

**T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM  
DALI**

**ÖRTÜ ALTI TARIMDA UZAKTAN İZLEME VE YÖNETİM  
SİSTEMİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ALİ TOKSÖZ**

**DENİZLİ, AĞUSTOS - 2019**

**T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM  
DALI**



**ÖRTÜ ALTI TARIMDA UZAKTAN İZLEME VE YÖNETİM  
SİSTEMİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ALİ TOKSÖZ**

**DENİZLİ, AĞUSTOS - 2019**

## KABUL VE ONAY SAYFASI

Ali TOKSÖZ tarafından hazırlanan “Örtü Altı Tarımda Uzaktan İzleme ve Yönetim Sistemi” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 04.09.2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik - Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman  
Prof. Dr. Aydın KIZILKAYA



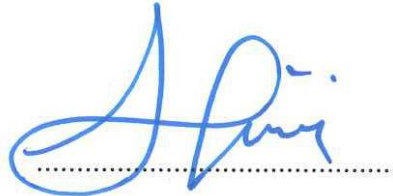
Üye  
Prof. Dr. Sezai TOKAT  
Pamukkale Üniversitesi



Üye  
Doç. Dr. Ali Kürşad GÖRÜR  
Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi



Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun  
18/09/2019 tarih ve ...37/13... sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof. Dr. Uğur YÜCEL

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

**Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.**

  
ALİ TOKSÖZ

## ÖZET

**ÖRTÜ ALTI TARIMDA UZAKTAN İZLEME VE YÖNETİM SİSTEMİ**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**ALİ TOKSÖZ**  
**PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**ELEKTRİK - ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. AYDIN KIZILKAYA)**

**DENİZLİ, EYLÜL - 2019**

Son yıllarda dünya nüfusundaki artış, dünyadaki yiyecek talebini de arttırmıştır. Bu sebeple insanoğlu talebi karşılamak amacıyla gıda üretiminde endüstriyel tarım tekniklerini ve teknolojiyi kullanmaya başlamıştır. Seracılık diğer adıyla örtü altı tarım da bu üretim tekniklerinden bir tanesidir. Bitkilerin daha hızlı büyümeleri ve verimliliğin artırılması aşamasında, sera içerisinde bitkiler için en uygun koşulların sağlanması oldukça önemlidir. Bu doğrultuda, seradan sağlanan bazı bilgilerin (ortam ve toprağa ait sıcaklık ve nem bilgileri ile ortama ait ışık ve karbondioksit yoğunluğu) çiftçiye gerçek zamanlı olarak aktarılması gerekir. Bu çalışmada, domates seracılığında ürün kapasitesini artırıcı teknolojik yöntemler üzerine odaklanılmıştır. Bunun için ilk olarak gömülü sistem ve bu sisteme girdi oluşturan algılayıcı kurgusu oluşturuldu. Devamında gömülü sistem çıktılarının (sıcaklık, nem, toprak nemi, ısı, ışık, vs.) GPRS, WiFi ya da Ethernet modemi aracılığıyla Web ortamına anlık olarak gönderilmesini sağlayan yapı oluşturularak veri tabanına kaydedildi. Kullanıcı, Web ortamında bu verileri grafiksel olarak görebilir. Ayrıca, aynı ortamda ürün rekoltesini, üretim sürecindeki yapılan masrafları görüntüleyebilecek ve kar-zarar analizi yapabilir. Böylelikle çifti, gelir gider dengesini daha net kurabilecek ve her yıl daha iyi bir planlama oluşturabilir.

**ANAHTAR KELİMELEER:** Veri Kaydedici, Veri tabanı, Nesnelerin İnterneti, Mobil Uygulama, Mobil Kullanıcı Arayüzü, Gerçek Zamanlı Web Sistemi, Sensörler

## **ABSTRACT**

**REMOTE MONITORING AND MANAGMENT SYSTEM ON GREENHOUSE**

**MSC THESIS**

**ALİ TOKSÖZ**

**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE**

**ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERING**

**(SUPERVISOR: PROF. DR. AYDIN KIZILKAYA)**

**DENİZLİ, SEPTEMBER 2019**

In recent years, the increase in world population has also increased the food demand in the world. Thus, in order to meet this demand, human beings have started to use industrial agricultural techniques and technology in food production. Greenhouse, also known as covered agriculture, is one of these production techniques. During the faster growth of plants and increasing the productivity, it is very important to provide the most suitable conditions for the plants in the greenhouse. In this direction, some information (such as temperature and humidity information of the environment and soil, light and carbon dioxide density of the environment) provided from the greenhouse should be transmitted to the farmer in real-time. In this project, it is focused on the technological methods to increase the crop capacity in the tomato greenhouse. For this purpose, firstly, the embedded system and the sensor fiction that provides input to this system will be formed. Subsequently, it will be ensured that the embedded system outputs (temperature, humidity, soil moisture, heat, light, etc.) are sent to the Web environment via GPRS, WiFi or Ethernet modem and saved in the database. The user will be able to see this data graphically in the Web environment. In addition, they will be able to monitor the amount of crop and costs incurred in the production process, and perform profit and loss analysis in the same environment. Thus, the farmer will be able to establish the income and expenditure balance more clearly and make better planning every year.

**KEYWORDS:** Data Logger, Database, Internet of Things, Mobile Application, Mobile User Interface, Monitoring, Real Time Web System, Sensors

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>iv</b>
<b>SEMBOL LİSTESİ</b> .....	<b>v</b>
<b>KISALTMALAR LİSTESİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>vii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI</b> .....	<b>4</b>
<b>3. ÖRTÜ ALTI MODELİ</b> .....	<b>10</b>
3.1    Sensörler .....	10
3.1.1    Sıcaklık ve Nem Sensörü .....	11
3.1.2    Toprak Sıcaklığı Sensörü.....	12
3.1.3    Toprak Nem Sensörü .....	13
3.1.4    Işık Yoğunluğu Sensörü.....	13
3.1.5    Karbondiyoksit Sensörü.....	14
3.2    Gömülü Sistem .....	15
3.3    Bulut Ortamı .....	16
3.4    Görüntüleme Sistemi .....	17
3.5    Kaynak Yönetim Sistemi.....	18
<b>4. MODEL GERÇEKLEME SONUÇLARI</b> .....	<b>20</b>
4.1    Sensörler .....	20
4.1.1    Sıcaklık ve Nem Sensörü .....	21
4.1.2    Toprak Sıcaklığı Sensörü.....	22
4.1.3    Toprak Nem Sensörü .....	23
4.1.4    Işık Yoğunluğu Sensörü.....	24
4.1.5    Karbondiyoksit Sensörü.....	25
4.2    Gömülü Sistem .....	25
4.3    Bulut Ortamı .....	28
4.3.1    Web Servis Katmanı .....	28
4.3.2    Veri tabanı Katmanı.....	29
4.4    Görüntüleme Sistemi .....	29
4.5    Kaynak Yönetim Sistemi.....	31
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER</b> .....	<b>35</b>
<b>6. KAYNAKLAR</b> .....	<b>37</b>
<b>7. ÖZGEÇMİŞ</b> .....	<b>39</b>

# ŞEKİL LİSTESİ

## Sayfa

Şekil 1.1: Türkiye’deki örtü altı domates üretim miktarının yıllara göre değişimi (Kandemir ve diğ. 2016). ....	3
Şekil 3.1: 2 bit çözünürlüklü ADC dönüşüm grafiği (PIC Analog to Digital Converter Tutorial 2019).....	10
Şekil 3.2 Sayısal sensör işaretinin zamana göre değişimi.....	11
Şekil 3.3 DHT11 sıcaklık ve nem sensörü.....	12
Şekil 3.4 DS18B20 sıcaklık sensörü.....	12
Şekil 3.5 DS18B20 su geçirmez kılıflı sıcaklık sensörü.....	13
Şekil 3.6 Toprak nemi sensörü.....	13
Şekil 3.7 Fotodirenç'te ışık şiddeti ile direnç arasındaki ilişki.....	14
Şekil 3.8 LDR ile pull down direnç bağlantı gösterimi.....	14
Şekil 3.9 Hava kalitesi ölçüm sensörü MQ – 135.....	15
Şekil 3.10 REST Web Servis yaşam döngüsü.....	17
Şekil 3.11: Bulut ortamının temsili gösterimi (İrgin 2018).....	17
Şekil 4.1: Raspberry Pi 3 Model B BCM pin gösterimi.....	21
Şekil 4.2: DHT11 Sıcaklık - Nem sensöründen veri okuma işlemi yapan kod.....	22
Şekil 4.3: DS18B20 sıcaklık sensöründen veri okuma işlemi yapan kod.....	24
Şekil 4.4: Toprak nemi sensöründen veri okuma işlemi yapan kod . ....	24
Şekil 4.5 Raspberry Pi enerji bağlantısı . ....	26
Şekil 4.6: launcher.sh dosyasındaki komut seti . ....	27
Şekil 4.7: Crontab'a yazılan komut seti . ....	27
Şekil 4.8: SQLite veritabanına kayıt işlemi yapan kod . ....	27
Şekil 4.9: İnternet erişimini kontrol eden kod . ....	28
Şekil 4.10: Web serviste parametreleri kontrol eden kod . ....	29
Şekil 4.11: Sıcaklık, nem ve toprak nemi değerlerinin anlık gösterimi . ....	30
Şekil 4.12: Son 20 dakikalık sıcaklık verisinin mobil cihazda grafiksel görünümü . ....	30
Şekil 4.13: Olumsuz ortam koşullarının dashboard üzerinde mesaj olarak gösterimi . ....	31
Şekil 4.14: Sisteme işlenen giderlerin liste görünümü . ....	31
Şekil 4.15: Sisteme işlenen hasatların liste görünümü . ....	32
Şekil 4.16: Sisteme işlenen tahsilatların liste görünümü . ....	33
Şekil 4.17: Giderlerin rapor olarak gösterimi . ....	33
Şekil 4.18: Hasat edilen ürünün dönemsel rapor görünümü . ....	34
Şekil 4.19:Dönemsel Kar Zarar rapor görünümü . ....	34
Şekil 4.20: Ürün Tonaj grafik görünümü . ....	34



## SEMBOL LİSTESİ

<b>C<sup>0</sup></b>	:	Santigrad
<b>%</b>	:	Yüzde
<b>kOhm</b>	:	Kilo Ohm

## KISALTMALAR LİSTESİ

<b>GSM</b>	:	Global System for Mobile Communications
<b>GPRS</b>	:	General Packet Radio Service
<b>MVC</b>	:	Model View Controller
<b>3G</b>	:	3rd Generation
<b>TCP</b>	:	Transmission Control Protocol
<b>LCD</b>	:	Liquid Crystal Display
<b>A/D</b>	:	Analog / Digital
<b>ADC</b>	:	Analog Digital Convertor
<b>WiFi</b>	:	Wireless Fidelity
<b>Yy</b>	:	Yüzyıl
<b>CO2</b>	:	Karbondioksit
<b>SQL</b>	:	Structure Query Language
<b>SMS</b>	:	Short Message Service
<b>GUI</b>	:	Graphical User Interface
<b>LPL</b>	:	Low Power Listening
<b>MCU</b>	:	Micro Controller Unit
<b>PoE</b>	:	Power of Ethernet
<b>GHz</b>	:	Giga Hertz
<b>IO</b>	:	Input Output
<b>UART</b>	:	Universal Asynchronous Receiver Transmitter
<b>GND</b>	:	Ground
<b>ROM</b>	:	Read Only Memory
<b>LDR</b>	:	Light Dependent Resistor
<b>HTTP</b>	:	Hypet Text Transfer Protocol
<b>SOAP</b>	:	Simple Access Protocol
<b>RPC</b>	:	Remote Procedure Call
<b>REST</b>	:	Representational State Transfer
<b>TCP/IP</b>	:	Transmission Control Protocol/Internet Protocol

## ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında, saygı değer arkadaşım Emrah KARA'nın sahibi olduğu serada geliştirmesini ve testlerini yaptığımız örtü altı uzaktan izleme ve yönetim sistemi çalışmasında elde ettiğimiz bulguları dikkatinize sunmaktayım.

Bu çalışmayı hazırlarken geçirdiğim süreçte benden yardımlarını esirgemeyen serasında prototip çalışmasını test ettiğimiz Emrah KARA'ya, manevi desteğini her an yanımda hissettiğim eşime, kızıma, aileme ve arkadaşlarıma, tezimin hazırlanmasına katkı sağlayan sayın hocam Prof. Dr. Aydın KIZILKAYA'ya teşekkürü bir borç bilirim.

# 1. GİRİŞ

Tarım, bitkisel ve hayvansal ürünlerin kaynaklarından tüketicilere ulaştırılmasına kadar yaşanan tüm evreyi kapsayan bir bilim dalıdır ve insanlık tarihinde avcı toplayıcı toplumlardan yerleşik topluma geçişin kırılma noktası olarak kabul edilir. Bu sebeple tarımın tarihi, insanlığın yazılı tarihinden çok daha eskidir ve tarım, yaşamın en temel ihtiyaçlarından beslenmeyi konu aldığı için bilinen en değerli bilim alanlarından biridir.

Her bir bitkinin üremesi ve olgunlaşması için gerekli ortam koşullarının belirlenmesi, her bir toplum için ihtiyaçların tespit edilmesi, verimliliği arttırmak için en iyi koşullarının sağlanması, insanlara ulaştırılana kadar muhafaza edilmesi, işlenmesi ve pazarlanması gibi birçok konu tarım biliminin kapsamına girmektedir. Dolayısıyla tarım, uygulamalı ve oldukça geniş bir araştırma alanına sahip bir bilim dalıdır. Bununla birlikte teknolojinin ve bilim alanlarının gelişmesiyle, bitkilerle ilgili yeni bilgiler ortaya çıkmaktadır. Yeni bilgilerin ortaya çıkması ve dünya nüfusunun 2050 yılında 9.8 milyar olacağı ve bu kadar insanın büyük bir tüketim ağı oluşturacağı düşünüldüğünde tarım biliminin birçok alanı devamlı güncellenmekte, endüstriyel tarım teknikleri denenmekte ve ürün verimliliği insanoğlunun hayatını devam ettirebilmesi için büyük önem arz etmektedir.

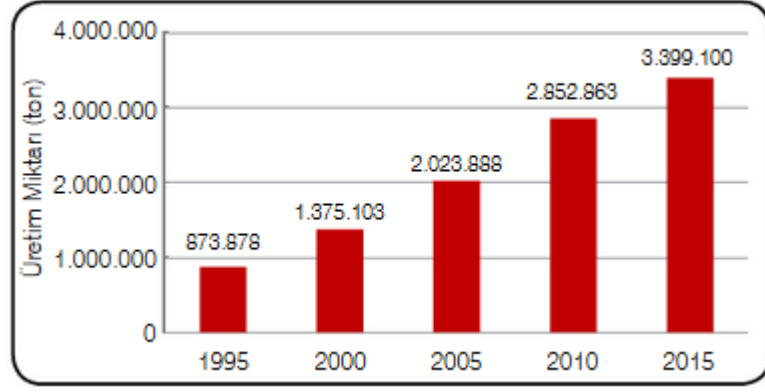
Tarım ürünlerinin üretimi aşamasında çevresel şartların sağlanabilmesi oldukça zordur. Beraberinde, bazı ürünlerin yetiştikleri ortamlardan taze bir biçimde sevkiyatı kolay değildir. Bu zorlukların üstesinden gelmek ve bitkilerin yetişmesine uygun şartların insan kontrolünde gerçekleştirilebilmesi için 1545 yılında Daniel Barbaro tarafından, Padova'da tarihin bilinen ilk serası kurulmuş ve örtü altı üretim başlamıştır (Keskin 2019). Günümüzde ise ılıman iklimin hüküm sürdüğü bölgelerde örtü altı meyve ve sebze üretimi oldukça yaygın hale gelmiştir. Türkiye'nin Ege ve Akdeniz kıyılarında da ılıman iklim görüldüğü için bitkisel üretimin büyük bir kısmı örtü altıdır. Örtü altı tarımda iklim koşulları kontrol edilebildiğinden dolayı yıl boyu ürün alma olanağı ortaya çıkmakta ve ürün kalitesi artırılabilir. Bu sebeple Anadolu'nun iç kısımlarında sera üreticiliği yaygınlaşmaktadır.

Endüstriyel tarım faaliyetlerinin 20. yüzyılın başlarından beri yaygınlaşması, nüfusun hızlı artışı ve doğal dengenin bozulmasıyla ortaya çıkan iklim değişiklikleri göz önüne alındığında örtü altı tarımının gelecekteki üretimin tamamında etkin olacağı öngörüsü oldukça mantıklıdır.

Bitkilerin daha hızlı büyümeleri ve verimliliğin artırılması aşamasında, sera içerisinde bitkiler için en ideal koşulların sağlanması oldukça önemlidir. Toprak ve ortamın sıcaklığı, nemi, ortamın karbondioksit ve ışık yoğunluğu, bitkilerin olgunlaşmasındaki en önemli etkenlerdir ve her bitki türü için ayrı ayrı kontrol altında tutulmalıdır. Örneğin Türkiye'deki örtü altı tarımın en etkin kullanıldığı domates bitkisi için en ideal sıcaklık  $22\text{ C}^0 - 26\text{ C}^0$  aralığıdır (Ata 2015). Domates seralarında oransal ortam nemi ise %65 ile %70 arasında olması gerekmektedir (Ata 2015). Düşük nem, bitkinin verimsizleşmesine ve kalitenin düşmesine; yüksek nem ise hastalıklara sebep olmaktadır (Aybak 2015). Toprak nemi ise bitkinin ihtiyacı olan suyu alması ve suyun gereksiz kullanımı arasındaki sınırın belirlenmesi için oldukça önemli bir parametredir. Tüm bu parametreler üretim sürecindeki aşamalara göre değişiklik gösterecektir. Örneğin bitkinin üremesinde kullanılan Bombus arıları,  $13\text{ C}^0 - 28\text{ C}^0$  aralığındaki sıcaklıklarda ve %55 - %80 aralığındaki nem oranlarında çalışmaktadır (Aybak 2015).

Örtü altı sebze yetiştiriciliği, birim alandan yüksek verim ve gelir elde edilmesi ve bitki üretimini yılın her mevsiminde mümkün kılarak yıl içerisinde düzenli bir iş gücü kullanımını sağlaması nedeniyle tarım sektörümüz içerisinde önemli bir paya sahiptir. Beslenme açısından önemli sebze türlerinden biri olan domates ülkemizdeki örtü altı sebze yetiştiriciliğinde ilk sırada yer almaktadır. Türkiye'deki toplam domates üretiminin yaklaşık %27'si (3.399.100 ton) örtü altı tarımdan sağlanmaktadır. Domates üretim miktarının toplam örtü altı sebze yetiştiriciliği içindeki payı ise %53.5 civarında olup örtü altı domates üretiminin yaklaşık %77.6'sı Akdeniz Bölgesi'nden karşılanmaktadır (Kandemir ve diğ. 2016).

Türkiye'de örtü altında üretilen domatesin miktarı üretim alanlarının artışına ve kaliteli tohum ve teknolojik yöntemlerin kullanılmasına bağlı olarak son yıllarda belirgin bir düzeyde artış göstermiştir. Bu durum Şekil 1.1'de açıkça görülmektedir. (Kandemir ve diğ. 2016).



**Şekil 1.1:** Türkiye’deki örtü altı domates üretim miktarının yıllara göre değişimi (Kandemir ve diğ. 2016).

Seralar, tarımsal alanda teknolojinin en üst düzeyde uygulanabildiği ve bitkisel üretim için gerekli olan gelişim etmenlerinin tüm yıl boyunca sağlanabildiği kontrol edilebilir esnekliğe sahip içinde hareket edilebilir üretim alanlarıdır. Seralarda iyi bir bitki gelişimi ve düşük maliyetli bir üretim için havanın CO2 içeriği, ışık, sıcaklık, ısı ve nem gibi sera içi ortam parametrelerinin en iyi koşulları sağlayacak şekilde düzenlenmesi gerekmektedir. Bunun için gerekli ölçümlerin anlık yapılarak gözlemlenmesi ve gerektiğinde belirli kontrol mekanizmalarını belirlenmiş kurallar çerçevesinde devreye sokacak örtü altı sistemlerin kurgulanması önem arz etmektedir. Dolayısıyla günümüzde bilim ve teknolojiden yoksun bir üretim modeli ile kârlı bir yetiştiriciliğin yapılması neredeyse imkânsız gözükmektedir.

Bu çalışmada, domates seracılığında verimi artırıcı teknolojik yöntemlerin araştırılması ve gerçekleştirilmesi üzerine odaklanılmıştır. Bu doğrultuda; uzaktan görüntüleme, GSM, WiFi, GPRS, Web ve Nesnelerin İnterneti (IoT) olarak bilinen teknolojik yöntemlerin domates seracılığında kullanımına yönelik çalışmalar yapılacaktır. Bunun için ilk olarak gömülü sistem ve bu sisteme girdi oluşturan algılayıcı kurgusu oluşturulacaktır. Devamında gömülü sistem çıktılarının (sıcaklık, nem, toprak nemi, ısı, ışık, vs.) GPRS modemi aracılığıyla Web ortamına anlık olarak gönderilmesini sağlayan yapı oluşturularak veri tabanına kaydedilmesi sağlanacaktır. Kullanıcı Web ortamında bu verileri grafiksel olarak görebilecektir. Ayrıca, aynı ortamda ürün rekoltesini, üretim sürecindeki yapılan masrafları görüntüleyebilecek ve kar-zarar analizi yapabilecektir.

## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Örtü altı tarım, tarımsal uygulamalar arasında yeni bir teknikmiş gibi algılansa da tarihi eski zamanlara dayanmaktadır. Örtü altı tarım diğer adıyla seracılık, ilk olarak Avrupa’da ortaya çıkmıştır. Özellikle tropikal bölgelerde yetişen meyvelerin Akdeniz’e kıyısı olan bölgelerde popüler olmasıyla dönemin önde gelen aileleri, zengin kişi ve araştırmacılar hobi olarak ilk örtü altı tarım çalışmalarını yapmışlardır.

Modern seracılık, 20 yy. başlarında birinci dünya savaşından sonra başlamış ikinci dünya savaşının ardından endüstrinin gelişmesine bağlı olarak plastik örtülerin tarımda kullanılmasıyla yaygınlaşmış ve günümüze kadar gelmiştir.

Ülkemizde örtü altı tarım, 1940’lı yıllarda Antalya’da inşa edilen seralarla başlamış, plastiğin tarımda örtü malzemesi olarak kullanılmasıyla 1960 yılı sonrasında artış göstermiştir (Sevgican ve diğ. 2019). Örtü malzemelerindeki gelişmeler ve devletin bu sektörde geçmişten günümüze uyguladığı teşviklerle sürekli gelişerek bugünkü bulunduğu noktaya ulaşmıştır.

Tarım alanındaki araştırmalardan elde edilen veriler ışığında yüksek teknolojinin bu alana etki etmesi maksadıyla bir takım çalışmalar yapılmaktadır. Serada iklim koşullarına tamamen veya kısmen bağlı kalmadan sıcaklık, nem, ışık, CO<sub>2</sub>, toprak nemi gibi bir takım etkiler kontrol altına alınabilmektedir. Bu etmenlerden sıcaklık ve nem, bitki gelişimine doğrudan etki eden iki önemli büyüklüktür. Her bitki için sıcaklık isteği, bulunduğu döneme göre farklılık gösterir. Bununla birlikte tozlaşmaya yardımcı olması maksadıyla seralarda kullanılan Bombus arılarının çalışmasına sıcaklık doğrudan etki etmektedir. Sera içi sıcaklık, arıların çalışma eşik değeri aralığında olmalıdır. Yüksek veya düşük sıcaklıklarda Bombus arısı verimli çalışmaz. Bu ise bitkiler arasındaki tozlaşmayı etkiler. Tozlaşmanın az olduğu durumda bitki veriminde azalma görülür (Aybak 2015).

Sıcaklık, nem ve ortamda bulunan gazlar gibi etmenlerin yanında bitki gelişimine en büyük etkisi olan bileşiklerden biri de sudur. Su, canlıların yaşaması

için hayati öneme sahiptir. Günümüzde seralardaki damlamaya dayalı sulama yöntemi, en yaygın kullanılan sulama sistemidir. Damlama tekniğinde su, bitki köklerinin bulunduğu yerden verilir. Su stresi bitkinin gelişimini etkilediği gibi verim düşüklüğüne de sebep olabilir. Dolayısıyla, gelişme sürecinde bitkiye ihtiyaç duyduğu anda gerektiği kadar su verilmelidir. Suyun az ya da çok verilmesi bitki için zararlı sonuçlara neden olabilmektedir.

Bitki ışık altında fotosentez yaparken ortamdaki karbondioksiti (CO<sub>2</sub>) tüketir ve ortama oksijen verir. Tüketim esnasında karbondioksit yoğunluğunun kontrolü oldukça önemlidir. Çünkü domates karbondioksit gübrelemesine; erken çiçeklenme, kısa vejetasyon, iyi meyve bağlama, (renk, şekil ve büyüklük olarak) daha kaliteli meyve üretme gibi çok iyi tepkiler veren bitkilerden biridir (Tezcan ve diğ. 2011, Aybak 2015). Fotosentez esnasında büyüme gerçekleşir. Bitki gelişiminde fotosentez olayının çok önemli bir yeri vardır. Bitkinin fotosentez yapabilmesi için ortamda yeteri kadar ışık da bulunmalıdır. Ortamdaki ışık oranı domates bitkisinde çiçeklenmeyi ve dolayısıyla meyve sayısını artırır (Özer ve Kandemir 2017). Diğer taraftan aynı suda olduğu gibi, fazla ışığa maruz kalması bitkiye zarar verebilir ve bu sebeple domates bitkisinin günde en az 8 saat karanlıkta kalması önerilir (Aybak 2015).

Günümüzde, teknoloji hızla gelişimini sürdürürken 10 – 15 sene öncesine kadar işleyişi ve işlevi farklı olan pek çok iş, teknolojinin gelişimi sayesinde günümüzde bambaşka bir boyut kazanmış durumdadır. Bu teknolojik gelişim, tarım endüstrisini de etkilemektedir. Geçmişten günümüze bitkilerin gelişmesi için gerekli seviyedeki nemlilik, sulama, sıcaklık vb. ortam değerlerinin kontrol edildiği, izlendiği ve kayıt altına alındığı, biyolojik açıdan teknoloji yardımıyla bitkilerin, sera ortamında geleneksel çiftçiliğe oranla daha iyi nasıl ürün yetiştirileceğini araştıran bir takım yenilikçi çalışmalar yapılmaktadır. Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmeler, tarım teknolojilerini etkilemekte ve akıllı tarım sistemlerinin ortaya çıkmasını tetiklemektedir. Bu alanda geçmişte bir takım çalışmalar yapılmış ve gelişen teknolojiye bağlı günümüzde yeni çalışmalar da yapılmaktadır.

Patil ve diğ. (2016) çalışmalarında; atmosferik değerlerin tarımsal üretimde özellikle örtüaltı tarımda, çok önemli bir role sahip olduğunu ve bu değerlerin özellikle gözlenmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Bu doğrultuda LM-35 sıcaklık ve



SY-HS-220 nem algılayıcılarıyla elde edilen verileri gerçek zamanlı olarak bilgisayar ortamına aktarmış ve bu verileri bilgisayar ortamında grafiksel forma dönüştürerek ortam değişkenleri arasındaki ilişkiyi değerlendirmişlerdir.

Karande ve diğ. (2014)'nin çalışmasında; ZigBee kablosuz ağ yapısını kullanarak sıcaklık, nem ve toprak nemi algılayıcılarının bulunduğu düğümlerden elde edilen değerler kablosuz formda gömülü sisteme aktarılmıştır. Gömülü sisteme gelen veriler, yorumlanarak sayısal işarete dönüştürülmüş ve RS232 portu aracılığıyla merkezi sunucuya gönderilmiştir. ZigBee kablosuz ağ alt yapısının kullanıldığı bu çalışma 254 farklı düğüme kadar genişletilebilir. Bu da sisteme birçok algılayıcı veya gerektiğinde kontrol düğümlerinin eklenmesine olanak sağlar. Bu çalışmayla, düğümlerden gömülü sisteme aktarılan verilerin LCD ekranda gösterilmesi ve beraberinde merkezi sunucuya aktarılan verilerin gerçek zamanlı raporlanarak görüntülenebilmesine imkân sağlanmıştır.

Shivasaisomarathi ve Saispurthyreddy (2010); sera içerisinde birbirinden bağımsız farklı noktalara konumlandırılan sıcaklık, nem karbondioksit ve ışık algılayıcılarının bulunduğu kablosuz ağ yapısındaki düğümlerden ortam verilerinin toplanmasını gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada, düğümler ile gömülü sistem arasındaki bağlantı kablosuz ağ ara yüzü ile sağlanmakta ve düğümlerden elde edilen veriler bu ara yüze kablosuz haberleşme ile aktarılmıştır. Gömülü sistem ile ağ ara yüzü arasında veri alışverişi RS232 portu üzerinden gerçekleştirilmektedir. Sistemde kullanılan donanımlar düşük güç tüketimine sahip olduğundan enerjiden de tasarruf edilmiştir. Ayrıca sistemin elektrik beslemesi güneş paneliyle güçlendirilerek ucuz enerji kullanımı amaçlanmıştır.

Tabatabaeifar ve diğ. (2014) çalışmalarında; serada kurulu sulama, gübreleme ve ışıklandırma sistemi gibi herhangi bir kontrol mekanizmasını uzaktan kontrol edebilecek alt yapının hazırlığını yapmışlardır. Bunun için düşük güç tüketimine sahip, ucuz ve kolay programlanabilir ZigBee ağ yapısı temelli Xbee Series 2 donanımı ile buna bağlı algılayıcılardan oluşan kablosuz algılayıcı ağı oluşturmuşlardır. Ortamdaki sıcaklık ve nem değerini ölçmek için 14 bit çözünürlüğe sahip SHT 75 algılayıcısı kullanılmıştır. Işık yoğunluğunu ölçmek için 12 bit çözünürlükteki TSL2550 algılayıcısı kullanılmıştır. Sistemde, algılayıcı düğümlerinden toplanan değerler kablosuz ağ geçidine gönderilmiş, buradan da

gömülü sisteme iletilmiştir. Sunucu ile gömülü sistem arasındaki bağlantı GSM modemi ile sağlanmıştır. Gömülü sistemde veriler uygun formata dönüştürülerek GSM modemine aktarılarak GPRS protokolü ile sunucuya gönderilmiştir. Sunucuya gelen veriler MVC tabanlı web sayfaları aracılığıyla grafik formunda ayrı sayfalarda gösterilmiştir. Diğer taraftan, sunucu tarafında veri tabanı katmanı olmadığından dolayı geçmişe yönelik kayıtlar görüntülenememektedir. Ayrıca, çalışmada sera ile internet ortamında bir etkileşim vardır.

Goufang ve diğ. (2010); otomasyon sistemi ilkel olan seralarda gerçek zamanlı görüntüleme sistemini geliştirmek amaçlı bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada, kablosuz algılayıcı ağından alınan ortam verileri RS232 protokolü üzerinden sera içerisindeki bilgisayara aktarılmıştır. Bilgisayar üzerinde kurulu olan LabView programı ile gerçek zamanlı ortam verileri örneklenmiştir. Sahadan elde edilen verilerin internet ortamına gönderilmesi bu program üzerinden sağlanmıştır. Bu çalışmada ASP.NET teknolojisiyle dinamik web sayfaları geliştirilmiştir. Bu internet sayfaları tarayıcı tabanlı programlar ile görüntülenebilir. Ayrıca veriler internet sayfalarından Excel formatında indirilebilir. Verileri uzaktan görüntülemek için internet sayfalarına IP adresiyle erişilmiştir.

Zhang ve diğ. (2015) çalışmalarında, sera ortamında algılayıcılardan elde edilen ortam parametrelerini Android platformuna sahip akıllı telefonlara aktaran gerçek zamanlı uzaktan izleme ve kontrol mekanizması kurmuşlardır. Android işletim sistemine sahip akıllı telefonlar için C++/MFC Visual Studio ve Eclipse Android geliştirme ortamı kullanılarak uzaktan görüntüleme ve kontrol sistemi geliştirilmiştir. Sera ile mobil cihaz arasındaki bağlantı üçüncü nesil telefon teknolojisiyle yapılmıştır. Sera içerisine konumlandırılan sıcaklık, nem, ışık, toprak nemi, toprak sıcaklığı, karbondioksit ve ışık yoğunluğu, sera içerisindeki algılayıcılarından cep telefonuna aktarılarak SQLite veri tabanında saklanmıştır. Yapılan çalışmada, sera içerisine konumlandırılmış kamera aracılığıyla sera ortamı anlık olarak izlenebilmektedir. Kamera ile telefon arasındaki görüntü alış verişi TCP soket protokolü aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmada elde edilen verilerin mobil cihaz üzerinde saklanması, verilerin bütünlüğü açısından risk oluşturmaktadır. Ayrıca cihazın internete erişiminin olmadığı zamanlarda noktalar arası veri akışı sağlanamayacaktır. Bu ve bunun gibi durumlar bilgi bütünlüğünü bozmaktadır.

Seradan cihaza anlık görüntü akışının olduğu bu sistem daha da geliştirilerek görüntü işleme yöntemiyle hastalık ve zararlı haşerelerin tanımlanması gibi uygulamalarda da kullanılabilir.

Baytürk ve diğ. (2013); internet tabanlı örtüaltı tarım kontrol sistemi çalışmasında sıcaklık, nem ve toprak nemi gibi ortam değerlerini algılayıcılardan toplayarak internet bağlantısı Ethernet portuyla sağlanan OLIMEX-PIC WEB kontrol kartına aktarmışlardır. Sera ortamından elde edilen verileri, gömülü sunucu kartı üzerinden tarayıcı tabanlı uygulamalar ile görüntülemişlerdir. Gömülü sunucu kartı üzerinde çalışan internet sitesinin tasarımında Ajax ve Flash animasyon teknolojileri kullanılmıştır. Toprak nemi algılayıcısı tarafından ölçülen analog toprak nemi değeri, mikro denetleyici üzerinde sayısal işarete dönüştürülerek mikro denetleyici tarafından değerlendirilmekte ve su ihtiyacının ortaya çıkması durumunda sulama sistemi otomatik olarak çalıştırılmaktadır. Çalışmada kontrol ve arıza kontrol sistemleri geliştirilmiştir. Kontrol sisteminde, yüksek akımla çalışan elektrikli sulama valfi gibi kontrol elemanları, mikro denetleyici ile zayıf akımla kontrol edilmiştir. Arıza kontrol sisteminde ise bu sisteme bağlı herhangi bir birimin çalışmaması durumunda gömülü web sitesinden kullanıcılar bilgilendirilmiştir. Seranın internet ortamına bağlandığı bu çalışmada hem uzaktan görüntüleme hem de kontrol sistemi üzerine çalışma yapılmıştır.

Auti ve Sonawane (2016); kablosuz sensör ağını kullandıkları çalışmalarında, sıcaklık için analog LM-35, duman ve toprak nemi için ise MQ-6 algılayıcıları ile çalışmışlardır. Çalışmada analog algılayıcılar ZigBee alt yapısıyla birlikte kullanılmıştır. Analog algılayıcılardan toplanan veriler ARM tabanlı LPC2148TDMI-S mikro denetleyicide bulunan ADC ünitesiyle sayısal işarete dönüştürülmüştür. Ayrıca, bu veriler sera içerisindeki 16x2 LCD ekranda gerçek zamanlı gösterilmiştir. Mikro denetleyici üzerinde her algılayıcı için eşik değerleri tanımlanmıştır. Algılayıcılardan gelen verilerin, sistemde tanımlı eşik değerlerini geçmesi durumunda havalandırma ve sulama gibi kontrol sistemleri devreye girmektedir. Örneğin sıcaklığın sistemde tanımlı değeri aşması durumunda havalandırma fanı çalıştırılmış veya toprak neminin belirli bir değerin altına düştüğünde su valfi tetiklenerek bitkilerin sulanması sağlanmıştır. Bu çalışmalara ek

olarak sisteme tanımlanan durumların gerçekleşmesi halinde sistemde tanımlı numaralara SMS gönderen uyarı sistemi de kurulmuştur.

Bitkiler, fotosentez yaparken ortamdaki CO<sub>2</sub>'yi karbonhidrat'a dönüştürür. Bu işlem esnasında ortamdaki ışık yoğunluğu da fotosentez hızını etkiler (Ünlükara ve diğ. 2006). Ting ve diğ. (2015), çalışmalarında fotosentez hızıyla bitki gelişimi, verimi ve kalitesi arasındaki ilişkiyi gözlemlemişlerdir. Bu amaçla sera içerisine sıcaklık, nem, karbondioksit, fotosentez oranı, toprak sıcaklığı ve nemi, ortam ışığı gibi değerleri eş zamanlı ölçecek algılayıcılar belirli noktalara konumlandırılmıştır. Elde edilen veriler analiz edilmiş, ortamdaki karbondioksit oranının fotosentez hızına ve bitki gelişimine pozitif yönde etki ettiği gözlenmiştir.

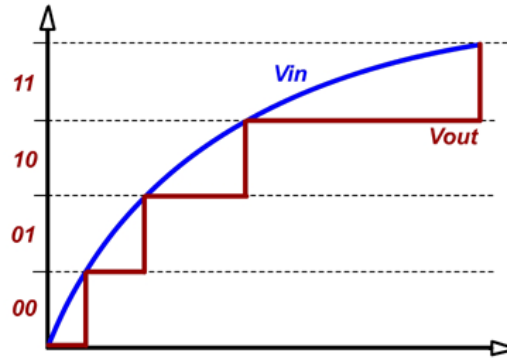
Uzaktan görüntüleme amacıyla Aziz ve diğ. (2008) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, ortam değerleri gerçek zamanlı formda bilgisayar üzerinde çalışan grafik kullanıcı arayüzü (GUI) üzerinden görüntülenmiştir. Arayüz ortamına, bitki için zararlı olabilecek ortam koşullarına karşı sistemde tanımlı olan telefon numaralarına SMS ile bilgilendirmede bulunan bir mekanizma entegre edilmiştir. Böylece serada çalışanların ya da sera sahibinin bitki gelişimini olumsuz etkileyecek ortam koşullarına karşı önceden önlem alması için uyarılması amaçlanmıştır.

Teknoloji alanındaki gelişmeler, internet kullanımının artması ve internete erişimin her geçen gün daha da kolaylaşması yeni teknolojilerin ve ihtiyaçların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Günümüzde adından sıkça bahsedilen ve kullanım alanı yaygınlaşan nesnelerin interneti (IoT) teknolojisinde, kullanılan her cihazın internete bağlanması amaçlanmaktadır. Xu ve diğ. (2016), IoT teknolojisini kullanarak sera içerisindeki mikro iklim faktörlerini uzaktan görüntüleme ve kontrol etme üzerine çalışmışlardır. Uzaktan görüntülemede kullanılan internet sayfaları Java programlama dili ile geliştirilmiştir. Ayrıca, uzaktan görüntüleme sisteminde algılayıcılardan gelen veriler gerçek zamanlı veya geçmişe yönelik görüntülenebilir, havalandırma fanları veya sera pencereleri açılıp kapatılabilir bir biçimde kurgulanmıştır.

### 3. ÖRTÜ ALTI MODELİ

#### 3.1 Sensörler

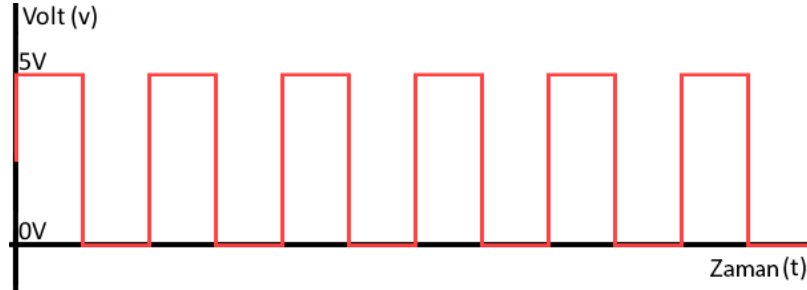
Sensörler, dış dünyada var olan sıcaklık, nem, toprak nemi, uzaklık, pH, ses, ve basınç gibi fiziksel ya da kimyasal büyüklükleri algıladıkları büyüklükle orantılı olarak değişen akım ya da gerilim ile tanımlayan elektronik devre elemanları olup analog ve sayısal olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Analog sensörler; algıladıkları fiziksel ya da kimyasal büyüklükle orantılı değişen akım ya da gerilim çıktısı üretirler. Bu tip sensörler genellikle 3.3 V ya da 5 V gerilimle beslenir. Analog sensörler tarafından üretilen akım veya gerilim değişimleri mikro elektronik devre elemanı tarafından yorumlanır. Bu işlem mikro denetleyici ya da diğer devre elemanlarının yapısında bulunan analog/sayısal çevirici (ADC) ünitesiyle yapılır. ADC ünitesinde, algılayıcıdan alınan analog veriler sayısal işaretlere yani 1 ve 0'lara dönüştürülür. Örneğin 5 V ile beslenen 2 bit çözünürlüğe sahip bir ADC ünitesi, Şekil 3.1'de gösterildiği gibi 0 ile 5 V arasında  $2^2$  yani 4 farklı genlik değerini 2-bitlik kod sözcükleri ile sayısal olarak kodlayabilir.



Şekil 3.1: 2 bit çözünürlüklü ADC dönüşüm grafiği (PIC Analog to Digital Converter Tutorial 2019).

Sayısal sensörler; algıladıkları fiziksel ya da kimyasal büyüklükleri 1 ve 0'larla ifade eden sensör tipidir. Örneğin 5 V çıkış gerilimine sahip hareket sensörü, Şekil 3.2'de gösterildiği gibi, hareketi algıladığında 5 V'luk çıkış sinyali üretecek ve

dolayısıyla lojik 1 değerine sahip olacaktır. Aksi durumunda ise çıkış sinyali oluşmayacağından lojik 0 değerinde olacaktır. Bu tip sensörlerin mikro denetleyici gibi devre elemanlarıyla haberleşmesi I2C, SPI ve OneWire gibi protokoller aracılığıyla sağlanır.

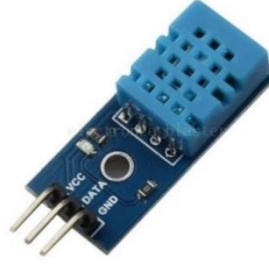


Şekil 3.2: Sayısal sensör işaretinin zamana göre değişimi.

Bu çalışmada, ayrıntıları aşağıdaki alt bölümlerde ifade edilen sıcaklık, nem, toprak nemi ve sıcaklığı, ışık yoğunluğu ve karbondioksit oranını ölçen sensörlerden faydalanılmıştır.

### 3.1.1 Sıcaklık ve Nem Sensörü

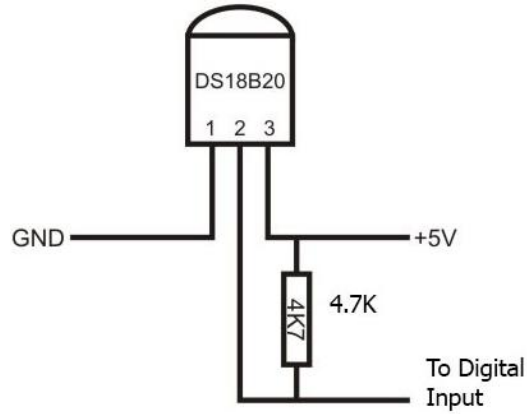
Ortamın sıcaklık ve nem değerini algılamak amacıyla DHT11 sıcaklık ve nem sensörü kullanılmıştır (Şekil 3.3). Sensör, +5 V besleme geriliminin verildiği Vcc, topraklamanın yapıldığı Gnd ve veri iletiminin sağlandığı Data olmak üzere üç baccaktan oluşmaktadır. Entegre devre içerisinde termistör ve kapasitif nem sensörü mevcuttur. Bu sensörde 8 bitlik çözünürlüğe sahip 40 bitlik veri seti üretilir. Sıcaklık sensörü, 0 – 50 °C arasındaki sıcaklığı 2 °C, nem sensörü ise 20-80% RH arasındaki nem değerini %5 RH hata payıyla ölçebilir. (Temperature and Humidity Module DHT11 Product Manual 2018).



Şekil 3.3: DHT11 sıcaklık ve nem sensörü.

### 3.1.2 Toprak Sıcaklığı Sensörü

Sera içerisindeki toprak sıcaklığını ölçmek amacıyla DS18B20 sıcaklık sensörü kullanılmıştır (Şekil 3.4). Bu çalışmada, 6 mm çapında ve 30 mm boyunda paslanmaz çelik ve su geçirmez kılıf ile kaplı modeli kullanılmıştır (Şekil 3.5). MCU'ya 3 telle bağlı olan bu sensörde VDD, GND ve Data bacakları bulunur. Data hattı üzerindeki veri bozulmasını engellemek amacıyla Data ile VDD bacakları arasına 4.7 k $\Omega$ 'luk pull up direnci bağlanır.



Şekil 3.4: DS18B20 sıcaklık sensörü.

Bu sensör, -55°C ile +125°C aralığındaki sıcaklıkta çalışabilir. Ayrıca, -10°C ile +85°C aralığındaki sıcaklığı  $\pm 0.5^\circ\text{C}$  hassasiyetle ölçebilir. Sensör üzerindeki ROM'da sensöre ait 64 bitlik ROM CODE değeri bulunur. MCU ile sensör arasındaki veri alışverişi OneWire protokolü ile sağlanır. MCU ile sensör arasındaki haberleşmede ROM CODE değeri kullanılır. Ortamdan alınan sıcaklık

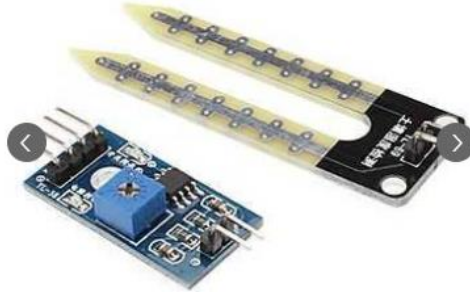
değeri 9 - 12 bit veri çözünürlüğünde olabilir. Çözünürlük arttıkça sensörün okuma hızı da yavaşlar (DS18B20'nin Özellikleri Hakkında Kısaca 2019).



Şekil 3.5: DS18B20 su geçirmez kılıflı sıcaklık sensörü.

### 3.1.3 Toprak Nem Sensörü

Toprağın içindeki nemi ölçmekte kullanılan sensördür. Birbirine paralel ve yalıtık çatal biçiminde iki prob'tan oluşur (Şekil 3.6). Topraktaki nem miktarı ile elektriksel iletkenlik doğru orantılıdır. Bu sensörün kullanıldığı ortamda proplar arasında meydana gelen dirençten kaynaklı potansiyel fark oluşur. Bu potansiyel farka göre nem miktarı ölçülür. Ölçümden elde edilen değerlere göre sayısal ya da analog çıkış alınabilir. Yani MCU'ya hem sayısal hem de analog işaret gönderilebilir (Arduino İle Toprak Nem Sensörü Kullanarak Nem Ölçer Yapımı 2018).



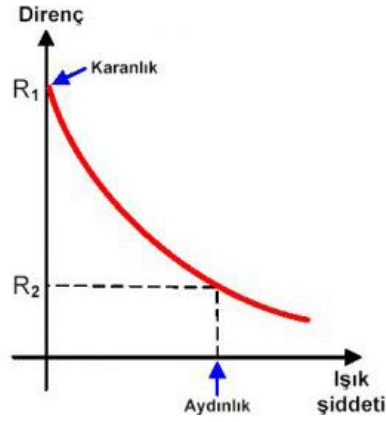
Şekil 3.6: Toprak nemi sensörü.

### 3.1.4 Işık Yoğunluğu Sensörü

LDR, direnç değeri ışık şiddetiyle ters orantılı olarak değişen, ışığa duyarlı bir devre elemanıdır. Fotodirenç adı da verilen bu devre elemanının, Şekil 3.7'de

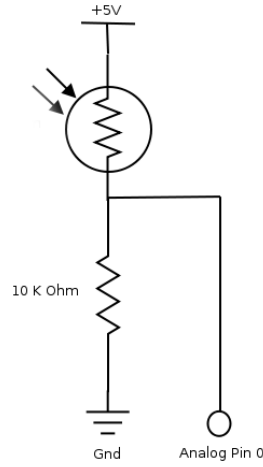


gösterildiği gibi, üzerine düşen ışık şiddeti arttıkça direnç değeri azalırken ışık şiddeti azaldıkça direnç değeri de artar (Fotodirençler 2018).



Şekil 3.7: Fotodirenç'te ışık şiddeti ile direnç arasındaki ilişki.

Fotodirençler, Şekil 3.8'de gösterildiği gibi gerilim bölücü dirençle birlikte kullanılırlar. LDR üzerine düşen gerilim değeri MCU'da analog formda okunur. Ortamdaki ışık şiddeti gerilim değeri üzerinden yorumlanır.



Şekil 3.8: LDR ile pull down direnç bağlantı gösterimi.

### 3.1.5 Karbondioksit Sensörü

Ortamdaki hava kalitesini, duman, alkol, benzen,  $NH_3$ ,  $NO_x$  ve  $CO_2$  gibi gazların oranını ölçen gaz sensörüdür (MQ-135 Gas Sensor 2018). Yapısında elektro-kimyasal sensörle ısıtıcı vardır. Algıladığı değer, analog çıkış sinyali ile okunur.



**Şekil 3.9:** Hava kalitesi ölçüm sensörü MQ – 135

### 3.2 Gömülü Sistem

1970’li yıllarda insanoğlunun hayatına giren mikro işlemcilerin işlem kapasitesi yıllar geçtikçe artarken fiziksel boyutu da giderek küçüldü. O dönemlerde mikro işlemci, yapısında binlerce transistor barındırıp kHz seviyelerinde işlem gücüne sahipken günümüzde milyarlarca transistor barındırıp GHz seviyesinde işlem yapabilme gücüne sahiptir. Günümüzden on yıl öncesinde evlerde kullanılan masaüstü bilgisayarların sahip olduğu işlemci ve ana kartlar yakın geçmişte kredi kartı boyutuna kadar küçültülmüştür.

Teknolojideki gelişmelere bağlı olarak günümüzde hobi veya endüstriyel amaçlı Raspberry Pi, Beagle Bone, Latte Panda, Asus Tinker Board vb. geliştirme kartları ortaya çıkmıştır.

Raspberry Pi adı verilen Linux işletim sistemiyle çalışan, 32 bit ARM işlemcili kredi kartı büyüklüğündeki geliştirme kartı hobi ve endüstriyel uygulamalarda kullanılmaktadır. Mini SD karta yüklü Linux işletim sistemiyle çalışan bu kart, mini bilgisayar olarak da adlandırılmaktadır. Cihaz üzerinde bulunan genel giriş-çıkış portları (GPIO) aracılığıyla çevresel donanımlarla cihaz arasında haberleşme sağlanabilir ve harici donanımlar kontrol edilebilir. Diğer taraftan, kartın yapısında ADC ünitesi bulunmadığından dolayı analog veriler cihaz üzerinden okunamamaktadır. Analog verilerin sayısal işarete dönüştürülmesi amacıyla gömülü sistemde harici ADC ünitesi kullanılacaktır.

Donanım ve işlem gücü açısından mikro denetleyici kartlara göre daha gelişmiş yapıya sahip Raspberry Pi geliştirme kartı, üzerinde barındırdığı işletim

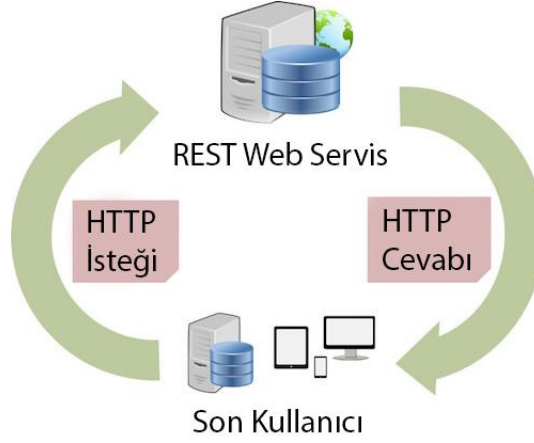
sistemiyle mini bilgisayar ya da üçüncü parti programlar kurularak gömülü bir sunucu gibi de çalışmaktadır. Raspberry Pi geliştirme kartı, Mysql, SQLite, ve MongoDB gibi veri tabanlarını ve Linux işletim sistemi desteği olan programları da çalıştırılabilir. Kart üzerinde Linux platformunda programlanabilen C, C++, Python ve Java gibi programlama dilleriyle uygulama geliştirilebilir. Kart üzerindeki GPIO pinleri Pi4J, RPI.GPIO ve WiringPi gibi kütüphanelerle programlanabilir.

Raspberry Pi kartının yukarıda belirtilen özellikleri kullanılarak geliştirilecek gömülü sistemde sıcaklık, nem, toprak nemi, toprak sıcaklığı, karbondioksit oranı ve ışık miktarı gibi ortam değişkenlerini algılayacak sensörler kullanılarak belirli zaman aralıklarında ölçümler yapılabilir. Cihaz üzerinde Wi-Fi ve Ethernet modemi de vardır. Sensörlerden alınan veriler bulut ortamına gönderilir. Wi-Fi ya da Ethernet üzerinden internet bağlantısının olmadığı yerlerde GSM/GPRS modemi kullanılarak bulut ortamına veri aktarımı yapılır.

### **3.3 Bulut Ortamı**

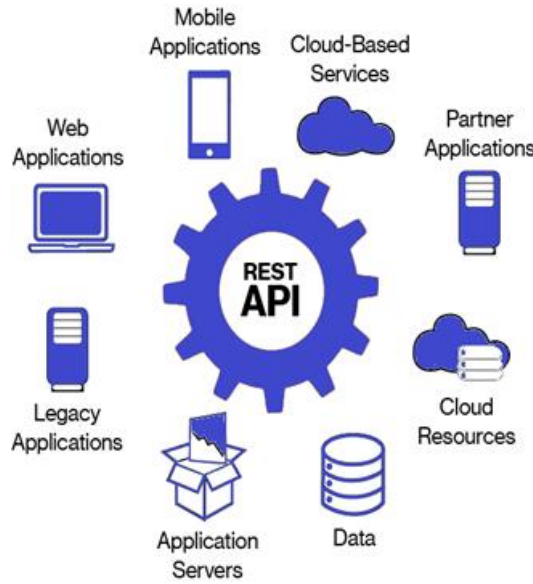
İnternet, bilgisayar ağlarını TCP/IP protokolü ile birbirine bağlayan iletişim ağına verilen isimdir. Web sayfalarına erişim World Wide Web (www) üzerinden HTTP protokolü ile sağlanır (Web ve İnternet Kullanımının Tarihsel Gelişimi ve İnternet Kullanım Oranları 2018).

Çalışmada gömülü sistemde işlenen ortam verileri HTTP protokol ile bir web sayfasına iletilir. Veri iletimi SOAP, RPC ve REST gibi sunucu ve kullanıcı arasında veri alışverişi yapan mimariler aracılığıyla yapılabilir. SOAP, RPC gibi mimariler karmaşık yapıya sahipken REST ya da RESTful mimarisi yalın bir yapıya sahiptir. REST mimarisinde HTTP isteği HTTP yöntemleriyle (POST, PUT, DELETE, GET) yapılır. Ayrıca JSON, XML ve CVS gibi farklı veri formatlarında cevap döndürebilir (Şekil 3.10).



**Şekil 3.10:** REST Web Servis yaşam döngüsü.

Gömülü sistemde, algılayıcılardan elde edilen veriler sunucu tarafındaki REST servise parametrelerle birlikte HTTP isteği olarak gönderilir. İstekten alınan veriler kontrol edilir ve veri tabanına kaydedilir. Şekil 3.11’de bulut ortamının temsili gösterimi verilmiştir



**Şekil 3.11:** Bulut ortamının temsili gösterimi (İrgin 2018)

### 3.4 Görüntüleme Sistemi

Serada bulunan sensörlerden alınan ortam verileri gömülü sistemden veri tabanına RESTful servisi aracılığıyla aktarılır. Bu veriler tablo/tablolarda satırlar

halinde bulunur. Verilerin daha anlaşılır grafiksel forma aktarılması için görüntüleme katmanına ihtiyaç vardır.

Geçmişte masaüstü uygulamalarının kullanımı yaygınken günümüzde internetin ve mobil cihazların kullanımının artmasıyla web ve mobil uygulamalardaki gelişmelere paralel olarak masaüstü uygulamaların kullanımı azalmıştır. Dolayısıyla bu çalışmada, sahadan alınan verileri görüntülemek ve analiz yapmak amacıyla mobil uyumlu web sitesi geliştirilecektir. Böylece masaüstü, dizüstü, mobil, tablet ve pda gibi cihazlardan internet sitesine erişim sağlanarak veriler anlık görüntülenebilecektir.

İnternet sitesi üzerinde ortam verileri anlık görüntülenebildiği gibi geçmişe yönelik verilere de erişim sağlanacaktır. Çalışmada, ortam değerlerinin alt ve üst eşik değerleri veri tabanına kaydedilecektir. Herhangi bir ortam parametresinin belirtilen eşik değerini aşması veya altına inmesi durumunda sistem, sera sahibine uyarı maili göndererek sera sahibinin bu durumdan haberdar olması sağlanacaktır.

### **3.5 Kaynak Yönetim Sistemi**

Gelişen tarımsal üretim tekniklerinde biri olan örtüaltı tarım sayesinde birim alandan maksimum verim elde edilebilmektedir. Birim alanda elde edilen ürünle birim alana yapılan masraf (fide, ilaçlama, sulama, işçilik vb.), örtüaltı üreticilikte üretim birim maliyetini belirler. Üretim sürecinin kontrol ve takip edilmesi, üretim birim maliyetini düşürücü adımların atılmasına yardımcı olacaktır. Beraberinde, finans yönetimi ve maliyet analizinin daha etkin yapılması amacıyla çalışma içeriğinde gerçekleştirilecek internet sitesine “Hesap Yönetimi” ve “Hesap Raporlama” bölümleri de eklenecektir.

Hesap yönetimi bölümünde gider, hasat ve tahsilat işlemleri hesap dönemi yani bir üretim dönem yılı olarak işlenecektir. Üretim sürecindeki girdiler ve çıktılar dönemsel olarak kayıt altına alınacaktır.

Hesap raporlama modülünde ise kayıt altına alınan veriler gider, rekolte, kar / zarar analizi vb. yorumlanabilir raporlar haline getirilecek ve grafiksel gösterimleri

oluşturularak durum analizi yapılabilir. Veriler dönem bazında tutulduğundan geçmiş dönemlerle güncel dönem verileri kıyaslanabilir. Böylece çiftçi mevcut durumda analitik düşünme yetisi kazanacak ve verileri mukayese edebilir. Bu da üretim, satış ve pazarlama stratejisine etki ederek kârlılığını arttıracaktır.

## 4. MODEL GERÇEKLEME SONUÇLARI

Bu bölümde bir önceki bölümde önerilen modelin nasıl yapıldığı anlatılmaktadır. Gömülü sistemin serada konumlandırıldığı dikkate alınarak güneş paneli çalışmaya eklenmiştir. Enerji beslemesi güneş panelinden üretilen elektrik ile sağlanmıştır. Böylece sistem elektrik şebekesinden bağımsız çalışabilmektedir.

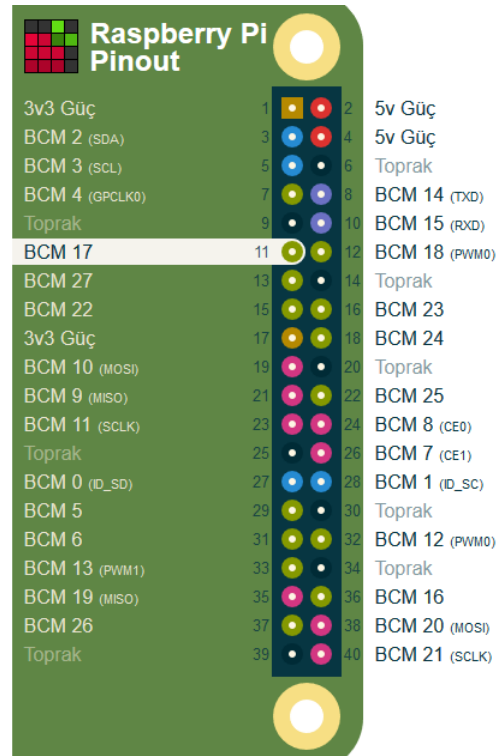
Sıcaklık, nem, toprak nemi, ışık ve hava kalite sensörlerinin besleme, topraklama ve Data hatları ara entegre ya da doğrudan MCU'ya bağlandı. Raspberry Pi kartının GPIO pinlerinden veri okumak amacıyla Python programlama dilinde yazılan RPI.GPIO kütüphanesi kullanılarak veri okuma programı geliştirildi. Bu program periyodik olarak cron job ile çalıştırıldı. Programda veri kaybını önlemek amacıyla veriler, dosya tabanlı SQLite veri tabanına tarih saat bilgisiyle kaydedildi. SQLite veri tabanına kaydedilen sensör verilerini bulut ortamına aktarmak için internet bağlantısına ihtiyaç vardır. Veriler eğer ortamda internet bağlantısı yok ise GSM/GPRS modülü aracılığıyla RESTful servise gönderilir. Web servise gelen veriler bir takım kontrollerden geçtikten sonra Mysql veri tabanına kaydedilir. Web servis tarafından veritabanına kaydedilen veriler görüntüleme sistemindeki ASP.NET teknolojisiyle geliştirilen web sayfası aracılığıyla anlık görüntülenir. Böylece bir internete erişimi olan bilgisayar, tablet ve ya cep telefonu gibi cihazlar üzerinden anlık ortam verileri görüntülenebilir.

Kaynak yönetim sisteminde ise girdiler ve çıktılar dönemsel olarak sisteme işlenir. Buradan elde edilen veriler kullanıcının anlayabileceği basit arayüzler kullanılarak rapor sayfaları oluşturulur.

### 4.1 Sensörler

Bu bölümde uzaktan izleme sisteminde kullanılan sensörlerin projede nasıl çalıştığı anlatılmaktadır. Bu çalışmada BCM pin dizilimi kullanıldı (Şekil 4.1). Raspberry Pi kartının GPIO'larını kontrol etmek amacıyla RPi.GPIO kütüphanesi kullanılarak Python dilinde program yazıldı. Bu program Linux platformunda çalışan

cron job ile periyodik olarak çalıştırılır ve sensörlerin algıladığı değerler tarih saat bilgisiyle birlikte dosya tabanlı SQLite veri tabanına kaydedilir.



Şekil 4.1: Raspberry Pi 3 Model B BCM pin gösterimi

#### 4.1.1 Sıcaklık ve Nem Sensörü

DHT11 sıcaklık – nem sensörünün Data pini, Raspberry Pi kartının 25’inci bacağına bağlandı. Sensör, sera içerisinde bitki boyunu aşmayan bir konuma sabitlendi. Sensörün algıladığı sıcaklık ve nem değerini okumak amacıyla DHT11 kütüphanesinden yararlanıldı. Periyodik çalışan cron job ile “read.py” dosyası çalıştırılır ve DHT11 sensöründen veri okuma işlemi yapılır (Şekil 4.2). Eğer sensörden veriler okunamazsa sıcaklık ve nem değeri -127 olur.



```
import dht11
temp_in = -127
humidity_in = -127
instance_dht_in = dht11.DHT11(pin=25)
if dht_in.is_valid():
    temp_in = dht_in.temperature
    humidity_in = dht_in.humidity
```

**Şekil 4.2:** DHT11 Sıcaklık - Nem sensöründen veri okuma işlemini yapan kod

### 4.1.2 Toprak Sıcaklığı Sensörü

Toprak sıcaklığını ölçmek amacıyla Dallas Instrument firmasının ürettiği su geçirmez kılıflı DS18B20 dijital sıcaklık sensörü kullanıldı. Bu sensör, bitki köküne yakın bir konumda 15 – 20 cm derinliğe gömüldü. Sensör ile MCU haberleşmesi OneWire protokolü ile yapılır. Sensörün Data pini, Raspberry Pi kartının GPIO04 portuna bağlandı. Ayrıca 4.7 kOhm’luk pull up direnci de Data portuna bağlandı. Kart üzerindeki OneWire protokolünü etkinleştirmek ve sensörden veri okumak amacıyla aşağıdaki adımlar izlendi.

1. Terminal üzerinde “sudo nano /boot/config.txt” komutu çalıştırıldı.
2. Açılan dosyanın en altına “dtoverlay=w1-gpio” komutu eklenildi ve işletim sistemi yeniden başlatıldı.
3. Terminal üzerinde “modprobe w1-gpio” komutu çalıştırıldı.
4. Terminal üzerinde “modprobe w1-therm” komutu çalıştırıldı.
5. Terminal üzerinde “cd /sys/bus/w1/devices” komutu çalıştırılarak “/sys/bus/w1/devices” dizinine gidildi.
6. Terminal üzerinde “ls” komutu girilerek bağlı cihazlar listelenerek cihaz bağlantısının olup olmadığı kontrol edildi.

Periyodik çalışan cron job ile “read.py” dosyası çalıştırılır ve DS18B20 sensöründen veri okuma işlemi yapılır (Şekil 4.3). Eğer sensörden veriler okunamazsa toprak sıcaklık değeri -127 olur.

### 4.1.3 Toprak Nem Sensörü

Bitki köküne yakın bir konumda 15 – 20 cm derinliğe gömülen toprak nem sensörünün uçları arasında ortamın iletkenliğinden kaynaklı gerilim farkı oluşmaktadır. Bu gerilim farkı analog sinyaldir. Raspberry Pi kartının üzerinde analog sinyalleri okumak amacıyla devre bulunmamaktadır. Sinyallerin okumak için ADS1115 4 kanal 16 bit ADC ünitesi sisteme eklendi. Bu devre, MCU ile haberleşmede I2C protokolünü kullanmaktadır. Haberleşme için Raspberry Pi kartının GPIO02 ve GPIO03 pinleri kullanıldı. Toprak nemi sensörünün A0 portu ADS1115 modülünün A0 portuna bağlandı. ADS1115 modülünden veri okuma işleminde Adafruit firmasının geliştirdiği ve firmanın Github.com sitesindeki sayfasında da kaynak kodları bulunan “Adafruit\_Python\_ADS1x15” kütüphanesinden yararlanıldı. Periyodik çalışan cron job ile “read.py” dosyası çalıştırılır ve toprak nemi sensöründen veri okuma işlemi yapılır (Şekil 4.4). Eğer sensörden veriler okunamazsa toprak nem değeri -127 olur.

```

os.system('modprobe w1-gpio') # Turns on the GPIO module
os.system('modprobe w1-therm') # Turns on the Temperature module
# Finds the correct device file that holds the temperature data
base_dir = '/sys/bus/w1/devices/'
device_folder = glob.glob(base_dir + '28*')[0]
device_file = device_folder + '/w1_slave'

# A function that reads the sensors data
def read_temp_raw():
    f = open(device_file, 'r') # Opens the temperature device file
    lines = f.readlines() # Returns the text
    f.close()
    return lines

# Convert the value of the sensor into a temperature
def read_dsb_temp():
    lines = read_temp_raw() # Read the temperature 'device file'

    # While the first line does not contain 'YES', wait for 0.2s
    # and then read the device file again.
    while lines[0].strip()[-3:] != 'YES':
        time.sleep(0.2)
        lines = read_temp_raw()

    # Look for the position of the '=' in the second line of the
    # device file.
    equals_pos = lines[1].find('t=')

    # If the '=' is found, convert the rest of the line after the
    # '=' into degrees Celsius, then degrees Fahrenheit
    if equals_pos != -1:
        temp_string = lines[1][equals_pos+2:]
        temp_c = float(temp_string) / 1000.0
        temp_f = temp_c * 9.0 / 5.0 + 32.0
        #return temp_c, temp_f
        return temp_c

```

Şekil 4.3: DS18B20 sıcaklık sensöründen veri okuma işlemini yapan kod

```

import Adafruit_ADS1x15
adc = Adafruit_ADS1x15.ADS1115()
GAIN = 1
if(adc.read_adc(i, gain=GAIN) > 0)
    humidity_soil = (32767 - adc.read_adc(0, gain=GAIN)) * 100 / 32767

```

Şekil 4.4: Toprak nemi sensöründen veri okuma işlemini yapan kod

#### 4.1.4 Işık Yoğunluğu Sensörü

Bitkinin en üst ucuna yakın bir yere konumlandırılan ışık yoğunluk sensörünün iç direnci ışık ile ters orantılı değişmektedir. Çalışmada ışık yoğunluğunu tespit etmek için 5mm'lik LDR, 10 kOhm'luk pull down direnciyle birlikte kullanılmıştır. Analog işaret çıkışı ADS1115 modülünün A1 portuna bağlandı. Direnç değişiminden kaynaklı voltaj değeri okunarak ortamdaki ışık yoğunluğu değerlendirilmiştir.

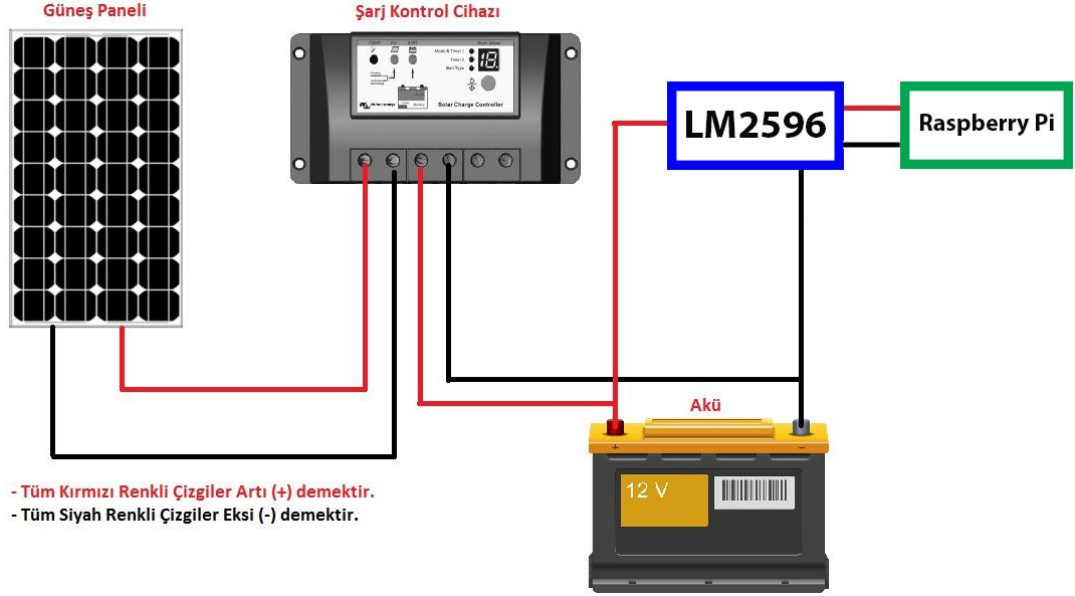
#### **4.1.5 Karbondioksit Sensörü**

Hava kalitesini ölçmek için MQ-135 sensör kartı kullanılmıştır. Bitkinin en üst ucuyla toprak arasında orta bir konuma yerleştirilen MQ-135 hava kalite sensörü, ortamdaki hava kalitesine göre analog bir işaret üretir. Sensör kartının analog pini ADS1115 modülünün A2 portuna bağlandı. Elde edilen değere göre ortamdaki hava kalitesi değerlendirilmiştir.

## **4.2 Gömülü Sistem**

Gömülü sistem tarafında, daha önce incelenen modellerde kullanılan mikro denetleyici ya da gömülü kartlardan farklı olarak Raspberry Pi geliştirme kartı kullanılmıştır. 5 V / 2 A ile çalışan bu kart sera ortamında güneş panelinden üretilen elektrik enerjisi ile çalıştırılır. Güneş panelinin ürettiği elektrik enerjisi, şarj regülatörü aracılığıyla 12 V / 7A'lik akülerde depolanır. Aküler ile Raspberry Pi kartı arasındaki bağlantı LM2596 voltaj düşürücü güç devresi ile yapıldı. 12 V'luk gerilim Raspberry Pi kartının ihtiyacı olan 5 V / 2 A'e düşürüldü. Böylece şebekenin olmadığı noktalarda dahi sistemin çalışması sağlandı. Raspberry Pi kartı için enerji bağlantı şeması Şekil 4.5'te gösterilmiştir.

Çalışmada kullanılan Raspberry Pi 3 B+ kartı, 1.4 GHz dört çekirdek 64-bit destekli ARMv8 işlemciye ve 1 GB LPDDR2 SDRAM'e sahiptir. 2.4 GHz Wi-Fi ve PoE destekli ethernet soketi mevcuttur. Raspberry Pi kartının üzerinde genişletilmiş 40-pin GPIO yapısına sahiptir. 8 Gb kapasiteye sahip mini SD kart üzerine kurulu GNU/Linux tabanlı Raspbian işletim sistemi ile çalışır.



Şekil 4.5: Raspberry Pi enerji bağlantısı

Gerçek zamanlı işletim sistemiyle çalışan bu kart üzerinde, veri tabanı servisler veya üçüncü parti programlar kurularak çalıştırılabilir. Kart üzerindeki GPIO yapısı; UART, I2C, OneWire ve Spi gibi haberleşme protokolleri ile çalışabilir. Kart üzerinde analog işaretleri okuyacak bir devre bulunmamaktadır. Bu verileri okumak için ADS1155 16-bit 4 kanal ADC entegre devresi kullanıldı. Bu devrede dönüşüm işlemi yapılan veriler MCU'ya I2C protokolü ile aktarılır. Linux işletim sistemlerinde belirli aralıklarla komut çalıştırmaya yarayan yapıya cron adı verilir. Sensörlerden veri okumak amacıyla cron yapısı kullanıldı (Şekil 4.6 ve Şekil 4.7). Raspberry Pi kartına Cron job'ın kurulması için aşağıdaki adımlar takip edilmiştir:

1. Raspberry Pi kartında `./home/pi/Desktop/sensor` dizini oluşturuldu.
2. Sensörlerden veri okumak amacıyla geliştirilen "read.py" dosyası `./home/pi/Desktop/sensor` dizinine taşındı.
3. İlgili dizinde "launcher.sh" dosyası oluşturuldu ve "read.py" dosyasını çalıştıracak komut yazıldı
4. Terminal üzerinde "sudo crontab -e" komutu yürütülerek cron dosyası açıldı.
5. Dosyaya "launcher.sh" dosyasını her dakika çalıştıracak işlem komutu yazıldı.

```
cd /
cd home/pi/Desktop/sensor
sudo python read.py
cd /
```

Şekil 4.6: launcher.sh dosyasındaki komut seti

```
* * * * * sh /home/pi/Desktop/sensor/launcher.sh >/home/pi/Desktop/sensor/logs/cronlog/2>&1
```

Şekil 4.7: Crontab'a yazılan komut seti

Ortamdan alınan verilerde, veri kaybını önlemek amacıyla dosya tabanlı SQLite veri tabanı kullanıldı. Cron job ile periyodik olarak sensörlerden okunan veriler, veri tabanına tarih saat bilgisiyle kaydedilir (Şekil 4.8).

Elde edilen verileri bulut ortamına aktarmak için internet bağlantısına ihtiyaç vardır. İnternet'in olmayacağı lokasyonlar da gözetilerek Raspberry Pi kartına Adafruit firmasının ürettiği Fona GSM/GPRS modülü eklendi.

```
#import time
from datetime import time
from datetime import date
from datetime import datetime
import os
import glob
import time
import sqlite3
dbconnect = sqlite3.connect("sensor_data");
#row_factory to sqlite3.Row class
dbconnect.row_factory = sqlite3.Row;
#now we create a cursor to work with db
cursor = dbconnect.cursor();
today = str(date.today().year) + str(date.today().month) + str(date.today().day)
t = datetime.time(datetime.today())
cursor.execute('insert into weather (temprature_in, humidity_in, temprature_soil, humidity_soil, day, month, year) values ('
+ str(temp_in) + ','
+ str(humidity_in) + ','
+ str(temp_soil) + ','
+ str(humidity_soil) + ','
+ str(date.today().day) + ','
+ str(date.today().month) + ','
+ str(date.today().year)
+')')

dbconnect.commit();
dbconnect.close();
```

Şekil 4.8: SQLite veritabanına kayıt işlemini yapan kod

Verileri bulut ortamına aktarmak için “sensor\_data” veri tabanına kayıtlı verileri okuyup RESTful servise gönderecek “request.py” adında bir program geliştirildi. Bu programda, öncelikle RESTful servis’e erişim olup olmadığı kontrol edilir (Şekil 4.9). Veri tabanında bulunan veriler RESTful servise gönderilir ardından

da “sensor\_data” veri tabanından silinir. Eğer RESTful servise erişim yoksa veri aktarımını yapmak için GSM/GPRS modülü kullanılır. Bu modülü kullanmak amacıyla “gprs.py” adında program geliştirildi. Bu programda, Raspberry Pi kartındaki seri haberleşme protokolü aracılığıyla modüle AT komutları ve parametreler gönderilir ve RESTful servise veri aktarımı yapılır.

```
def is_connected(hostname):
    try:
        # see if we can resolve the host name -- tells us if there is
        # a DNS listening
        host = socket.gethostbyname(hostname)
        # connect to the host -- tells us if the host is actually
        # reachable
        s = socket.create_connection((host, 80), 2)
        return True
    except:
        pass
    return False

connection = is_connected(REMOTE_SERVER)

if(connection == False):
    execfile("gprs.py")
else:
```

Şekil 4.9: İnternet erişimini kontrol eden kod

### 4.3 Bulut Ortamı

Gömülü sistemdeki verilerin veri tabanına aktarıldığı bölümdür. REST servisi ve veri tabanından oluşmaktadır. Bu çalışmada servisler mikro düzeyde tasarlanarak küçük ve parçalı işlerin yapılmasında kullanıldı.

#### 4.3.1 Web Servis Katmanı

Mikro servis, projede belirli işleri yapacak küçük servislerden oluşan parçalardır. Bu çalışmada web servisi gömülü sistemde bulunan ortam verilerinin internet ortamına aktarılmasını sağlar. PHP 7 programlama dili kullanılarak MVC tabanlı REST servisi geliştirildi. Servis güvenlik kodu, IMEI ve sensör numarası,

sıcaklık, nem toprak nemi ve sıcaklığı, ışık yoğunluğu, gaz ve tarih/saat bilgisini parametre olarak almaktadır (Şekil 4.10). Bu parametreler, bir dizi doğrulama işlemlerinden sonra veri tabanındaki “insert\_greenhouse\_sensor\_value” isimli saklı yordama gönderilir ve kayıt işlemi burada yapılır. Doğrulama işleminde hata oluşması durumunda veya veri kayıt işleminden sonra json formunda işlem sonucu döndürülür.

```
$form = new Form();
$form->get(IMEI_NUM, true)
    ->validate("isRequired", false, "Imei numarası zorunlu")
    ->validate("isNumeric", false, "Imei numarası sadece rakamlardan oluşmalı")
    ->validate("isDigit", false, "Imei numarası sadece rakamlardan oluşmalı")
    ->validate("exactLength", IMEI_LENGTH, "Imei numarası 15 karakter uzunluğunda olmalı")
```

Şekil 4.10: Web serviste parametreleri kontrol eden kod

### 4.3.2 Veri tabanı Katmanı

Veri tabanı, projede elde edilen bütün girdilerin tutulduğu katmandır. Elde edilen bütün veriler burada depolanır. Projede MySQL ilişkisel veri tabanı kullanıldı. Veri tabanı üzerinde veri ekleme ve güncelleme işlemleri saklı yordamlar aracılığıyla yapıldı. Ayrıca veri görüntüleme işlemlerinde view’ler kullanıldı. Bu çalışmada, verilerin tek noktadan yönetimini sağlamak amacıyla harici SQL komutlarının çalıştırıldığı kod parçacıkları kullanılmadı.

## 4.4 Görüntüleme Sistemi

Sera içerisindeki ortam değişkenlerinin anlık veya geçmişe dönük görüntülediği bu bölüm, ASP.NET teknolojisiyle geliştirilmiştir. Bu sayfalarda Ajax ve Bootstrap teknolojileri kullanıldı. Böylece web sayfaları; telefon ve tablet gibi cihazlarla görüntülenebilir ve sayfalardaki verilerde periyodik güncelleme yapılabilir. Sıcaklık, nem ve toprak nemi gibi kritik ölçümler anlık olarak görüntülenebilir (Şekil 4.11) ve son 20 dakikalık veriler grafiksel formda da gösterilebilir.



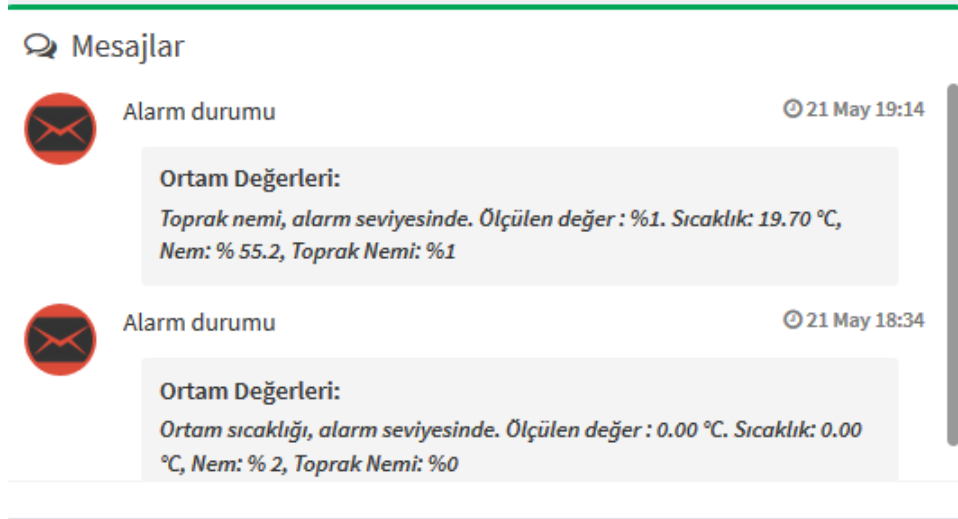


Şekil 4.11: Sıcaklık, nem ve toprak nemi değerlerinin anlık gösterimi



Şekil 4.12: Son 20 dakikalık sıcaklık verisinin mobil cihazda grafiksel görünümü

Görüntüleme sisteminin yanında olumsuz ortam şartlarının oluşması durumunda ve ya öncesinde sera sahibini bilgilendirecek sistem de çalışmaya eklendi. Sistem, sensörlerin sistemde tanımlı alt ve üst eşik değerlerine göre kullanıcıyı uyarı ya da alarm durumunda e-mail ile bilgilendirir. Ayrıca olumsuz ortam koşulları dashboard üzerindeki mesaj bölümünde de gösterilebilir.



Şekil 4.13: Olumsuz ortam koşullarının dashboard üzerinde mesaj olarak gösterimi

#### 4.5 Kaynak Yönetim Sistemi

Bu çalışmada görüntüleme sisteminin amacının sera ortamını uzaktan görüntülemek veya serada oluşabilecek olumsuz bir atmosferik duruma karşı kullanıcıyı uyarmak olduğu, sistemin uyarıları dikkate alınarak ürün yetiştirme verimine doğrudan etki etmesi beklenmektedir. Çalışmanın asıl amacının ürün verimini arttırmak olduğu göz önüne alındığında elde edilen kazanımların etkin biçimde kullanılması da toplam kazancı etkileyen bir faktördür.

Sera ortamında elde edilen ürünün miktarı ve birim fiyatı, çıktıları temsil etmektedir. Mazot, yevmiye ve bakım – onarım gibi yapılan harcamalar ise girdileri belirtmektedir. Toplam kazanç ise çıktılarından girdilerin çıkarılmasıyla elde edilen sonuçtur. Toplam kazancın doğru tayin edilmesi girdilerin ve çıktıların eksiksiz kayıt altına alınmasıyla olur. Çiftçinin, seradaki üretim süreci gözlenerek Gider, Hasat ve Tahsilat kısımlarından oluşan Hesap Yönetimi bölümü yapıldı. Hesap yönetim bölümünde işlemler aktif dönem tayinine göre yapılır ve tanımlı birden fazla sera için de kullanılabilir. Hesap yönetimi, sera bazında ayrıştırılır. Gider bölümünde masrafların işlendiği sera, tarih, gider türü, açıklama, dönem, fiyat, Kdv oranı ve toplam fiyat alanlarından oluşur. Dönem alanı, domates bitkisinin yetiştirildiği Ekim-Dikim, Yetiştirme ve Toplam a süreçlerinden oluşur (Şekil 4.14).

Giderler								
Eni Kuyusu								
Dönem Seç	Dönem	Gider Tarihi	Gider Türü	Açıklama	Dönem	KDV	Fiyat	Toplam Fiyat
Seç	2019	4/1/2019	FIDE+ILAÇ+ARI	FIDE+ILAÇ+ARI	Ekim-Dikim	18	7652.00	9030.00
Seç	2019	4/2/2019	SERA MALZ.	DEMİR TEL	Ekim-Dikim	18	1059.00	1250.00
Seç	2019	4/2/2019	DİGER GİD.	GÜBRE	Ekim-Dikim	18	191.00	226.00
Seç	2019	4/2/2019	DİGER GİD.	TARLA SÜRME	Ekim-Dikim	18	105.00	125.00
Seç	2019	4/2/2019	MAZOT	2 SEFER(10.04.2016)	Ekim-Dikim	18	93.00	110.00

**Şekil 4.14:** Sisteme işlenen giderlerin liste görünümü

Hasat bölümü, hasat edilen ürünün aracıya iletildiği süreci kapsar. Ürünün hasat edildiği tarih, alıcı, hasat numarası, ürün tonaj bilgisinin alındığı birinci ve ikinci tartımlar, kasa ağırlığı, net tonaj, fire, ikinci kalite ürün, brüt tonaj, alıcı komisyon oranı, alıcı komisyon ücreti ve toplam ücret alanlarından oluşur (Şekil 4.15).

#### Hasat Görüntüle

Eni Kuyusu										
Dönem Seç	Alıcı	Dönem	Satış Tarihi	Hasat Dönemi	Dolu Kasa Sayısı	Boş Kasa Sayısı	İlk Tartım	İkinci Tartım	Kasa Ağırlığı	Net Tonaj
Seç	ÖZ-MENAL	2018	1.6.2018	1	250	250	2690,00	2690,00	10,00	2690,00
Seç	ÖZ-MENAL	2018	18.9.2018	1	250	250	2725,00	2725,00	0,00	2725,00

**Şekil 4.15:** Sisteme işlenen hasatların liste görünümü

Tahsilat bölümü, araçlardan tahsil edilen ücretlerin işlendiği alandır. Tahsilat tarihi, sera, alıcı ve fiyat bölümlerinden oluşur. Ayrıca ekranda toplam tahsilat, hak ediş ve kalan bakiye de görüntülenir (Şekil 4.16).

Tahsilat	Hakediş	Kalan
13985.50	21656.70	7671.20

Eni Kuyusu

Tahsilat Seç	Dönem	Alıcı	Tahsil Edilen Ücret	Zaman
Seç	2019	ÇEKOK	985.50	7/8/2019
Seç	2019	KAZIM	5000.00	7/25/2019
Seç	2019	KAZIM	8000.00	8/16/2019

Şekil 4.16: Sisteme işlenen tahsilatların liste görünümü

Çalışmada kaynak yönetim sistemindeki gider, hasat ve tahsilat gibi girdiler Hesap Raporları adı altında raporlanır.

Gider raporunda; ürünün yetiştirildiği dönem, giderin yapıldığı ay ve gider türü bazında fiyat çıktısı alınır. Böylece hangi dönemde hangi gider türünden ne kadarlık masraf yapıldığı aylık olarak raporlanır (Şekil 4.17).

Dönem	Tür	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz
<b>Ekim-Dikim</b>		<b>13795</b>	<b>6255</b>	<b>2254</b>	<b>33795</b>	<b>1605</b>	<b>0</b>	<b>2022</b>
	DİGER GID.	-	120,00	-	-	-	-	-
	DİGER GID.	-	-	170,00	-	-	-	-
	DİGER GID.	-	-	-	400,00	-	-	-

Şekil 4.17: Giderlerin rapor olarak gösterimi

Hasat raporu bölümünde ise serada üretilen ürünün aylık hasat edilen tonajı gösterilir (Şekil 4.18).

	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
1.Sınıf Ürün Tonajı	2690,00 Kg	71299,00 Kg	39754,00 Kg	27321,00 Kg
2.Sınıf Ürün Tonajı	0,00 Kg	0,00 Kg	0,00 Kg	0,00 Kg
<b>Toplam Tonaj</b>	<b>2690,00 Kg</b>	<b>71299,00 Kg</b>	<b>39754,00 Kg</b>	<b>27321,00 Kg</b>

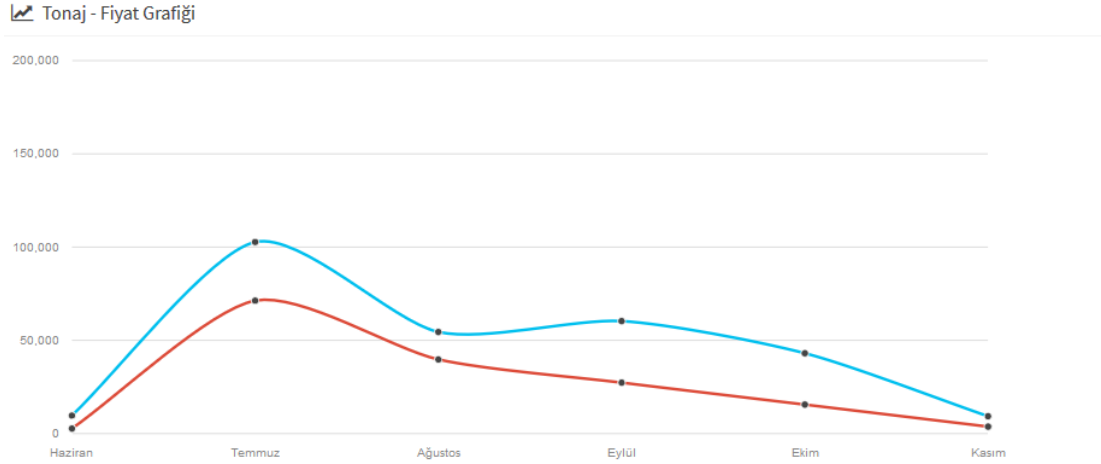
Şekil 4.18: Hasat edilen ürünün dönemsel rapor görünümü

Kar Zarar raporu bölümünde yıl bazında hak ediş, tahsilat, gider ve kazanç toplamları raporlanır (Şekil 4.19). Böylece yıllık ne kadar kar edildiği net biçimde görülebilir.

Eni Kuyusu				
Yıl	Hakediş	Tahsilat Toplamı	Gider	Anlık Net Kazanç
2018	279585,00 ₺	268900,00 ₺	170419,00 ₺	98481,00 ₺

Şekil 4.19:Dönemsel Kar Zarar rapor görünümü

Ürün raporunda ise aylık üretilen ürün tonajı ile satılan toplam ürün fiyatı grafiksel olarak karşılaştırıldı. Aylık toplam tonaj ve satış rakamları grafiksel ve rakamsal olarak net biçimde görülebilir (Şekil 4.20).



Şekil 4.20: Ürün Tonaj grafik görünümü

Sonuç olarak girdi ve çıktılardan elde edilen veriler analiz edilebilir forma getirildi. Analizler gözetilerek, üretim stratejisi belirlenebilir, girdiler azaltılabilir ve ya ürün verimini arttıracak hamleler yapılabilir. Böylece toplam kazanç arttırılır.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sera ortamındaki ortam değişkenlerini algılamak amacıyla kullanılan sensörler ile gömülü sistem arasındaki bağlantılar kablolar aracılığıyla yapıldı. Bu da veri aktarımının kesintisiz olmasını sağlamakla birlikte sensörün uzak mesafelere konumlandırılmasını engelledi. Kablo mesafesi dikkate alındığında makro seralar için sensör yapısının uygun olmadığı tespit edildi. Bu doğrultuda düşük güç tüketimine sahip kablosuz sensör ağı ile sensörlerin uzak konumlara daha kolay yerleştirilmesi sağlanabilir.

Sera ortamında, gömülü sistemin şebeke enerjisinden uzakta çalışacağını göz önünde bulundurularak çalışmada güneş enerjisinden faydalanılmıştır. Saha çalışmalarında, özellikle Antalya ilinin Kepez – Aksu ilçelerinde bulunan seraların yerleşim yerlerine yakın olduğu ve sulama sisteminin şebeke hattıyla çalıştığı gözlemlendi. Bu bilgi dikkate alınarak gömülü sistem, hem güneş paneliyle hem de şebeke enerjisiyle çalışabilir modüler bir yapıya dönüştürülebilir.

Sensörlerden alınan veriler web servis aracılığıyla veri tabanına kaydedilir. Sera ile internet arasındaki aktif bağlantı bu yolla sağlanır. Bulut ortamı ve gömülü sistem tarafında yapılacak bir takım değişiklikler ile sera içerisindeki fan, gübreleme makinası gibi elektrikli cihazların uzaktan kontrolünü sağlayan sistem de yapılabilir. Bunun için gömülü sistemin IO yapısı modüler forma getirilerek kontrol amaçlı kullanılır. Web sitesinde cihazları kontrol etmede kullanılacak ve cihazların mevcut durumunu gösteren kontrol sistemi geliştirilebilir. İstenen durumlar web servis aracılığıyla gömülü sisteme aktarılır ve IO portları ile elektrikli cihazlar uzaktan kontrol edilebilir.

Günümüzde IoT teknolojisi özellikle mobil teknolojilerle bütünleşik gelişmektedir. Ayrıca insanların akıllı telefon kullanma oranı her geçen gün artmaktadır. Bu bilgiler dikkate alınarak web sitesi üzerinde yapılan işlemler mobil uygulamaya aktarılabilir.

Çalışmadaki kaynak yönetim sistemi ile sera üzerinde yapılan parasal işlemlerin kayıt altına alınması amaçlanmıştır. Çiftçinin kurumsal çalışmasına

yönelik yapılan bu işlem ile kurumsal hafıza oluşturuldu. Böylece geçmişe yönelik verilerin elde edilmesi sağlandı. Bunlara ek olarak sera içerisinde sulama, ilaçlama, gübreleme gibi domates yetiştiriciliğinde periyodik yapılan prosesler, hastalık takibi, amortisman giderleri de kayıt altına alınabilir.

Ülkemizde kıyı kesimlerinden iç kesimlere doğru gelişen domates seracılığı faaliyetinin genellikle mikro ölçüdeki teknolojiden yoksun aile işletmelerince yapıldığı dikkate alınarak yapılan bu çalışmada ucuz teknolojilerle ürün veriminin arttırılması amaçlanmıştır. Burdur ili Gölhisar ilçesinde Emrah KARA'ya ait iki dönümlük sera içerisinde prototip cihazla yapılan çalışmada özellikle hava sıcaklığının 0 °C'nin altına indiği günlerde uyarı sistemiyle sera sahibi bilgilendirildi ve önlem alması sağlandı. Böylece ürünün bozulması engellendi ve ürün verimine doğrudan etki edildi.

## 6. KAYNAKLAR

Ata, A. Örtüaltı Domates Yetiştiriciliği [Online], (2019), Web Adresi:<https://arastirma.tarimorman.gov.tr/alata/Belgeler/Diger-belgeler/%C3%96rt%C3%BCalt%C4%B1DomatesYeti%C5%9Ftiricili%C4%9FiAAta.pdf>, (2015).

Auti, P. D. and Sonawane, R. B., “Green House Remote Monitoring System Using Embedded Controlled Sensor Network”, *International Journal of Emerging Trends in Science and Technology*, 3(2), 3572-3576, (2016).

Aybak, H. Ç., *Serada ve Açık Alanda Domates Yetiştiriciliği*, İstanbul : Hasad Yayıncılık Ltd.Şti., (2015).

Aziz, I. A., Ismail, M. J., Haron, N. S., Mehat, M., “Remote monitoring using sensor in greenhouse agriculture”, *2008 International Symposium on Information Technology*, 4, 1-8, (2008).

Baytürk, M., Çetin, G. and Çetin, A., “Gömülü Sunucu ile Tasarlanmış İnternet Tabanlı Sera Otomasyon Sistemi Uygulaması”, *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 6(2), 53-57, (2013).

Goufang, L., Lidong, C., Yubin, Q., Shengtao, L. and Junyu, X., “Remote Monitoring System of Greenhouse Environment Based on Lab VIEW”, *International Conference On Computer Design And Appliations*, 2, 89-92, (2010).

Kandemir, D., Kurtar, E. S. ve Demirsoy, M., “Türkiye örtüaltı domates yetiştiriciliğindeki gelişmeler”, *TÜRKTOB Türkiye Tohumcular Birliği Dergisi*, (17), 22-27, (2016).

Keskin, S. Peki Ne Zaman Yiyeceğiz [Online], (2019), Web Adresi: <https://www.dokuzeylul.com/peki-ne-zaman-yiyecegiz-makale,146988.html>, (2019).

Karande, P. V., Lodhi, A. K. and Madkar, S. R., “Wireless Monitoring of Soil Moisture & Humidity using Zigbee in Agriculture”, *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, 4(10), 817-821, (2014).



Özer., H. ve Kandemir., H. “Domates Yetiştiriciliğinde Koltuk Sürgünleri ile Üretilen Fidelerin Büyüme, Gelişme ve Verime Etkisi”, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(2), 165-171, (2017).

Patil, P. S., Sawant, S. R. and Mudholkar, R.R., “AVR Micro-Controller Based Embedded Weather Monitoring System”, *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*, 4(7), 245-250, (2016).

Sevgican, A., Tüzel, Y., Gül, A. ve Eltez, R., Z., Türkiye’de Örtüaltı Yetiştiriciliği [Online], (2019), Web Adresi: [http://www.zmo.org.tr/resimler/ekler/0192e936ba11d0a\\_ek.pdf](http://www.zmo.org.tr/resimler/ekler/0192e936ba11d0a_ek.pdf).

Shivasaisomarathi and Saispurthyreddy, A., “Design of Greenhouse Control System Using Wireless Sensor Networks”, *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research*, 2, 1-8, (2010).

Tabatabaeifar, A., Shafieian, M. A., Banizaman, H. and Ali, S., “Design and Implementation of a Web-based Greenhouse Remote Monitoring System with Zigbee Protocol and GSM Network”, *Journal of Intelligent Procedures in Electrical Technology*, 5, 71-80, (2014).

Tezcan, A., Atılğan, A. ve Öz, H., “Seralarda Karbondioksit Düzeyi, Karbondioksit Gübrelemesine Olası Etkileri”, *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6(1), 44-51, (2011).

Ting, L., Man, Z., Yuhan, J., Sha, S., Yiqiong, J. and Minzan, L., “Management of CO<sub>2</sub> in a tomato greenhouse using WSN and BPNN techniques”, *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 8, 43-51, (2015).

Ünlükara, A., Cemek, B. ve Karadavut, S., “Farklı Çevre Koşulları ile Sulama Suyu Tuzluluğu İlişkilerinin Domatesin Büyüme, Gelişme, Verim ve Kalitesi Üzerindeki Etkileri”, *GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23(1), 15-23, (2006).

Zhang, L., Li, C., Jia, Y. and Xiao, Z., “Design of Greenhouse Environment Remote Monitoring System Based on Android Platform”, *Chemical Engineering Transactions*, doi: 10.3303/CET1546124, (2015).

## 7. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ali TOKSÖZ

Doğum Yeri ve Tarihi : DENİZLİ – 24.11.1990

Lisans Üniversite : Selçuk Üniversitesi

Elektronik posta : Alitoksoz@yahoo.com

İletişim Adresi : Yukarı Mah. No:17 Kat:1 Acıpayam/DENİZLİ