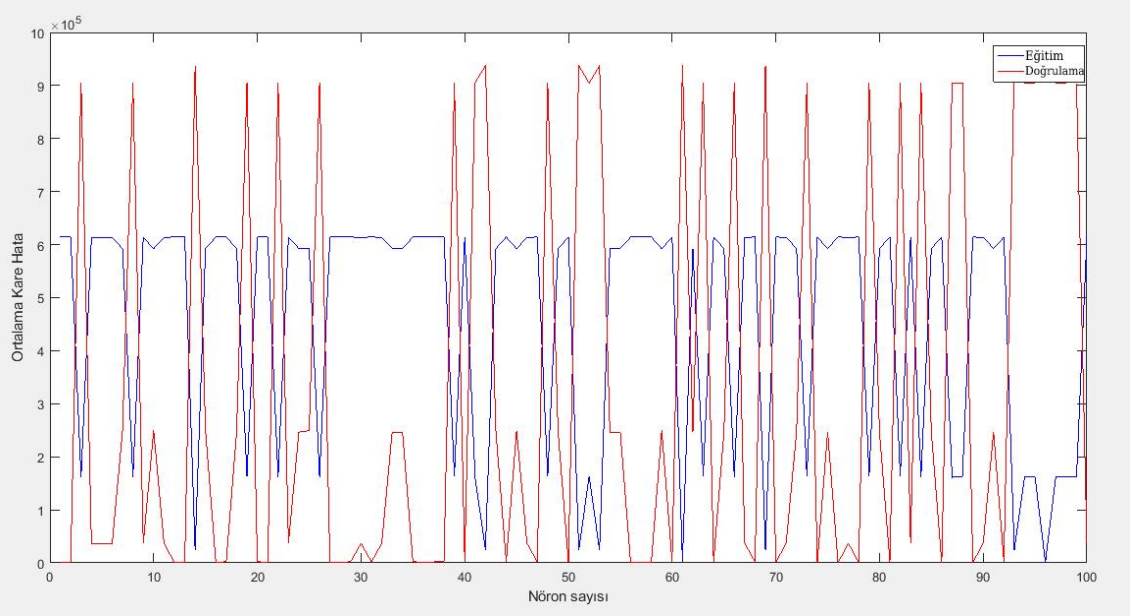
Şekil 4.19. YSA 1. model nöron sayısına göre OKH değerleri (Serçeköy beldesi)

Şekil 4.20'de eğitim ve doğrulama OKH değerleri ortalaması dikkate alındığında optimal değer olarak nöron sayısının 4 olması uygun görülmektedir.



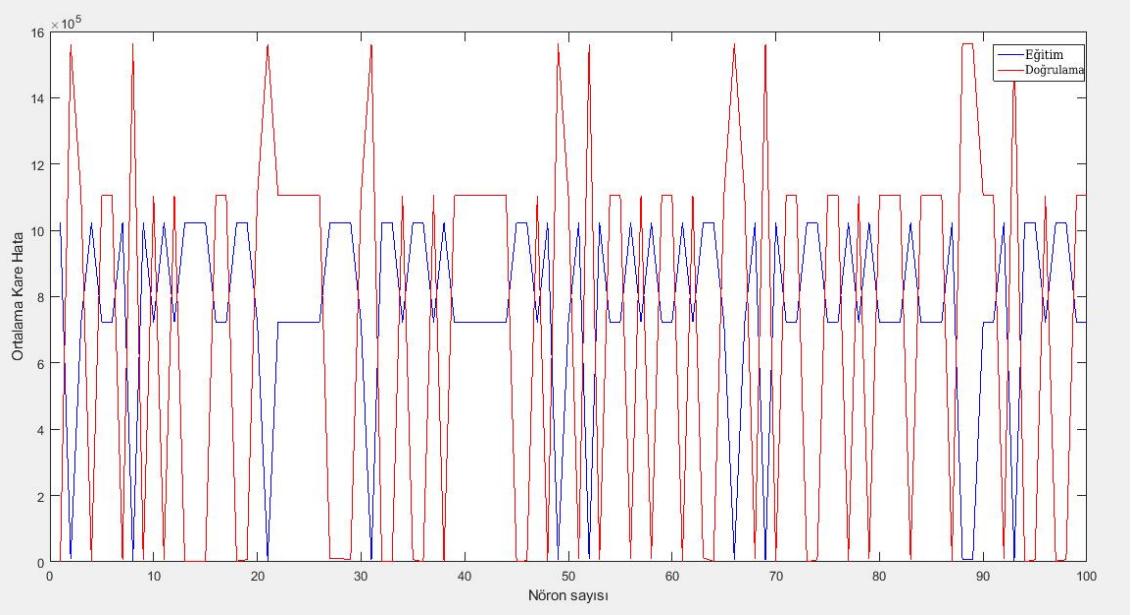
Şekil 4.20. YSA 2. model nöron sayısına göre OKH değerleri (Serçeköy beldesi)

Şekil 4.21'de eğitim ve doğrulama OKH değerleri ortalaması dikkate alındığında optimal değer olarak nöron sayısının 2 olması uygun görülmektedir.



Şekil 4.21. YSA 3. model nöron sayısına göre OKH değerleri (Serçeköy beldesi)

Şekil 4.22'de eğitim ve doğrulama OKH değerleri ortalaması dikkate alındığında optimal değer olarak nöron sayısının 1 olması uygun görülmektedir.

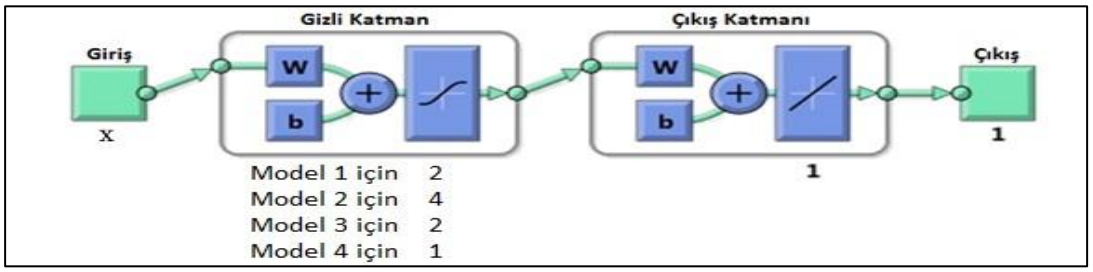


Şekil 4.22. YSA 4. model nöron sayısına göre OKH değerleri (Serçeköy beldesi)

MATLAB programının Neural Fitting uygulaması ile oluşturulan YSA modelinde, sigmoid fonksiyonunu içeren gizli katman nöron sayısı 1. model için Şekil 4.19'da , 2. model için Şekil 4.20'de, 3. model için Şekil 4.21'de ve 4. model için Şekil 4.22'de gösterildiği gibi MATLAB programı ile doğrulama ve eğitim düzeyinde 0-100 arası en

düşük OKH (Ortalama Kare Hata) değerine göre belirlenmeye çalışılmıştır. Eğitim ve doğrulama alanlarında optimal OKH değerine sahip nöron sayısı model sırasına göre 2, 4, 2, 1 olarak belirlenmiştir. Veri setinde 9639 verinin %70'i (6747) eğitim için, %15'i (1446) doğrulama için, %15'i (1446) test için kullanılmıştır. Eğitim için Levenberg-Marquard eğitim algoritması kullanılmıştır.

Şekil 4.23, "Giriş" bölümünde x değeri; modele ait katsayı adedidir, Tablo 4.7'de "Giriş Katmanı" sütununda bulunan parametre sayısıdır, Şekil 3.1 ile paralel olarak "Giriş" bölümü eğitilecek verilerin girişinden, "Gizli Katman" verilerin sigmoid fonksiyonu kullanılarak eğitilmesinden, "Çıkış Katmanı" verilerin doğrulanması işlemlerinin yapılmasından ve eğitilen verilerin "Çıkış" bölümüne aktarılmasından sorumludur. "Gizli Katman" bölümünde nöron sayısı, yukarıda da bahsedildiği gibi optimal nöron sayısını bulmaya yönelik çalışma sonucu elde edilmiştir.



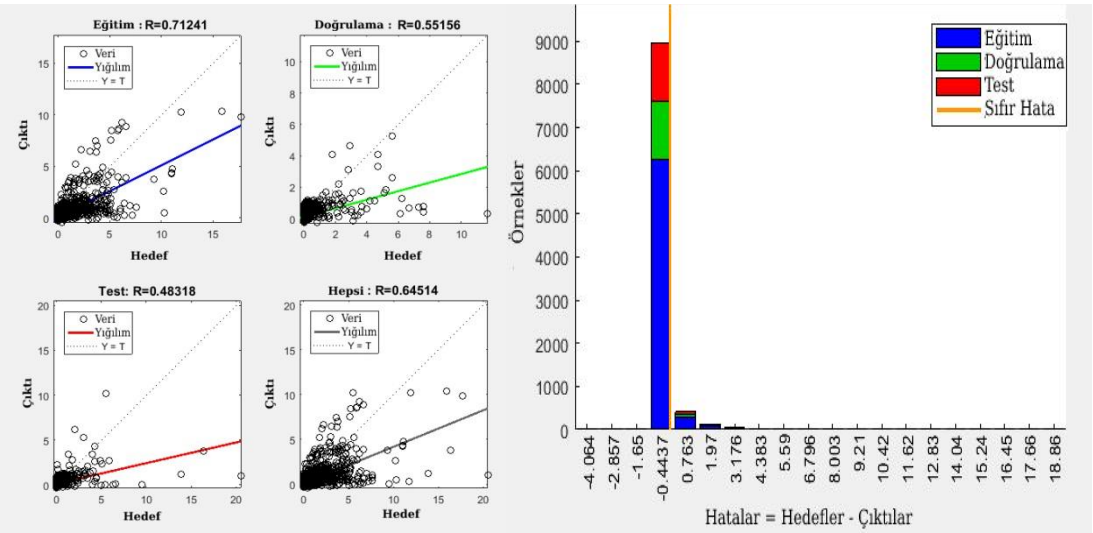
Şekil 4.23. Modeller için yapay sinir ağları çalışma adımları (Serçeköy beldesi).

Tablo 4.9'da OKH çıktılar ve hedefler arasındaki ortalama kare farkıdır. Sıfıra yaklaştıkça hata azalmaktadır. R değeri korelasyonu temsil etmekte, +1 veya -1'e yaklaşması ilişkinin arttığı anlamına gelmekte, R^2 (belirlilik katsayısı) model sonuç ile gerçek sonuç arasındaki korelasyon değerinin karesi olup çıktılar ve hedefler arasındaki korelasyonu ölçmektedir. Değerin 1'e yaklaşması bağlantının dolayısıyla güvenirliğin artması anlamına gelmektedir. Tablo incelendiğinde ilk 3 modelin hata ve regresyon değeri bakımından kötü bir değere sahip olduğu söylenebilir. Diğer yanda 4 nolu modelin regresyon değeri %90 üstü olup iyi bir değere sahiptir. Hataları da değerlendirmeye dahil ettiğimizde hem regresyon değeri en yüksek hem de hatası en düşük olan modelin 4. model olduğu görülmektedir.

Tablo 4.9. ÇDR ve YSA için hazırlanmış modeller (Serçeköy beldesi)

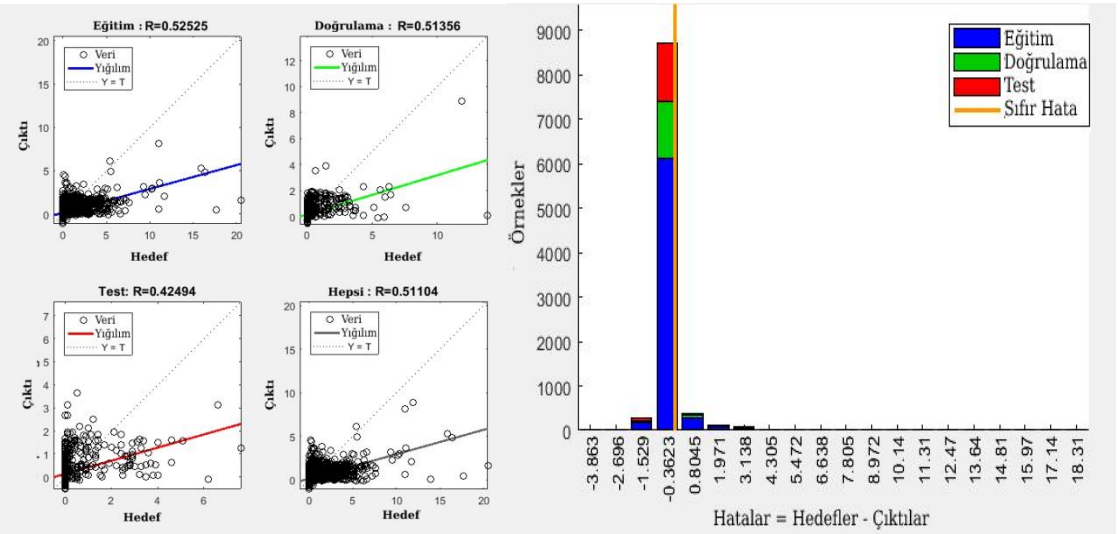
Model	ÇDR		YSA	
	R^2	OKH	R^2	OKH
1	0.07	0.80	0.40	0.31
2	0.07	0.80	0.26	0.55
3	0.07	0.80	0.49	0.35
4	0.99	0.04	0.99	0.01

Şekil 4.24 incelendiğinde ortalama regresyonun %64 oranına sahip olduğu, hata grafiğinde ise 0 hatadan biraz uzak olduğu görülmektedir.



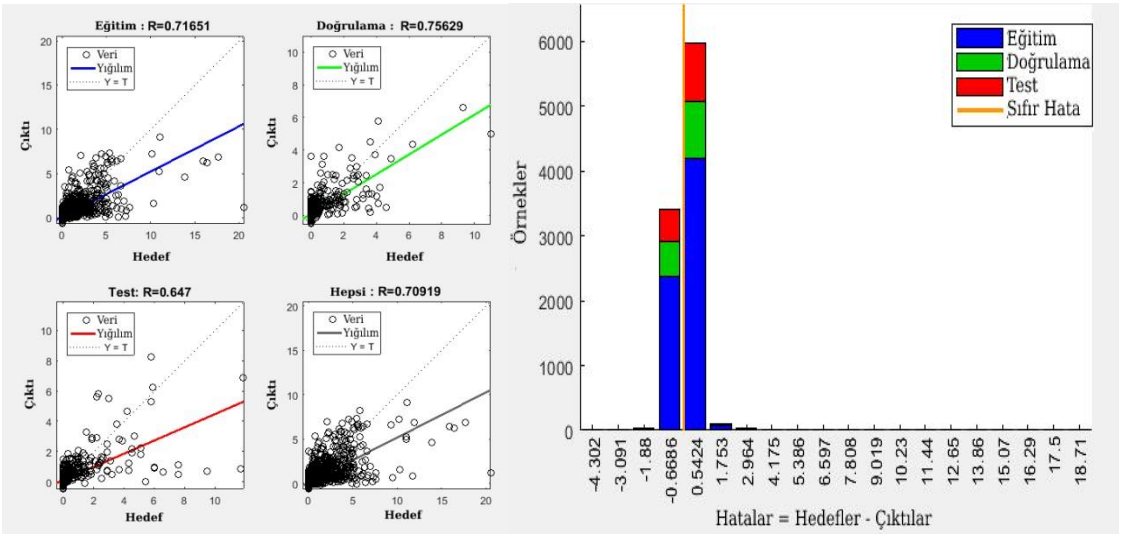
Şekil 4.24. Model-1 için regresyon ve hata grafiği (Serçeköy beldesi)

Şekil 4.25 incelendiğinde ortalama regresyonun %51 oranına sahip olduğu, hata grafiğinde ise 0 hatadan biraz uzak olduğu görülmektedir.



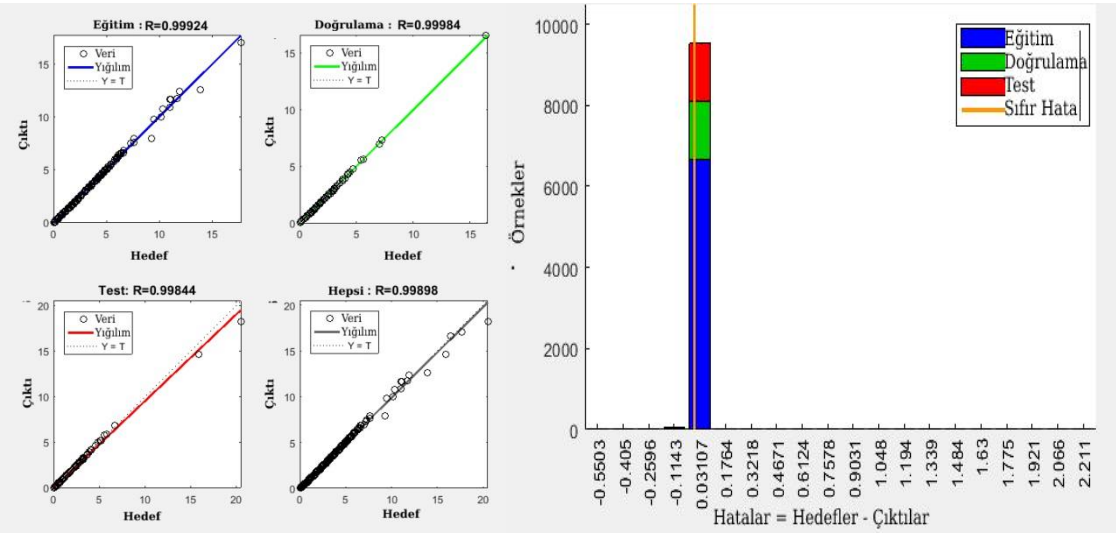
Şekil 4.25. Model-2 için regresyon ve hata grafiği (Serçeköy beldesi)

Şekil 4.26 incelendiğinde ortalama regresyonun %70 oranına sahip olduğu, hata grafiğinde ise 0 hatadan az uzak olduğu görülmektedir.



Şekil 4.26. Model-3 için regresyon ve hata grafiği (Serçeköy beldesi)

Şekil 4.27 incelendiğinde ortalama regresyonun %99 oranına sahip olduğu, hata grafiğinde ise 0 hata civarında olduğu görülmektedir.



Şekil 4.27. Model-4 için regresyon ve hata grafiği (Serçeköy beldesi)

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Aydın ilinde 3 farklı istasyona ait (Efeler ilçesi, Köşk ilçesi, Serçeköy beldesi) sıcaklık, nem, rüzgâr hızı ve yağış miktarı verileriyle yağış tahmininde bulunabilmek için Çoklu Doğrusal Regresyon ve Yapay Sinir Ağları yöntemleri kullanılmıştır. Veriler, Efeler ile Köşk ilçeleri için Aydın Meteoroloji Müdürlüğünden ve bu ilçelerin kuş uçuşu orta noktasına denk gelen Serçeköy beldesinde bulunan kişisel meteoroloji istasyonundan tedarik edilmiş, eksik veri olan saat dilimleri silinmiş, kalan 9639 saatlik veri seti ile çalışılmıştır. Anlamlı sonuçlar alabilmek için verilerin 1 saate kadar kaydırılmasıyla, arasındaki korelasyon katsayısına dikkat edilerek, her istasyona ait 4'er farklı model oluşturulmuştur. Modeller ÇDR ve YSA yöntemleri ile hesaplamalara tabi tutulmuş, işlemler sonucu performans ölçütleri (R^2 ve OKH) elde edilmiş, bu ölçütlere göre en randımanlı modelin her 3 istasyonda da 4. model olduğu görülmüştür. İleri beslemeli geri yayılım algoritması ile çalışan YSA sonuçları tüm modellerde ÇDR analizlerine göre başarılı sonuç vermiştir. Bu sebeple uygulamada YSA dikkate alınmıştır. 4. modeller nem (n), sıcaklık (s), rüzgar (r) ve yağışın 1 saate kadar kaydırılmış (y-1) parametrelerinden oluşmaktadır. Giriş parametrelerine yağışa ait kaydırılmış parametrelerin dahil edilmesinin performans ölçütleri açısından daha iyi sonuç elde edilmesine katkı sağladığı anlaşılmıştır.

3 istasyona ait veriler incelendiğinde, verilerin çoğunlukla paralel olduğu fakat aynı saat dilimine ait yağış verilerinde farklılık bulunan kayıtların bulunduğu gözlenmiştir. Çalışma alanı olan Serçeköy beldesi için elde edilen en iyi model, akıllı tarıma entegre edilerek hayata geçirilmiştir. Bu sayede YSA destekli, yağış tahmini kontrollü uzaktan kontrol edilebilen bir sulama sistemi geliştirilmiştir.

Çalışmada, Aydın ilinde YSA destekli yağış tahmininden faydalanan akıllı tarım sulama sistemi tasarlanmış ve uygulaması gerçekleştirilmiştir. Örnek bir model olarak uygulamaya dökülen sistem su tasarrufu sağlamaya dönük ve oluşturulan hata oranı düşük-tutarlılık oranı yüksek YSA modeli ile güvenilir bir sistemdir. YSA destekli yağış tahmininden faydalanan akıllı tarım sulama sistemi hali hazırda Aydın'da uygulanan bir sistem değildir. Su tasarrufu sağlayarak uzaktan kontrollü tarımsal sulama yapmak isteyenler açısından örnek bir modele ihtiyaç bulunmaktadır. Uygulamaya geçirilen bu çalışma ile Aydın'da tarımsal sulama konusunda faaliyet gösterenlere örnek model teşkil etmesinden dolayı bu durum çalışmanın önemli bir sonucunu oluşturmaktadır.

Tez çalışması, özellikle Aydın ilinde güncel teknolojiyi kullanarak YSA ile yağış tahmini kontrollü sulama sistemleri açısından bir yenilik teşkil etmektedir. Mobil olarak izlenip kontrol edilebilen tarımsal sulama uygulaması ile bu sahada faaliyet gösteren kişilerin işlerinin kolaylaşacak, su tasarrufuna katkı sağlanacak ve uzaktan anlık müdahale sayesinde ürünün veriminin arttırılmasına katkı sağlanacak olması çalışmanın bir diğer sonucudur. İlaveten sulama amaçlı iş gücünden de tasarruf sağlanacak olması diğer bir fayda olarak belirtilebilir.

Çalışma sürecini, sonucunu iyileştirmeye yönelik tavsiyeler aşağıdaki gibidir.

Arduino devresi devre dışı bırakılarak röle ve modül doğrudan Raspberry Pi üstünden kontrol edilebilir.

Veri setlerinde eksik verilerin bulunduğu tarih saat dilimi devre dışı bırakılmak yerine YSA ile eksik verilerin tamamlanması, korelasyonu artırabilmek adına gerçekleştirilen öteleme sayısını azaltabilir veya bu ihtiyacı ortadan kaldırabilir.

Nöron sayısı belirlemede farklı metasezgisel optimizasyon yöntemleri uygulanabilir.

Valf yerine sulama alanının büyüklüğüne göre 220V/5V röle modülü ve 220V pompa kullanılabilir. Alanın büyük olması durumunda suyun her alana ulaştığından emin olmak için sırayla çalışan su valfleri ile kontrol edilebilir.

Sulamanın ne kadar süreyle gerçekleşeceği sunucu (C# ile yazılmış program) yerine istemci (flutter ile yazılmış uygulama) üstünden gerçekleşecek şekilde hazırlanırsa sulama bölgesinden biraz daha bağımsız bir müdahale ortamı oluşmuş olacaktır.

Gerçekleşen yağış miktarı, yağış ve debi miktarı ölçen sensörler ile takip edilebilir. Ayrıca su kaynağı ile sulama alanı arasında bulunan su valfine ilaveten su akış ve hidrolik basınç sensörü ilave edilebilir. Böylece gerçekleşen sulamanın yağış ve su kaynağı açısından miktarı kontrol edilmiş, yağışın yetersiz olması durumunda sulama açığının su kaynağından tamamlanması sağlanmış olacaktır.

Mobil uygulama tek dosyada "main.dart" kodlanmıştır. Mobil cihaza uygunluk ve cihazda daha az performansa ihtiyaç duyması açısından uygulama içerisinde her sekme için farklı bir dosya ve veri tabanı bağlantısı için de ayrı bir tanımlama dosyası oluşturulabilir.

Yerel istasyon yerine Arduino çevre birimleri artırılarak (yağış, nem, rüzgar ve sıcaklık sensörleri ile) maliyet azaltılabilir.

KAYNAKÇA

[1] http-1: https://www.mgm.gov.tr/genel/meteorolojinedir.aspx (Erişim tarihi : 19.06.2022)

[2] Yıldıran, A. ve Kandemir, S. Y. (2018). Yağış miktarının yapay sinir ağları ile tahmini. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 5(2), 97-104.

[3] Kaya, M. (2019). Ağrı'nın kalkınması için akıllı tarım (Tarım 4.0) önerisi. Akad. Bakış Uluslararası Hakemli Sosyal Bilimler Dergisi, 75, 130–156.

[4] Koçtürk, D. ve Avcıoğlu, A. O. (2002). Türkiye'de bölgelere ve illere göre tarımsal mekanizasyon düzeyinin belirlenmesi. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 3(1), 17-24.

[5] http-2: https://aydin.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Belgeler/MAKALELER/Aydın%27da Tarım ve Hayvancılık-Makale.pdf (Erişim tarihi : 19.06.2022)

[6] Çiçek, İ. ve Ataol, M. (2009). Türkiye'nin su potansiyelinin belirlenmesinde yeni bir yaklaşım. Coğrafi Bilimler Dergisi, 7(1), 51-65.

[7] Tunalı, P. ve Durdu, Ö. F. (2010). Büyük Menderes Havzasında meteorolojik kuraklık konumsal dağılımının SPI ile analizi. 1. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu.

[8] Zımba, I. ve Acar, Z. (2021). Ege Bölgesi'ndeki şiddetli yağışlar. İzmir Sosyal Bilimler Dergisi, 3(2), 165-174.

[9] Holmstrom, C., Liu, M. and Vo, D. (2016). Machine learning applied to weather forecasting. Meteorol. Appl, 1–5, California: Stanford University.

[10] Refonaa, M., Lakshmi, J., Abbas, M. and Raziullha, R. (2019). Rainfall prediction using regression model. Int. J. Recent technol. Eng., 8(2S3), 543-546.

[11] Prabakara, P. S. M., Kumar, S., and Tarun, P. N. (2017). Rainfall prediction using modified linear regression. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 12(12), 3715-3718.

[12] Ahmed, S. W. A. and Mohamed, H. A. Y. (2021). Rainfall prediction using multiple linear regressions model. International Conference on Computer, Control, Electrical, and Electronics Engineering (ICCCEEE), 1–5.

[13] Srivastava, L. K., Anand, S., Sharma, N., Dhar, S. and Sinha, S. (2020). Monthly rainfall prediction using various machine learning algorithms for early warning of landslide occurrence. International Conference for Emerging Technology, 1–7.

[14] Parmar, M., Mistree, A. and Sompura, K. (2017). Machine learning techniques for rainfall prediction: A review. International Conference on Innovations in information Embedded and Communication Systems (ICIIECS), 3.

[15] Darji, H. B., Dabhi, M. P. and Prajapati, V. K. (2015). Rainfall forecasting using neural network: A survey. International Conference on Advances in Computer Engineering and Applications, 706–713.

[16] Hatim, R., Siddiqui, M. and Kumar, F. (2020). Addressing challenges and demands of intelligent seasonal rainfall forecasting using artificial intelligence approach. International Conference on Computation, Automation and Knowledge Management (ICCAKM), 263–267.

[17] Turhan, E. ve Çağatay, H. Ö. (2016). Eksik akım verilerinin tahmin modelinin oluşturulmasında yapay sinir ağlarının kullanımı: Asi nehri-Demirköprü akım gözlem istasyonu örneği. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 31(1), 93–106.

[18] Gümüş, V., Başak, A. ve Yenigün, K. (2018). Yapay sinir ağları ile Şanlıurfa istasyonunun kuraklığının tahmini. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi (Part C Tasarım ve Teknoloji), 6(3), 621–633.

[19] Ünes, F., Taşar, B., Demirci, M. ve Kaya, Y. Z. (2018). Yapay sinir ağları yöntemi kullanılarak buharlaşma miktarı tahmini. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 9(1), 543-551.

[20] Tufaner, F., Dabanlı, İ. ve Özbeyaz, A. (2019). Kuraklığın yapay sinir ağları ile analizi: Adıyaman örneği. İklim Değişikliği ve Çevre, 4(1), 25–32.

[21] Sezer, M. S. (2019). Yapay sinir ağları ve farklı tahmin yöntemleri ile uzun dönem yük tahmini: Zonguldak örneği. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Kütahya: Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

[22] Akbulut, İ. ve Özcan, B. (2020). Hava kirliliği tahmini: Yapay sinir ağları ve regresyon yöntemleriyle bir karşılaştırma. Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 3(1), 12-22.

[23] Darshna, S., Sangavi, T., Mohan, S., Soundharya, A. and Desikan, S. (2015). Smart irrigation system. IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering, 10(3), 32–36.

[24] Goap, A., Sharma, D., Shukla, A. K. and Rama Krishna, C. (2018). An IoT based smart irrigation management system using machine learning and open source technologies. Computers and Electronics in Agriculture, 155, 41–49.

[25] Adenugba, F., Misra, S., Maskeliūnas, R., Damaševičius, R. and Kazanavičius, E. (2019). Smart irrigation system for environmental sustainability in Africa: An internet of everything (IoE) approach. Mathematical Biosciences and Engineering, 16(5), 5490–5503.

[26] Kashyap, P. K., Kumar, S., Jaiswal, A., Prasad, M. and Gandomi, A. H. (2021). Towards precision agriculture: IoT-enabled intelligent irrigation Systems using deep learning neural network. IEEE Sensors Journal, 21(16), 17479–17491.

[27] Işık, M. F. (2017). Tarımsal arazi sulama sistemlerinde mobil uygulamalar: Örnek bir çalışma. Politeknik Dergisi, 20(3), 725–731.

[28] Taştan, M. (2019). Nesnelerin interneti tabanlı akıllı sulama ve uzaktan izleme sistemi. European Journal of Science and Technology, (15), 229–236.

[29] http-3: https://www.worldwaterday.org (Erişim tarihi : 19.06.2022)

[30] Gökozan, H. ve Taştan, M. (2018). Akıllı taşıtlar ve kontrol sistemleri. Mesleki Bilimler Dergisi, 7(2), 58–62.

[31] Çetinçalı, M. O. (2017). Düzce ili şartlarında güneş enerjisi ile akıllı tarımsal sulama uygulaması. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Düzce: Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

[32] Baz, F. Ç. ve Uludağ, K. (2021). Veri merkezi güvenliğinin sağlanmasında IoT sensörlerinin kullanımı üzerine bir uygulama. European Journal of Science and Technology, (27), 392–397.

[33] Alathibani, S. W. A. (2021). Examining a patient with a stethoscope using an

arduino device. Unpublished Master's Thesis. Istanbul: Altınbaş University, Institute of Graduate Studies.

[34] Priyanka, K., Abirami, S., Kalivani, S., Kavitha, A. ve Meena, A. (2021). Smart Attendence monitoring system in college bus using RFID. International Journal of Scientific Research & Engineering Trends, 7(3), 1628-1630.

[35] Wahyuni, R., Sentana, J. T., Muhardi, M. and Irawan, Y. (2021). Water level control monitoring based on arduino uno R3 Atmega 238p using Lm016l LCD at STMIK Hang Tuah Pekanbaru. Journal of Robotics Control (JRC), 2(4), 265-269.

[36] Navyar, A. and Puri, V. (2016). A review of arduino board's, lilypad's & arduino shields. 3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom), 1485–1492.

[37] Çelik, S. (2019). Raspberry pi ile bir beslenme destek sistemi çalışması. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Karabük: Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

[38] Karakaş, C. ve Şen, Z. (2019). İstanbul yağış şiddetinin alansal tahmini. Su Kaynakları, 4(2), 1–8.

[39] Payne, R. (2019). Beginning App Development with Flutter. Berkeley, CA: Apress.

[40] Capek, P., Kral, E. and Senkerik, R. (2015). Towards an empirical analysis of .NET framework and C# language features' adoption. 2015 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI), 865–866.

[41] http-4: https://visualstudio.microsoft.com/tr/ (Erişim: 19.06.2022)

[42] Çakar, M. (2016). Lokal geoit üzerine C sharp programlama dilinde uygulama. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Aksaray: Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Esntitüsü.

[43] http-5: https://docs.microsoft.com/tr-tr/dotnet/api/system.io.ports?view=dotnet-plat-ext-6.0. (Erişim: 19.06.2022)

[44] http-6: https://dev.mysql.com/doc/connector-net/en/connector-net-tutorials-sql-command.html (Erişim: 19.06.2022)

[45] http-7: https://docs.microsoft.com/tr-tr/dotnet/csharp/programming-guide/interop/how-to-access-office-onterop-objects (Erişim: 19.06.2022)

[46] Teksöz, C. (2021). Platformlar arası çerçevelere genel bakış, flutter ve react native performans karşılaştırması.Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Aydın Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.

[47] http-8: https://flutter.dev/ (Erişim: 19.06.2022)

[48] Armagan, F. (2020). Vergleich von nativer app-und cross-platform-entwicklung (Facebook react native und Google flutter). Unveröffentlichte Bachelorarbeit. Hanoover: Hochschule Hannover Unıversity, Faculty IV.

[49] http-9: mysql1." https://pub.dev/packages/mysql1 (Erişim: 19.06.2022)

[50] Eyada, M. M., Saber, W., El Genidy, M. M. and Amer, F. (2020). Performance evaluation of IoT data management using MongoDB versus MySQL databases in different cloud environments. IEEE Access, 8, 110656–110668.

[51] Valko, N. V., Goncharenko, T. L., Kushnir, N. O. and Osadchyi, V. V. (2022). Cloud technologies for basics of artificial intelligence study in school. CTE 2021: 9th Workshop on Cloud Technologies in Education, 170-183.

[52] Yeşilırmak, E. (2015). Büyük Menderes Havzasında günlük yağış konsantrasyonunun analizi. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 12(2), 55-71.

[53] http-10: https://aydin.bel.tr/detail/4377/kentin-cografyasi (Erişim: 19.06.2022)

[54] http-11: https://aydin.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Kutu Menü Belgeler/2018-2022 Aydın İli Kuraklık Eylem Planı - MKO YENİ EYLEM ADIMLI 24 09 2018.docx (Erişim: 19.06.2022)

[55] Yılmaz, E. ve Çiçek, İ. (2016). Türkiye Thornthwaite iklim sınıflandırması," Journal of Human Science,13(3), 3973-3994.

[56] Yılmaz, E. ve Darende, V. (2021). Türkiye'de yağış ölçümü yapılan manuel-otomatik meteoroloji gözlem istasyonu verilerinin karşılaştırılması. Türk Coğrafya Dergisi, (77), 53-66.

[57] http-12: https://mgm.gov.tr/kurumsal/istasyonlarimiz.aspx?il=Aydın (Erişim: 19.06.2022)

[58] Ataseven, B. (2013). Yapay sinir ağları ile öngörü modellemesi. Öneri Dergisi, 10(39), 101-115.

[59] Köse, B. Atila, Ü., Güneşer, M. T. ve Recebli, Z. (2016). Saatlik ve günlük rüzgâr hızını tahmin için yeni bir analitik yöntem yaklaşımı ve yapay sinir ağları ile karşılaştırması. 10th International Clean Energy Symposium, 928-938.

[60] Kaya, S. (2021). The buckling analysis of axially loaded columns with artificial neural networks. Electronic Letters on Science and Engineering, 2(2), 36-45.

[61] Doğru, F. (2015). Güncel optimizasyon yöntemleri kullanılarak rezidüel gravite anomalilerinden parametre kestirimi. Yerbilimleri, 36 (1), 31-43.

[62] Riedmiller, M. and Braun, H. (1993). A direct adaptive method for faster backpropagation learning: the RPROP algorithm. IEEE International Conference on Neural Networks, 1, 586-591.

[63] http-13: http://kod5.org/yapay-sinir-aglari-ysa-nedir/ (Erişim: 19.06.2022)

[64] Yavuz, S. ve Deveci, M. (2015). İstatiksel normalizasyon tekniklerinin yapay sinir ağın performansına etkisi. Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 0(40), 167–187.

[65] Özdamar, K. (2019). SPSS ile biyoistatistik. Eskişehir: Nisan Kitabevi.

[66] http-14: https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/vceyhan (Erişim: 19.06.2022)

[67] http-15: https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/117326/mod_resource/content/1/11-Coklu Regresyon 1.pdf (Erişim: 19.06.2022)

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	**Serkan Ansay**
E-Posta	**serkanansay@gmail.com**
Yabancı Dil	**İngilizce**

Eğitim	
Ön Lisans	2002, Marmara Üni., Teknik B. MYO, Bilgisayar Prog.
Lisans	2014, Marmara Üni., Atatürk Eğt. Fakültesi, BÖTE
Y. Lisans	2022, Bakırçay Üni., Akıllı Sist. Müh.

Yayın Listesi	
Makale	Ansay, S., Köse, B. (2022) Yapay sinir ağları yöntemiyle yağış miktarı tahmini. Teknik Dergi, (İncelemede).
Bildiri	Esgin, E., Pamukçu, B. S., Ergül, P., Ansay, S., (2011), 3-boyutlu çevrimiçi sosyal ortamların eğitimde kullanılmasının öğrenci başarısı ve motivasyonuna etkisi: Secondlife uygulaması. 5th International Computer & Instructional Technologies Symposium, Elazığ: Fırat Üniversitesi.
	Ansay, S. ve Köse B., (2022), Meteorolojik parametrelere dayalı NARX yapay sinir ağı kullanarak yağış tahmini. 2nd International Conference on Artificial Intelligence and Data Science, İzmir: Katip Çelebi Üniversitesi.
Bilimsel Faaliyetler	2018, TÜBİTAK 4006 Bilim Fuarları Destekleme Programı, Aydın.
Ödüller	2018, ROBOTEX Türkiye Robot Yarışması 2. liği, Aydın.