



**SERA UYGULAMALARINDA BULANIK MANTIK TABANLI
UZAKTAN KONTROL SİSTEMİ**

Özlem ALPAY

**Yüksek Lisans Tezi
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ebubekir ERDEM
TEMMUZ-2018**

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SERA UYGULAMALARINDA BULANIK MANTIK TABANLI
UZAKTAN KONTROL SİSTEMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Özlem ALPAY

(152129101)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 04.07. 2018
Tezin Savunulduğu Tarih : 30.07.2018

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Ebubekir ERDEM (F.Ü)

Diğer Jüri Üyeleri: Doç. Dr. Taner TUNCER (F.Ü)

Doç. Dr. MUHAMMED FATİH TALU (İ.Ü)

TEMMUZ-2018

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli vaktini bana harcayarak her türlü desteği veren, yanında çalışmaktan onur duyduğum ve ayrıca tecrübelerinden yararlanırken göstermiş olduğu hoş görü ve sabırdan dolayı değerli danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Ebubekir ERDEM' e çok teşekkür ederim.

Özlem ALPAY
ELAZIĞ - 2018



İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET	V
SUMMARY	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ	VII
TABLOLAR LİSTESİ	IX
KISALTMALAR LİSTESİ	X
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Literatür Özeti.....	2
1.2. Tezin Amacı ve Kapsamı	6
1.3. Tezin Yapısı.....	6
2. NESNELERİN İNTERNETİ.....	8
2.1. Nesnelerin İnternetinin Katmanları	8
2.1.1. Kablosuz Sensör Ağları	9
2.2. Nesnelerin İnternetinde Bağlantı Protokolleri	10
2.3. Nesnelerin İnterneti Uygulamaları	13
2.3.1. Akıllı Sağlık Uygulamaları.....	13
2.3.2. Akıllı Çevre Uygulamaları	13
2.3.3. Akıllı Su Uygulamaları.....	13
2.3.4. Akıllı Sera Uygulamaları.....	14
3. YUMUŞAK HESAPLAMA TEKNİKLERİ	17
3.1. Bulanık Mantık.....	17
3.2. Yapay Sinir Ağları.....	18
4. YUMUŞAK HESAPLAMA TEKNİKLERİ KULLANARAK SERA ISITMA SİSTEMLERİ	20
5. KABLOSUZ SENSÖR AĞLARI KULLANARAK SERA KONTROLÜ	29
5.1. Akıllı Sera Sisteminin Mimarisi	29
5.2. Akıllı Sera Sisteminin Bulanık Mantık Kontrolü	36

5.3. Akıllı Sera Sistemine Uzaktan Erişim Modülü	42
5.4. DeneySEL Bulgular	44
5.5. Sonuçların Karşılaştırılması	53
6. SONUÇLAR.....	54
KAYNAKLAR.....	55
ÖZGEÇMİŞ.....	62



ÖZET

Kablosuz sensör ağları ve nesnelerin interneti teknolojilerini kullanan akıllı sera sistemleri maliyet, zaman, enerji, su ve ışık verimliliği ile ürün kalite ve verimliliği açısından avantajlıdır. Bir serayı izlemek, seradaki çevresel parametreleri kontrol etmek ve serayı yönetmek sera sistemlerinde son zamanlarda üzerinde en yoğunlaşılan çalışma alanlarından biridir. Bu çalışmada, seraların sıcaklık, bağıl nem, toprak nemi ve ışık yoğunluğu gibi çevresel parametrelerini gerçek zamanlı olarak izlenmesi için bir akıllı sera sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen akıllı sera sistemi uzaktan erişim ile seranın ısıtılması, soğutulması, ışıklandırılması, gölgelendirilmesi ve sulanması kontrollerini gerçekleştiren bir uygulamadır. Bu çalışma için sensörler, düğüm paketleri, güç kaynağı ve wifi kablosuz haberleşme teknolojisini kullanan modül kullanılmıştır. Oluşturulan kablosuz sensör ağı bulanık mantık yöntemi ile kontrol edilmiştir. Bulanık mantık sistemi kullanılarak seranın ısıtılması, soğutulması, ışıklandırılması, gölgelendirilmesi ve sulanması için gerekli optimum değerler hesaplanmıştır. Giriş verileri ile bulanık mantık sisteminin çıkış değerleri kullanıcıya uzaktan erişebileceği Android tabanlı bir uygulama ile sunulmuştur. Kullanıcının sistemi manuel veya otomatik olarak kontrol edebilmesi sağlanmıştır. Bu sayede çiftçilerin/kullanıcıların seralarını izleyip kontrol edebilmeleri amaçlanmıştır. Geliştirilen uygulama da kullanılan donanım elamanlarının maliyetleri az, düşük pil tüketir, kullanımı kolay ve güvenilirdir. Bulanık mantık sisteminin kullanılmasıyla ara durumlarda hesaplandığı için etkin bir kontrol yapılmaktadır. Geliştirilen uygulama ile kullanıcı uzaktan serayı izleyip kontrol edebildiği için kullanıcının zaman ve mekân konusunda yaşadığı sınırlamaları ortadan kaldırmaktadır. Bütün bunlar geliştirilen bu uygulamanın avantajlarını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Kablosuz Sensör Ağları, Nesnelerin İnterneti, Akıllı Sera Sistemleri, Sera İklim Kontrolleri, Bulanık Mantık

SUMMARY

Fuzzy Logic Based Remote Control System in Greenhouse Applications

Smart Greenhouse Systems that using wireless sensor networks and internet of things are advantages in terms of cost, time, energy, water and light efficiency and product quality and productivity. Monitoring a greenhouse, controlling the environmental parameters in the greenhouse and managing the greenhouse is one of the most concentrated workspaces in the greenhouse systems. In this study, the smart greenhouse system has been developed to monitor the environmental parameters such as temperature, relative humidity, soil moisture and light intensity of the greenhouses in real time. The developed smart greenhouse system is an application that performs the heating, cooling, lighting, shading and watering controls of the greenhouse by remote access. For this work, sensors, nodule packages, power supply and module using wifi wireless communication technology are used. The created wireless sensor network is controlled by fuzzy logic method. The optimum values for heating, cooling, lighting, shading and watering of the greenhouse have been calculated using the fuzzy logic system. The input values and output values of the fuzzy logic system have been presented to user with an Android-based application that can be remotely accessed. The user can control the system manually or automatically. It is aimed at the farmers / users to monitor and control the greenhouses. The hardware used in developed the application is low cost, low battery consumption, easy to use and reliable. An effective check is made because the fuzzy logic system is used in the intermediate states. With developed application it has removed the limitations that of the user time and space since the user can remotely monitor and control the greenhouse. All of them demonstrate the advantages of this developed application.

Key Words: Wireless Sensor Networks, Internet of Things, Smart Greenhouse Systems, Greenhouse Climate Controls, Fuzzy Logic

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2. 1. Nesnelerin internetinin katmanları	8
Şekil 2. 2. Zigbee topolojileri	11
Şekil 2. 3. Sera ısıtma sistemleri	15
Şekil 3. 1. Bulanık mantık yapısı.....	17
Şekil 3. 2. Yapay sinir ağı yapısı.....	18
Şekil 4. 1. Sıcaklık (°C) verisinin üyelik fonksiyonu.....	21
Şekil 4. 2. Bağıl nem (%) verisinin üyelik fonksiyonu	21
Şekil 4. 3. Isıtma (KW) verisinin üyelik fonksiyonu	21
Şekil 4. 4. Tasarlanan YSA modeli	23
Şekil 4. 5. Isı kaybı hesabı cetveli	25
Şekil 4. 6. Hesaplanan giriş değerlerine göre harcanan ısı miktarları	27
Şekil 5. 1. Kullanılan seranın görünümü	29
Şekil 5. 2. Geliştirilen akıllı sera sisteminin blok diyagramı	30
Şekil 5. 3. Kurulan kablosuz sensör ağ yapısı.....	31
Şekil 5. 4. Bir düğüm paketinin içeriği ve bağlantılarının blok diyagramı	31
Şekil 5. 5. Düğüm paketinin içeriği ve bağlantıları.....	33
Şekil 5. 6. Koordinatör Xbee düğümü.....	33
Şekil 5. 7. Sistemin akış şeması	34
Şekil 5. 8. Önerilen bulanık mantık sisteminin genel yapısı	37
Şekil 5. 9. Kullanılan bulanık mantık kontrol üniteleri.....	37
Şekil 5. 10. Sıcaklık parametresi üyelik fonksiyonu	37
Şekil 5. 11. Hava nemi parametresi üyelik fonksiyonu.....	38
Şekil 5. 12. Toprak nemi parametresi üyelik fonksiyonu	38
Şekil 5. 13. Işık şiddeti parametresi üyelik fonksiyonu	38
Şekil 5. 14. Isıtma parametresi üyelik fonksiyonu	39
Şekil 5. 15. Soğutma parametresi üyelik fonksiyonu.....	39
Şekil 5. 16. Sulama parametresi üyelik fonksiyonu	39
Şekil 5. 17. Işıklandırma parametresi üyelik fonksiyonu.....	39
Şekil 5. 18. Gölgeleştirme parametresi üyelik fonksiyonu	40
Şekil 5. 19. Geliştirilen mobil uygulamanın akış şeması	43

Şekil 5. 20. Geliştirilen mobil uygulamanın arayüzü.....	43
Şekil 5. 21. Sensörlerden alınan giriş verileri	45
Şekil 5. 22. Giriş verilerine karşılık gelen çıkış değerleri	47



TABLÖLER LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2. 1. Haberleşme teknolojilerinin karşılaştırılması.....	12
Tablo 4. 1. Bulanık mantık sisteminin özellikleri.....	20
Tablo 4. 2. Bulanık mantık kural tablosu.....	22
Tablo 4. 3. Şehirler ve HDD değerleri.....	23
Tablo 4. 4. Kullanılan ortalama sıcaklık ve bağıl nem değerleri.....	26
Tablo 5. 1. Seranın tipi ve özellikleri.....	29
Tablo 5. 2. Giriş çıkış parametreleri ve özellikleri	36
Tablo 5. 3. Sıcaklık ve bağıl nem giriş değerlerinin CU -1 sistemine etkisi	40
Tablo 5. 4. Sıcaklık ve hava nemi giriş değerlerinin CU-2 sistemine etkisi.....	40
Tablo 5. 5. Toprak nemi ve hava nemi giriş değerlerinin CU -3 sistemine etkisi	41
Tablo 5. 6. Sıcaklık ve ışık şiddeti giriş değerlerinin CU -4 sistemine etkisi.....	41
Tablo 5. 7. Işık şiddeti giriş değerinin CU -5 sistemine etkisi.....	41
Tablo 5. 8. Aylık ortalama giriş ve çıkış değerleri	50
Tablo 5. 9. Kontrol ünitelerini aktifleştirme değerleri.....	51
Tablo 5. 10. Literatürde yapılan çalışmalar ile geliştirilen modelin karşılaştırılması	53

KISALTMALAR LİSTESİ

PLC	: Programmable Logic Controller
WSN	: Wireless Sensor Network
WMSN	: Wireless Moisture Sensor Network
IoT	: Internet of Things
NFC	: Near Field Communication
M2M	: Machine to Machine
YSA	: Yapay Sinir Ağları
CU	: Control Units
HDD	: High Degree Day

1. GİRİŞ

Son yıllarda bilişim teknolojisinin gelişmesiyle birlikte her alanda akıllı sistemler kullanılmaya başlanmıştır. Bu sistemin çalışmasında birçok teknolojiden faydalanılmaktadır. Akıllı sistemlerin en önemli aşaması haberleşme aşamasıdır. Haberleşme aşaması ve bu aşamada kullanılan teknolojiler büyük önem taşımaktadır. Nesnelerin interneti ile insanlar enerji, zaman ve maddi konularda daha çok tasarruf etmişlerdir. Bu da bu sistemlerin vazgeçilmez hale geleceğini göstermektedir. Nesnelerin internetinin uygulandığı alanlarından biri de akıllı tarım uygulamalarıdır. Buna bağlı olarak uzaktan erişilebilen akıllı sera uygulamaları geliştirilmiştir.

Bitkisel üretimlerin endüstriyel bir şekilde yapılıp, işletmecilik kurallarının uygulandığı yapılara sera denir. Seralar da uygun iklim koşullarının oluşturulması seraların konstrüksiyonuna ve seralarda kullanılan donanım elemanlarına bağlıdır. Bu donanım elemanları seraların hacim ve büyüklüğüne göre tasarlanıp projelendirilir. Isıtma, soğutma, havalandırma, gübreleme, gölgeleme, ışıklandırma, sisleme, sulama gibi sistemler seraların çevre birimlerini oluşturur [1].

Otomasyon sistemleri günümüz teknolojisinin ilerlemesiyle ortam koşullarına bağlı olarak on-off işlemlerinin yanında insan gibi düşünen kontrolörler ortaya çıkmış ve işlemler insan gücüne gerek kalmadan otomasyon ile gerçekleştirilebilmiştir [2]. Günlük hayatın birçok alanında bulanık mantık kavramları görülmektedir.

Bu tez çalışmasında düğüm paketleri kullanılarak alınan veriler önerilen bulanık mantık sisteminin giriş fonksiyonları olacak şekilde belirlenmiştir. Bulanık mantık kuralları ile oluşturulan sistemin çıkış fonksiyonları serada kontrol edilmesi gereken kontrol ünitelerini oluşturmaktadır. Sera içerisinde sensörlerden alınan veriler Zigbee protokolü kullanılarak koordinatör olarak belirlenen düğüme aktarılmıştır. Koordinatör Xbee düğümü topladığı verileri bilgisayara aktarmıştır. Sistemin kontrolü uzaktan Android tabanlı hazırlanan bir uygulama üzerinden kontrol edilmektedir. Seranın giriş parametrelerinde ki değişiklikler kullanıcıya internet üzerinden bildirilmektedir. Kullanıcı da gelen verilere karşılık gelen kontrol ünitesini çalıştırmaktadır.

1.1. Literatür Özeti

Nesnelerin internetinin uygulandığı alanlarından biri de akıllı tarım uygulamalarıdır. Buna bağlı olarak uzaktan erişilebilen akıllı sera uygulamaları geliştirilmiştir.

Ayan ve Şenol [2], yapmış oldukları çalışma da bulanık mantık ve Programmable Logic Controller (PLC) tarafından kontrol edilen, 3G ile uzaktan kontrol edilebilen bir sera otomasyonu gerçekleştirilmiştir. Sera sistemi kendi kendini kontrol eden bir sistem haline getirilerek sera için gerekli tüm şartları PLC tarafından bulanık mantık kurallarına bağlı olarak kontrol edilebilmiştir. Ayrıca sera sistemine eklenen Internet Protocol (IP) kamera ile istenildiği anda herhangi bir akıllı telefon, tablet veya bilgisayar ile bağlanılarak izlenebilmiştir. Uzaktan erişim imkânı sunan yönlendirici, 3G bağlantı özelliği sayesinde sera otomasyonuna kolayca erişilebilmiş ve tüm sistemin bilgisi kolay bir şekilde alınabilmiştir.

Zhang ve ark. [3], Android akıllı telefon kullanılarak bir sera izleme sistemi geliştirdiler. Uygulama da, veri alış verişinin güvenilir olduğu, istemci arabiriminin çalışmasının kolay olduğu, sera ile sera çevresinden alınan bilgilerin gerçek zamanlı olduğu ve video kayıtlarının net olduğu kabul edilmiştir. Sera ortamı parametreleri kontrol edilebilir ve düzenlenebilir. Geliştirilen bu uygulama sayesinde gerçek zamanlı olarak kullanıcı ile sera etkileşimini etkileşimi artar, gözetimsiz hedefin gerçekleşmesine yardımcı olur ve akıllı seraların gelişimini destekler. Aynı zamanda internetin, uzaktan izleme sistemlerinin geliştirilmesinin bir parçası olduğunu ortaya çıkarmıştır. Android ile geliştirilen uygulama yaygınlaştırmaya uygundur. Bütün sistem gelişmiş, güvenilir ve kullanışlıdır.

Yılmaz [4], yaptığı çalışma da gerek ulusal gerekse uluslararası pazarda kullanılabilecek özellikte, kullanıcı açısından çeşitlilik sağlayan, seralarda kullanılan donanımsal farklılığa göre kurulabilen akıllı sera sistemlerini ve bu seraların kontrolünde kullanılan yazılımların geliştirilmesini sağlamayı amaçlamış ve başarıya ulaşmıştır. Seralarda kullanılan kontrol sistemleri seranın boyutu, kullanılan sensörler ve iletişim protokolleri, PLC ve endüstriyel bilgisayarın alt yapısına göre esnek bir biçimde uygulanmıştır. Yapılan çalışma sonucunda neticesinde; üretimde kullanılan iş gücü masraflarının yaklaşık % 65, genel masrafların yaklaşık % 74, elektrik kullanımının yaklaşık % 20, yakıt tüketiminin yaklaşık % 30, su kullanımının yaklaşık % 30, gübre kullanımının yaklaşık % 30, ilaç kullanımının

yaklaşık % 35 oranında azaldığı; iş gücü verimliliğinin yaklaşık % 15 oranında arttığı gözlenmiştir

Zhou ve ark. [5], ısı depolayan bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Gündüz alınan güneş enerjisini daha sonra iç hava sıcaklığını yükseltmek için plastik bir seraya uygulamışlardır. Bunun için güneş enerjisi depolama ve ısıtma sisteminin tasarımına yardımcı olmak ve sistem performansını değerlendirmek için tek boyutlu bir dinamik model kurmuşlardır. Matlab'da geliştirilen modelin kullanılmasıyla, farklı yüzeylerin ısı kazanım kazanımlarının hesaplanması ve saatlerce ısı depolanması yoluyla plastik serada karakteristik sıcaklıkların tarih-saat değişim modelleri elde edilmiştir.

Li ve ark. [6], PLC ve Kingview'e dayanan akıllı bir sera kontrol sistemi ile bitkilerin ihtiyaç duyacakları sıcaklık, nem ve ışık miktarlarını karşılayacak şekilde bir sistem tasarlamışlardır. Kesin bir kontrol performansı elde etmek zor olan seraların kontrol problemini hedefledikleri bu çalışma, doğru bir tahmin kontrolü elde etmek için bulanık mantık yöntemini kullanmışlardır. Deneysel sonuçlar, önerilen sera sisteminde mahsuller için daha iyi bir ayarlanabilir koşulun sağlanabileceğini göstermiştir. Ayrıca tasarlanan sera akıllı kontrol sisteminin, istikrarlı performansı, kolaylık ve çok yönlülük gibi özelliklere sahip olduğunu ve önerilen sistemin gelecekte uygulanmaya değer olduğu kanıtlanmıştır.

Revathi ve Sivakumaran [7], sera içerisindeki sıcaklığı ölçmekte ve akıllı kontrol cihazları kullanarak, sera temel hacminin enerji dengesine bağlı olarak ısıtma gücünü hesaplamaktadır. Sera dinamiklerinin simülasyon sonuçları, tesisin tam matematiksel modeli olmadan da önerilen yöntemin doğruluğu kanıtlanmıştır.

Castellini ve ark. [8], otomatik sera kontrolü için genel bir mimari geliştirmişlerdir. Özellikle fesleğen tüylü küf enfeksiyonlarının, tatlı fesleğen üzerindeki riskini tahmin etmek için bir ön model üzerinde çalışmışlardır. Mimaride üç ana yenilik unsuru vardır: Bitkilerin durumu hakkında bilgi elde etmek için yeni türden sensörler kullanılır, bu elde edilen bilgileri kullanarak tahmini modeller oluşturulur ve otomatikleştirme teknikleri kullanılır.

Mat ve ark. [9], hassas tarım da verimli sulama sağlamak için Wireless Moisture Sensor Network (WMSN) kullanmışlardır. Çalışmada, özellikle sera ortamındaki tarım uygulamalarında Internet of Things (IoT) ve WMSN yöntemlerini tanımlamışlardır. Bu çalışma, sera bitkilerinin sulanmasında geri besleme kontrol yöntemini açıklamış ve kanıtlamıştır. Bu iki yöntemin farklı olduğunu görmek için bir test yapmışlardır.

Yöntemler program veya geri besleme tabanlı sulama ile sulanmıştır. Sulama programı, belirli zaman dilimlerinde tesise su temin etmektedir. Geri besleme bazlı sulama, nem veya ortam ıslaklığı seviyesi önceden belirlenmiş bir değere ulaştığında bitkinin sulanmasıdır. Test, ağaç başına günde 1,500 ml'lik bir tasarruf olduğunu göstermektedir.

Arif ve Abbas [10], iklim koşullarını izleyerek çıkıştaki farklı cihazları kontrol edebilmek için bir uygulama geliştirdiler. Çeşitli girişler (sensörler) ve çıkışlar (motorlar) kullandılar. Veri toplama olarak belirlenen kontrol devresi (Arduino UNO) vasıtasıyla bilgisayara bağlanıp iklim koşullarına bağlı olan verileri (sıcaklık, nem vb.) almak ve bu verileri görüntülemek için bir grafik kullanıcı arabirimi tasarlamışlardır.

Gaikwad ve ark. [11], Wireless Sensor Network (WSN) teknolojisi Zigbee ile çevresel koşulları denetleme ve kontrol etmede kullanılan sera çevresine uzaktan erişilen bir Android bir uygulama geliştirmişlerdir. Bu uygulama ile maliyetin düştüğü, ekin alanının verimliliği arttığını gözlemlemişlerdir.

Belsare ve ark. [12], akıllı sera otomasyonunun düşük maliyet ve doğruluk gibi sisteme avantajları konusunda çalıştılar. Geliştirdikleri sistem, kullanıcıların Android mobil cihazlarını kullanarak uzak bir yerden seralarını kontrol edebilecekleri bir sera sistemidir. Bu sistem, bitki büyümesi için gerekli olan temel parametreleri (Sıcaklık, nem, toprak nemi ve ışık yoğunluğu vs.) kontrol edebilmektedir.

Zade ve ark. [13], sera içerisinde ki nem ve sıcaklık kontrol ve denetimine web-server ile internet üzerinden erişilebilen bir uygulama geliştirmişlerdir.

Azaza ve ark. [14], sıcaklık ve nem değerlerinin kullanarak enerji ve su kullanımı üzerine bulanık mantık tekniği kullanan bir yöntem geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri yöntem enerji verimliliği üzerine %22 su kullanımında da %33'lük bir tasarruf sağlamıştır

Hwang ve Yoe [15], ürünlerin büyüme ve gelişimi için hassas bir şekilde yönetim gerektiren seralar için bir akıllı sera sistemi geliştirmişlerdir. Bu sistem fiziksel katman, orta katman ve uygulama katmanından oluşur ve her katmanın bileşenleri seralarda büyüme ve gelişme için çevre bilgileri toplayarak yönetir. Bu bilgiler seralara uzaktan manuel ve otomatik kontrol ile gönderilir bu da kullanıcılara kolaylık sağlayıp verimliliği artırır. Sistemin çalıştırılmasıyla elde edilen büyüme ve gelişme ortam verilerine dayanarak sera büyümesi ve gelişimi için optimize edilmiş çevre oluşur. Geliştirilen sistemin sera çiftliklerine uygulanması ile iş gücü maliyetinin düşmesi, kaliteli bitkilerin üretiminin artması ve tarımın rekabet gücünün artmasına yardımcı olacağı beklenmektedir.

Maurya and Jain [16], yaptıkları çalışma da yerleştirdikleri sensörlerden aldıkları sıcaklık ve nem verilerini bulanık mantık kontrol sistemini kullanarak uzaktan kontrol yöntemi ile çiftçilere sulama konusunda önerilere sunmuşlardır.

Guo ve Zhong, [17], bir seranın su yönetimi konusunda bir sistem önermişlerdir. Önerdikleri sistem sensör ağları kullanarak tasarlanan bir seranın su gereksinimi için IoT ve bulut bilişim teknolojisini kullanmaktadır. Sensör ağ yapısında Zigbee protokolünü kullanarak seranın sıcaklık, nem, toprak ve karbondioksit ölçümünü gerçekleştirmişlerdir. Çevresel parametreler kullanıcıya bulut aracılığı ile gönderilmiştir. IoT teknolojisi ile nesnelerin kontrolünü sağlamışlardır. Kullanıcı, bu sistemi kullanarak aktüatör kullanarak yapılacak işlemlerin kontrolünü ele almasını sağlamıştır.

Zhao ve ark. [18], tarımda IoT teknolojisi uygulaması üzerinde çalışmış ve seranın izlenmesi için mobil telsiz iletişim teknolojisi ile bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Yaptıkları çalışma da, IoT teknolojisinin kontrol sistemleri ile entegrasyonunu, tarımsal üretimin fiili durumuna dayalı olarak incelemişlerdir. Kablosuz iletişim ile uzaktan izleme sistemini birleştirmişlerdir. Machine to machine (M2M) destek platformunu kullanmışlardır. Çalışmada, IoT teknolojisine dayalı sera izleme sisteminin belirli bir kontrol hassasiyetine sahip olduğu gösterilmiştir. Çevresel ihtiyaca göre, bu sistem çevre sıcaklığı, nem faktörleri üzerinde otomatik bir kontrol gerçekleştirmiştir. Kullanıcıya kullanım ve serada gerçek zamanlı çevresel faktörleri izleme kolaylığı sunmuştur.

Li ve ark. [19], sera ortamında kablosuz algılayıcı ağ ve internet arasındaki iletimi gerçekleştirmek için bir yöntem geliştirmişlerdir. Sera izleme sisteminin bir parçası olarak Iot kullanmışlardır. Uygulama, ağ geçidinin güvenilir, uyumlu ve genişletilebilir olduğunu göstermiştir. Bu ağ geçidi ile sera izleme sistemi seranın gerçek zamanlı tespitini ve kontrolünü gerçekleştirmiştir.

Batista ve ark. [20], Bitkilerdeki gelişimleri kontrol etmek için IoT tabanlı bir sera kurmuşlardır. Bitkilerin ihtiyaç duydukları sulama ve nem gereksinimlerini karşılayan bir sistem geliştirmişlerdir. Üretimi test edilecek ürün olarak salatalık kullanmışlardır. Tasarlanan sistem bulutta çalışan elektronik devre, sensörler, mobil iletişim, aktüatörler ve yazılımdan oluşmuştur. Burada çevresel değişkenlerden elde edilen veriler, substrat koşulları ve ölçümler araştırmacılar tarafından uzaktan analizleri için internete gönderilmiştir.

Villalobos ve ark. [21], ortamdaki nem, sıcaklık, ışık ve yoğunluk döngüsü gibi topladıkları verileri geliştirdikleri Smartleaf sistemi ile bitkilerin büyüme koşullarını

izlemiş ve kontrol etmişlerdir. Veriler geliştirdikleri Android uygulama üzerine görüntülenmiş ve web bulutunda depolanmıştır.

Chen ve Chein [22], gerçek zamanlı Splunk analiz platformu ile IoT tabanlı bir sera sistemi önermişlerdir. Sıcaklık, parlaklık, nem verilerini almışlardır. Kullanıcılar verileri kolayca izleyebilir ve kontrol edebilir. Ek olarak, veriler otomatik ve gerçek zamanlı bir Splunk platformuna iletilir. Bu çalışma ile hava koşullarının doğru bir şekilde yansıtılabildiği, hava koşulları arasındaki ilişkilerin doğru bir şekilde kurulduğu ve bitki büyüme eğilimleri etkin bir şekilde izlenebilmesi sağlanmıştır.

1.2. Tezin Amacı ve Kapsamı

Son zamanlarda teknolojiye gelişmelerle beraber nesnelerin kontrol edilebilmeleri daha kolay ve yaygın hale gelmiştir. Bu gelişmeler günlük hayatımızda birçok konu da avantajlar sağlamıştır. Bu tez çalışmasının amacı sera ortamını izleyip yetiştirilecek olan ürünlerin ihtiyaçlarını etkin ve kolay bir şekilde kontrol edebilmektir. Bu doğrultuda tez süresince aşağıdaki çalışmalar yapılmıştır.

Sera iç iklim parametrelerini kullanarak bir seranın ısıtılması için harcanan ısı enerjisinin yumuşak hesaplama teknikleri ve ısı kayıp –kazanç yöntemleri ile hesaplanması.

Seralar da sensörler ile ölçülen sıcaklık, bağıl nem, toprak nemi ve ışık miktarlarına bağlı olarak kontrol edilmesi gereken ısıtma, soğutma, sulama, ışıklandırma ve gölgelendirme fonksiyonlarının bulanık mantık sistemi ile kontrol edilerek kullanıcıya uzaktan serayı izleyebilmesi ve kontrol edebilmesi için mobil tabanlı bir uygulama geliştirilmiştir.

1.3. Tezin Yapısı

Bu tez çalışması beş bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünde, tez hakkında genel bilgiler, daha önceden gerçekleştirilen çalışmalar, tezin amacı ve kapsamı yer almıştır.

İkinci bölüm de nesnelerin interneti teknolojisi, bu teknolojiye kullanılan kablosuz sensör ağları ile haberleşme protokolleri ve bu konu da geliştirilen akıllı sera uygulamaları açıklanmıştır.

Üçüncü bölümde tez de kullanılan yumuşak hesaplama tekniklerinden bulanık mantık ve yapay sinir ağları açıklanmıştır.

Dördüncü bölüm de geleneksel ısı kayıp-kazanç yöntemi ile yumuşak hesaplama tekniklerinden bulanık mantık ve Yapay Sinir Ağları (YSA) kullanılarak Elazığ ilinde belirlenen bir seranın ısıtma ihtiyacının olacağı aylar için ısıtma ihtiyacı tahmin edilmiştir. Belirlenen üç yöntemin karşılaştırması yapılarak hangi yöntem/yöntemlerin uygun olduğu belirlenmiştir.

Beşinci bölüm de gerçek zamanlı olarak Elazığ ilinde bulunan bir seraya kablosuz sensör ağları kullanılarak oluşturulan yapı (sensörler, Arduino Uno kartı ve Xbee modülleri ile tasarlanan) sonucu seranın çevre birimleri bulanık mantık yöntemi ile kontrolü sağlanıp geliştirilen Android tabanlı mobil arayüz aracılığı ile seranın izlenmesi ve seraya uzaktan erişim yapabilen uygulama hakkında bilgi verilerek uygulamanın deneysel sonuçları sunulmuştur.

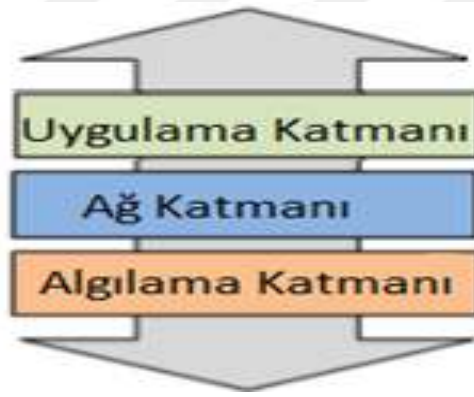
Son bölümde, diğer bölümler de gerçekleştirilen uygulamaların analiz sonuçları ile ilgili değerlendirmeler ve öneriler yer almaktadır.

2. NESNELERİN İNTERNETİ

Nesnelerin interneti, kablolu ve kablosuz bağlantıları kullanarak birbirleriyle etkileşim kurabilen nesneler veya nesnelerle işbirliği yapabilen teknolojik bir süreçtir. Nesnelerin internetinin amacı, herhangi bir zamanda, herhangi bir yerde, herhangi bir yolla, herhangi bir ağı ve herhangi bir hizmeti kullanarak nesnelerin arasındaki bağlantıyı sağlamaktır [23].

2.1. Nesnelerin İnternetinin Katmanları

Nesnelerin interneti Şekil 2.1’de verilen katmanlardan meydana gelmektedir.



Şekil 2. 1. Nesnelerin internetinin katmanları

Algılama Katmanı: Algılama katmanı tanıma katmanı olarak da adlandırılır. Algılama katmanı, geleneksel nesnelerin interneti mimarisinin en alttaki tabakasıdır. Bu katmanın sorumluluğu, nesnelerden veya ortamdan (WSN, heterojen cihazlar, sensörler gerçek dünya nesneleri, nem ve sıcaklık gibi) bilgi veya veri toplamak ve bunları bir dijital ortamda dönüştürmektir. Nesneler genellikle Radyo Frekanslı Tanımlama (Radio Frequency Identification, RFID), Bluetooth, Yakın Alan İletişimi (Near Field Communication, NFC), Düşük güç kişisel alan ağı (IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks, 6LoWPAN) gibi kısa mesafeli teknolojileri kullanarak haberleşmeyi sağlamaktadır [24].

Ağ Katmanı: Ağ katmanı algılama katmanı tarafından algılanan verileri toplar. Ağ katmanı, OSI modelinin ağ ve taşıma katmanı gibidir. Verileri alt katmandan toplar ve

internete gönderir. Ağ katmanı sadece sensör ağına ve diğeri internete bağlı bir arabirime sahip olan bir ağ geçidini içerebilir. Bazı senaryolarda, ağ yönetim merkezi veya bilgi işlem merkezi içerebilir [25].

Uygulama Katmanı: Orta katmanda işlenmiş bilgiye göre dâhili uygulamaların yönetiminden sorumludur. Örnek olarak akıllı ev, akıllı telefon, akıllı otomobil, akıllı taşımacılık vb. verilir.

2.1.1. Kablosuz Sensör Ağları

Kablosuz sensör ağları, bulundukları yerden sahip olduğu yetenekler sonucunda veriler toplayan ve bu topladıkları verileri diğer sensör düğümleri aracılığıyla merkez istasyona ulaştıran sensör düğümlerinin oluşturduğu ağ yapısıdır [26]. Sensör düğümleri veri toplama, veri işleme, haberleşme ve bunun yardımıyla fiziksel olayların takip edilmesinde kullanılmaktadırlar [27].

Kablosuz sensör ağlarının birden fazla avantajı bulunmaktadır. Güvenilirlik, düşük güç tüketimi, esneklik, doğruluk ve kurulum kolaylığı bu özelliklerin en başında gelmektedir. Kablosuz sensör ağları insan uğraşına gerek duymayan fiziksel olarak ayrılmış birçok düğüm içerebilir. Bir düğümün kapsadığı alan küçük olsa da yoğun bir şekilde dağıtılan düğümler iş birliği içinde ve eş zamanlı olarak çalıştığından dolayı ağın kapsadığı alan da arttırılmış olur. Sensör düğümleri tehlikeli bölgelere de bırakılabilirler ve dört mevsim çalışabilirler, böylece bu düğümler algılama vazifelerini her daim yürütebilirler.

Bütün sensör düğümleri kablosuz iletişim kabiliyetine ve sinyal işleme ile veri yayımına yetecek donanıma sahip şekilde üretilir. Sınırlı enerji, işlem yapma gücü ve iletişim kaynaklarına sahip olduğundan geniş bir alanda gerekince yüksek sayıda sensör düğümü kullandırmayı gerektirmektedir. Büyük sayıda sensör düğümleri kullanımı sensör ağının hareketli olan nesnenin gerçek hızı, nesnenin yönü, nesnenin boyutu ve özelliklerini, tek bir sensöre kıyasla daha yüksek bir doğrulukta bildirilmesini sağlamaktadır. Üstelik kablosuz sensör ağlarının daha da küçültülmüş boyutları, düşük fiyatları ve kurulum aşamasındaki kolaylıkları ile maliyetlerini de düşürmektedirler. Aynı zamanda sensör düğümleri tüm çevre ortamlarında uygulanmaya müsait olup özellikle de kablolu ağların çalışmasının zor veya imkânsız olduğu alanlar ile asla kullanılamayacağı ormanlık, savaş alanları, atmosferin dışında, derin okyanusların bulunduğu gibi yerlerde kullanılırlar [28].

Kablosuz sensör ağlar; geniş bir alanda, değişik uygulama yerleri için devrimsel algılama yetenekleri sunmaktadır. Bunun nedeni sensör ağlarının

- Güvenilirlik
- Esneklik
- Doğruluk
- Kurulum
- Maliyet verimliliği

özelliklerinden birkaçına sahip olmasıdır [29].

Gelişmesi hala devam eden bu teknolojinin ürünlerinin ayrıca da sağlık, askeri ve güvenlik alanları olmak üzere; orman yangınları, deprem, sel gibi doğal afetlerin yerlerinin tespiti, hareket eden nesnelerin algılanması ve nesnenin iç kısmının algılanması, birden fazla sayıda nesnenin bir anlık görüntülenmesi gibi çalışmalarla insan hayatını da dolaylı yoldan da olsa kolaylaştırması beklenmektedir [30].

2.2.Nesnelerin İnternetinde Bağlantı Protokolleri

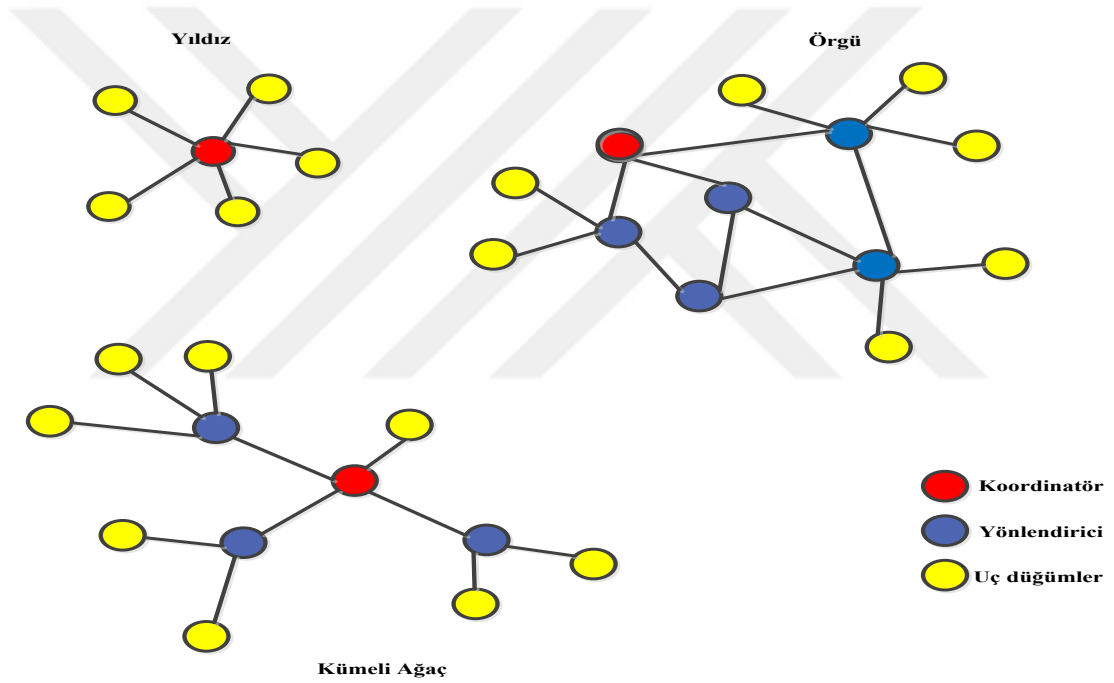
IoT cihazları genellikle internete IP (Internet Protokolü) ile bağlanır. Karmaşık bir yapıya sahip olan IP, bağlantı cihazlarından büyük miktarda güç ve bellek talep etmektedir. IoT cihazları, daha az güç tüketen ve bir akıllı ağ geçidi üzerinden internete bağlanan ağlar üzerinden de yerel olarak bağlanabilir. IoT dünyasında kullanılan lider iletişim teknolojileri IEEE 802.15.4, WiFi, 6LoWPAN, RFID, NFC, Sigfox, Uzun Menzilli Geniş Alanlı Ağ (Long Range Wide Area, LoraWAN) ve kablosuz ağlar için diğer özel protokollerdir [31].

IEEE 802.15.4 standartlı, bir Kişisel Alan Ağı (Personal Area Network, PAN)'a radyo iletişimi ile bağlanan cihazları temel alan protokolü tanımlamaktadır. Standart olarak CSMA/CA ortam erişimini kullanıp, yıldız, peer-to-peer (eşler arası) vb. topolojileri desteklemektedir. Bir IEEE 802.15.4 (ZigBee) ağı en az bir tane tam fonksiyonlu cihaza ağ yöneticisi olarak ihtiyaç duyar, ama ağın uç cihazlarını, sistem maliyetini azaltmak için fonksiyonelliği azaltılmış cihazlar olarak kullanabilirler [32].

Wifi, 1990'larda geliştirilen çok yaygın bir kablosuz teknolojidir. Yeral Alan Ağı (Local Area Network, LAN) ağdaki makineleri bağlamak için kullanılır. Wi-Fi bir kablosuz Ethernet gibidir. Wi-Fi, bir Kablosuz Yerel Alan Ağı (Wireless Local Area Network, WLAN) teknolojisidir. Sadece 100 metrelik küçük bir alanı kaplar [33].

Zigbee, Zigbee, sadeliği, düşük güç kullanımı ve güvenli ağ olanakları ile bilinen bir iletişim protokolüdür. Zigbee, düşük veri hızı antenli kablosuz kişisel alan ağlarının (Wireless Personal Area Network, WPAN) çalışma noktasını tanımlayan IEEE 802.15.4 standardına dayanmaktadır. Zigbee kullanan cihazlar, link kalitesi ve enerji tespiti gibi özelliklerle tasarlanmıştır, bu da RSSI gibi ölçümlerin kolayca belirlenmesini sağlar. Zigbee, düşük güç gereksinimleri nedeniyle WSN lokalizasyonu için yaygın olarak kullanılır [34].

ZigBee teknolojisi yıldız, örgü ve kümeli ağaç olmak üzere üç temel topolojiyi kullanmaktadır. Bunlar Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. 2. Zigbee topolojileri

Yıldız topolojisinde merkezden yönetilme ve merkezi haberleşme yapısı bulunmaktadır. Ağ mimarisi merkezde bulunan koordinatör düğüme dayanır. Uç düğümler sadece doğrudan merkezdeki koordinatör düğüm ile haberleşirler. Koordinatör bir PAN ID belirler. Tanımlanan bu ID ortamdaki diğer hiçbir ağda tanımlanmamış olur. Yıldız topolojisinde merkezi yönetim gerçekleştiği için güç tüketimi fazla olur. Büyük ölçekli yapıda ki ağlarda adresleme yapılırken sıkıntılar yaşanmaktadır.

Örgü topolojisinde herhangi bir düğüm başka bir düğüm ile haberleşebilir. Ağ esneklik kazandırır ama uçtan uca haberleşme de karmaşıklık oluşturur. Örgü topolojisinde

düğümlemler arasında tek rota olmadığı için güç verimliliği daha iyi olur yani güç tüketimi yıldız topolojisine göre daha az olur.

Ağaç topolojisi düşük güç tüketimi ve maliyeti ile en uygun topoloji olarak kabul edilir. Ağaç topolojisi verimli olmasına rağmen sınırlı yönlendirme ve bant kullanımı sorunları bulunmaktadır. Ağaç topolojisinde bağlantıda herhangi bir kopukluk yaşandığında veri akışı ertelenir ve yeniden kurtarma işlemleri başlanır bundan dolayı oluşan iş yükü artar. Bu topoloji kaynak düğüm ile hedef düğüm arasında tek bir yol kullandığından hafızada fazla veri tutmaz dolayısıyla hafıza yönetimi konusunda örgü topolojiye göre daha iyidir [35].

Bluetooth, kablo ile bağlanma sorununu ortadan kaldıran kısa mesafe radyo frekansı (RF) teknolojisidir. Bilgisayarların, çevre birimlerinin ve diğer cihazların herhangi bir kablo bağlantısı kurmadan birbirleri ile haberleşmelerini sağlamaktadır. Bluetooth haberleşmesi 2.4 Ghz ISM frekans bandında çalışıp, ses ile ver gönderimi yapar ve 721 kbps'a kadar veri aktarabilir [36]. Kablosuz haberleşmede en çok kullanılan teknolojilerin genel karşılaştırılması Tablo 2.1'de gösterilmiştir.

Tablo 2. 1. Haberleşme teknolojilerinin karşılaştırılması

Kategori	Zigbee	Bluetooth	Wi-Fi
Mesafe	50 -1600 m	10 m	50 m
Genişleme	Otomatik	Yok	Ağın varlığına bağlı
Batarya Ömrü	Yıllar	Günler	Saatler
Karmaşıklık	Basit	Karmaşık	Çok Karmaşık
İletim Hızı	250 Kbps	1 Mbps	1 – 54 Mbps
Frekans Aralığı	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz
Ağdaki Düğüm Sayısı	65535	8	50
Bağlantı Zamanı	30 ms	>10 s	>3 s
Maliyet	Düşük	Düşük	Yüksek
Güvenlik	28 bit AES	64 bit, 128 bit	SSID
Güvenilirlik	Yüksek	Yüksek	Normal
Kullanım Kolaylığı	Kolay	Normal	Zor

2.3. Nesnelerin İnterneti Uygulamaları

Nesnelerin interneti, insan hayatını daha kolay, güvenli ve akıllı bir hale getiriyor. Akıllı şehirler, evler, ulaşım, enerji ve akıllı çevre gibi birçok uygulama vardır [37]. Bu alanlarda daha kaliteli hizmetler sunmak, üretkenlik ve verimliliği arttırabilmek için sensörlerden çere parametreleri ile ilgili veriler toplanır. Toplanan bu veriler büyük veriyi oluşturur ve bulut bilişim hizmetleri üzerinde depolanır. Yapay zekâ yöntemleri ile toplanan verilerin analizi yapılarak hizmetlerin iyileştirilmesi sağlanır.

2.3.1. Akıllı Sağlık Uygulamaları

Akıllı sağlık uygulamaları, sağlık hizmetleri uygulamasına büyük bir katkı sağlar. Hastalara engel oluşturmada fizyolojik durumu toplayan sensörler, sağlık parametrelerini izleme, bu konuda doğru tıbbi desteğin verilmesine yardımcı olurlar. Ek olarak ekstra sağlık masraflarından kaçınılmasına da katkı sağlar.

2.3.2. Akıllı Çevre Uygulamaları

IoT ile hava durumu, kirlilik kontrolü ile yangın, deprem, tsunami gibi afetler erken uyarı sistemleri sayesinde uyarı sistemleri yapılabilmektedir. Bulut tabanlı IoT uygulamalar sayesinde hava, su, toprak gibi sensörlerle algılanan çevresel parametreler etkili bir şekilde izlenebilir duruma gelmektedir.

2.3.3. Akıllı Su Uygulamaları

Su, canlılar için hayati bir kaynaktır ve günümüzde onun yönetimi oldukça önemli bir konudur. Akıllı su uygulamaları şehirlerdeki musluk suyu kalitesi için içme suyu izlenmesi, su kaçaklarının tespiti için tanklardaki ve boru hatlarındaki basınç değişimlerinin saptanması, akarsularda fabrikaların atıklarını algılayan kimyasal sızıntı tespiti, denizlerdeki gerçek zamanlı kirlilik seviyesi ölçümleri, havuz koşullarının kontrolü, olası taşkınlar için nehir ve barajların su seviyesi değişimlerinin izlenmesi gibi konuları kapsamaktadır.

2.3.4. Akıllı Sera Uygulamaları

Artan dünya nüfusunun gıda talebini karşılamak için tarım ürünlerinden elde edilen verimin arttırılması gerekmektedir bunun için de seralar kullanılır. Seralar organize bir şekilde bitki üretiminin gerçekleştiği yapılardır [10]. Sera yetiştiriciliği, kalite standartları ile artan rekabet gücü ve koşullara sahip bir pazarla başa çıkmak için geliştirilmiştir. Seralar bu nedenle oldukça sofistike ve pahalı bir hale gelmiştir. Bu nedenle, rekabetçi kalmak isteyen sera yetiştiricileri, üretim koşullarını en iyi şekilde kontrol ederek yatırımlarını maksimize etmelidir. Sera bilgisayar iklim kontrol sisteminde üç temel bileşen vardır: sensörler, bilgisayar ve aktüatörlerdir. Sensörler, bitki büyümesi için önemli olan bilgileri toplamak için kullanılır. En yaygın olarak toplanan bilgiler sıcaklık ve bağıl nem içerir. CO₂, ışık, buhar basıncı açığı, toprak gerginliği gibi diğer çevresel bilgiler de daha özel bitki düzenlemeleri için kullanılmaktadır.

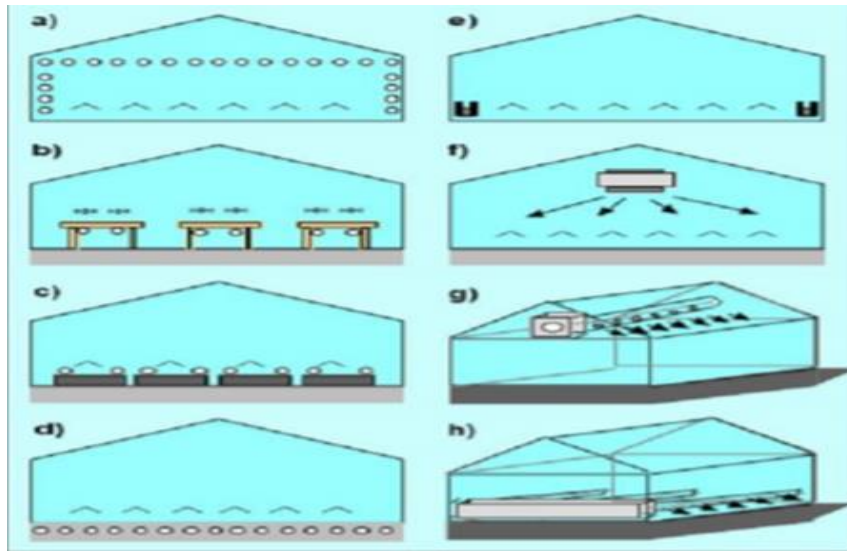
Sera için uygun iklim koşullarının sağlanması seranın yapısına ve serada kullanılan donanımlara bağlıdır. Serada kullanılacak olan donanım seranın büyüklüğüne ve hacmine göre tasarlanır. Isıtma, soğutma, gölgeleme, sulama ve ışıklandırma seranın donanımını oluşturur. Sera yetiştiriciliğinde akla ilk toprak gelir fakat topraktan kaynaklanan birçok problem de mevcuttur. Karşılaşılan bu sorunlar topraksız tarım olarak adlandırılan bir yetiştirme şeklini ortaya çıkarmıştır. Bitkilere gerekli olan su ve besin miktarının köke verilmesi ile topraksız tarım kavramı ortaya çıkmıştır. Sera yetiştiriciliği ve topraksız tarım uygulamalarında seranın ekonomik getirisi ürünün üretim ve maliyet değerlerine bağlı olmasından dolayı beklenen üretimi gerçekleştirmek ve ürünün kalitesini arttırmak için sera içinde kullanılan klima gibi donanımlar rasyonel bir şekilde işletilmelidir. Bunları gerçekleştirebilmek için de sera içlerinde enerji yönetimi, iklim yönetimi ve kök bölgesi yönetiminin hiyerarşik bir şekilde birleşerek oluşturdukları bir model kullanılır. Bir bitkinin gelişimi sadece iklimle veya sadece gübreleme ile sağlanamamaktadır. Kullanılan tüm nitelikler kontrol edilmelidir. Bitkinin beslenmesi ve iklimlendirilmesinin birlikte gerçekleşebildiği uygun koşullar sağlandığında kaliteli bir yetiştiricilik yapılmış olur. Günümüz seralarının geniş alanlarda ve üretimi de endüstriyel bir seviyede uygulanması gereklidir. Yüksek teknolojik olanaklara sahip olarak hazırlanan seralarda tek çatı altında 10 000 m² - 100 000 m² alanında 4.5m – 6.5 m yüksekliğinde hacmi olacak şekilde oluşturulmalıdır. Seradaki çevresel koşullar, saatlere, mevsimlere bitkilerin büyümelerine bağlı olarak hem yatayda hem de dikeyde sürekli bir değişim gösterir. Aynı seranın her

bölgesinde aynı iklim özellikleri görülmez. Bir sera içerisinde birden fazla iklim özellikleri oluşur. Farklı iklimler görülmesinde sera dışı etmenlerin yanında sera içi etmenler de etkilidir. Hava sıcaklığı, bağıl nem, ışık şiddeti ve toprak nemi seraların içinde etkili olan iklimsel faktörlerdir.

Sıcaklık faktörü kontrol altında tutulması gereken en önemli parametredir. Genellikle seralarda yetiştirilen bitkiler ılıman iklim bitkileridir ve ortalama sıcaklık istekleri 17 °C - 27 °C arasındadır. Alt sınır sıcaklık değeri 15 °C üst sınır sıcaklık değeri ise 35 °C'dir. Sıcaklık 15°C'nin altına indiği durumlarda seraların ısıtılması 35 °C'nin üstüne çıktığı durumlarda ise seraların soğutulması gereklidir.

Seralarda kontrol edilmesi gereken diğer parametre de bağıl nemdir. Genel olarak seralarda-ki bağıl nemin %60-%90 aralığı bitkilere önemli bir etki sağlamaz. Ama bağıl nem miktarının %60'ın altında olduğu ve havalandırmanın yapıldığı alanlarda bitkilerin taze yapraklarında su stresine neden olabilir.

Seranın iç sıcaklığı uzun vadede 30 °C-35°C'yi bulmamalıdır. Havalandırma sisteminde de havalandırma pencereleri ani bir şekilde kontrol edilmemelidir. Ani değişimler bitkiler üzerinde strese yol açmaktadır. Seranın ısıtılması bitkilerin yetiştirilme şekline, ürünlerin desenlerine ve iklim koşullarına göre farklı ısıtma yöntemleri uygulanarak gerçekleştirilir. Seralarda kullanılan ısıtma sistemleri Şekil 2.3. 'de gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Sera ısıtma sistemleri [4]

(a) üstten boru ile ısıtma sistemleri, (b) masa altı ısıtma sistemleri, (c) alt borulu ısıtma sistemleri, (d) toprak ısıtma, (e) lateral ısıtma, (f) sıcak hava üretici, (g) üstten sıcak hava dağıtıcı, (h) alttan sıcak hava dağıtıcı

Isıtma günümüz koşullarında teknik bir sorun değildir, ancak sorun ekonomik ısıtma yönteminin kullanılması veya kullanılmamasıdır. Enerji kullanımının artmasına bağlı olarak artan enerji fiyatları sera yetiştiriciliğinde yapısal değişimler yapmaya, otomasyon ve kontrol teknolojisinin kullanımını gerektirmiştir. Seraların ısıtma donanımı genellikle seranın iç ve dış neminin eşitlendiği sonbahar ve kış ayları için önemli olmaktadır. Seralardaki artan nem değerini kontrol edebilmek için ısıtma işlemi ve kısa aralıklarla hava dolaşımı fanları ile çalıştırılmalıdır. Bu işlemler yapılarak havanın su tutma hacmi artırılıp bağıl nem miktarı düşürülür. Ülkemizde ısıtma işlemi genel olarak soğuk ve donlardan korunmak için yapılırken gelişmiş ülkelerde verimi artırma ve nemi azaltabilmek için yapılmaktadır. Antalya’da bitki şartları göz önüne alınarak ısıtma yapıldığında verimin yaklaşık %65-%80 oranlarında arttığı, verimdeki bu artışında ısıtma işlemi için yapılan harcamaların üçte birini karşıladığı görülmüştür.

Seralarda soğutma işlemi için genellikle buharlaşma yolu ile soğutma kullanılır. Buharlaşma ile soğutma yapılırken sıcaklık ve nem etkili bir şekilde kontrol edilir. En çok kullanılan buharlaşma sistemi Fog/Mist sistemidir. Bu sistem de yüksek basınçlı küçük bir damla (2 - 60 dropm damlacık çapı) suyun püskürtülmesine dayanmaktadır [38]. Ortama püskürtülecek su miktarı; seranın hacmine, bulunduğu coğrafi bölgenin iklim koşullarına göre belirlenen en yüksek sıcaklık ve en düşük nem oranı esas alınarak istenilen nem oranına göre psikometri diyagram kullanılarak hesaplanır.

Gölgelendirme sistemleri istenmeyen radyasyon ışıklarını engeller ve fotosentez için önemli fotosentetik aktif radyasyona izin vermez [39]. Gölgelendirme, genellikle soğutma veya havalandırma için yapılan üst pencerelerin açılıp kapanması ile sağlanır [40].

Sulama sistemleri için genellikle bitki köklerine yerleştirilen tansiyometrelerden okunan değerlere göre su potansiyeli ölçülür. Su potansiyeli 15 KPa-20KPa aralığında başarılı olduğu kabul edilmektedir [41].

Işıklandırma sistemleri için genellikle LDR sensörlerinden okunan değerler göz önüne alınarak bitkilerin ışık doyma noktalarına göre gölgelendirme filmi ve ışığın dolgu miktarı kontrol edilerek sağlanır. Işığın yoğunluğu ölçülürken Denklem 2.1 kullanılır. Denklem 2.1’de E ışık yoğunluğu, e_i ölçülen değerleri, n brüt hatası hariç tutulan ölçümlerin sayısı, $\bar{e}$ ölçülen değerlerin ortalaması, σ_e ölçülen değerlerin standart sapmasıdır [42].

$$E = \sigma_e = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (e_i - \bar{e})^2} \quad (2.1)$$

3. YUMUŞAK HESAPLAMA TEKNİKLERİ

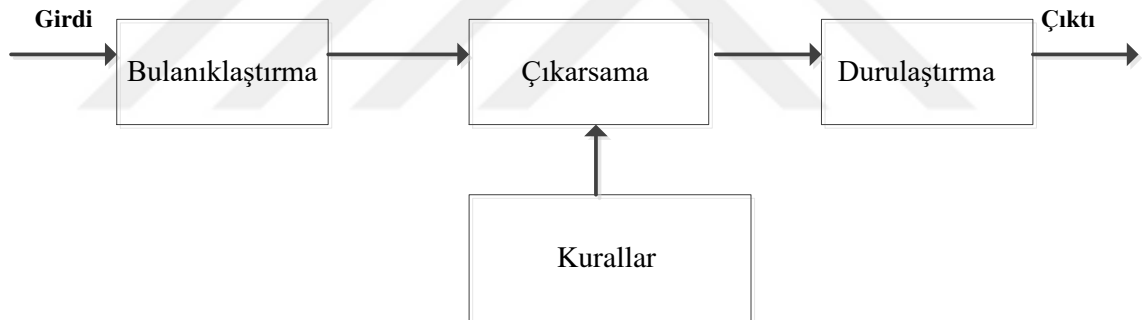
Bu tez çalışmasında seraların ısıtma ihtiyaçlarının hesaplanmasında yumuşak hesaplama tekniklerinden yapay sinir ağları ve bulanık mantık yöntemleri kullanılmıştır.

3.1. Bulanık Mantık

Bulanık mantık, insan matematiğini standart matematikle birleştirmek için bir çerçeve ve esneklik sağlayan, basit ve sağlam analitik çözümler üreten karmaşık veya yanlış tanımlanmış mühendislik problemlerini çözmede kullanılır.

Bulanık mantık algoritması belirli bir matematiksel ifadeyi işlemez, ancak dilbilimsel değişkenlere dayalı çıkarım kurallarını kullanır [43].

Bulanık mantık yapısı Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3. 1. Bulanık mantık yapısı

Bulanıklaştırma : Girdiyi, bulanık bilgi tabanında saklanan üyelik işlevlerini kullanarak bir dil değişkenine dönüştürür. Lojik mantık sadece 0 ve 1 olmak üzere iki olasılıktan oluşurken bulanık mantık girdileri açıklamak için gerekli olan olasılıkları gösteren dilsel değişkenlerden oluşur. Bu adımda net değerler dilbilimsel değişkenlere dönüştürülür [44].

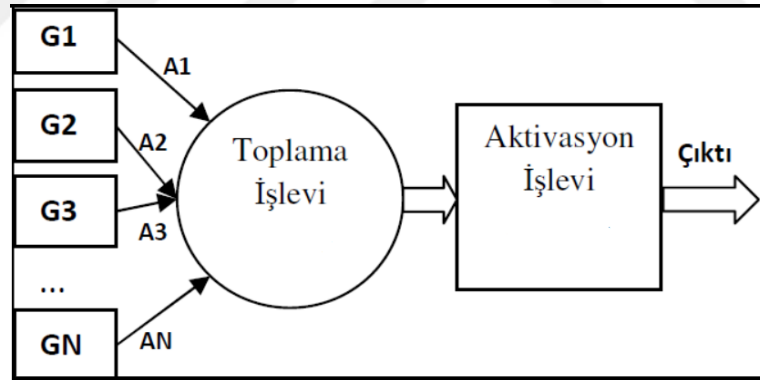
Kurallar: Giriş değişkenleri ile çıkış değişkenleri arasındaki bağlantıyı sağlayan mantıksal yapılardır. Bu kurallar yazılarak girdiler ile çıktılar arasında oluşabilecek tüm bulanık küme bağlantıları belirlenir. Bunun sonucunda belirlenen her bir kural girdiyi çıktıya mantıksal olarak bağlamaktadır. Bu mantıksal bağlantılar kural tabanını oluşturmaktadır [45].

Çıkarsama: Oluşturulan bulanık kural tabanındaki giriş ve çıkış kümeleri arasında kurulan ilişkilerin hepsini toplayıp sistemin çıkışlı davranmasını sağlayan işlemleri içerir. Max-min çıkarım yöntemi, max-prod çıkarım yöntemi veya toplam sonuç çıkarım yöntemleri kullanılır [43].

Durulaştırma: Genellikle net çıktıya dönüştürülmesi gereken bulanık sonuçları net olarak dönüştürmek için, durulaştırma yapılır [46].

3.2. Yapay Sinir Ağları

YSA insanın sinir sistemini temel alarak öğrenme yoluyla yeni bilgiler öğrenebilme, yeni bilgiler üretebilme, yeni bilgiler keşfedilme gibi işlemleri gerçekleştiren sistemdir. Yapay sinir ağı beş temel elemandan oluşmaktadır. Bunlar girdiler, ağırlıklar, toplama fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıktılarıdır [47]. Her nöron, bağlantı ağırlıkları ile orantılı olarak diğer nöronlardan çok sayıda girdi alır ve birçok başka nörona yayılabilen tek bir çıktı üretir [48]. YSA yapısı Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3. 2.Yapay sinir ağı yapısı

Giriş Katmanı: Giriş veri gruplarının ağa tanıtıldığı katmandır. Giriş katmanlarındaki parametreler analizden önce seçilmelidir. Bir giriş katmanındaki nöronların sayısı, giriş verilerinin sayısına eşittir; Her giriş nöronu, bir sonraki katmana olan gizli katmana iletilir.

Gizli Katman: Gizli katman ağı temel işlevidir. Bu katmanda, giriş katmanından alınan veriler doğru bir şekilde işlenir ve daha sonra çıktı katmanına iletilir.

Çıkış katmanı: Ağdaki son katmandır ve gizli katmandan alınan verileri işler ve çıktıyı oluşturur. Nöronların sayısı, ağ tarafından alınan çıkış sayısına eşittir. Elde edilen değerler

yapay sinir ağındaki problem için çıktı değerleridir. Öğrenme çıktı katmanında gerçekleşir. [49].

YSA modellerinde girişlerin çıkış üretebilmesi için öncelikle ağı eğitilerek öğrenmesidir. Birden fazla yöntem ile öğrenme işlemi gerçekleştirilir. YSA'lar öğrenme yöntemlerine göre üçe ayrılır. Bunlar danışmansız, danışmanlı ve destekleyici öğrenmedir [50].

YSA'lar sinirler arasında oluşan bağlantıların yönleri veya ağıdaki işaretlerin akış yönleri göre ikiye ayrılır. Bunlar ileri beslemeli ve geri beslemeli ağlardır [51].

İleri beslemeli ağlarda işlemci elemanlar katmanlara ayrılmış şekildedir. Girdi katmanından çıktı katmanına doğru tek yönlü bağlantı şeklinde işaretler iletilir. İleri beslemeli ağlarda katmanlar şeklinde düzenlenen hücrelerin çıkışları bir sonra gelen katmanın ağırlıkları üzerinden giriş olarak sunulur. Girdi katmanında dış ortamdan alınan veriler üzerinde hiçbir değişiklik yapılmadan gizli katmana iletilir. Verilerin işlenmesi orta ve çıkış katmanında yapıp ağ çıkışı belirlenir [52]. Çok katmanlı algılayıcılar ve öğrenme vektör nicelendirmesi ileri beslemeli ağlara örnek olarak verilebilir [53].

Geri beslemeli ağlarda çoğunlukla danışmansız öğrenme kuralları uygulanır. Bu ağlar da en az bir hücre çıkışı kendisine veya diğer hücrelere giriş olur ve bir geciktirme elemanı kullanılarak geri besleme yapılır. Geri besleme hem katmanlardaki hücreler arasında hem de katmanlar arasındaki hücreler arasında da oluşabilir. Bu özellikleri ile geri beslemeli ağlar, doğrusal olmayan dinamik bir yapıdadır. Hopfield, Elman ve Jordan ağları geri beslemeli ağlara örnek olarak verilebilir [54].

4. YUMUŞAK HESAPLAMA TEKNİKLERİ KULLANARAK SERA ISITMA SİSTEMLERİ

Bu çalışmada, bir seranın iklim koşulları dikkate alınarak seranın ısıtma ihtiyacı yumuşak hesaplama teknikleri kullanılarak hesaplanmıştır. Sera yetiştiriciliğinde ısıtma giderleri üretim maliyetleri içerisinde en önemli unsurdur. Bu nedenle, seralarda ısı ihtiyaçlarının doğru bir şekilde hesaplanması üretim maliyetlerinin düşürülmesi açısından son derece önemlidir. Sera içi ısı gereksinimi yapay sinir ağları, bulanık mantık ve geleneksel ısı transferi yöntemleri kullanılarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar yapılırken ortamın sıcaklığı, nemi, yetiştirilen ürünün özellikleri, seranın bulunduğu bölge, kullanılan malzemeler, gibi faktörler göz önüne alınmıştır.

Bu çalışmada, Elazığ ilinde kurulan bir seranın 2017 yılında ısıtma ihtiyacının olduğu aylar Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Ekim, Kasım ve Aralık olarak belirlenmiştir. Plastik örtü kullanarak tasarlanan seranın birim taban ve yüzey alanı için ısıtma ihtiyacı bulanık mantık, YSA ve ısı transfer yöntemleri kullanılarak belirlenmiştir. Bir sera tüm yıl boyunca üretim yapılacak şekilde tasarlanmalıdır. İklim verileri seranın kurulduğu bölgeye en yakın meteoroloji istasyonundan sağlanmıştır. Kullanılan veriler meteorolojik veriler olarak sıcaklık, bağıl nem ve ısıtma derece gün verileri, konumsal veriler olarak enlem, boylam ve rakım kullanılmıştır. 2017 yılına ait sıcaklık ve bağıl nem değerleri Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınmıştır.

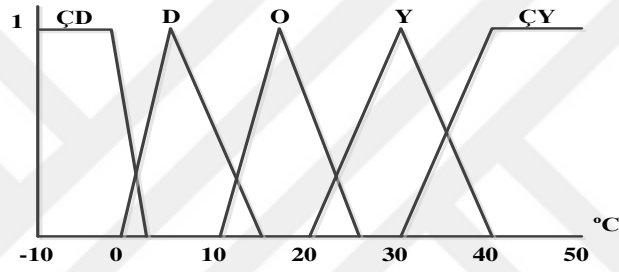
Seralarda sıcaklık, hava nemi gibi değişkenler takip edilip kontrol edilmelidir. Bu kontrol işlemi için bulanık kontrol sistemi tasarlanmıştır. Uygulama da kullanılan bulanık mantık kontrol sistemi 2 giriş tek çıkıştan oluşmuştur. Giriş verileri, sıcaklık (°C) ve bağıl nem (%); çıkış verisi de ısıtma miktarı (KW) olarak belirlenmiştir. Tasarlanan bulanık sistemin giriş, çıkış verileri ile sözel değişken özellikleri Tablo 4.1’de verilmiştir. Girişlerin çıkışları en uygun şekilde ayarlayabilmesi için algoritmanın geliştirilmesi gereken en uygun şartlar belirlenmiştir.

Tablo 4. 1.Bulanık mantık sisteminin özellikleri

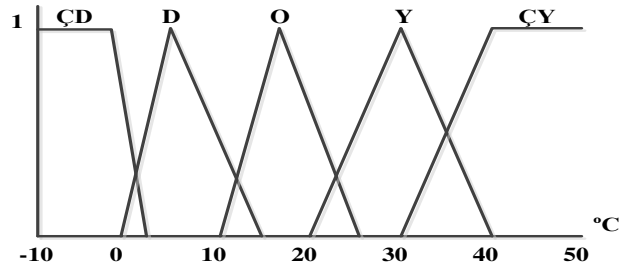
Değişkenler		Değer Aralığı	Sözel Değişkenler
Giriş	Sıcaklık	-10 °C-50 °C	Çok Düşük, Düşük, Orta, Yüksek, Çok Yüksek
	Bağıl Nem	0 %-1000 %	Çok Düşük, Düşük, Orta, Yüksek, Çok Yüksek
Çıkış	Isıtma	0 KW-10 KW	Çok Düşük, Düşük, Orta, Yüksek, Çok Yüksek

Sera da yetiştirilecek ürün olarak domates seçilmiştir. Domates bitkisi için en uygun sıcaklık 25 °C-27 °C, nem değeri de %50- %70 aralığıdır. Seranın örtü malzemesi plastiktir. Yapılan çalışmalar Elazığ ili içinde bulunan 7x25x7 büyüklüğünde plastik örtü ile kaplanan bir sera da domates yetiştiriciliğinin yapılmasında gerekli olan ısıtma miktarı için gerekli ortam şartları göz önüne alınarak tasarlanmıştır.

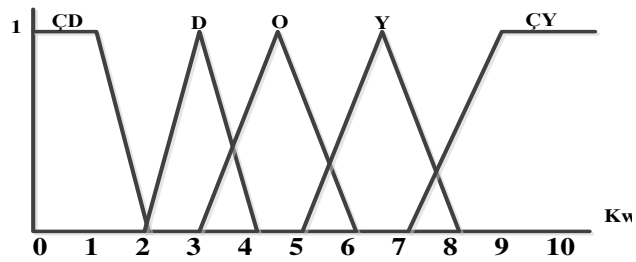
Sıcaklık giriş fonksiyonuna ait üyelik fonksiyonu Şekil 4.1’de, bağıl nem giriş fonksiyonuna ait üyelik fonksiyonu Şekil 4.2 ’de ve ısıtma çıkış fonksiyonuna ait üyelik fonksiyonu da Şekil 4.3’de gösterilmiştir. Bu şekillerde, ÇD: Çok Düşük, D: Düşük, O:Orta, Y:Yüksek, ÇY: Çok Yüksek’i ifade etmektedir.



Şekil 4. 1. Sıcaklık (°C) verisinin üyelik fonksiyonu



Şekil 4. 2. Bağıl nem (%) verisinin üyelik fonksiyonu



Şekil 4. 3. Isıtma (KW) verisinin üyelik fonksiyonu

Üyelik fonksiyonları belirlendikten sonra oluşturulması gereken yapı girişlere göre çıkışın ayarlandığı bir kural tabanının oluşturulmasıdır. Tablo 4.2 'de verilen 25 kural yardımıyla işleyişin anlaşılabilirliği ve tasarımı kolaylaştırmıştır.

Tablo 4. 2.Bulanık mantık kural tablosu

Bağıl Nem Sıcaklık	Çok Düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek
Çok Düşük	Çok Yüksek	Çok Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek
Düşük	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Orta	Orta
Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Düşük
Yüksek	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük
Çok Yüksek	Çok Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük

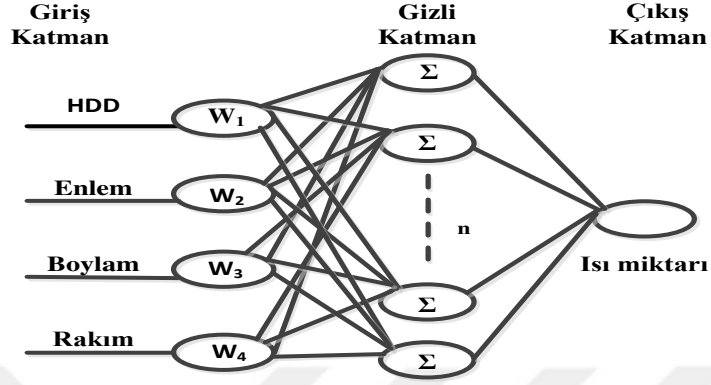
Hazırlanan veri setlerine göre sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin durumlarına ait tüm kombinasyonlar ile 5x5 kural tabanını oluşturulmuştur. Kural tabanı oluşturulurken Ödük [55] tarafından yapılan yüksek lisans çalışması da bir uzman tarafından oluşturulan sistem temel olarak alınmıştır. Bu kurallar oluşturulurken tek ısıtıcının kullanıldığı ve bu ısıtıcının verdiği ısı ortam sıcaklığını 25°C -27°C aralığında ortam nemini de %50- %70 aralığında sabit tuttuğu varsayımı yapılmıştır.

İkinci yöntem olarak ısı ihtiyacının tahmini için ileri beslemeli YSA modeli kullanılmıştır. Modelin eğitilmesinde Levenberg-Marquardt (LM) algoritması kullanılmıştır. LM algoritması, YSA eğitiminde hızlı ve kararlı olduğundan dolayı tercih edilmiştir. Isıtılması tasarlanan seranın boyutu 7x25x7 olarak belirlenmiştir.

YSA modeli tasarlanırken veriler iki gruba ayrılmıştır. İlk grup modelin eğitilmesinde, ikinci grup da modelin test edilmesinde kullanılmıştır. Oluşturulan YSA modeli 100 iterasyon ile öğrenmesini tamamlamıştır. Modelin performansı 100 iterasyondan daha düşük iterasyon sayılarından azaldığı, 100'den daha fazla iterasyon sayılarından da çıktı değerini ezberlediği görülmüştür.

YSA modeli kullanarak tahmin yapabilmesi için öncelikli olarak YSA'nın eğitilmesi gerekir. Ağırlık eğitiminde ağırlık ve hedef değişkenleri kullanılır. Ağırlıklar (w_i) şeklinde gösterilmiştir. Girdi değerleri ile ağırlıklar çarpılarak gizli katmandaki toplam net girdi hesaplanır. Şekil 4.4'de görüldüğü gibi model nöron girdi verileri giriş katmanında 4 adet, çıktı verileri çıkış katmanında 1 adet olacak şekilde, tek katmandan ve tek katmanda ki

nöron sayısı da 10 olacak şekilde tasarlanmıştır. Toplam 87 veri kullanılmıştır. Bunların 75’i eğitim verisi, 12’si de test verisi olarak kullanılmıştır.



Şekil 4. 4. Tasarlanan YSA modeli

Giriş verileri olarak illere ait High Degree Day (HDD), enlem (E), boylam (B) ve rakım (R) kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan ısıtma gün derecesi kavramı uluslararası literatürde HDD şeklinde ifade edilmektedir. Kurulan sistem Baytorun ve diğ. [56] çalışmaların da her il için belirlenen HDD yöntemi ile oluşturulan veri kümesi ile eğitilmiştir.

$$HDD(Th) = \sum_{k=1}^n (Th - To) \quad (4.1)$$

HDD değeri hesaplanırken Denklem 4.1 kullanılır. Denklem 4.1’e göre Th eşik değeri 16 °C alınmıştır. To da ölçülen sıcaklığı göstermektedir.

Tablo 4. 3. Şehirler ve HDD değerleri

Şehir	HDD değeri	Şehir	HDD değeri
Ardahan	4469	İstanbul	1433
Erzurum	4205	Samsun	1377
Kars	4145	Aydın	867
Ağrı	3867	İzmir	845
Bayburt	3545	Hatay	797
Elazığ	2211	Antalya	731
Ankara	2199	Adana	579
Balıkesir	1498	Mersin	552

Çalışma da kullanılan Türkiye'nin farklı illeri için en düşük ve en yüksek HDD değerleri Tablo 4.3'de gösterilmiştir.

Isıtma hesabında kullanılan diğer bir yöntem de geleneksel ısı kayıp-kazanç yöntemidir. Seraların ısıtma miktarlarının hesaplanmasında ısı kazancı ile kaybı arasındaki farkın eşitlenmesini temel alan ısı dengesi yaklaşımı kullanılmıştır. Seralar da örtü malzemesi kullanıldığından dolayı örtü malzemesinin tipi ısı kapasitesinin hesabında önemlidir. Kullanılan örtü malzemesinin ısı iletim kat sayısı da kaybolan ısı miktarının hesaplanmasında kullanılan en önemli etkidir. Seradan kaybolan ısı miktarı, denklem 4.2 temel alınarak düzenlenen ısı kaybı cetveli kullanılarak hesaplanabilir.

$$Q=A \times K \times (T_i - T_d) \quad (4.2)$$

Denklem 4.2'de Q sera ısı akım gereksinimi (kcal) , A seranın toplam alanı (m^2), K kullanılan malzemenin ısı transfer kat sayısı ($W/m^2 K$), T_i konfor sıcaklığı ($^{\circ}C$) ve T_d ortam sıcaklığı ($^{\circ}C$) parametrelerini ifade etmektedir [57].

İletimsel ısı kayıplarının hesabında, Denklem 4.2 temel alınarak hazırlanan ve bir örneği Şekil 4.5'de gösterilen, ısı kaybı cetveli kullanılır. Bu cetvelde bilinen değerler yazılarak hesaplamalar yapılır.

Isı kaybı hesabı cetveli aşağıdaki adımlar uygulanarak oluşturulur.

Adım 1. İlk sütuna yapı bileşenlerinin sembolleri; İkinci sütuna, yönü; üçüncü sütuna, kalınlıkları; dördüncü sütuna, uzunlukları ve beşinci sütuna, yükseklik (veya genişlik) yazılır.

Adım 2. Dört ve beşinci sütunların çarpımı yapılarak altıncı sütunun toplam alanı belirlenir.

Adım 3. 7. sütunda 6. Sütunda hesaplanan alanlardan kaç tane olduğu belirlenir.

Adım 4. 8.sütunda net duvar alanını bulmak için kullanılan pencere ve kapı alanları yazılır.

Adım 5. 9. sütuna, hesaba giren alan yazılır.

Adım 6. Yapı bileşenlerinin hesabında hesaplanan K toplam ısı geçiş katsayısı 10.sütuna yazılır.

Adım 7. Dış ortam ve iç ortam arasındaki sıcaklık farkı 11.sütuna yazılır.

Adım 8. 9, 10 ve 11. sütunlarının çarpımından oluşan ısı kaybı 12. sütuna yazılır.

Adım 9. Birleştirilmiş artırım katsayısı (Z_d) 13.sütuna yazılır.

Adım 10. Kat yükseklik artırımı (Z_r) 14. sütuna yazılır. Sera olduğu için hesaba katılmamıştır.

Adım 11. Yön artırımı (Z_h) 15.sütuna yazılır. Bu değer seranın yönünden dolayı dikkate alınması gereklidir.

Adım 12. Artırımların toplamı 16. Sütuna yazılır. Toplam artırım miktarı (Z), Denklem 4.3 kullanılarak hesaplanır.

$$Z = (1 + \% Z_d + \% Z_r + \% Z_h) \quad (4.3)$$

Adım 13. 17. sütuna toplam ısı gereksinimi (Q_h) yazılır.

Adım 14. İşlem sonlandırılır [58].

Şekil 4.5’de verilen ısı kaybı cetvelinde seranın toplam ısı ihtiyacı, zamansız ısı kaybı ve toplam artırım miktarı kullanarak ortaya çıkan ısı enerjisi ile alan ve toplam ısı geçiş katsayıları sonucu elde edilen ısı enerjisinin toplamı ile bulunur.

				ISI KAYBI HESABI										SAYFA	1		
				ÖZLEM ALPAY										KAT	ZEMİN		
														TARİH	31.07.2018		
YAPI BİLEŞENİ			ALAN HESABI					ISI KAYBI HESABI				ZAMLAR				TOPLAM	
İŞARET	YÖN	KALINLIK	UZUNLUK	YÜK. VEYA GENİŞLİK	TOPLAM ALAN	MİKTAR	ÇIKARILAN ALAN	HESABA GİREN ALAN	TOP. ISI GEÇİŞ KATSAYISI	SICAKLIK FARKI	ZAMSIZ ISI KAYBI	İŞLETME	KAT YÜKSEKLİK	YÖN	TOPLAM		
		m	m	m	m²	Ad	m²	m²	Kcal m²h°C	°C	KCal/h	Zd %	Zr %	Zh %	Z 1+%		KCal/h
SERA 25 °C																	
B.K	K		1,00	2,10	2,1	1		2,10	2,6	14	76						
PVC	K	0,2	7,00	5,00	35	1	2,1	32,90	0,249	14	115						
PVC	D	0,2	25,00	5,00	125	1		125,00	0,249	14	436						
PVC	G	0,2	7,00	5,00	35	1		35,00	0,249	14	122						
PVC	B	0,2	25,00	5,00	125	1		125,00	0,249	14	436						
TAV	D	0,2			43,98	1		43,98	0,249	14	153						
T.DÖ		0,2			147	1		147,00	0,5	20	1470						
											2808	7		5	1,12	3145	
	Q _k	=	15,00	x	5,46	x	0,90	x	0,84	x	36	x	1,00			2229	
																5374	

Şekil 4. 5. Isı kaybı hesabı cetveli

Seranın konfor sıcaklığı 25 °C, ölçülen sıcaklık 11 °C, toprak sıcaklığı ortam sıcaklığından 6 °C daha fazla olduğu için 20 °C, seranın boyutları 7x25x7, sera dış kapısı demir kapının boyutları 1x2,1 yönü kuzey ve sera örtüsü plastik (pvc) olarak alındığında zamansız ısı kaybı; kapı, duvarlar ve tavan için hesaplanıp 2808 KCal/h, Z_d değeri %7, Z_r değeri sera tek katlı olduğu için işleme alınmayıp, seranın yönü kuzey olduğu için Z_h değeri % 5, toplam artırım miktarı % 1,12 olarak hesaplandığında zamansız ısı kaybı ve toplam artırım miktarı kullanılarak 3145 KCal/h ısı enerjisi, alan ve toplam ısı geçiş katsayılarından da 2229 KCal/h enerji edilir. Toplam ısı enerjisi 5374 Kcal/h bulunur. Buna göre Şekil 4.5’de ki cetvel kullanılarak seraya verilmesi gereken ısı miktarı da 6,25 Kw olarak hesaplanır.

Bulanık mantık yönteminde sıcaklık, bağıl nem ve ısıtma değerleri Tablo 4.1’de ki gibi kullanılmıştır. Oluşturulan kurallar Tablo 4.2’de verilmiştir. Sıcaklık ve nem değerleri giriş verileri olarak kullanılıp ısıtma ihtiyacı çıkış verisi olacak şekilde ısı gereksiniminin tahmini yapılmıştır.

YSA yönteminde de toplam 87 verinin 75 verisi eğitim 12 verisi de test için kullanılmıştır. Eğitim veri seti olarak kullanılan şehirler ve HDD değerleri Tablo 4.3’de gösterildiği gibi kullanılmıştır. Bu veriler LM eğitim algoritması kullanılarak değerlendirilmiştir. Test verileri farklı ağ yapılarında test edilip en iyi tahmin sonucu olan ağ yapısı kullanılmıştır.

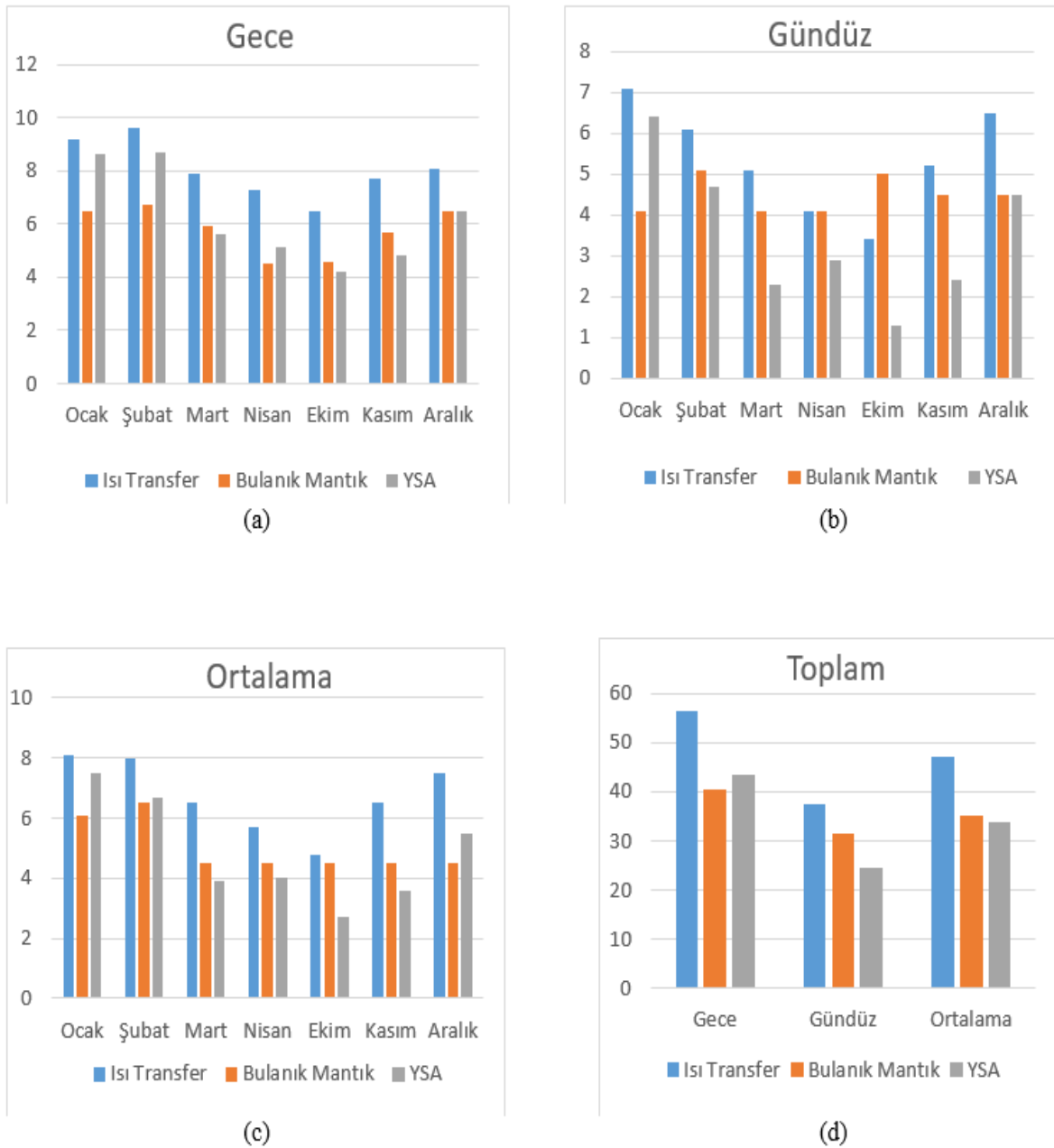
Isı kayıp-kazanç yönteminde de sera iç sıcaklığı, konfor sıcaklığı ve seranın özellikleri kullanılarak Şekil 4.5’de gösterilen ısı kaybı hesabı cetveli kullanılarak ısıtma ihtiyacı tahmini yapılmıştır.

Tablo 4. 4. Kullanılan ortalama sıcaklık ve bağıl nem değerleri

	Gece	Gündüz	Ortalama
	Ortalama Sıcaklık /Bağıl Nem	Ortalama Sıcaklık /Bağıl Nem	Ortalama Sıcaklık /Bağıl Nem
Ocak	-5.5 /84.6	3.9/76	-0.8/ 80.3
Şubat	-7.5/59.3	7.03 /54.8	-0.2/57
Mart	0.4/77.7	13.5/61,6	6.9/69.7
Nisan	2.8/80.3	18.4/65.4	10.6/72.8
Ekim	6.9/59.7	22.7/49.9	14.8/54.8
Kasım	1.3/73.6	13.3/65.9	7.3/69.7
Aralık	-1.3/84.1	7/83.1	2.8/83.6

2017 yılında toplam 5065 ölçüm yapılmıştır. Bu değerler kendi aralarında gündüz değerleri, gece değerleri ve ortalama değer olmak üzere 3 sınıfa ayrılmıştır. Değerler Tablo 4.4’de gösterilmiştir. Bu değerler kullanılarak yöntemler test edilmiştir.

Gece alınan değerlere göre hesaplanan ısı miktarları Şekil 4.6 (a) ’da, gündüz alınan değerlere göre hesaplanan ısı miktarları Şekil 4.6 (b) ’de, ortalama değerlere göre hesaplanan ısı miktarları Şekil 4.6 (c) ’de, toplam değerlere göre hesaplanan ısı miktarları Şekil 4.6 (d) ’de gösterilmiştir.



Şekil 4. 6.Hesaplanan giriş değerlerine göre harcanan ısı miktarları

Şekil 4.6’da görüldüğü üzere ısı transfer yöntemi seraların ısıtılmasında en çok ısı enerjisi harcanan yöntemdir. YSA ve bulanık mantık yöntemleri seranın ısıtılması için gerekli ısı miktarını daha az bularak üreticiye enerji harcama miktarı konusunda katkı sağlamaktadır.

Şekil 4.6 (a) ’da yöntemler karşılaştırıldığında bulanık mantık yönteminin ısı transferi yöntemine göre yaklaşık %23, YSA modeli de ısı transferine göre yaklaşık % 18 daha az ısı enerjisi ile Şekil 4.6 (b) ’de yöntemler karşılaştırıldığında bulanık mantık yönteminin ısı transferi yöntemine yaklaşık %9, YSA modeli de ısı transferine göre yaklaşık % 19 daha az ısı enerjisi ile Şekil 4.6 (c)’de yöntemler karşılaştırıldığında bulanık mantık yönteminin ısı transferi yöntemine göre yaklaşık %14, YSA modeli de ısı transferine göre yaklaşık % 18 daha az ısı enerjisi ile, Şekil 4.6 (d)’de toplam gece, gündüz ve ortalama miktarlara göre yöntemler karşılaştırılmıştır. Isıtma ihtiyacının yapıldığı aylarda ısıtma için harcanan toplanan ısı miktarları arasında bulanık mantık yöntemi ısı transferi yöntemine göre yaklaşık %16, YSA modeli de ısı transferine göre yaklaşık %19 daha az ısı enerjisi ile çalışmaktadır.

5. KABLOSUZ SENSÖR AĞLARI KULLANARAK SERA KONTROLÜ

Bu çalışma kablosuz sensör ağı kullanarak sera içerisine yerleştirilen düğüm paketlerinden alınan verilerin bulanık mantık kontrol ünitesinden işlenmesinden sonra kullanıcıya uzaktan seranın iç iklim parametrelerini kontrol edebilmesi için geliştirilen bir uygulamadır.

5.1. Akıllı Sera Sisteminin Mimarisi

Uygulama ortamı olarak Elazığ ilinde bulunan 7x25x7 m³ büyüklüğünde, beşik çatılı, plastik örtü malzemesi ile kaplanmış bir sera seçilmiştir.

Tablo 5. 1. Seranın tipi ve özellikleri

Seranın tipi	Genişlik	Uzunluk	Yükseklik	Örtü Malzemesi
 Beşik Çatılı	7 m	25m	7m	Plastik

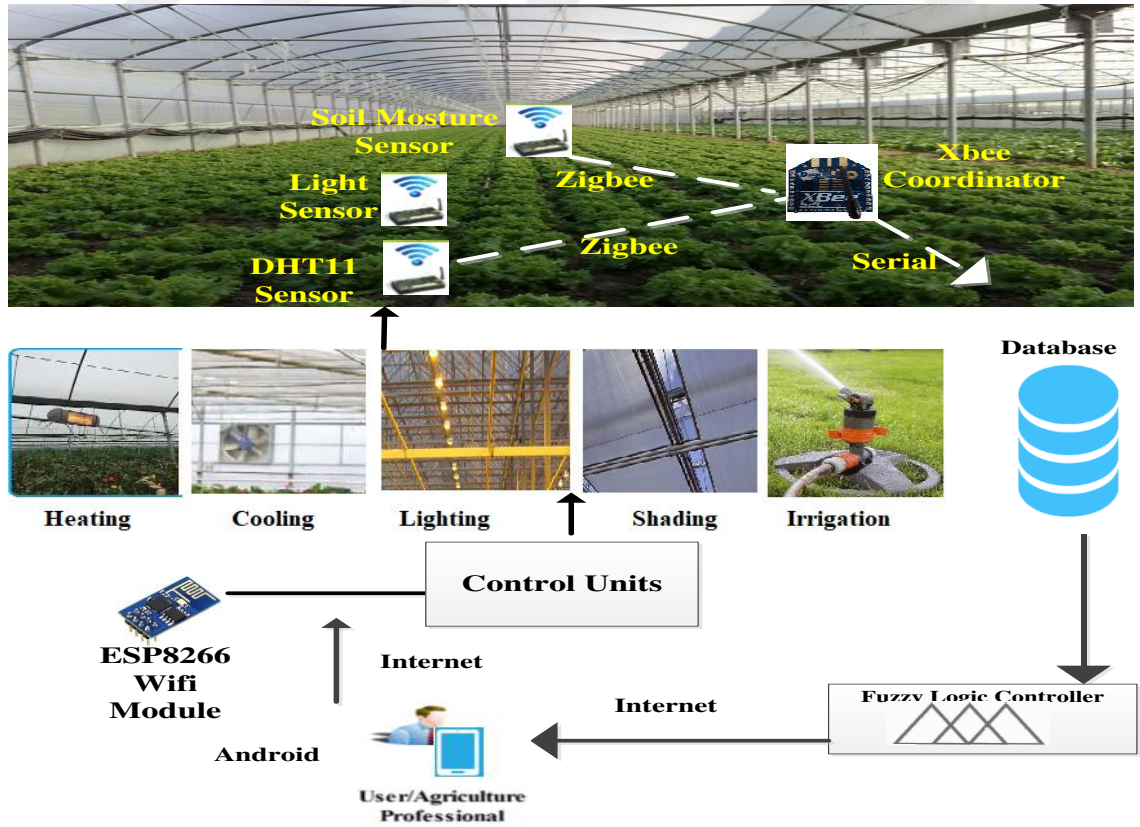
Kullanılan sera tipi ve özellikleri Tablo 5.1’de kullanılan seranın görünümü Şekil 5.1’de verilmiştir.



Şekil 5. 1. Kullanılan seranın görünümü

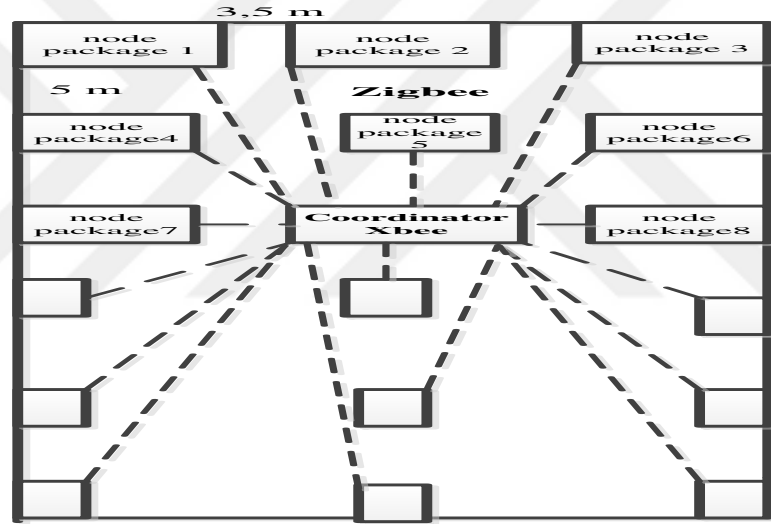
Sera da yetiştirilecek ürün olarak domates seçilmiştir. Domates bitkisi için en uygun sıcaklık 25 °C-27 °C, nem değeri de %50- %70 aralığıdır. Yapılan çalışmalar Elazığ ili içinde bulunan 7x25x7 m³ büyüklüğünde plastik örtü ile kaplı bir sera da domates yetiştiriciliğinin yapılmasında gerekli olan iklim şartları göz önüne alınarak tasarlanan bulanık kontrol sisteminin optimizasyonu, giriş parametrelerinin korelasyon durumuna odaklanır. Uygun kontrol kararlarının kombinasyonları seçilmiştir.

Uygulama genel olarak sera içerisine yıldız topoloji şeklinde yerleştirilen düğüm paketlerinden alınan 01.12.2017- 31.03.2018 tarihleri aralığında ki 4 aylık sıcaklık, bağıl nem, toprak nemi ve ışık şiddeti verileri kablosuz sensör ağı yapısı ile merkez istasyonda bulunan koordinatör olarak belirlenen Xbee düğümünde toplanmıştır. Koordinatör Xbee düğümü toplamış olduğu verileri veritabanında kayıt altına alarak oluşturulan bulanık mantık kontrol sisteminin giriş olarak sunmuştur. Kullanıcı bulanık mantık sistemine gelen giriş verilerine karşılık gelen kontrol ünitesini ve birim değerini hesaplayıp uzaktan geliştirilen mobil arayüz aracılığı ile serayı manuel veya otomatik olarak yönetebilmiştir. Geliştirilen akıllı sera sisteminin blok diyagramı Şekil 5.2’de gösterilmiştir.

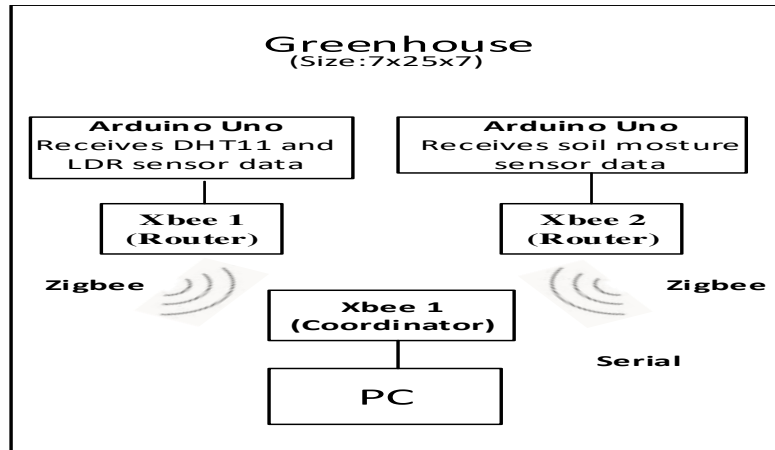


Şekil 5. 2. Geliştirilen akıllı sera sisteminin blok diyagramı

Seralarda sıcaklık, bağıl nem, ışık şiddeti, toprak nemi vb. değişkenler sürekli olarak takip edilmelidir. Oluşturulan kablosuz sensör ağ yapısı ile sera iklim parametreleri sürekli olarak gözlenmiştir. Bunun için seraya eşit aralıklarla 18 tane düğüm paketi yerleştirilmiştir. Yıldız topoloji şeklinde kurulan kablosuz sensör ağ yapısı Şekil 5.3’de gösterilmiştir. Bir düğüm paketi 2 tane Xbee düğümü, sensörler, Arduino Uno kartları ve güç kaynağından oluşmuştur. Bir düğüm paketinin içeriği ve koordinatör Xbee düğümü ile olan bağlantısının blok diyagramı Şekil 5.4’de gösterilmiştir. Xbee düğümleri veri alıp-gönderimi sırasında Zigbee kablosuz haberleşme protokolünü kullanmaktadır. Kullanılan düğüm paketleri sadece koordinatör düğüme veri gönderebildiği için yıldız topoloji şeklinde tasarlanmıştır.



Şekil 5. 3. Kurulan kablosuz sensör ağ yapısı



Şekil 5. 4. Bir düğüm paketinin içeriği ve bağlantılarının blok diyagramı

Düğüm paketinin içeriğinde bulunan sensörlerden ölçülen değerler Arduino Uno kartlarına bağlı router olarak görev yapan Xbee S2C sensör düğümlerine aktarılmıştır. Yönlendirici Xbee düğümleri de aldıkları verileri Zigbee protokolü ile bilgisayara seri olarak bağlı olan koordinatör Xbee düğümüne aktarmıştır.

Uygulama da kullanılan donanım elamanları, düğüm paketi ve içeriği Arduino Uno kartı, DHT11, toprak nem sensörü, ışık sensörü, Xbee düğümü ve ESP8266 modülüdür.

Arduino, açık kaynak kodlu olarak geliştirilen bir mikrodeneletiyici kartıdır [59]. Bilgisayarda çalışan bir yazılım olan bir fiziksel devre kartı (mikro denetleyici) ve Integrated Development Environment (IDE) içerir. Arduino Uno, ATmega328'e dayanan bir mikro kontroldür. IDE'yi kullanarak geliştirilen uygulamalar karta yüklenir [60].

DHT11 sıcaklık ve nem sensörü dijital sinyal çıkışına sahiptir. DHT11 sensörü güvenilir, verimli ve stabildir. Sıcaklığı ölçmek için, negatif sıcaklık katsayısı bileşeni bulunurken, nem ölçümü için çok yüksek performanslı 8-bit mikro denetleyiciye sahiptir. Doğruluk oranları nem doğruluğu için $\pm 5\%$ RH, sıcaklık doğruluğu için $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'dir [61].

Toprak nem sensörü toprağa gömülü olacak şekilde çalışmaktadır. Toprak nem sensörü üzerinde nem ölçer probalar bulunur. Probalr toprak veya bir sıvıya batırıldığında bir direnç oluşur, oluşan bu direnç problemlerin uçları arasında bir gerilim farkı oluşturur Oluşan gerilim farkının büyüklüğüne göre de nem ölçümü yapılır. Toprağın nem oranı artarsa iletkenliği de artar. Sensör üzerinde bulunan trimpot ile sensörün hassasiyet ayarı yapılır [62].

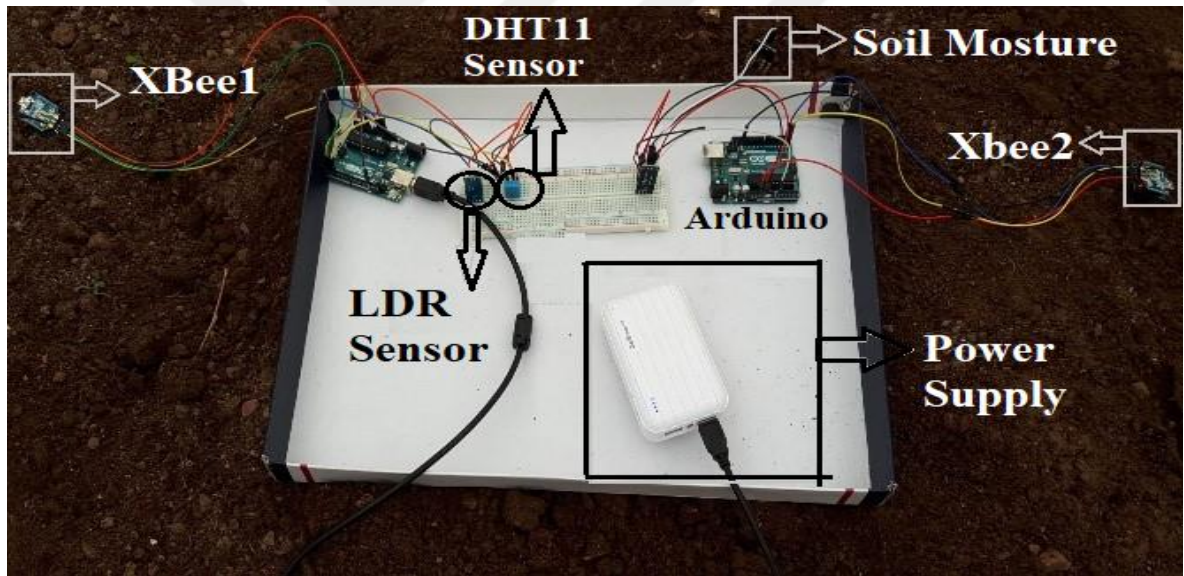
Işık algılayan sensörler (LDR) de çoğunlukla ışığın etkisi ile direnci değişen bir eleman kullanılmaktadır. Sensörünün ışığın şiddetine göre direncinin değişmesi ile pin üzerine bir gerilim akmaktadır. Gerilim miktarının ölçülmesi ile ışığın şiddetinin bir göstergesi olan bilgi elde edilmektedir [63]. LDR kartı üzerinde 5 mm LDR vardır. Analog ve dijital olarak çıkış vermektedir. Sensör üzerine ışık düşmediği (karanlık) durumda 0 V, sensör üzerine ışık düştüğü (aydınlık) durumda 5 V sinyal vermektedir. Sensör üzerinde bulunan pot ile sensörün hassasiyet ayarı yapılır [64].

XBee modülleri, cihazlara kablosuz uç nokta bağlantı sağlayan gömülü çözüm modülüdür. Bu modüller, hızlı, noktadan çoklu noktaya veya eşler arası ağ iletişimi için IEEE 802.15.4 ağ protokolünü kullanır. Düşük gecikme süresi ve öngörülebilir zamanlama iletişimi gerektiren yüksek verimli uygulamalar için tasarlandığından temel olarak Xbee standart Zigbee'yi kullanır [65].

Zigbee ağıdaki düğümler arası haberleşmeyi ifade etmektedir. Zigbee, tüketiciler için konforu, güvenliği ve rahatlığı artırmak için en geniş cihaz yelpazesini rahat ve ekonomik olarak kontrol edebilen küresel, standart tabanlı kablosuz çözümdür [66].

ESP8266 Wifi modülü ekonomik ve oldukça kullanışlı bir modüldür. TCP/IP protokolünü destekler ve üzerinde dâhili PCB anten vardır. Ortamdaki Wifi ağına kolaylıkla bağlantı kurup veri alışverişi gerçekleştirebilmektedir [67]. Modül yaygın tüm Wifi protokollerini destekleyip, yerel ağdan ve internet üzerinden yapabilecek binlerce çeşit uygulama için oldukça elverişlidir. Üzerinde 32 bit işlemci, 19.5 dBm çıkış gücü, baud rate hızı 115200, full güç de çalıştırılırsa anten olmadan yaklaşık 400 metre antenli olarak da 4km'den uzaklıktan sinyal alabildiği i test edilmiştir [68].

Şekil 5.4'de blog diyagramı verilen bir düğüm paketinin içeriği Şekil 5.5'de koordinatör düğüm de Şekil 5.6'da gösterilmiştir.

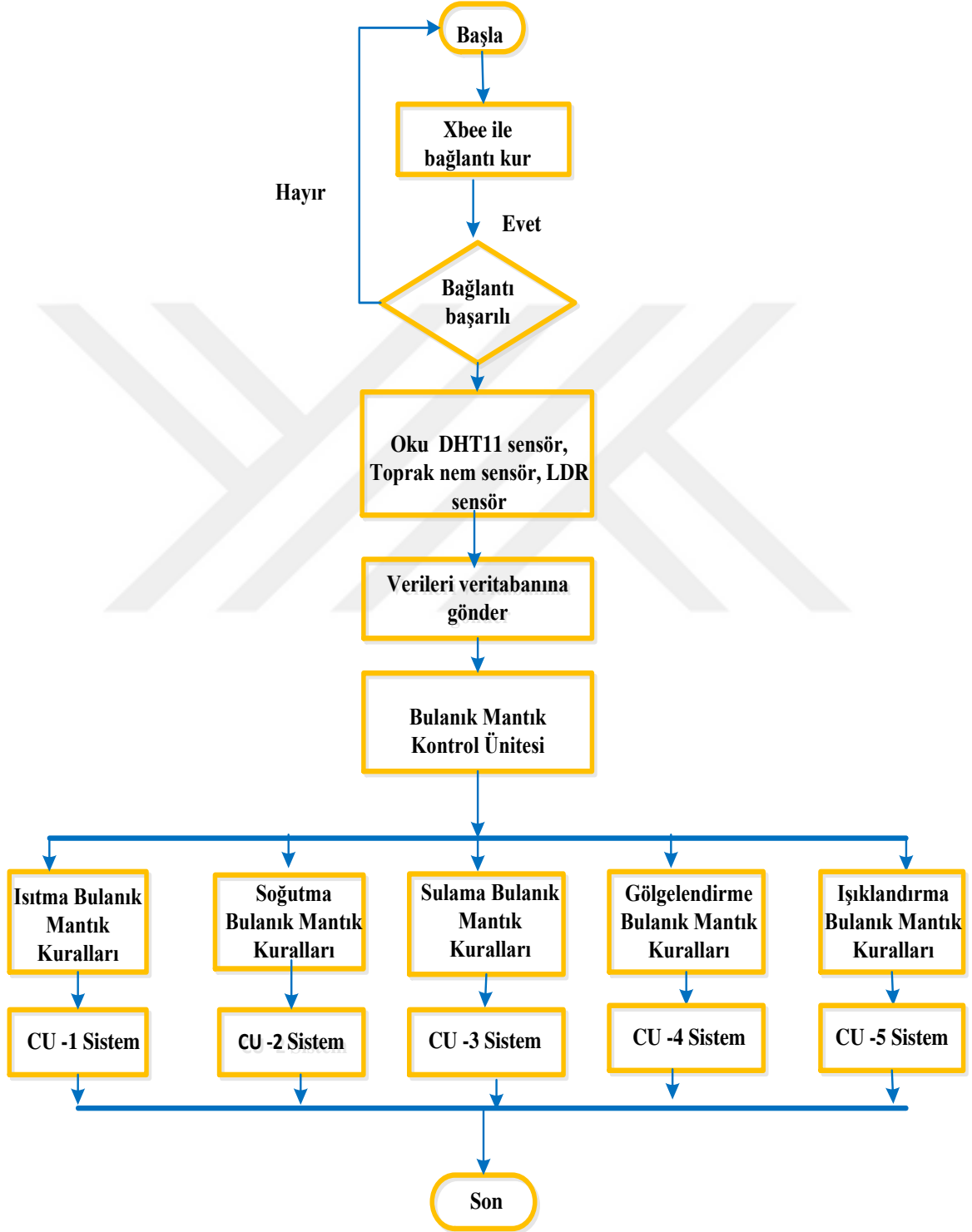


Şekil 5. 5. Düğüm paketinin içeriği ve bağlantıları



Şekil 5. 6. Koordinatör Xbee düğümü

Sistemin akış şeması Şekil 5.7’de verilmiştir. Sistemin akış şemasında uygulanan adımlar şunlardır.



Şekil 5. 7. Sistemin akış şeması

Adım 1. Başlangıç

Adım 2.Router Xbee düğümleri ile bağlantı kurulur. Xbee modüllerine ait seri numaraları bilgileri; SH (Serial Number High) ve SL (Serial Number Low) kısmında yer almaktadır. Koordinatör modülünün iletişim kuracağı son cihaza ait seri numarası bilgileri de DH (Destination Number High) ve DL (Destination Number Low) kısımlarına girilir. Koordinatör Xbee modülü, seri iletişim yolunu kullanarak bilgisayarla bağlantısı sağlanır. X-CTU yazılımı üzerinden modüllerin ara yüzlerine girilerek son cihaza ait seri numarası bilgileri koordinatörde DH ve DL kısımlarına yazılır.

Adım 3.Her 60 sn de bir bağlantı kontrol edilir bağlantı başarılı ise Step 4, bağlantı kurulamadıysa Step 1'e gidilir.

Adım 4. Arduino Uno'lara bağlı sensörlerden verileri oku ve Xbee router düğümleri üzerinde toplanır.

Adım 5. Xbee Router düğümleri okudukları verileri Koordinatör Xbee düğümüne Zigbee protokolünü kullanarak aktar daha sonra Koordinatör Xbee düğümü topladıkları veriyi seri iletişim yolu ile veritabanına gönderilir.

Adım 6. Veritabanında alınan verileri oluşturulan bulanık mantık sistemine gönderilir.

Adım 7. Giriş verilerine uygun kural tablolarını uygulayarak çıkış ünitelerini belirlenir.

Adım 8. Uygun çıkış fonksiyonlarını aktifleştiren değerler hesaplanır.

Adım 9. Kullanıcı sisteme uzaktan sistemin ip adresini kullanarak bağlantı kurup kontrolü sağlar.

Adım 10. Sonlandırılır.

Seraya heterojen olarak yerleştirilmiş 18 düğüm paketinden 01.12.2017- 31.03.2018 tarihleri arasında (4 aylık) saatlik olacak şekilde yaklaşık 52000 değer (sıcaklık, bağıl nem toprak nemi ve ışık şiddeti ile toplam 208000 veri) ölçülmüştür. Heterojen olarak dağıtılan düğüm paketlerinden alınan verilerin ortalaması alınarak seranın geneli ve her saat için bir değer hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler veri tabanında kayıt altına alınmıştır. Elazığ ilinin gece ve gündüz arasındaki sıcaklık farkı fazla olduğu için veriler gece ve gündüz olarak ayrı hesaplanmıştır. 06.00-17.00 saat aralığında ölçülen veriler gündüz verileri, 18.00-05.00 saat aralığında ölçülen veriler de gece verileri olarak kabul edilmiştir. Her güne ait belirlenen saat aralıklarında ölçülen değerler kullanılarak gece ve gündüz verilerinin ortalamaları alınarak bir güne ait ortalama gece ve gündüz veri seti olmak üzere 2 veri seti hesaplanmıştır. Daha sonra bu değerler kullanılarak aylık olarak gece ve gündüz

ortalama değerleri hesaplanmıştır. Ortalamaları hesaplanan veriler MYSQL ortamında kayıt altına alınmıştır.

5.2. Akıllı Sera Sisteminin Bulanık Mantık Kontrolü

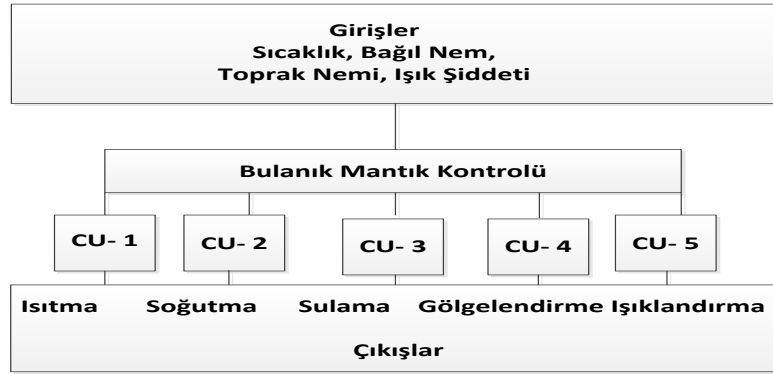
Bu bölüm, seranın iklimsel parametrelerinin (sıcaklık, bağıl nem, toprak nem miktarı, ışık şiddeti) kontrolü için önerilen çözümü açıklamaktadır. Sistemin girdi - çıktı değişkenlerinin üyelik fonksiyonları bir uzman tarafından oluşturulan bulanık mantık tablosuna göre yapılandırılmış ve modelin gerçekleştirilmesi sağlanmıştır.

Önerilen sistem de kullanılan bulanık mantık kontrol sistemi 4 giriş 5 çıkıştan oluşmuştur. Giriş verileri, sıcaklık (°C), bağıl nem (%), toprak nemi (%) ve ışık şiddeti (lux); çıkış verileri de ısıtma (kw), soğutma (micron), sulama (lt), ışıklandırma (lux), gölgelendirme (cm) olarak belirlenmiştir. Sistemin giriş ve ıkışları ile özellikleri Tablo 5.2’de verilmiştir.

Tablo 5. 2. Giriş ıkış parametreleri ve özellikleri

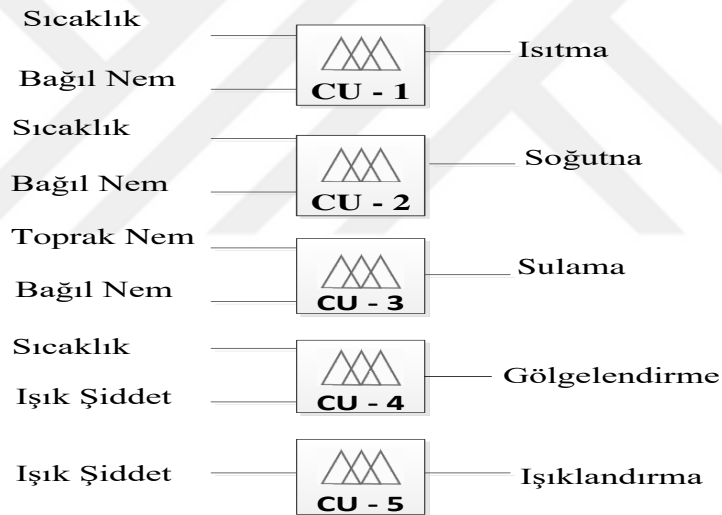
Değişkenler		Değer Aralıkları	Sözel Değişkenler
Girişler	Sıcaklık	-10 -50 °C	ok Düşük, Düşük, Orta, Yüksek, ok Yüksek
	Bağıl Nem	0 -100 %	ok Düşük, Düşük, Orta, Yüksek, ok Yüksek
	Toprak Nem	0 -100 %	ok Düşük, Düşük, Orta, Yüksek, ok Yüksek
	ışık şiddeti	0-20000 lux	çok Düşük, Düşük, Orta, Yüksek, ok Yüksek
Çıkışlar	Isıtma	0-10 Kw	ok Düşük, Düşük, Orta, Yüksek, ok Yüksek
	Soğutma	0-25 Micron	ok Düşük, Düşük, Orta, Yüksek, ok Yüksek
	Sulama	0-45 Lt	ok Düşük, Düşük, Orta, Yüksek, ok Yüksek
	ışıklandırma	0-20000 lux	çok Düşük, Düşük, Orta, Yüksek, ok Yüksek
	Gölgelendirme	0-250 Cm	ok Düşük, Düşük, Orta, Yüksek, ok Yüksek

Girişlerin ıkışları ayarlayabilmesi için algoritmanın geliştirilmesi gereken en uygun şartlar belirlenmiştir. Geliştirilen genel yapı şekil 5.8’de gösterilmiştir.



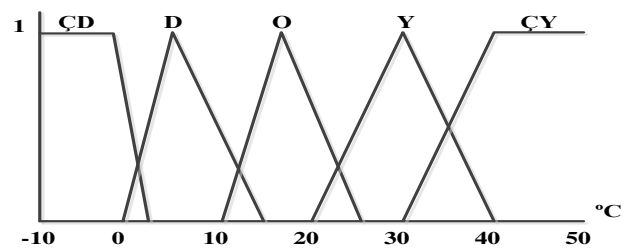
Şekil 5. 8. Önerilen bulanık mantık sisteminin genel yapısı

Sistemin giriş ve çıkış fonksiyonlarının bulanık mantık kontrol üniteleri Şekil 5.9’da gösterilmiştir.



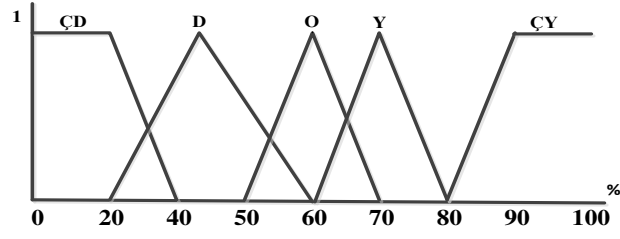
Şekil 5. 9. Kullanılan bulanık mantık kontrol üniteleri

Sıcaklık parametresinin üyelik fonksiyonu Şekil 5.10’da verilmiştir.



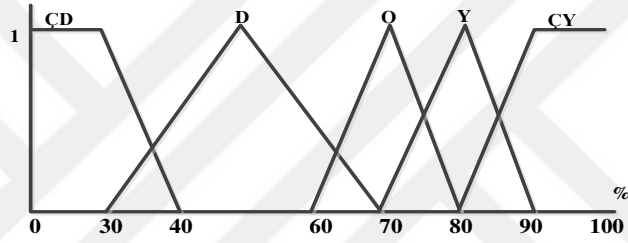
Şekil 5. 10. Sıcaklık parametresi üyelik fonksiyonu

Hava nemi parametresinin üyelik fonksiyonu Şekil 5.11 'de verilmiştir.



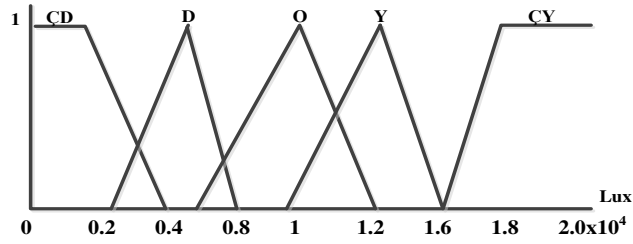
Şekil 5. 11. Hava nemi parametresi üyelik fonksiyonu

Toprak nemi parametresinin üyelik fonksiyonu Şekil 5.12 'de verilmiştir.



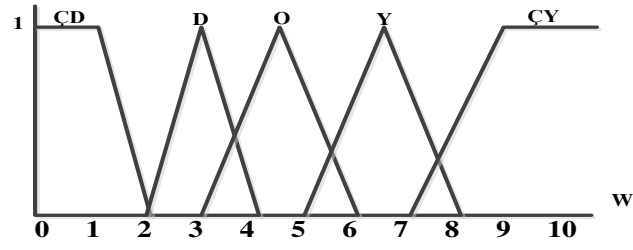
Şekil 5. 12. Toprak nemi parametresi üyelik fonksiyonu

Işık şiddeti parametresinin üyelik fonksiyonu Şekil 5.13 'de verilmiştir.



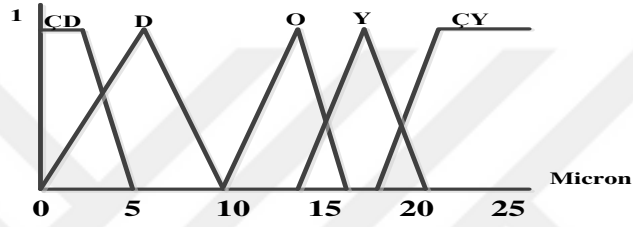
Şekil 5. 13. Işık şiddeti parametresi üyelik fonksiyonu

Isıtma çıkış parametresinin üyelik fonksiyonu Şekil 5.14 'de verilmiştir.



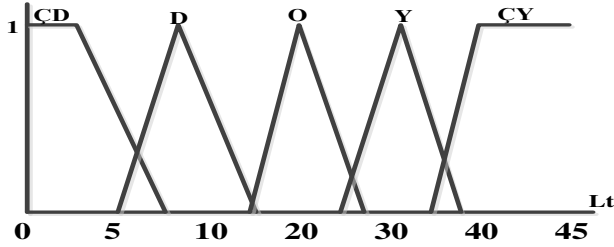
Şekil 5. 14. Isıtma parametresi üyelik fonksiyonu

Soğutma çıkış parametresinin üyelik fonksiyonu Şekil 5.15 ‘de verilmiştir.



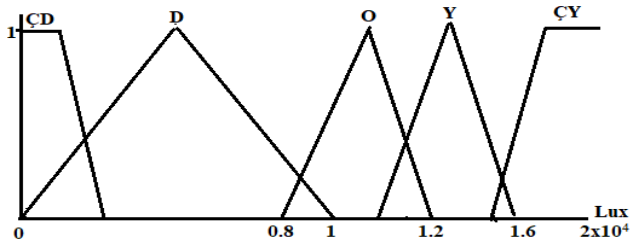
Şekil 5. 15. Soğutma parametresi üyelik fonksiyonu

Sulama çıkış parametresinin üyelik fonksiyonu Şekil 5.16 ‘da verilmiştir.



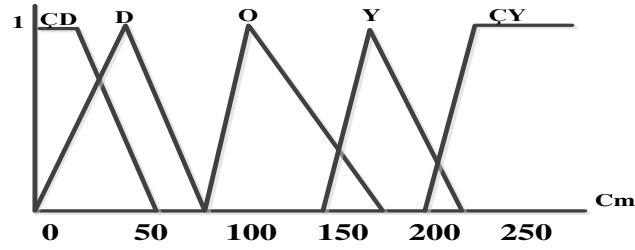
Şekil 5. 16. Sulama parametresi üyelik fonksiyonu

Işıklandırma çıkış parametresinin üyelik fonksiyonu Şekil 5.17 ‘de verilmiştir.



Şekil 5. 17. Işıklandırma parametresi üyelik fonksiyonu

Gölgelendirme çıkış parametresinin üyelik fonksiyonu Şekil 5.18 ‘de verilmiştir.



Şekil 5. 18. Gölgelendirme parametresi üyelik fonksiyonu

Üyelik fonksiyonları belirlendikten sonra oluşturulması gereken yapı girişlere göre çıkışın ayarlandığı bir kural tabanının oluşturulmasıdır.

Sıcaklık ve bağıl nem değerinin CU-1 ısıtma sisteminin üzerine etkisi Tablo 5.3’de

Tablo 5. 3. Sıcaklık ve bağıl nem giriş değerlerinin CU -1 sistemine etkisi

Bağıl Nem Sıcaklık	Çok Düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek
Çok Düşük	Çok Yüksek	Çok Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek
Düşük	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Orta	Orta
Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Düşük
Yüksek	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük
Çok Yüksek	Çok Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük

Sıcaklık ve bağıl nem değerinin CU-2 soğutma sisteminin üzerine etkisi Tablo 5.4’de

Tablo 5. 4. Sıcaklık ve hava nemi giriş değerlerinin CU-2 sistemine etkisi

Bağıl Nem Sıcaklık	Çok Düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek
Çok Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük
Çok Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük
Orta	Düşük	Orta	Orta	Orta	Orta
Yüksek	Orta	Orta	Yüksek	Yüksek	Yüksek
Çok Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Çok Yüksek	Çok Yüksek

Bağıl nem ve toprak nemi değerinin CU-3 sulama üzerine etkisi Tablo 5.5’de

Tablo 5. 5. Toprak nemi ve hava nemi giriş değerlerinin CU -3 sistemine etkisi

Bağıl Nem Toprak Nem	Çok Düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek
Çok Düşük	Çok Yüksek	Yüksek	Yüksek	Orta	Çok Düşük
Düşük	Çok Yüksek	Yüksek	Orta	Orta	Düşük
Orta	Yüksek	Yüksek	Orta	Orta	Orta
Yüksek	Yüksek	Orta	Orta	Düşük	Çok Düşük
Çok Yüksek	Orta	Orta	Düşük	Düşük	Çok Düşük

Sıcaklık ve ışık şiddeti değerinin CU-4 gölgelendirme sisteminin üzerine etkisi Tablo 5.6’da

Tablo 5. 6. Sıcaklık ve ışık şiddeti giriş değerlerinin CU -4 sistemine etkisi

Işık Şiddeti Sıcaklık	Çok Düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek
Çok Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük	Düşük	Orta	Orta
Düşük	Çok Düşük	Düşük	Düşük	Orta	Yüksek
Orta	Çok Düşük	Düşük	Orta	Orta	Yüksek
Yüksek	Düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Yüksek
Çok Yüksek	Düşük	Orta	Orta	Yüksek	Çok Yüksek

Işık şiddeti değerinin CU-5 ışıklandırma sisteminin üzerine etkisi Tablo 5.7’de gösterilmiştir.

Tablo 5. 7. Işık şiddeti giriş değerinin CU -5 sistemine etkisi

Işık Şiddeti	Çok Düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek
	Çok Yüksek	Yüksek	Orta	Düşük	Çok Düşük

5.3. Akıllı Sera Sistemine Uzaktan Erişim Modülü

Uygulama iki alt sistemden oluşmaktadır. İlk alt sistem Zigbee protokolü aracılığıyla kontrol platformudur. Bu sistem algılama bölümü ve kısa menzilli iletişim protokolünden oluşur. İkinci alt sistem de verilerin kayıt altına alındığı ve internet aracılığı ile uzaktan kontrolün sağlandığı bölümdür.

Koordinatör düğüm diğer düğüm paketlerinden aldıkları verilerin ortalama değerini hesaplayarak bu değerleri oluşturulan veritabanına seri iletişim yolu ile aktarmıştır. Veritabanında kayıt alınan veriler MATLAB ortamında tasarlanan bulanık mantık sisteminde Ödük [55] tarafından oluşturulan kural tabloları kullanılarak çıkış değerleri hesaplanmıştır.

Daha sonra seranın yönetilmesi için Android tabanlı bir mobil uygulama geliştirilmiştir. Uygulamayı kullanabilmek için sera da bulunan ESP 8266 Wifi modülünün sahip olduğu ip adresi bilinmelidir [69]. Ip adresi yazıldıktan sonra sensörlerden okunan veriler ekrana yazılıp daha sonra bu değerlere göre bulanık mantık ünitesinden elde edilen çıkış değerleri manuel olarak gönderilir. ESP 82266 modülü WiFi ağına herhangi bir mikro denetleyici ile erişilebilen TCP / IP protokol yığınınına sahip, kendi kendine yeten bir sistemdir. Geliştirilen mobil uygulamanın akış şeması Şekil 5.19’da gösterilmiştir.

Mobil uygulamanın akış şemasında uygulanan adımlar şunlardır.

Adım 1. Başlangıç

Adım 2. Kullanıcı seranın ip adresini yazarak sera ile bağlantı kur

Adım 3.Sera da ölçülen parametre değerlerini ve bulanık mantık kontrol ünitesinin çıkış değerini görüntüle

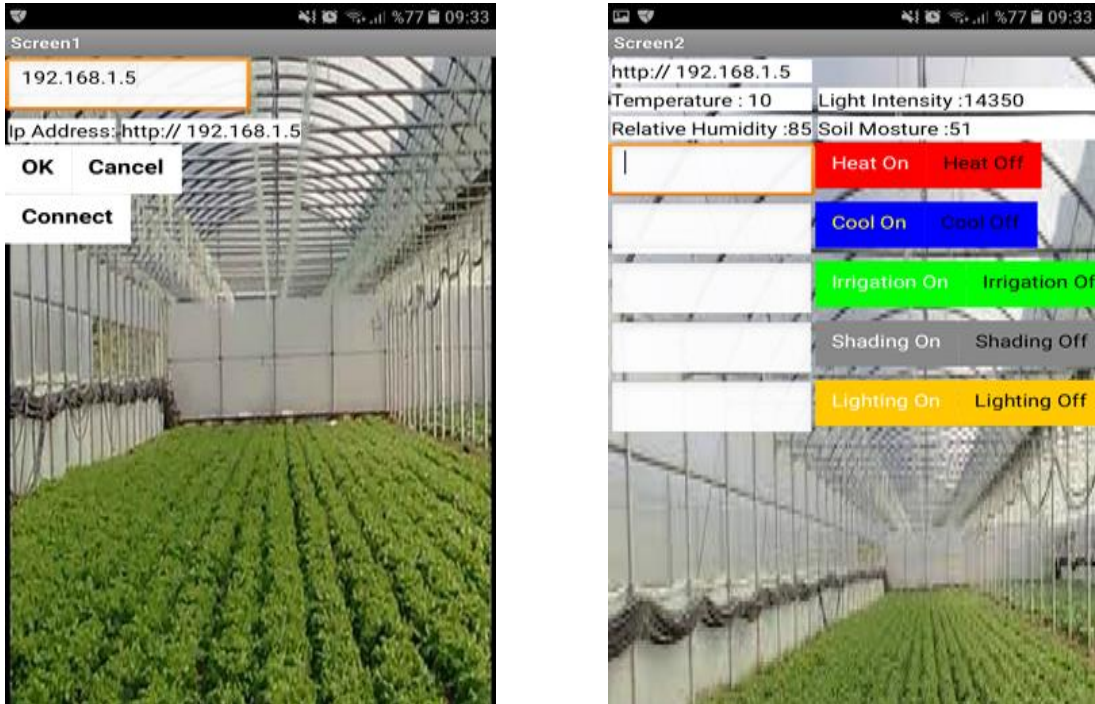
Adım 4.Çıkış değerini ilgili kontrol ünitesi ile kontrol et

Adım 5. Sonlandır.



Şekil 5. 19. Geliştirilen mobil uygulamanın akış şeması

Android mobil uygulamasının arayüzü Şekil 5.20’de gösterilmiştir. Ip adresi yazılıp bağlandıktan sonra sera iç parametreleri kullanıcı ekranında görüntülenir. Kullanıcı ölçülen değerlere karşılık gelen kontrol ünite değerlerini hesaplayıp manuel olarak kontrol ünitesini çalıştırır veya sera iklim şartları sağlandığı durumda kontrol ünitesinin çalışmasını durdurabilir.



Şekil 5. 20. Geliştirilen mobil uygulamanın arayüzü

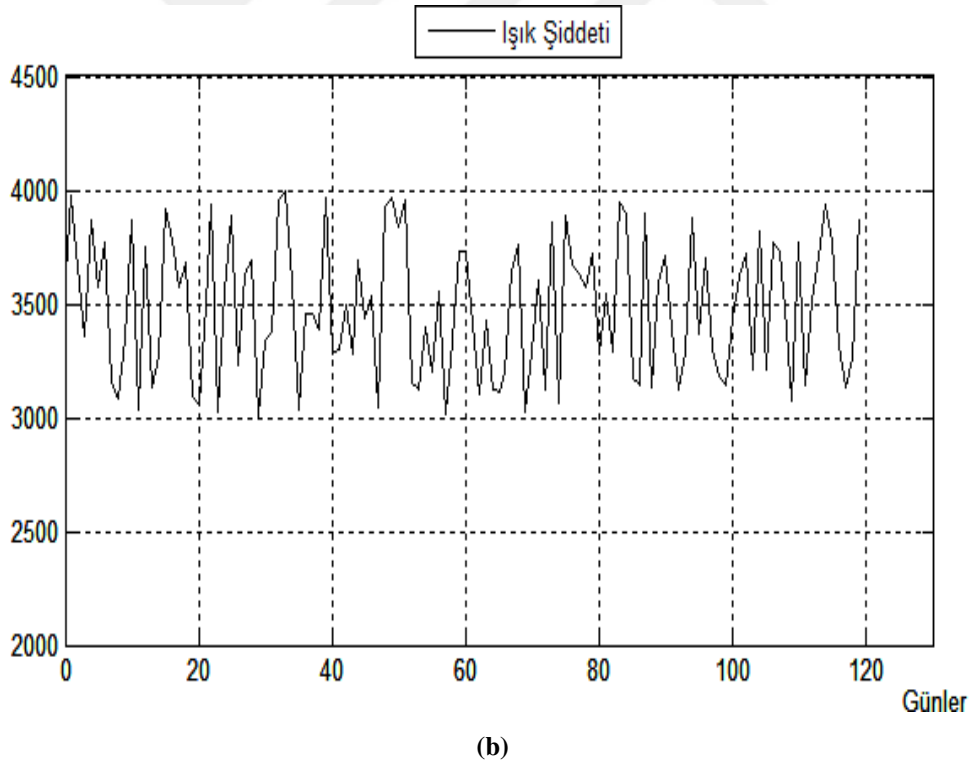
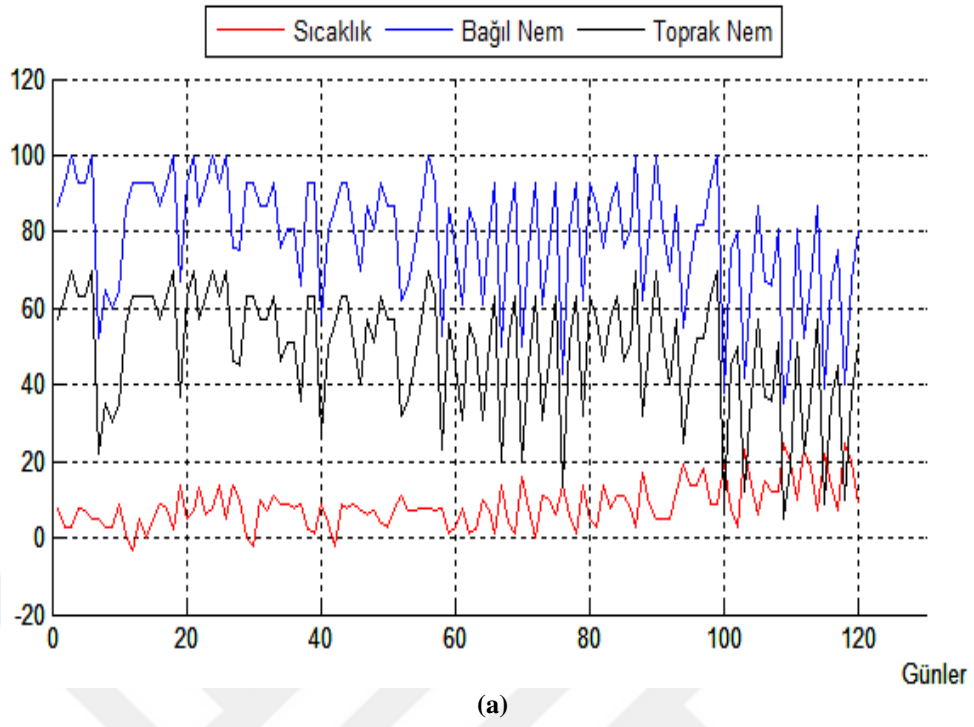
5.4. Deneyisel Bulgular

Sera içerisinde 01.12.2017-31.03.2018 tarihleri arasında (4 aylık) düğüm paketlerinden alınan verilerin ortalaması alınarak oluşturulan değerler Şekil 5.21’de gösterilmiştir. Bu veriler bulanık mantık sistemine giriş olarak verildiğinde kontrol ünitelerinden elde edilen çıktılar Şekil 5.22’de gösterilmiştir. Ortalama gece ve ortalama gündüz değerleri günlük olarak 06.00-17.00 saatleri arasındaki değerler gündüz değerleri 18.00-05.00 saatleri arasındaki değerler de gece değerleri olarak kabul edilip, her güne ait bir tane ortalama gece ve ortalama gündüz değeri hesaplanmıştır.

Önerilen kontrol sistemi, enerji, ışık ve su tasarrufu üzerindeki etkisine göre değerlendirilmiştir. Seracılıktaki yaşanan teknolojik gelişmeler bu sektörün sürdürülebilirliğine katkı sağlamaktadır. Bu gelişmeler, seralar da kullanılan yapısal özelliklerin iyileştirilmesi, iklimlendirme için alternatif enerji kaynaklarının bulunup bunların kullanılması, kontrollü üretimlerin yapılması, topraksız tarım uygulamasına geçilmesi, hastalık ve zararlılara karşı mücadele yöntemlerinin geliştirilmesi şeklinde özetlenebilir.

Şekil 5.21’e göre ortalama gece sıcaklık değerinin -3°C ile 15°C derece arasında, bağıl nem değerinin 100% ile 40 % arasında, toprak nem değerinin 70% ile 20% arasında, ışık şiddeti değerinin 3000 ile 4000 lux arasında ve ortalama gündüz sıcaklık değerinin 3°C ile 27°C derece arasında, bağıl nem değerinin 100 % ile 30% arasında, toprak nem değerinin 70 % ile 15 % arasında, ışık şiddeti değerinin 10000lux ile 15000lux arasında değiştiği gözlenmiştir.

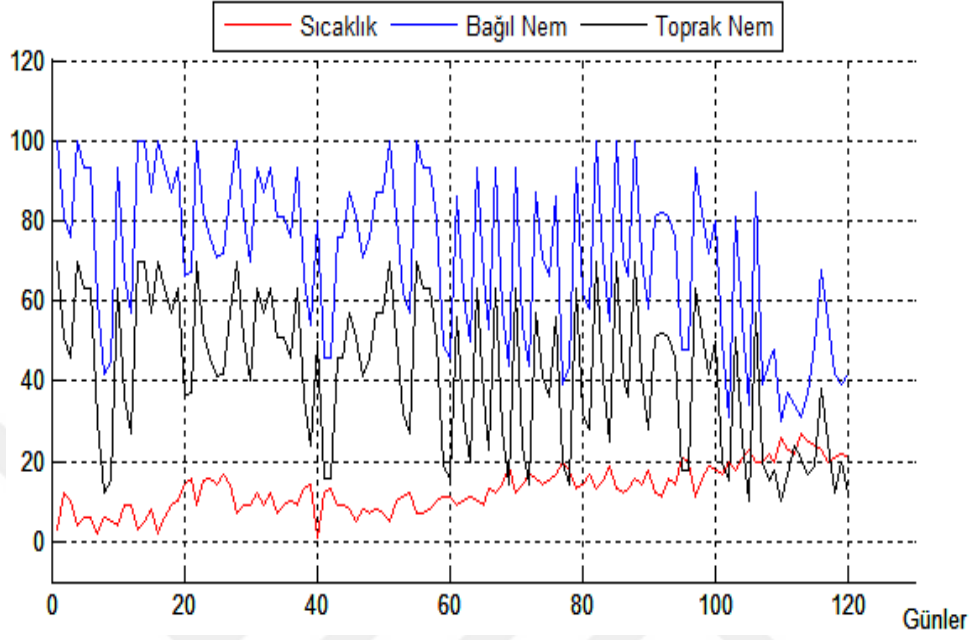
Şekil 5.22’ye göre gece ortalama ısıtma miktarı 3 kw ile 7 kw arasında, soğutma miktarı 1 micron ile 13 micron arasında, sulama miktarı 4 lt ile 30 lt arasında, gölgeleme miktarı 25 cm ile 60 cm arasında, ışıklandırma miktarı 13000 lux ile 18000 lux arasında ve gündüz ortalama ısıtma miktarı 3 kw ile 6 kw arasında, soğutma miktarı 5 micron ile 15 micron arasında, sulama miktarı 4 lt ile 30 lt arasında, gölgeleme miktarı 85 cm ile 195 cm arasında, ışıklandırma miktarı 5000 lux ile 9000 lux arasında değiştiği gözlenmiştir.



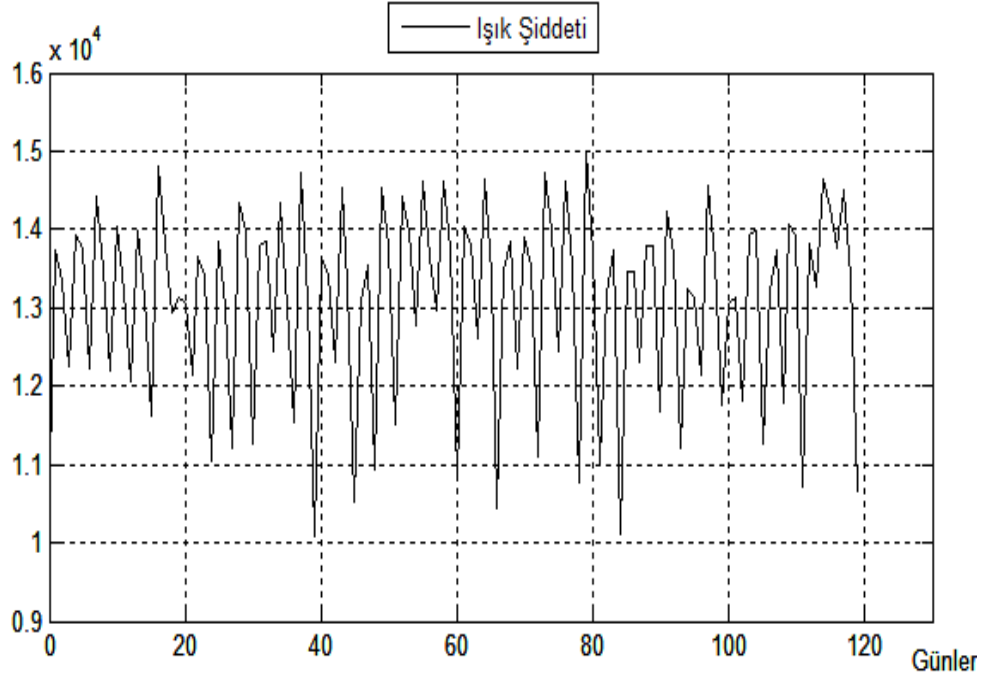
Şekil 5. 21. Sensörlerden alınan giriş verileri

(a) Gece ortalama sıcaklık, bağıl nem ve toprak nem grafiği, (b) Gece ortalama ışık grafiği, (c) Gündüz ortalama sıcaklık, bağıl nem ve toprak nem grafiği, (d) Gündüz ortalama ışık grafiği

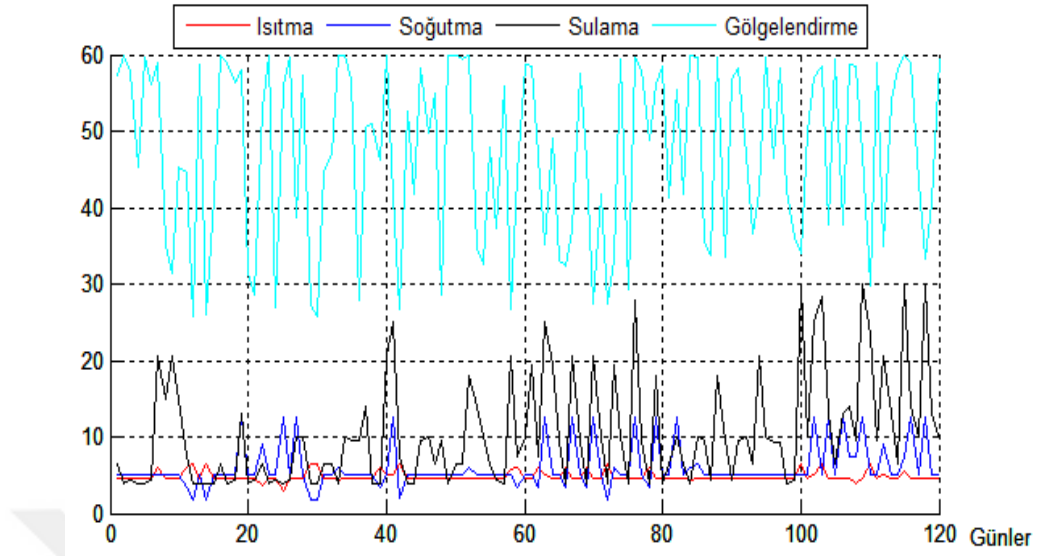
Şekil 5.21'in devamı



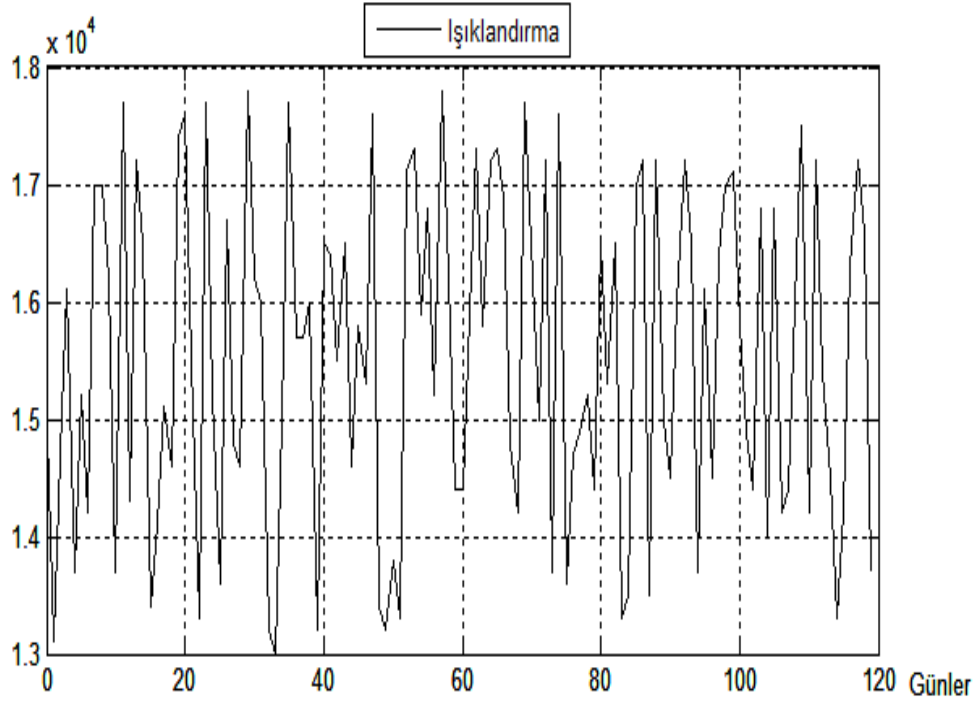
(c)



(d)



(a)

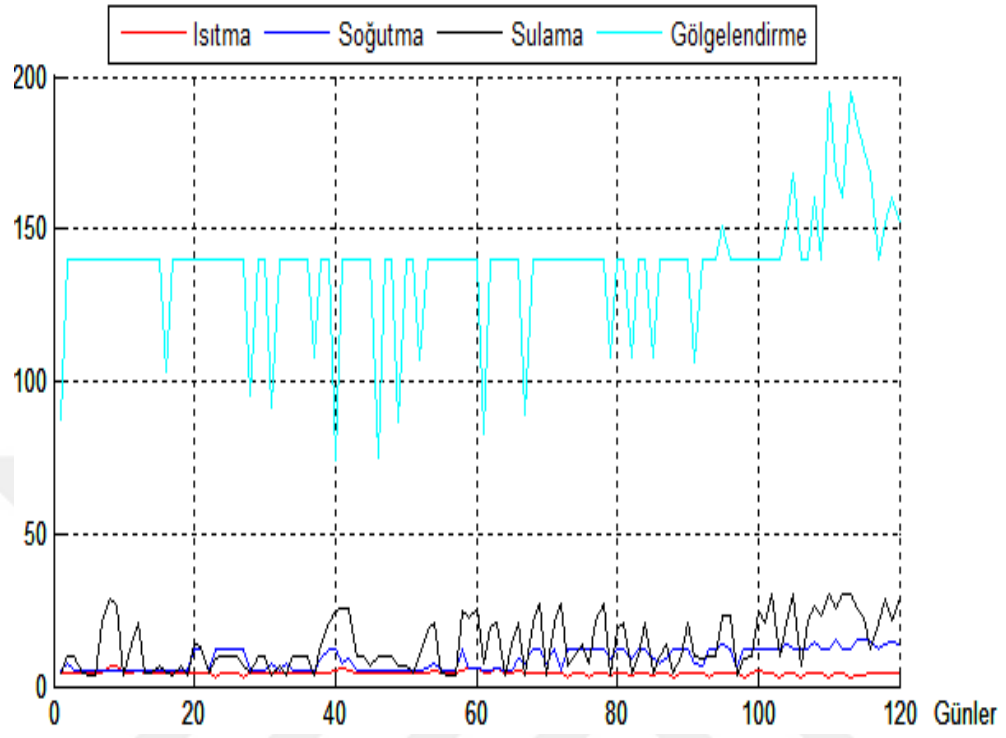


(b)

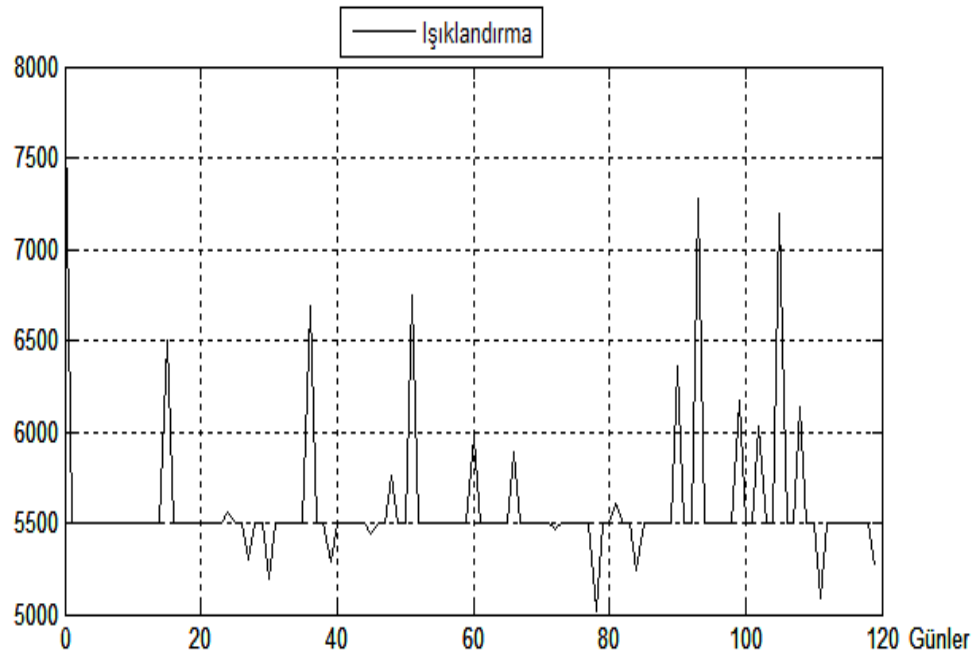
Şekil 5. 22. Giriş verilerine karşılık gelen çıkış değerleri

(a) Gece ortalama ısıtma, soğutma, sulama ve gölgeleme grafiği, (b) Gece ortalama ışıklandırma grafiği, (c) Gündüz ortalama ısıtma, soğutma, sulama ve gölgeleme grafiği, (d) Gündüz ortalama ışıklandırma grafiği

Şekil 5.22'in devamı



(c)



(d)

Seralar ısıtılarak düşük sıcaklık ve yüksek nem sorununa önlem alınabilir. Seralarda oluşan yüksek nem bitkiler üzerinde mantarlanma gibi çeşitli hastalıklara neden olabilmektedir. Bu hastalıklarla mücadele içinde çeşitli kimyasallar kullanılır. Isıtma yapılmayan, aşırı ilaç kullanılan seralar tüketici sağlığını ve çevreyi olumsuz olarak etkilemektedir. Sıcaklık miktarının az nem oranının yüksekliği fiziksel, kimyasal sorunlara, kalite eksikliğine, tarımsal ilaç ve hormon kullanımına neden olmaktadır. Seralarda nitelikli ve nicelikli verimin elde edilebilmesi için sıcaklığın belirlenen eşik değerinin altına düştüğü durumlarda ısıtma zorunluluğu vardır. Bu nedenle seraların ısıtılması seralarda yüksek nemi engelleme ve buna bağlı olarak aşırı ilaç ve hormon kullanımını engelleyerek kaliteli ve verimli ürünlerin yetiştirilmesine olanak sağlamaktadır.

Seraların soğutulması sonucu elde edilen serin ve nemli hava, seranın en uygun iklim şartlarında kalmasında kullanılır. Amaç sera içinde oluşabilecek olumsuz hava koşullarını en az indirmektir. Azalan sıcaklıkta ki çalışma ortamı ile bitkinin yetişmesinde uygun şartları sağladığı için fire oranının azaldığı ve verimin arttığı gözlenmiştir. Su püskürtme ile yapılan soğutma işleminde püskürtülen su damlacıkları hızlı bir şekilde gaz haline geçtiğinden dolayı bitkiler ıslanmadan ihtiyaç duydukları nem miktarını havadan sağlayabilirler. Islanma sonucu oluşabilecek mantarlanma ve çürümelerin önüne geçilir.

Düşük sulanma ile bitkilerde yeterli gelişme sağlanamayacağından verim ve kalitenin düşmesine; Yüksek sulama da hava neminin artması ile hastalık ve zararlıların üremesine uygun bir ortam hazırlayarak bitkilerin kök sistemlerinin havalanmasını engelleyerek yeterli besin maddesi bulamayan bitkinin verim ve kalitesinde düşüşe neden olmaktadır.

Bitkilerin büyümesi için gerekli koşullardan biri de ışık enerjisidir. Bitkiler güneşten aldıkları doğal ışık enerjisini kullanarak fotosentez yapıp büyümelerini sağlayıp yaşamlarını sürdürürler. Seraların ışıklandırılması bitkilerin fotosentez sürecini tamamlayabilmesi için gereklidir.

Gölgelendirmenin amacı, güneş ışınlarının sera içerisine girmesini engelleyerek sera içindeki sıcaklığın düşürülmesidir.

Elde edilen giriş verilerine karşılık olarak seraya verilmesi gereken ısıtma, soğutma, ışık ve su miktarları hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler ürünün uygun sıcaklık, nem, ışık ve su miktarları göz önüne alınarak hesaplandığından bulunan sonuçlar ürünün en optimum seviyede yetişebilmesi için gerekli şartları sağlamaktadır. Bundan dolayı fazla ısıdan veya nem dolayı oluşabilecek hastalıkları, mantarlanmayı, çürümeyi, kimyasal ilaç veya hormon kullanımını azaltmaktadır. Yeterli ışık düzeyi bitkilerin fotosentez sürecini

tamamlamalarına yardımcı olmaktadır. Seraya düşen ışık (güneş ışığı) miktarı arttığında serada sıcaklık artışına neden olduğu için sera yeterli miktarda ışıklandırılmalıdır.

Tablo 5. 8. Aylık ortalama giriş ve çıkış değerleri

Ortalama Veriler	Girişler (Sıcaklık, Bağıl Nem, Toprak Nem, Işık Şiddeti)	Çıkışlar					
		Isıtma Metotları		CU – 2 (micron)	CU – 3 (lt)	CU - 4 (cm)	CU – 5 (lux)
		Isı kayıp- kazanç	CU-1 (kw)				
Aralık Gece	S=3,7 ° C BN= 83,1% TN=55,7% IŞ=3512 lux	7,01	4,58	5.42	8.99	53.7	15400
Aralık Gündüz	S =7,2° C BN = 82,8% TN =50,1% IŞ = 11422 lux	6,62	4,39	5.17	9.9	103	6930
Ocak Gece	S =5,9° C BN = 83,4% TN =67,9% IŞ = 4200 lux	6,84	4,5	5.36	4.49	58	13000
Ocak Gündüz	S =8,2° C BN = 74,3% TN =42,4% IŞ =10768 lux	6,51	4,23	5.5	10	82	8020
Şubat Gece	S = 5,9° C BN =81,1 % TN =62,7% IŞ =4555 lux	6,84	4,28	5.08	4.73	62	13200
Şubat Gündüz	S =13,9 ° C BN = 66,9% TN =42,5% IŞ = 10467 lux	5,85	2,84	12	10.5	136	8520
Mart Gece	S =14 ° C BN =67,6 % TN =40,1% IŞ =4222 lux,	5,8	2,8	12.5	10.8	60	13050
Mart Gündüz	S =18,2 ° C BN =56,6 % TN =23,4% IŞ =10680 lux	5,3	2,1	12.8	20.5	140	8160

Aylık baz da hesaplanan gece ve gündüz ortalama değerlere göre oluşturulan bulanık mantık kontrol sisteminin çıkış üniteleri ve çıkış değerleri Tablo 5.8’de gösterilmiştir.

Bu giriş değerleri kullanıldığında CU-1 sistemi ile Bölüm 4’de açıklanan genel ısıtma yöntemi olarak kabul edilen ısı kayıp-kazanç metodu karşılaştırılmıştır. Isı kayıp kazanç yöntemi sadece ortamın sıcaklık ilişkisi ile değişip ortamın nem miktarını göz önüne almadığından aynı sıcaklık fakat farklı miktarda ki bağıl nem oranında aynı ısıtma gücünü hesaplamıştır.

Geliştirilen sistem sera içerisinde olan ürünün özelliklerine bağlı olarak geliştirildiğinden dolayı her ürüne göre çeşitlendirilebilir ürün başına alınan kalite ve verim de artış meydana gelir.

Tablo 5.2’de verilen çıkış fonksiyonlarının değer aralıkları ve Tablo 5.8’de hesaplanan çıkış değerleri göz önüne alınarak kontrol ünitelerini otomatik olarak aktif veya pasif

yapan değerler Tablo 5.9’da gösterilmiştir. Tablo 5.9’a göre hesaplanan CU-1 ısıtma sisteminin değeri 3.7 Kw ve daha yüksek olduğu durumlarda, CU-2 soğutma sisteminin değeri 12 micron ve daha yüksek olduğu durumlarda, CU-3 sulama sisteminin değeri 8.9 lt ve daha yüksek olduğu durumlarda, CU-4 gölgelendirme sisteminin değeri 100 cm ve daha yüksek olduğu durumlarda, CU-5 ışıklandırma sisteminin değeri 10000 lux ve daha yüksek olduğu durumlarda sistem otomatik olarak aktifleşmektedir.

Tablo 5. 9. Kontrol ünitelerini aktifleştirme değerleri

CU Durum	CU - 1	CU- 2	CU - 3	CU – 4	CU - 5
Aktif	CU-1>3.7	CU-2>12	CU-3>8.9	CU-4>100	CU-5>10000
Pasif	CU-1<3.7	CU-2<12	CU-3<8.9	CU-4<100	CU-5<10000

Bu çalışma da sera içerisinde oluşturulan kablosuz sensör ağ yapısı üzerinde bulunan 18 düğüm paketi koordinatör düğüm ile haberleşmesinde Zigbee haberleşme protokolünü kullanmaktadır. Zigbee protokolü, hızlı ve kolay kurulumu, güvenli oluşu ve düşük güç tüketimi gibi katkılar sağlamaktadır. Kullanıcıya uzaktan serayı izleyebilme ve müdahale edebilme esnekliği ve hızından dolayı Wifi haberleşme protokolü kullanılmıştır. Geliştirilen Android mobil uygulama aracılığı ile kullanıcıya zaman ve mekan konusunda esneklik sağlanmıştır. Sera iklim parametreleri birbirleri ile ilişkili olduğundan kontrol edilebilmesi karmaşık bir süreç olduğu için lojik mantık tek başına yeterli değildir. Bundan dolayı bulanık mantık kontrol yöntemi kullanarak tüm durumlar ve birbirleri ile olan bağlantılar göz önüne alınarak tasarlandığı için daha uygun bir yöntem olarak kabul edilmiştir. Sera ürünlerinden alınan kalite ve verimin arttırılması için ürünün ihtiyaç duyduğu tüm koşullar sağlanmalıdır. Doğal bir ortam hazırlamak çok güç olduğundan ortam belirlenen şartlara uygun olarak hazırlanmalıdır. Bunun için de ortamın kontrol edilmesi gerekmektedir. Ürünün ihtiyaç duyacağı sıcaklık, bağıl nem, toprak nem ve ışık miktarları vardır. Bunlar da seraların ısıtılması, soğutulması, sulanması, gölgelendirilmesi ve ışıklandırılması gibi fonksiyonlardır. Önerilen sistem de ürünlerin ihtiyaç duyacağı özelliklerin kontrolü sağlanmıştır.

Geliştirilen sistem sera içerisinde ölçülen iklim parametreleri arasında en fazla özelliği kapsadığı buna bağlı olarak sera içerisinde daha fazla sistemin kontrolünü sağlamaktadır.

WSN, Zigbee, Wifi protokolleri ile sistem genişletilebilir esnekliğe sahiptir. Sera içerisinde düğüm paketlerinde güç kaynağı sorunu yaşanabileceğinden sera içerisinde Zigbee teknolojisini kullanmaktadır. Kullanıcıya IoT desteği sağlayabilmek için uzaktan seraya erişimde internet protokolü kullanmaktadır. Geliştirilen Android mobil uygulama ile de kullanıcının zaman ve mekân sınırlaması konusunda yaşadığı sorunlara çözüm sağlamıştır.

Bu çalışmada bir serayı etkin olarak izleyebilmek ve kontrol edebilmek amacıyla kablosuz sensör ağ yapısı ile tasarlanan düğüm paketleri kullanarak, bulanık mantık kontrolünde ve mobil uygulama desteği ile sera izlemek ve yönetmek için bir uygulama geliştirildi. Geliştirilen sistem de seranın iç iklim parametrelerini okuyabilmek için kablosuz sensör ağ yapısı ile tasarlanan sensör paketleri Zigbee kablosuz haberleşme teknolojisini kullanmıştır. Kablosuz sensör ağ yapısı sisteme sensör düğümlerinin sayısının artırılması, bu sensör düğümlerinin geniş alanlarda dağıtılarak kullanılması, bir sensör düğümünde hata oluştuğunda diğer sensör düğümlerinin çalışmasına devam etmesi gibi avantajlar sağlamıştır. Sensör düğüm paketlerinin koordinatör düğüm ile haberleşmesinde kullanılan Zigbee teknolojisi ağın dayanıklılığı arttırıp, kurulum esnasında esneklik sağlayarak maliyetleri önemli ölçüde azaltmıştır.

Seranın kontrol sisteminde kullanılan bulanık mantık yöntemi ile sera iklim parametrelerinin yönetimi sağlanmıştır. Geliştirilen bulanık mantık sistemi bitkinin ihtiyaç duyduğu iklim parametreleri göz önüne alınarak tasarlandığı için geleneksel yöntemle göre daha verimli bir çalışma sunmuştur.

Kullanıcıya uzaktan mobil uygulama kullanarak serayı izleyebilme ve seranın iklim parametrelerini yönetebilme yetkisi verdiği için kullanıcıya çeşitli avantajlar sağlamıştır. Kullanıcının yaşamış olduğu zaman ve mekân konusundaki sınırlamaları çözmüştür. Kullanıcıya zaman, enerji tüketimi, su kullanımı, güvenlik, erişim ve yönetim açısından büyük kolaylıklar sunmuştur. Bu çalışma ile kullanıcı serayı ısıtmak için harcayacağı ısı enerjisinde yaklaşık %25 bir tasarruf sağlamıştır. Bu sistem ile çiftçinin ekimi, bitkilerin ihtiyaç duyduğu şekilde iyileştirilmiştir Daha yüksek ürün verimi, kısa süreli üretim süresi, daha kaliteli üretim ve koruyucu kimyasalların daha az kullanılması gibi çeşitli faydalar sağlamıştır.

5.5. Sonuçların Karşılaştırılması

Yıllar boyunca, düşük enerji ve donanım maliyetinde ve yüksek güvenilirlikte bir sera yönetimi oluşturmak için çeşitli algoritmalar ve teknolojiler kullanılmıştır .Akıllı bir sera uygulamasında yapılan çalışmalar ile yaptığımız çalışmanın karşılaştırması Tablo 5.10’da verilmiştir.

Tablo 5. 10. Literatürde yapılan çalışmalar ile geliştirilen modelin karşılaştırılması

Referans	Kullanılan Teknolojiler	Kullanılan Metotlar	Kullanılan Değişkenler	Kullanım Amacı	Performans
[6]	PLC, KingView	Bulanık Mantık	Sıcaklık, bağıl nem, ışık, CO2	Isıtma, sulama, ışıklandırma, gölgelendirme	Başarılı
[7]	-	Bulanık Mantık	Sıcaklık	Isıtma	Başarılı
[9]	WMSN, IoT	Volumetric Water Content	Sıcaklık, bağıl nem ve toprak nemi	Sulama	Başarılı
[14]	WSN	Bulanık Mantık	Sıcaklık, bağıl nem	Enerji ve su	Başarılı
[16]	WSN	Bulanık Mantık	Toprak sıcaklığı, bağıl nem ve toprak nemi	Sulama	Başarılı
Geliştirilen Model	WSN, IoT, Zigbee, Wifi, Android	Bulanık Mantık	Sıcaklık, bağıl nem ve toprak nemi ve ışık şiddeti	Isıtma, soğutma, sulama, ışıklandırma, gölgelendirme	Başarılı

Tablo 5.10’a göre geliştirilen sistem daha önceki sistemler ile karşılaştırıldığında daha çok yeni teknolojiler içermesi, sera içerisinde daha çeşitli sensör tipleri kullanıp bunlara bağlı olarak daha fazla özellik kontrolü sağlayarak kullanıcıya uzaktan serayı izleyebilme ve müdahale edebilme ortamı sağlamaktadır.

6. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında sera özellikleri dikkate alınarak bir seranın kontrolü için akıllı sera sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen sistemin sonuçları değerlendirilip analiz edilmiştir.

Bu çalışma da öncelikli olarak bir seranın ısıtılması için kullanılan geleneksel (ısı-kayıp kazanç) yöntemi, tasarlanan YSA modeli ve geliştirilen bulanık mantık sistemi ile 2017 yılına ait bir seranın ısıtma ihtiyacının olduğu aylardaki meteorolojik veriler kullanılarak seranın ısıtma ihtiyacı karşılaştırılmıştır. YSA modeli ile bulanık mantık sisteminin geleneksel yöntemle göre ısıtma için harcadığı ısı enerjisi miktarında yaklaşık %20 oranında azalma sağladığı gözlenmiştir.

İkinci olarak geliştirilen uygulama belirli bir seraya 01.12.2017-31.03.2018 (4) aylık süre içinde yerleştirilen (eşit aralıklarla) 18 düğüm paketinden alınan verilerin bulanık mantık kontrol sistemine giriş olarak sunulup seranın ısıtma, soğutma, ışıklandırma, gölgeleme ve sulama çıkış çevre birimlerinin değerlerini hesaplayarak çiftçiye/kullanıcıya uzaktan erişim sağlayabildiği Android tabanlı bir mobil uygulama ile serayı izleyip yönetebilmesi sağlanmıştır. Bu sayede bir seranın ihtiyaç duyacağı çıkış çevre birimlerinin değerleri hakkında tahmin yapılabilmesine olanak sağlamıştır.

Yapılan bu çalışmanın en önemli özellikleri, sera kontrol sistemlerinde kullanılan donanımsal elemanların ve yöntemlerin ürün özelliklerine göre belirlenip en uygun çalışma değer aralıklarına sahip olması, önerilen sistem ve yöntemlerin uygun sonuçlar sağlamasıdır. Kullanılan donanım elemanlarının maliyetlerinin az, sensör düğümlerinin koordinatör düğüm ile haberleşmesinde Zigbee protokolünü kullandığı için düşük pil tüketmesi, kullanımının kolay ve güvenilir olması kablosuz sensör yapısının sisteme sağlamış olduğu avantajlardandır. Kontrol sisteminde kullanılan bulanık mantık sistemi lojik mantığa dayanan ikili durum seçeneğini ortadan kaldırıp ara durumları da değerlendirdiği için sistemin herhangi bir anını daha doğru bir yaklaşımla tespit edebilmiştir. Düğüm paketinin sensörler, Arduino kartı, güç kaynağı ve Xbee modüllerinden oluşan elektronik devresi tek bir elektronik devre şeklinde tasarlanması daha mantıklı bir yaklaşım olacaktır. Oluşturulan sensör devresinin sera ortamında oluşabilecek zararlı etkilere korunabilmesi için koruyucu bir kılıf ile korunması sağlanabilir. Düğüm paketlerinin sayısı ve içerdiği sensör çeşitleri arttırılarak seranın her bir bölgesinde oluşabilecek iklim parametreleri incelenip buna bağlı olarak çıkış çevre birimlerinde kontrol edilmesi gereken sistemler çeşitlendirilip uygulama iyileştirilir.

KAYNAKLAR

- [1] Söğüt, E. ve Erdem, A.O., 2017. Günümüzün Vazgeçilmez Sistemleri: Nesnelerin Haberleşmesi ve Kullanılan Teknolojiler, Aksaray
- [2] Ayan, M., ve Şenol, R., 2016. Bulanık Mantık Tabanlı–Uzaktan Erişimli Sera Otomasyonu, Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 4, 734-746
- [3] Zhang, L., Li, C., Jia, Y., and Xiao, Z., 2015. Design of Greenhouse Environment Remote Monitoring System Based on Android Platform, Chemical Engineering Transactions Vol.46
- [4] Yılmaz, C., 2013. Seralar için Fonksiyonlu Akıllı Kontrol Sistemleri, VI. Kontrol Otomasyon ve Yapı Elektronik Sistemleri Sempozyumu, İzmir Türkiye
- [5] Zhou, N., Yu, Y., Yi, J., and Liu, R., 2017. Study on Thermal Calculation Method for a Plastic Greenhouse with Solar Energy Storage and Heating, Sol Energy. 142:39–48.
- [6] Li, L., Cheng, K.W.E., and Pan, J.F., 2017. Design and Application of Intelligent Control System for Greenhouse Environment, Power Electronics Systems and Applications - Smart Mobility, Power Transfer & Security (PESA), 2017 7th International Conference
- [7] Revathi, S., and Sivakumaran, N., 2016, Fuzzy Based Temperature Control of Greenhouse, International Federation of Automatic Control, 49-1: pp.549-554.
- [8] Castellini, A., Farinelli, A., Minuto, G., Quaglia, D., Secco, I., and Tinivella, F., 2017, EXPO-AGRI: Smart Automatic Greenhouse Control, Biomedical Circuits and Systems Conference (BioCAS), Turin, Italy, 19-21 October.
- [9] Mat, I., Kassim, M.R.M., Harun, A.N., Yusoff, I.M., 2016, IoT in Precision Agriculture Applications Using Wireless Moisture Sensor Network, IEEE Conference on Open Systems (ICOS), Langkawi, Malaysia, 10-12 October, pp. 24-29.

- [10] **Arif, K.I., and Abbas, H.F.**, 2015. Design and Implementation a Smart Greenhouse, International Journal of Computer Science and Mobile Computing, Vol.4, Issue.8, pp. 335-347
- [11] **Gaikwad, A., Ghatge, A., Kumar, H., and Mudliar, K.**, 2016. Monitoring of Smart Greenhouse, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) Vol. 03
- [12] **Belsare, R., Deshmukh, K., Patil, M., and Hattarge, A.M.**, 2014. Smart Green House Automation, International Journal of Computer Science & Engineering Technology (IJCSET), pp. 1127-1129.
- [13] **Zade, A.V., Harwani, S., and Bawankule, P.**, 2017. A Smart Green House Automation System by Wireless Sensor Networks, International Journal of Research in Advent Technology, Vol.5, Issue 3, March 2017
- [14] **Azaza, M., Tanougast, C., Fabrizio, E., and Mami, A.**, 2016. “Smart greenhouse fuzzy logic based control system enhanced with wireless data monitoring”, ISA Transactions 61 ,pp. 297–307.
- [15] **Hwang, J.H., and Yoe, H.**, 2016. Design of Wireless Sensor Network based Smart Greenhouse System, Int'l Conf. Wireless Networks | ICWN'16
- [16] **Maurya, S., and Jain, V.K.**, 2016. Fuzzy Based Energy Efficient Sensor Network Protocol for Precision Agriculture”, Computers and Electronics Agriculture, 13, pp. 20-37.
- [17] **Guo, T., and Zhong, W.**, 2015. Design and Implementation of The Span Greenhouse Agriculture Internet of Things System, International Conference on Fluid Power and Mechatronics (FPM), Harbin, China, 5-7 Aug.
- [18] **Zhao, J., Zhang, J., Feng, Y., and Guo, J.**, 2010. The Study and Application of the IoT Technology in Agriculture, 3rd International Conference on Computer Science and Information Technology, Chengdu, China, 9-11 July.
- [19] **Li, G., Zhang, W., and Zhang, Y.**, 2014. A Design of the IOT Gateway for Agricultural Greenhouse, Sensors & Transducers, Vol. 172, no. 6 pp. 75-80

- [20] **Carrasquilla-Batista, A., Chac'on-Rodr'iguez, A. and Sol'orzano-Quintan, M.,** 2016. Using IoT Resources to Enhance The Accuracy of Overdrain Measurements in Greenhouse Horticulture, 36th Central American and Panama Convention (CONCAPAN), San Jose, Costa Rica, 9-11 November.
- [21] **Villalobos, C.M.C., Alvarado, P.V.Z., and Hern'andez, S.A.M.,** 2016. SMARTLEAF: Sensing and Control of Plant Growth Conditions, Central America and Panama Student Conference (CONESCAPAN), Guatemala City, Guatemala, 27-30 September.
- [22] **Chen, Y., and Chien, H.,** 2017. IoT-based Green House System with Splunk Data Analysis, 8th International Conference on Awareness Science and Technology (ICAST), Taichung, Taiwan, 8-10 Nov, pp.260-263.
- [23] **Vermesan, O., and Friess, P.,** 2013. Internet of Things: Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems, pp. 7-8, Denmark.
- [24] **Kraijak, S., and Tuwanut, P.,** 2015. A survey on internet of things architecture, protocols, possible applications, security, privacy, real-world implementation and future trends. in 2015 IEEE 16th International Conference on Communication Technology (ICCT), Hangzhou, China, 18-20 October.
- [25] **Bilal, M.,** 2017. A Review of Internet of Things Architecture, Technologies and Analysis Smartphone-based Attacks Against 3D printers
- [26] **Gergen, Ö. M.,** 2010. Mobil Sensör Cihazlar Kullanılarak Isı ve Nem Değerlerinin Ölçümü ve Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Maltepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [27] **Ceylan, O.,** 2008. Kablosuz Algılayıcı Ağlarında Yaşam Süresi Eniyilemesi için Veri İşleme ve İletişim Yöntemleri, Yüksek Lisans Tezi, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- [28] **Yazar, M.,** 2015. Kablosuz Sensör Ağları ile Yangın Uyarı Sistemi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

- [29] **Kalaycı, T.E.,** 2009. Kablosuz Sensör Ağlar Ve Uygulamaları, XI. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Şubat.
- [30] <http://e-bergi.com/y/Kablosuz-Sensor-Aglari>, Kablosuz Sensor Ağları, 14 Mayıs 2009
- [31] **Sethi, P., and Sarangi, S.R.,** 2016. Internet of Things: Architectures, Protocols, and Applications, Journal of Electrical and Computer Engineering, Vol.2017, pp. 1-25
- [32] **Feng, J., Koushanfar, F., and Potkonjak, M.,** 2005. Handbook of Sensor Networks Compact Wireless and Wired Sensing Systems: Sensor Network Architecture”, CRC Press.
- [33] **Rafiei, M., and Eftekhari, S.M.,** 2012. A practical smart metering using combination of power line communication (PLC) and WiFi protocols, Proceedings of 17th Conference on Electrical Power Distribution, Tehran, Iran, 2-3 May
- [34] **Sadowski, S., and Spachos, P.,** 2016. RSSI-Based Indoor Localization with the Internet of Things, Early Access, Vol.4, 04 June.
- [35] **Vançin, S.,** 2016. Trafik İzleme Sistemlerinin Kablosuz Manyetik Sensörler Kullanılarak Gerçekleştirilmesi , Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [36] **Özcan, Ö.,** 2011. Kablosuz sensör ağları için PIC tabanlı sensör düğümü tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya
- [37] **Mohammeda, Z.K.A., and Ahmed, E.S.A.,** 2017. Internet of things applications, challenges and related future Technologies, World Scientific News Vol. 67(2) pp.126-148.
- [38] **El Afou, Youssef., Jammoukh, M., and Kousksou, T.,** 2018. Towards controlling climatic parameters under greenhouse, 4th International Conference on Optimization and Applications (ICOA), Mohammeda, Morocco, 26-27 April
- [39] **Li, H., and Wang, S.,** 2015. Technology and Studies for Greenhouse Cooling, World Journal of Engineering and Technology, 3, pp.73-77.

- [40] **Hu, J.**, 2013. Experimental Research on Mono-mial Cooling Measure of Greenhouse in Summer, Smart Grid and Renewable Energy, 4, 48-52.
- [41] **Yuan, B.Z., and Kang, Y.**, 2000. Drip irrigation scheduling for tomatoes in unheated greenhousesi Ecosystem Service and Sustainable Watershed Management in North China International Conference, Beijing, P.R. China, August 23 – 25
- [42] **Yanhui, W., and Xiaofei, J.**, 2015. The Design of Greenhou-se Lighting Control System, Control and Decision Conference (CCDC), 27th Chinese
- [43] **Abdelkrim, H., Othman, S.B., and Saoud, S.B.**, 2018. FPGA implementation of self-reconfigurable fuzzy logic controller, International Conference on Advanced Systems and Electric Technologies (IC_ASET), Hammamet, Tunisia, Tunisia, 22-25 March
- [44] **Rasheed, T., Rashdi, A., and Akhtar, A.N.**, 2018. Cooperative spectrum sensing using fuzzy logic for cognitive radio network, Advances in Science and Engineering Technology International Conferences (ASET), Dubai, United Arab Emirates, 6 February.
- [45] **Abduljabar, J.S.**, 2011. Bulanık Mantık Yöntemleri Kullanılarak Gazlı İçeceklerde Karbondioksit Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- [46] **İbrahim, D.**, 2016. An Overview of Soft Computing, Procedia Computer Science 102 pp: 34 – 38
- [47] **Kamal, L.L.K.**, 2018. Yarasa algoritması kullanarak yapay sinir ağlarının eğitilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya
- [48] **Akdag, U., Aydın Komur, M., and Ozguc, A.F.**, 2009. Estimation of Heat Transfer in Oscillating Annular Flow Using Artifical Neural Networks, Advances in Engineering Software, 40, 864–870
- [49] **Staub, S., Karaman, E., Kaya, S., Karapınar, H., and Güven, E.**, 2015. Artificial Neural Network and Agility, Procedia - Social and Behavioral Sciences 195, pp. 1477 – 1485

- [50]Sezginer, S.,2015. Yapay sinir ağıları ile elektriksel sistemlerde aşırı akım kavramı için kontrol sistemleri tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [51]Ataseven, B.,2013. Yapay sinir ağıları ile öngörü Modellemesi, Öngörü Dergisi, Cilt 10 , Sayı 39 , Sayfa 101 – 115.
- [52] Rojas, R., 1996.Neural Networks-A Systematic Introduction. Berlin: Springer-Verlag.
- [53] Sağiroğlu, Ş., Beşdok, E., ve Erler, M., 2003.Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları I: Yapay Sinir Ağları. Kayseri: Ufuk Kitap Kırtasiye-Yayıncılık.
- [54]www.firat.edu.tr/akademik/fakulteler/muhendislik/bilgisayar/balatas/SinirselAglar.pdf
Alataş, B., Sinirsel Ağlar, 16.06.2018
- [55] Ödük, M.N., 2010. Bulanık kontrol yöntemiyle sera otomasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya
- [56] Baytorun, A.N., Üstün, S. ve Akyüz, A., 2016. Farklı Isıtma-Derece-Gün (HDD) Değerlerine Bağlı Olarak Seralarda Isı Enerjisi Gereksiniminin Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi 31(2), 119-128
- [57] Cemek, B., 2005. Samsun İl ve İlçelerinde Seraların İklimsel İhtiyaçlarının Belirlenmesi. O.M.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi 20(3), 34-43.
- [58] http://deneysan.com/content/images/docments/isitma2_65672174.pdf,
- [59] Melgar, E.R., and Diez, C.C., 2012. Arduino and Kinect Projects, Distributed to the book trade world wide by Springer Science+Business Media, p.p 450-500, New York.
- [60] <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>, 20.06.2018
- [61] www.droboticsonline.com, 20.06.2018
- [62] <https://www.eletrogate.com/modulo-sensor-de-umidade-de-solo>, 16.06.2018
- [63] Zöhra, B.,2015, Arduino ile sensör uygulamaları, Gaziosmanpaşa Üniversitesi

[64] <https://www.robotistan.com/ldr-isik-sensuru-karti>, 20.06.2018

[65] https://www.sparkfun.com/pages/xbee_guide, 20.06.2018

[66] <http://www.zigbee.org/what-is-zigbee>, 20.06.2018

[67] <https://www.robotistan.com/esp8266-ekonomik-wifi-serial-transceiver>, 20.06.2018

[68] <http://mozanunal.com/2015/03/esp8266-modulu-html-server/> 20.06.2018

[69] <https://www.sparkfun.com/products/13678>, 20.06.2018



ÖZGEÇMİŞ

1992 yılında Elazığ' da doğan Özlem ALPAY, ilk ve orta öğretimini sırasıyla Mezre İlköğretim Okulu ve Mehmet Koloğlu Anadolu Lisesinde tamamlamıştır. 2010 yılında kazandığı Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümünü 2014 yılında başarıyla bitirmiştir. 2014 yılında başladığı Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü Teknoloji ve Bilgi Yönetimi Anabilim Dalı yüksek lisansını 2017 yılında tamamlamıştır. 2016 yılında yüksek lisans eğitimine Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Donanım Anabilim Dalında başlamıştır. 2017 yılında Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Bilişim Sistemleri Mühendisliği Bölümüne Araştırma Görevlisi olarak atanmıştır. 35. Maddeye göre geçici görevle Fırat Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümünde görevlendirilmiştir.