

T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI
2022-YL-052

MOBİL UYGULAMA İLE SERA OTOMASYON
SİSTEMLERİNİN KONTROLÜ

Mehmet Faruk DOĞAN

Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Yüksel AYDOĞAN

AYDIN-2022

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimi ve tez çalışması sürecinde beni yönlendiren, bilgi birikimi ile bana yol gösteren danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Yüksel AYDOĞAN'a, destekleri ve deneyimlerini paylaşan Mimar Sinan M.T.A.L. öğretmenlerinden, Dr. Mutlu TÜRK başta olmak üzere Cenk UĞURAY, Kemal GÜLER, Aydın YILMAZ, Nuray BAYIR'a, yeğenim Bilgisayar Mühendisi Hande CESUR ve kızım Melis DOĞAN ÖZDEMİR'e bu çalışmanın hazırlanması sırasında desteklerinin yanı sıra engin hoşgörülerinden dolayı çalışan tüm mesai arkadaşlarıma, her koşulda yanımda olan aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Bu çalışmamı iki yıl önce kaybettiğim Babam Hüseyin DOĞAN'a ithaf ediyorum.

Mehmet Faruk DOĞAN

ÖZET

MOBİL UYGULAMA İLE SERA OTOMASYON SİSTEMLERİNİN KONTROLÜ

Doğan M. F. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Aydın 2022.

Amaç: Günümüzde mobil uygulamalar her alanda yaygın kullanılmaktadır. Android stüdyo programı kullanılarak hazırlanmış mobil uygulama ile maket seranın sıcaklık, aydınlık, havalandırma, nem ve sulanması gibi temel fonksiyonların kontrolü yapılmıştır.

Materyal ve Yöntem: Bu çalışma ile geliştirilen mobil uygulama sayesinde bir seradaki otomasyon sistemlerinin mobil cihazlar üzerinden kontrol edilmesi amaçlanmıştır. Günümüzde iş yükünü azaltmak ve daha efektif bir çalışma planı yapabilmek için günlük hayatımızdaki uygulamalar gibi tarımsal faaliyetlerde artık dijital dünyanın bir parçası olmuştur. Gerçekleştirilmiş olan bu çalışma ile ilk olarak model bir sera sistemi kurulmuştur.

Bulgular: Model sera sisteminde sıcaklık, nem, havalandırma, ışık, iklimlendirme amacı ile olması gereken sistemler yer almıştır. Bu sistemlerle seradaki kontrol ünitelerinin internet üzerinden mobil uygulama ile takibi gerçekleştirilmiştir. Sistemin kontrolünü sağlamak için ESP32 NDU işlemci, DHT 11 Nem ve sıcaklık sensörü, LDR Işık sensörü, FC37 yağmur sensörü, HC-SR501 hareket sensörü, YL69 toprak nem sensörü kullanılarak oluşturulmuş olan bu otomasyon sistemi sayesinde kullanıcılar sera bölgesine gitmeden verileri sağlıklı bir şekilde alabileceklerdir.

Sonuç: Mobil uygulamalar yardımıyla yapılmış olan bu sistem ve sistemin çalışma ortamı olan seralarda farklı sensör tipleri ve kontrol üniteleri kullanılarak daha fonksiyonel sistemler oluşturulmasının önü açılmış olmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ağ Bağlantıları, Akıllı Sera, Mobil Uygulama, Sensörler, Veri Transferi.

ABSTRACT

CONTROL OF GREENHOUSE AUTOMATION SYSTEMS WITH MOBILE APPLICATION

Doğan M. F. Aydın Adnan Menderes University, Institute of Science and Technology, Department of Agricultural Machinery, Master Thesis, Aydın 2022.

Objective: Today, mobile applications are widely used in every field. With the mobile application prepared by using the Android studio program, basic functions such as temperature, light, ventilation, humidity and irrigation of the model greenhouse were controlled.

Material and Method: Thanks to the mobile application developed with this study, it is aimed to control the automation systems in a greenhouse via mobile devices. Today, in order to reduce the workload and make a more effective work plan, agricultural activities, like applications in our daily life, have become a part of the digital world. With this study, a model greenhouse system was first established.

Results: In the model greenhouse system, there are systems that should be for the purpose of temperature, humidity, ventilation, light and air conditioning. With these systems, the control units in the greenhouse were tracked over the internet with a mobile application. Thanks to this automation system, which was created by using ESP32 NDU processor, DHT 11 humidity and temperature sensor, LDR Light sensor, FC37 rain sensor, HC-SR501 motion sensor, YL69 soil moisture sensor to control the system, users will be able to receive data in a healthy way without going to the greenhouse area.

Conclusion: This system, which was built with the help of mobile applications, and the working environment of the system in greenhouses, by using different sensor types and control units, paves the way for creating more functional systems.

Key Words: Data Transfer, Mobile Application, Network Connections, Sensors, Smart Greenhouse.

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI.....	iii
ÖNSÖZ.....	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
ŞİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Sera	1
1.2. Otomasyon.....	2
1.3. Sera Otomasyonu.....	3
1.4. Seralarda İklimlendirme	3
1.5. Seralarda Çevre Koşullarının Denetimi.....	4
1.5.1. Havalandırma	4
1.5.1.1. Havalandırma Sisteminin Özellikleri	4
1.5.1.2. Havalandırma Çeşitleri	5
1.5.1.2.1. Doğal Havalandırma.....	5
1.5.1.2.2. Zorunlu Havalandırma.....	6
1.5.2. Isıtma	6
1.6. Türkiye’de Sera Sektörü.....	7
1.7. Sera Sistemleri.....	9
1.7.1. Seralarda Veri Takip ve Depolama Teknikleri.....	12
2. KABLOSUZ SENSÖRLÜ SİSTEMLER	13

2.1. Sensörler	14
2.2. Ağ Karakteristiği	16
2.3. Kablosuz Sensörlerde Ağ Mimari Sistemi	18
2.4. Kablosuz Sensör Ağlarının Uygulama Yerleri	19
2.4.1. Çevre İzleme Uygulamaları.....	20
2.4.2. Askeri Uygulamalar.....	20
2.4.3. Endüstriyel Uygulamaları.....	20
2.4.4. Akıllı Evlerdeki Uygulamalar	21
3. NESNELERİN İNTERNETİ.....	22
3.1. IoT (Nesnelerin İnterneti) Mimari Yapısı	23
3.2. IoT Yapısı ve Karşılaşılan Olumsuzluklar	25
3.3. IoT için Güvenlik, Gizlilik	27
3.4. Kablosuz Teknolojiler	27
3.4.1. RFID	28
3.4.2. Zigbee	28
3.4.3. Wi-Fi.....	29
3.4.4. Bluetooth	30
3.4.5. GSM-GPRS Teknolojisi	30
3.5. Iot Uygulama Sahaları.....	30
3.6. Nesnelerin İnterneti'nin Tarımda Kullanım Örnekleri.....	31
4. KAYNAK ÖZETLERİ.....	33
5. MATERYAL METOD.....	39
5.1. Materyal.....	39
5.2. Mikrodenetleyici.....	40
5.3. Ana Kart	41
5.4. Güç Kaynağı.....	44

5.5. Arduino Nano	45
5.6. Su Motoru Sürücüsü	46
5.7. Su Pompası	47
5.8. Servo Motor.....	47
5.9. Toprak Nemi Algılama Sensörü.....	48
5.10. Yağmur Sensörü	50
5.11. Hareket sensörü	50
5.12. Nem, Sıcaklık Sensörü	51
5.13. Isıtıcı Rezistans.....	52
5.14. Perde Sürücü Devresi ve Redüktörlü Motor.....	53
5.15. 3Boyutlu Yazıcı ve Üretilen Parçalar	54
5.16. Güneş Takip Sistemli Panel.....	54
5.17. Sera Maketi.....	55
5.18. Yazılım Geliştirilmesi	56
5.18.1. Android İşletim Sistemi.....	57
SONUÇ.....	80
KAYNAKLAR.....	83
BİLİMSEL ETİK BEYANI.....	91
ÖZGEÇMİŞ.....	92

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

°c	: Santigrat derece
CO2	: Karbondioksit
%	: Yüzde
Ph	: Power Of Hydrogen
EC	: Elektriksel İletkenlik
Ω	: Ohm
V	: Volt
mA	: Mili Amper
Mhz	: Megahertz
KB	: Kilobyte
MB	: Megabyte
g	: Gram
mm	: Milimetre
W	: Watt
A	: Amper
VAC	: Alternatif Akım Gerilim Kaynağı
VDC	: Doğru Akım Gerilim Kaynağı
cm	: Santimetre
kg	: Kilogram
m²	: Metrekare
m³	: Metreküp

AKB	: Açma kontrol bilgi girişi
ASA	: Açma sınır anahtarı
KKB	: Kapama kontrol bilgi girişi
KSA	: Kapama sınır anahtarı
AYR	: Açma rölesi
KYR	: Kapama rölesi
AL, KL	: Açma ve Kapama LED'leri
AKM	: Açma kapama motoru
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
Vb.	: ve benzeri / ve benzerleri
CAN	: Controller Area Network (Denetleyici Alan Ağı)
Wi-Fi	: Wireless Fidelity (Kablosuz Bağlantı Alanı)
GPRS	: General Packet Radio Service (genel-Paket-radyo- (sinyali)-servisi)
GSM	: Global System for Mobile Communications (Mobil İletişim İçin Küresel Sistem)
ARM	: Advanced RISC Machine (Gelişmiş RISC Makinesi)
SOSUS	: Sound Surveillance System (Ses Gözetleme Sistemi)
KAA	: Kablosuz Algılayıcı Ağlar
DSN	: Distributed Sensors Net (Dağıtılmış Algılayıcı Ağ)
DARPA	: Defense Advanced Research Projects Agency (Savunma İleri Araştırma Projeleri Ajansı)
ADC	: Analog-to-Digital Converters (Analog Dijital Çeviriciler)
REST	: Representational State Transfer (Temsili Durum Transferi)
AT	: Attention Command Komutu
RFID	: Radio Frequency Identification (Radyo Frekans İle Tanımlama)
AFH	: Adaptif Frekans Atlamalı
FEC	: Forward Error Correction (İleri Hata Düzeltme)

- MEMS** : Mikro Elektro Mekanik Sistemler
- TSVM** : Transductive Support Vector Machines (Destekçi Vektör Makineleri)
- LDR** : Light Dependent Resistor (Işığa Bağımlı Direnç)
- CGI** : Common Gateway Interface (Ortak Ağ geçidi Arayüzü)
- SMS** : Short Message Service (Kısa Mesaj Hizmeti)
- IEEE** : Institute of Electrical and Electronics Engineers (Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü)
- IoT** : Internet of Things (Nesnelerin İnterneti)
- ID** :Identification (Kullanıcı numarası)



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Otomasyon şeması	2
Şekil 1.2. Sera otomasyon sistemi.....	3
Şekil 1.3. Doğal havalandırma	5
Şekil 1.4. Zorunlu havalandırma	6
Şekil 1.5. Türkiye’de sera yetiştiriciliği oranları.....	8
Şekil 1.6. 1995-2014 senelerinde yetiştirilen sera üretimi toplamları.....	9
Şekil 2.1. Algılayıcı düğüm bileşenleri	14
Şekil 2.2. Çeşitli türde algılayıcılar	16
Şekil 2.3. Kablosuz algılayıcı ağı uygulama alanları	19
Şekil 3.1. IoT (nesnelerin interneti) katman gösterimi.....	24
Şekil 3.2. IoT Uygulama sahaları.....	31
Şekil 5.1. ESP32 Üstten görünüş ve uç bağlantı noktaları açıklama şeması.....	41
Şekil 5.2. Ana kontrol kart görseli	42
Şekil 5.3. Ana kart baskı devre çizim şeması	43
Şekil 5.4. Ana kart yerleşim düzeni ve bağlantı noktaları	43
Şekil 5.5. Röle sürücü bağlantı şemaları	43
Şekil 5.6. Ana kart devre elemanları ve uç bağlantı noktaları şeması.....	44
Şekil 5.7. Güç kaynağı	44
Şekil 5.8. Arduino Nano.....	45
Şekil 5.9. Su Motoru Sürücüsü ve devre bağlantısı	46
Şekil 5.10. Mini dalgıç su motoru	47
Şekil 5.11. Mikro Servo Motor.	48

Şekil 5.12. Toprak sensörü ve kontrol ünitesi	48
Şekil 5.13. Toprak sensörü kontrol ünitesi uç bağlantıları	49
Şekil 5.14. Yağmur sensörü	50
Şekil 5.15. HC-sr501 kızıl ötesi hareket sensörü	50
Şekil 5.16. Sıcaklık ve nem sensörü	51
Şekil 5.17. Isıtıcı direnç	52
Şekil 5.18. Perde motoru sürücü devresi açık şeması	53
Şekil 5.19. 3D yazıcı ile üretilen parçalardan örnekler	54
Şekil 5.20. Güneş takip sistemi board uygulama açık şeması	55
Şekil 5.21. Güneş takip sistemi	55
Şekil 5.22. Sera maketi yapım aşamaları	56
Şekil 5.23. Yazılım katmanları	57
Şekil 5.24. Mobil uygulama menü görüntüleri a) Uygulama simgesi b) Açılış ekran görünümü c) Ölçümler ve kontroller menü görüntüsü	58
Şekil 5.25. Sıcaklık Göstergesi	59
Şekil 5.26. Nem Göstergesi	59
Şekil 5.27. Işık şiddeti Göstergesi	60
Şekil 5.28. Toprak nem sensörü göstergesi	60
Şekil 5.29. Yağmur sensörü göstergesi	60
Şekil 5.30. Hareket sensörü durum göstergesi	61
Şekil 5.31. Mobil uygulama kontroller menüsü otomatik ve manuel durum göstergeleri ..	61
Şekil 5.32. Aydınlatma kontrol durum göstergesi	62
Şekil 5.33. Pencere kontrol durum göstergesi	62
Şekil 5.34. Sulama ünitesi kontrol durum göstergesi	63
Şekil 5.35. Havalandırma fan kontrol durum göstergesi	63
Şekil 5.36. Isıtma kontrol durum göstergesi	64

Şekil 5.37. Tavan perde kontrol durum göstergesi.....	64
Şekil 5.38. Akıllı Sera	65
Şekil 5.39. Mobil uygulama ekran görüntüsü	66



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. TÜİK verilerine göre 2014 yılında sera yetiştiriciliği yapan iller	8
Çizelge 1.2. Seralarda otomatik sistemlere uygun değerler ve kontrol sistemleri	12
Çizelge 3.1. Kablosuz teknolojiler	28
Çizelge 5.1. Güç kaynağı etiket değerleri	45



1. GİRİŞ

Dünya nüfusunda meydana gelen artışlar sebebiyle yılın bütün mevsimlerinde yüksek kalitede taze sebzeler ve meyveler aranmaktadır. Sera sektörü günümüzdeki gelişmiş yapısına gelinceye kadar çok çeşitli süreçlerden geçmiş olup bu gelişme süreci hâlâ devam etmektedir. Sera teknolojileri farklı alanlardaki teknolojik altyapılardan değişik şekillerde etkilenmişlerdir. Bu etkileşimler düşük enerji sarfiyatı, statik yapısal dayanım, yüksek geçirgenlikli örtü malzemeleri, kontrol, makine, teçhizat olarak karşımıza çıkmaktadır (Dayıoğlu, 2014a).

Yeni sera sistemleri ilerleme süreci beş aşamada sınıflandırılabilir (Dayıoğlu, 2015).

- 1950 – 1973 tecrübe-sapma yöntemi ile yapısal ilerleme sağlanmıştır,
- 1974 – 1978 irdeleme tecrübeleri kazanılmıştır,
- 1979 – 1999 gelişmiş örtü altı sistemlerinin ilerlemesine yönelik iyileştirmeler yapılmıştır,
- 2000 – 2010 örtü altı uygulamalarında fonksiyonel özellikler kazandırılmıştır,
- 2010 – ... modern örtü altı yetiştiriciliği uygulamalarını ilerletmeye yönelik bilimsel araştırmalar sürdürülmektedir.

1.1. Sera

Seralar, yetiştirilmesi amaçlanan bitki çeşitleri için optimal çevre ortamlarının hazırlanması amacıyla galvanizli çelik malzemeler ile imal edilen kafes üzerine cam, plastik malzemeler ve pleksi gibi ışık geçirme yüzdesi yüksek malzemeler kullanılarak oluşturulmuş yüksek örtü altı tarım ürünleri yetiştirme yapılarıdır.

Türk Standartları Enstitüsünün 12741 nolu standartta belirtilen tanımına göre “Doğa koşulları ile çevresel şartlara bağlı kalmadan ihtiyaç duyulduğunda nem, ışık, sıcaklık ve havalandırma şeklindeki değişik faktörlerin bir sistem altında tutulmasıyla sene içerisinde değişik türde kültür bitkileriyle bu bitkilerin tohum, küçük fide ve büyük fidanlarını

yetiştirerek bitkilerin saklanması sergilenmesi amacıyla cam, pvc vb. ışık geçirgenliği yüksek malzemelerle örtülerek farklı modellerde yapılan yüksekliği fazla olan sera, örtüaltı bitki yetiştirme yapısı” olarak ifade edilmektedir (Anonim, 2001).

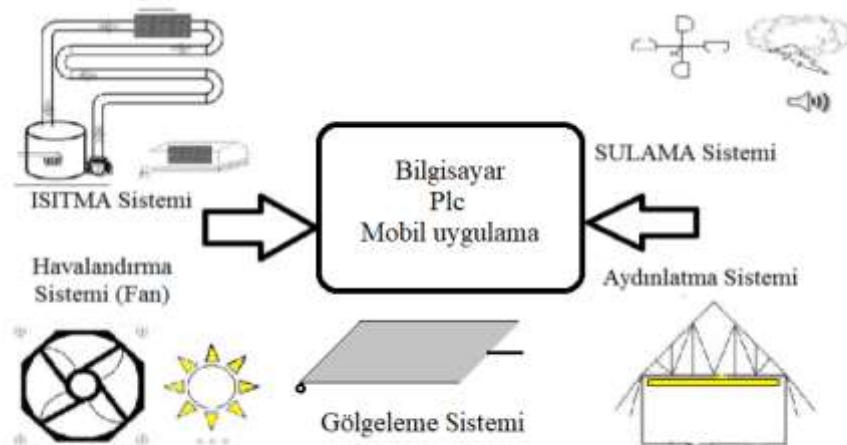
1.2. Otomasyon

Değişen ve gelişen teknolojiler sayesinde çok fazla artan dünya nüfusuna paralel bir şekilde yiyecek ihtiyacı da artmaktadır. Artan ihtiyaçları karşılamak ve üretim maliyetlerini azaltmak amacıyla otomatik kontrollü sistemler kullanılmaya başlamıştır. Buna bağlı olarak otomasyon kavramı tarımsal uygulamalarda da literatüre girmiştir.

Otomasyon, herhangi bir üretim biriminde, “girdi” maddenin işlenmesiyle “çıktı” ürün elde edilinceye kadar her aşamanın takip edilmesi sürecinde kullanılan elektronik teçhizatlar aracılığıyla otomatik kontrol edilen üretim sürecinin endüstriyel donanımlar arasında entegrasyonunun yapılmasını sağlayan bir yöntemdir (Ciğer, 2010).

Bununla birlikte otomasyon, insanların iş gücüne göre daha hızlı, daha az hata payına sahip üretim yapabilen aynı zamanda üretimde devamlılığı sağlayan, çalışanların fiziksel güçlerinden değil, zekâ güçlerinden faydalanmayı amaçlayan bir yöntemdir.

Bilgisayara bağlı kullanılan farklı ünitelerin kontrolünün sağlandığı otomasyon sistemi çizimi Şekil 1.1’de gösterilmiştir.

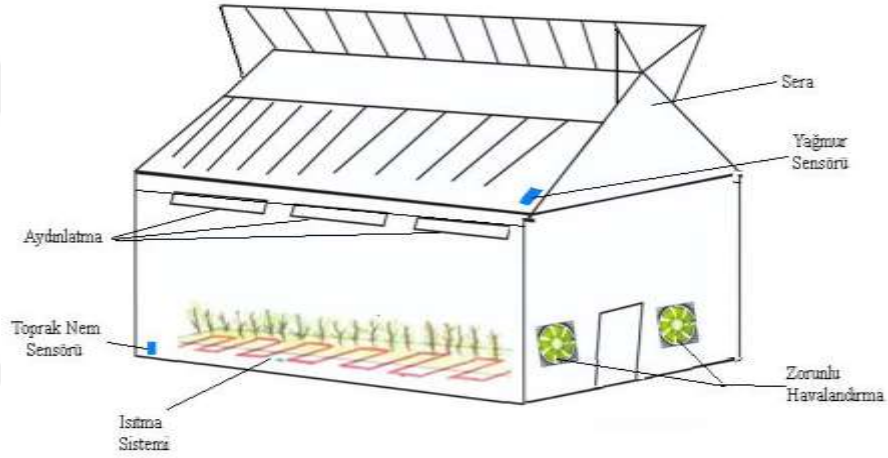


Şekil 1.1. Otomasyon şeması

1.3. Sera Otomasyonu

Seralarda üretim yapılması düşünülen bitkilerin yetiştirilmesi, büyütülmesi, ürün elde edilmesi gibi basamaklar için belirlenen sıcaklık dereceleri ($^{\circ}\text{C}$), aydınlık şiddeti miktarı, topraktaki nem yüzdesi, sera içi ortam nemi, gübre oranı gibi faktörler ve bitkilerin ihtiyaç duyduğu ortamın sağlanması amacıyla serada farklı noktalara yerleştirilmiş olan algılayıcılar ve elektronik ünitelerin bir bilgisayar programı aracılığıyla kullanılan sistem mimarisi sera otomasyonu olarak adlandırılır (Çiğer 2010, Latha MNS, Arıcı 1999).

Sera otomasyonu sistemi Şekil 1.2’de verilmiştir.



Şekil 1.2. Sera otomasyon sistemi

1.4. Seralarda İklimlendirme

Sera kurulumunda başlıca hedef, serada üretilmesi düşünülen bitkiler için en uygun çevre şartlarını sağlamak ve bu bitkilerin yetişmesini en yüksek oranda kontrol altında tutarak olumsuz şartlardan uzak bir üretim ortamı oluşturmaktır. Doğal çevre şartlarını kontrol altına almak imkânsız olduğundan, sera içindeki iklim şartlarını kontrol etmek daha kolaydır. Sera içinde iklim kontrolü yapılırken öncelikle seranın iç hacmi yeterince büyük tutularak yetiştirilecek bitkilerin doğal ortamda oldukları algısı sağlanmalıdır. Bununla birlikte sera sıcaklık seviyesi kontrolü otomatik olarak yapılmalı, ihtiyaç duyulduğunda ortama CO₂ gazı salınabilmeli ve sıcaklığın artmasına neden olan gün ışığı radyasyon etkisini düşürmek

amacıyla gölgeleme için perde kontrollerinin yapılması gibi farklı birçok yöntem kullanılarak sera içi iklim kontrolü düzenlenmiş olur. Böylece bitkilerin yetiştirilmesinde ve ürün verimliliğinde artış elde edilmiş olur.

1.5. Seralarda Çevre Koşullarının Denetimi

Havalandırma, ısıtma, soğutma ve ışıklandırma sera tasarımı yapılırken en çok dikkate alınacak etmenler olarak söylenebilir (Öneş 1986, Arıcı 1999).

1.5.1. Havalandırma

Bitkiler havalandırma sistemi yardımıyla sera içerisinde kendilerini doğal ortamdaymış gibi hissetmeleri ve fotosentez yapabilmeleri için ihtiyacı olan CO₂ gazının sera iç ortamına alınması sağlanmış olur. Bitkilerin terleme yapması havalandırma ile sağlanabilir (Kürklü, Çağlayan, 2005).

İyi bir havalandırma ile sera içi sıcaklık değerini dış ortamdaki sıcaklığa göre 2-3°C düşürmek mümkün olmaktadır. Sera içi bağıl neminin dengelenmesi de havalandırma sayesinde mümkün olmaktadır (Çolak, 2002). Konum olarak coğrafi ve fiziki açıdan uygun bir bölgede konumlandırılan sera içinde sağlıklı bir hava akışı için gereksinim duyulan önemli bir değer de saatteki hava sirkülasyon değişim sayısıdır. Camla kaplı seralar için havalandırma yaklaşık olarak hava değişim sayısı saatte 40-50 kez iken plastik örtü ile kaplı seralarda 50-60 kez olmalıdır. Normal koşullarda olması gereken hava değişim miktarı 15 ile 30 kezdir (Kürklü, Çağlayan, 2005).

1.5.1.1. Havalandırma Sisteminin Özellikleri

Bitkiler için sera içerisinde yeterli miktarda havalandırma sağlanabilmesi için rüzgâr esintisi şeklinde havalandırma yapılmalıdır. Sera içinde havalandırma yapılırken sıcaklık değerinin aşırı düşmemesi sağlanmalıdır. Havalandırma sistemi bulunan seralarda açıklık

bulunmaması gerekir. Bununla birlikte dış ortamda ani oluşabilecek bir hava olayından havalandırma sisteminin etkilenmemesi gerekir. Havalandırma sistemlerinin kontrolü kolaylıkla müdahale edilebilecek şekilde olmalıdır ki oluşabilecek teknik aksaklıklarda kontrol kolay yapılabilsin (Kürklü, Çağlayan, 2005).

1.5.1.2. Havalandırma Çeşitleri

Doğal ve zorunlu havalandırma seralarda yaygın kullanılan iki havalandırma çeşitidir:

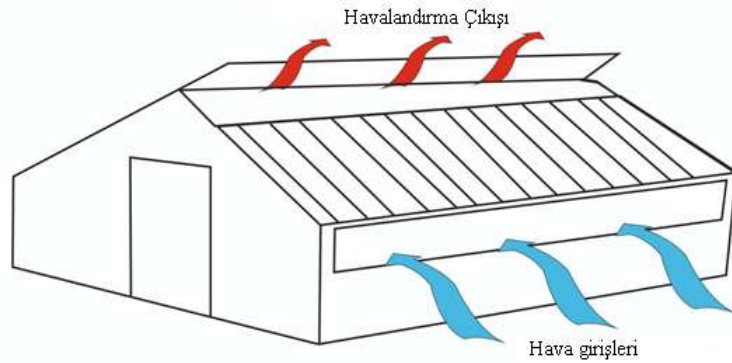
1.5.1.2.1. Doğal Havalandırma

Doğal havalandırma, sera içinde elektronik cihaz ve hava dolaşımı makineleri kullanmadan doğal hava akımı sayesinde hareket eden sistemdir (Yüksel, 2004).

Havalandırma pencerelerinin konumu, pencere kapaklarının şekli ve açıklık miktarı, rüzgâr hızının bir saatteki hızı doğal havalandırma yapılan seralarda yeterli hava değişim miktarı (sera içerisindeki havanın hacminin dakikadaki değişimi) için önemli faktörlerdir. Sıcak bölgelerde hava değişim miktarı sera sıcaklığında 6 °C'ye kadar düşüş sağlayabilmektedir (Hakgören, Kürklü, 2007).

Doğal havalandırmada dikkat edilecek bir diğer kriter de havalandırma pencere ve açıklıklarının rüzgâr akışı yönünde olacak şekilde yerleştirilmesidir (Vassiliou, 2000).

Doğal havalandırmaya örnek görseli Şekil 1.3'te verilmiştir.



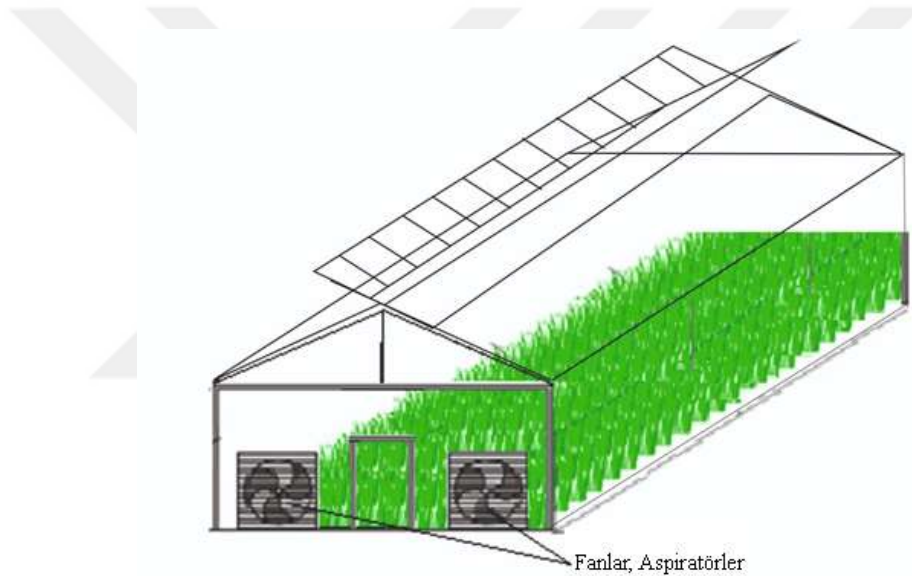
Şekil 1.3. Doğal havalandırma

1.5.1.2.2. Zorunlu Havalandırma

Zorunlu havalandırma, sera içi havanın dış ortamdaki havayla bazı sistemler yardımıyla hareket ettirilmesidir. Zorunlu havalandırma yaygın olarak fanlar yardımıyla yapılmaktadır. Bu fanlar yardımıyla sera içi sıcaklık değerleri de dış ortamdaki değerlerle aynı değerlere getirilebilir. Rüzgârsız durgun havalarda sera içi nemin hızlı bir şekilde sera dışına atılması cebri havalandırmanın en büyük avantajıdır (Hakgören, Kürklü, 2007).

Zorunlu havalandırmada yaygın olarak kullanılan araçlar vantilatörler (üfleçler) ve aspiratörlerdir (emmeçler, pervaneler) (Yüksel, 2004).

Zorunlu havalandırma görseli Şekil 1.4'te verilmiştir.



Şekil 1.4. Zorunlu havalandırma

1.5.2. Isıtma

Seralarda ısıtma işleminin yapılmasında başlıca hedef, sıcaklığın dengeli bir şekilde sera içerisine dağıtılmasıdır. Isıtma işlemi sera içerisinde yetiştirilecek bitkinin kalitesine, gelişme süresine ve ürün miktarına büyük oranda etki etmektedir (Anonim, 2011).

Serada yetiştirilen bitkilerin gelişimlerini tamamlaması için ortam sıcaklığının belirlenen sıcaklık aralık değerlerinde olması gerekir. Bunun yanı sıra seranın kış mevsiminde ısıtılması, yaz mevsiminde de soğutulması gerekir (Horowitz ve Latimer, 2008).

1.6. Türkiye’de Sera Sektörü

Ülkemizde nüfusun farklı sebeplerden fazla artması gıda ihtiyacını artırmıştır. Mevcut ekilebilir tarım arazileri alanlarının değişmemesi, mevcut toprakların da miras bölünmesi nedeniyle küçülmesi, tarıma elverişli toprakların imara açılması, ekilebilir toprakların değişik nedenlerle verimli kullanılmaması nedeniyle gıda sunumunda yetersizlikler yaşanmaktadır. Azalan ekilebilir araziler, gelişmiş tarımsal uygulamaların yapılmasında zorluklar oluşturmuştur. Bunların sonucu olarak uluslararası pazarlarda tarımsal ürünler üzerindeki rekabet gücümüzü azaltmaktadır. Üretimin ihtiyacımızı karşılamadığı durumlarda ithalat, ekonomik yükler oluşturmaktadır. Bununla birlikte toplumsal açıdan bakıldığında köylerdeki yerleşim alanlarındaki nüfusun şehirlere göç etmesiyle çarpık yerleşme meydana gelmiştir. Bu sorun işsizliğin tırmanmasına yol açmakla birlikte üretimde de zafiyetlere sebep olmuştur. Seralarda üretimin yapılmasıyla birlikte;

- Yıl boyunca üretim yapılması ile birim alanda yüksek gelir artışı,
- Piyasaya kesintisiz ürün sunulması,
- Birim alandan elde edilen ürünün kalitesi ve miktarındaki artış,
- Kırsal bölgelerdeki işsizliğin azalmasıyla sürekli iş gücü ihtiyacının doğması,
- Serada kullanılacak malzeme çeşitliliğinden kaynaklı ekipman ihtiyacının artması ile yeni imalat sanayi bölgelerinin oluşması sağlanır.

Tarımda plastiğin yaygın kullanımıyla birlikte Türkiye’de sera yetiştiriciliği 1960’lı yıllardan sonra daha fazla ürün çeşidiyle yaygınlaşmaya başlamıştır. 1970’li yıllarda seracılıkta kullanılan ısıtma maliyetlerinin artmasına sebep olan petrol fiyatları neticesinde seralar için yapılan yatırımları durdurma noktasına getirmiştir. 1980’lerle beraber maliyetlerin tekrar makul seviyelere gelmesiyle yatırımlar tekrar hız kazanmıştır. Sera yatırımlarında gelişme hızı 1990-1995 arasında uygulamaya konulan % 25’lik kaynak yardımı ve destekleme teşvikleri neticesinde artış göstermiştir. Bu teşvik ve desteklerle oluşturulan seralarda havalandırma üniteleri ile birlikte, bazı teknolojik yatırımlar sayesinde tarımsal üretimdeki verim ile bitkilerdeki kalite de artmıştır. Teknolojinin en üst düzeyde kullanılması ile modern seralar ve toprağa ihtiyaç duyulmadan yapılan tarımın uygulanmasıyla birlikte (1990’larda) ve 2000’li yılların başında devamlılığı sağlanabilir

tarım yetiştirme teknikleriyle danışmanlık sistemleri ile belgeli üretiminin yapılmaya başlanması Türkiye’de seracılık sektörünü günümüz seviyelerine kadar getirmiştir (Tüzel ve Gül, 2008). Şekil 1.5’te 1995-2014 yılları arasındaki Türkiye’de sera yetiştiriciliği oranları verilmiştir (Türkiye İstatistik Kurumu, 2015).



Şekil 1.5. Türkiye’de sera yetiştiriciliği oranları (Türkiye İstatistik Kurumu, 2015)

Türkiye’de seralar için en uygun şartlara sahip bölge Akdeniz Bölgesi olarak görülmektedir (Sevgican vd. 2000).

Çizelge 1.1’de TÜİK istatistik verilerine göre 2014 yılında sera yetiştiriciliği yapan iller sıralanmıştır.

Tarım arazisinin verimli kullanımına imkân sağlaması, kamu destek ve teşvikleri ile şirketlerin mevcut durumu nedeniyle Türkiye’de sera faaliyetlerinde artış yaşanmaktadır.

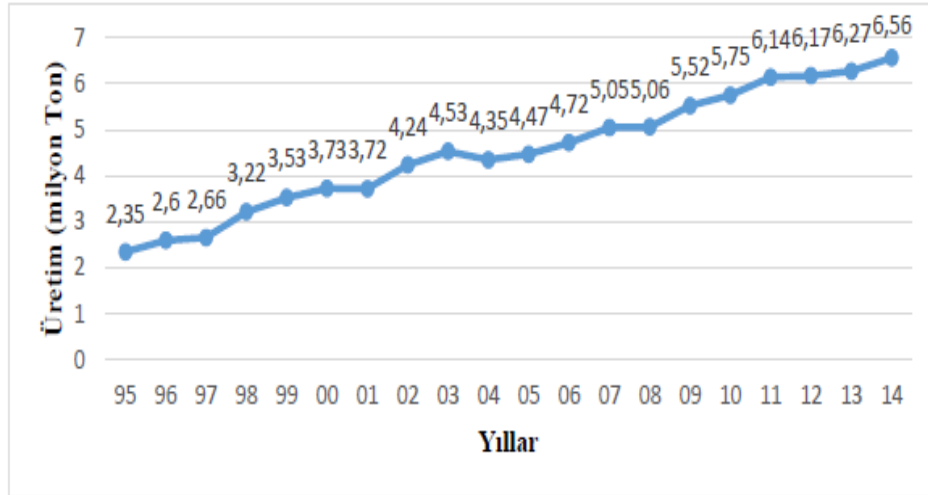
Çizelge 1.1. TÜİK verilerine göre 2014 yılında sera yetiştiriciliği yapan iller (Türkiye İstatistik Kurumu, 2015)

İl	Toplam (Dekar)	Cam Sera	Plastik Sera	Yüksek Tünel	Alçak Tünel
Antalya	248.253	67.025	155.091	13.514	12.623
Mersin	158.846	6.472	75.253	54.103	23.017
Adana	94.479	6	748	3.455	90.270
Muğla	42.651	6.179	31.440	388	4.643
Samsun	21.512	0	348	6.474	14.690
Diğerleri	83.377	1294	35.770	34.838	11.476

2014 yılında seralarda yetişen sebze ve meyve miktarı toplamda yaklaşık olarak 6 milyon 560 bin ton seviyesindedir. Üretimin 6 milyon 220 bin ton’luk kısmı yeşil sebzelerden, 339 bin tonluk kısmı ise meyvelerden oluşmaktadır. En fazla yetiştirilen sebze 3,285

milyon/ton ile domateste gerçekleşirken meyve üretiminde ise 180 bin tonluk miktar ile muz en üst sırayı almaktadır (Türkiye İstatistik Kurumu, 2015).

Şekil 1.6'da 1995-2014 senelerinde yetiştirilen sera üretimi toplamları verilmiştir.



Şekil 1.6. 1995-2014 senelerinde yetiştirilen sera üretimi toplamları (Türkiye İstatistik Kurumu, 2015).

1.7. Sera Sistemleri

Uygun iklim koşullarında seralar, bitkilerin üretim yerlerinin suni bir şekilde oluşturulduğu bunun yanında donanımsal pek çok niteliğe haiz bulunan bitkilerin yetiştirildiği fabrikalardır (Dayıoğlu 2015).

Seralarda ihtiyaç duyulan hava ortamlarının ortaya konması suni olarak oluşturulmaktadır. Bu durum, sera sisteminin açık ortamda üretilen bitki üretimine nazaran daha ayrıntılı olmasına sebep olmuştur. Dışarı ortam sıcaklığı ve nemi, rüzgâr istikameti ve sürati, gün ışığı, örtü altındaki sıcaklık ve nem, toprak sıcaklığı, buharlaşma değeri vb. faktörlerin tamamı etkileşimlidir. İyi bir otomatik kontrol yapısı bütün faktörleriyle sistemi daha iyi bir şekilde kontrol altında tutarak algılama ve değerlendirmede sisteme yardım edebilmelidir (Kürklü ve Çağlayan 2005).

Sera içindeki havanın suni bir şekilde ortaya konması ile mekanizmaların serada olması gerekmektedir (Dayıoğlu 2015):

- Isıtma,
- Havalandırma,
- Soğutma ünitesi
- Örtüleme,
- Sisleme ünitesi,
- Karbondioksit yükleme ünitesi.

Otomatik kontrol ünitesi bulunmayan mekanizmalarda ısınma ile ilgili maliyetler bütün harcamaların % 65'ini geçebilmektedir. Örtü altı yetştiriciliğinde yeteri kadar ısınma olmaması durumunda sebze meyve kalitesiyle ürün miktarlarında yeterli verim elde edilememektedir (Baytürk vd, 2013).

Seralarda kurulan otomatik sistemler altta verilen işlevleri ortaya koyabilmelidir (Dayıoğlu 2014b):

- Ölçme
- Kumanda
- Kontrol
- Data saklama
- Data transferi
- Görüntüleme
- İkaz

Algılayıcılar, kumanda cihazları ile denetleyicilerin oluşturdukları katmanla çalışmaktadır. Bir serada iklim kontrolünün başarılı olabilmesi sadece, iklim kontrol mekanizmasını çalıştıran denetleme kademeleriyle değil aynı zamanda saniyeye bağlı zamanlamada da data transferi ve sonuçları sayesinde ortaya konabilmektedir.

Sera benzeri hacimce büyük ve oldukça karışık birimlerde kablolu veri aktarımı ve iletişim çoğunlukla sorun ortaya koymaktadır. Bugün gelinen teknolojik gelişmelerle elektronik algılayıcı ve kablo olmadan kullanılabilen bilgi aktarım sistemleri düşük fiyatlarla farklı seçenekler ortaya koyabilmektedir (Dayıoğlu 2014a).

Günümüz sera sistemleri ürünlerin sene boyunca üretilmesine olanak sağlayan koşulları suni bir şekilde sunabilen ışık geçirgenliği yüksek mekânlardır. Benzeri mekânlarda hedef, yüksek kalitede düşük fiyatlı günümüz üretim koşullarına ve miktarına uygun ürünler yetiştirmektir. Örtü altı yetiştiriciliğinde bitkilerin gelişme evreleri farklıyken, dış ortam şartlarındaki koşulların sürekli değişmesiyle, örtü altı yetiştiriciliğinde uygun ortamların oluşmasında zorluklar meydana gelmektedir. Oluşan zorluklar sanayi formatında çözülebilir, sulama-gübreleme yönetimi, seralarda enerji kaynağı ve hava şartlarının kontrolü, veri kontrolü, ürünün kalitesindeki iyileşme gibi pek çok sistemden yönetilmelidir. İyi derecede kaliteli bir verim alabilmek için sera sisteminin bütününde dataların tespiti, takibi ve saklanmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bundan dolayı ortam içi bağıl nem, sıcaklık, pH, ışık, CO₂ ve EC (Elektriksel iletkenliği) zıtlığını tespit eden pek çok algılayıcıyla bilgi aktarımını otomatik olarak yapabilen kontrol mekanizmaları tercih edilmektedir (Dayıoğlu, 2014b).

Sensör datalarının aktarımı için CAN (Controller Area Network), RS-485 (ModBus), Bluetooth, Wi-Fi (Wireless Fidelity), GSM (Global System for Mobile), GPRS (General Packet Radio System), ve Internet gibi iletişim sistemleri kullanılmaktadır. Fakat son zamanlarda, hızı, çok sayıda kullanıcı tarafından tercih edilmesi büyük sahalara dağılma imkânı, mesafeli data transferinde interneti ön sıralara getirmektedir. Sanayideki fabrikalarda sürecin izlenmesi için pek çok çözüm kullanılmaktadır. Alışlagelmiş internet sistemlerinin yanı sıra (Serodio ve ark. 2001; Yang ve Chen 2003), bugünün internet sistemleri küçük bilgisayar, algılayıcı, elektronik, haberleşme teknik alt yapısındaki ilerlemeler neticesinde gömülü sistemler yönünde değişmektedir (Bertolotti ve Hu, 2015).

ARM (Advanced RISC Machine) merkezli gömülü hat sunucuları sayesinde Internet sistemlerinde kablosuz ve kablolu pek çok sistem üzerine yeni araştırmalar ortaya konmaktadır (Hariyale ve Gülhane 2012; Montoya ve ark. 2013).

Belirtilen bu gömülü sistemlerin az seviyedeki giderlerin yanı sıra, iletişim hızı, açık kaynak kod kullanımı, az güç tüketimi ile bir yazılıma gereksinim duyulmadan gerekli gördükleri dijital sistemler üzerinden iletişim kurabilmesi ve bilgilerin kolay bir şekilde takip edilebilmesi, görsellik ve esneklik benzeri ayrıntılarıyla öne çıkmaktadır. Mevcut durumun çok daha uzak mesafedeki bilgisayarlardan emniyetli bir şekilde takibi ve denetimine imkân sağlamaktadır.

Bugün teknolojinin geldiği seviye ile nesnelerin interneti (IoT: Internet of Things) tanımıyla bütün dijital sistemler ve aygıtlar internetin bir unsuru haline gelmektedir.

Algılayıcı ya da çoklu algılayıcıların bağlanabildiği bu mikrodenetim sistemleri sensör ağ düğümleri, seralarda kullanım imkânı sağlayan çözümler ortaya koyabilmektedirler.

1.7.1. Seralarda Veri Takip ve Depolama Teknikleri

Seralarda ölçümü yapılan ve depolanan gerçek büyüklüklerin kontrolüyle ilişkili elektronik denetim mekanizmaları ortaya konulmuştur. Belirtilen bu mekanizmalar ile sera ikliminde gerçek değerlerin elektronik algılayıcılar yardımıyla anlık bir biçimde ölçülmesi ve saklanması ile ilgili olarak bu sistemlerin değişimine etki eden bir akış diyagramı sayesinde serada kumanda mekanizmalarına (ısıtıcı, fan-pad, sisleyici, pencere vb.) hareket verebilmektedir. Çizelge 1,2’de seralarda otomatik sistemlere uygun değerler ve komuta yöntemleri verilmiştir.

Çizelge 1.2. Seralarda otomatik sistemlere uygun değerler ve kontrol sistemleri

Değişken	Cihaz	Birim	Kontrol Yapılan Birim
Sıcaklık	Termometre	oC	Isıtıcılar, Fan/Pad Soğutma sistemi
Nem	Higrometre	%RH	Sisleyici, Havalandırma
Işık (PAR)	PAR Sensörü	mikroMol/m2s	Aydınlatma, Perdeler
Hava Hızı	Anemometre	M/s	Havalandırma, Fan
CO2	CO2 Sensörü	ppm	CO2 İlavesi, Havalandırma

Şu anda dijital sistemlerin ilerlemesiyle elektronik bir sistem yardımıyla kayıt yapabilen ve ölçümü yapılan değerleri uzak mesafelerdeki bir alıcıya farklı sistemler aracılığıyla (İnternet, SMS) ulaşan yeni takip birimleri ortaya konulmuştur. Bu birimler pek çok farklı bölümde kullanılarak, kullanıcıların sistemin bütünü kontrolünü tamamıyla ellerinde bulundurmasını sağlamaktadır, bunun yanı sıra karşılaşılabilecekleri olumsuz şartlara daha hızlı müdahale etme olanağı sunmaktadır. Her yıl gerek sera ortamında gerekse doğal koşullarda üretilen ürünlerde çevre koşulları nedeniyle çok miktarda ürün sıcaklık, don, aşırı sulama, susuzluk gibi sebeplerle zâyi olmaktadır. Sera yetiştiriciliğinde belirtilen nedenlerden dolayı istenmeyen durumları bertaraf etmek için erken uyarı mekanizmaları kullanılmaktadır.

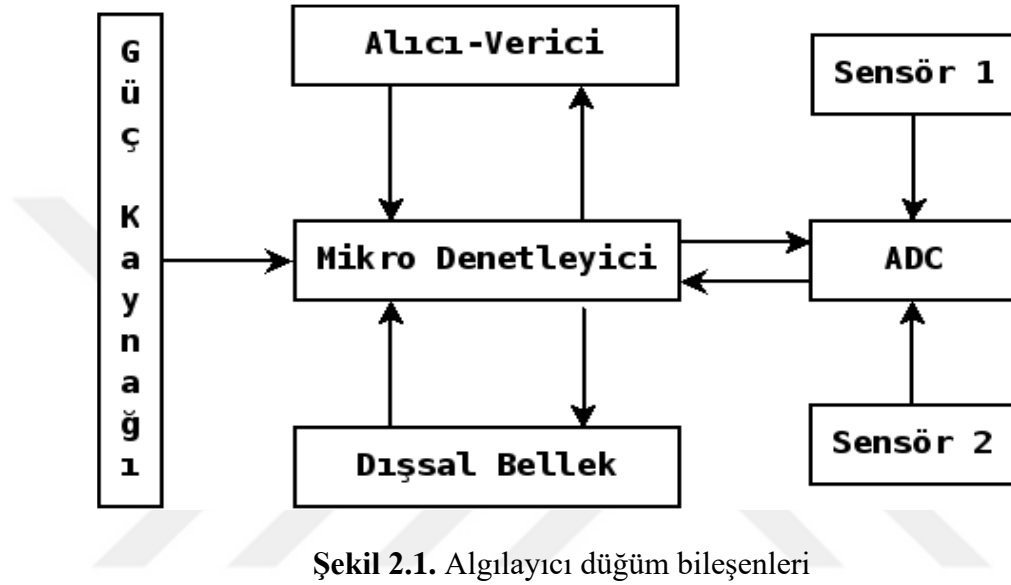
2. KABLOSUZ SENSÖRLÜ SİSTEMLER

1950'li yıllarda meydana gelen soğuk savaş esnasında Amerika Birleşik Devletleri Deniz Kuvvetleri, su altında görüşün neredeyse hiç olmaması sebebiyle Sovyetler Birliği'ne ait denizaltında seyreden araçların tespitinde zorluklar yaşıyorlardı. Bu nedenle, denizaltı araçlarını tespit etmek için Ses Gözetleme Sistemi (SOSUS) olarak adlandırılan bir su altı ses cihazı mekanizması geliştirildi. SOSUS, o günlerdeki kablo olmadan iletişim sağlayan en gelişmiş ağ olarak tanımlanarak (KAA) denizaltıları tespit cihazı şeklinde literatürde kullanılmaya başlanmıştır (Ahmed M.R, 2014).

Sonraki zamanlarda Dağıtılmış Sensör Ağ (DSN) olarak geliştirilen program, 1980'li yıllarda Savunma İleri Araştırma Projeleri Ajansı (DARPA) tarafından kullanıma alınmıştır. DARPA'nın kullandığı bu sistem mekanizmaları arasında iletim becerilerine sahip Arpanet'i kullanmaktaydı. Bu sistem şu anki internet sistemlerinin de atası olarak düşünülmektedir. 2000'lerin ilk yıllarında, algılayıcılar ad-hoc bağlantı sistemleri ortaya koymak üzere tasarlanmış mikro denetleyiciler için yeni kod sistemleri ortaya konulmuştur. Bununla birlikte ilk kabloya sahip olmayan sensörlerin başlangıcı yapılmıştır (Patel vd, 2013). Kabloya sahip olmayan sensör sistemler (KAA) büyük arazi bölgelere dağılmış küçük algılayıcı birleşim noktalarından meydana gelmektedir (Patel vd, 2013). KAA'nın ana elemanı olan pek çok algılayıcı düğüm birleşerek ve kablosuz izleme yapılan alanda rastgele konumlandırılmış bir biçimdeki bu algılayıcı düğümler ile sürdürülmesi yardımıyla bağlı oldukları ağlarda da aynı zamanda basit yapılı elemanlar olarak bilinmektedir (Soni, Namdev, 2016). İzlenecek olaylar algılayıcı düğümleri tarafından tespit edilir, veriler algılayıcı birleşme noktasında toplanıp, sıkıştırılmak suretiyle direkt olarak ağa gönderilir (Akyıldız, 2002).

Kablo olmayan ağlardaki sistemlerde her birleşme noktası basit sistemler ile ilgili güç birimi, işlem birimi, iletişim birimi ve algılama birimi, şeklinde 4 temel bölümden oluşmaktadır. Şekil 2.1'de görüldüğü üzere yaygın bir biçimde analog ve sayısal çeviriciler (ADC), güç kaynağı, dışsal bellek, mikro denetleyici, alıcı-verici, şeklindeki sensörlerden meydana gelmektedir (Ahmed M.R. 2014).

Analog verilerin kullanılması ve sayısal verilere dönüştürülmesi için bu sistemde Analog Dijital Dönüştürücülerden faydalanılmaktadır. Genellikle mikro denetleme sistemi ve içsel hafıza biriminden meydana gelen sistem ile, bağlantı noktası hareketlerini yönetmeli ve gerekli işlemleri yerine getirecek diğer bileşenleri kontrol edebilmelidir. İletişim sistemi ve bağlantı sistemi ağa bağlama sayesinde sensörlerin iç birimleriyle ya da ana sistemler ile arasındaki haberleşmeyi mümkün kılmaktadır (Akyıldız, 2002).



Şekil 2.1. Algılayıcı düğüm bileşenleri

2.1. Sensörler

Kablosuz bölgelerde birbiriyle ilişkililmiş, aralarında bilgi aktarımı yapan oldukça fazla algılayıcı düğümün olduğu bilinen KAA sistemleri, günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Sismik, termal, manyetik, infrared, akustik, görsel ya da radar benzeri algılayıcılar yardımıyla bölgedeki koşulları takip etmek mümkündür. Örneğin sıcaklık, basınç, hız, yön, nem, aydınlık, hareket, gürültü düzeyi şeklindeki etmenler ya da takip edilen nesnenin ortada bulunması ya da mevcut olmaması şeklindeki ifadeler üzerine datalar sağlanabilir. Geniş uygulama bölgelerinde bilgiye erişebilme niteliği benzer kalite derecesinde büyük uygulama bölgeleri sunabilmektedir. Mevcut uygulamalar sırasıyla belirtilmiştir (Patel vd. 2013).

- Ev güvenlik sistemleri,
- Uzayda bulunan nesnelere gözlendiği sistemler,
- Yeraltı ve sualtı takip sistemleri,
- Savunma amaçlı bilgi sağlama sistemleri,
- Çevre takip sistemleri,
- İklim ve hava tahli ile tahmininin takip edildiği sistemler,
- Çatışma bölgelerinin takip edilmesi sistemleri,
- Güneş ve uzayda bilinmeyenlere ulaşmak için yapılan sistemler,
- Yer kabuğu hareketlerinin, sıcaklık değişiminin, rüzgâr yönü ile hızlarının, gerilmelerin ve GPS verilerinin takip edildiği sistemler.

Kablosuz ağlar, bilgiyi şu anki zamanda gözetleyerek önemli ve büyük çözümlüğe sahip dataları çok hızlı olarak tutar ve böylece bunları gerçekleştirme ve ulaştırma yeterliliklerini de ortaya koyarak işlemi tamamlar. Bilgiler, kablosuz algılayıcı sistemlerinde toplanıp sıkıştırılarak doğrudan ağa gönderilir ya da gerektiğinde bilgiler ağa gönderilmek üzere başka kablosuz sensör sistemleriyle beraber ortaya konulabilir. İletilen datalar sonraki bir zamanda ağa bağlanır (Pallares, 2015). Her bir düğümün büyüklüğü ve maliyeti hiyerarşinin karışıklık dercesine göre değişmektedir. Algılayıcı bölümüne temel bir şekilde dağıtılan sensör birimlerine ait düğümlerin farklılıkları data toplanmasıyla iletme özellerime sahiptir. Algılayıcıların en üstün özelliği düşük fiyatlı olmasıdır. Ama bu şekilde kullanılmış birimlerin yerine göre çok enerji harcaması ve çok depolama alanına gerek duyması yüzünden kullanım alanındaki en büyük dezavantajdır. Bu kısıtlın ortamı verimli olarak kullanılması bilgiye ulaşılması ve hazırlanması işlemlerinin yanı sıra, ağın kullanım ömrüne, iletim özelliklerine bağlıdır (Patel vd 2013).

Duyarga olarak bilinen sensörler, bulunduğumuz yer ile ilişki oluşturan ara geçişlere sahiplerdir. Algılanılan farklılıkları sistem içinde tanımlayabilmekle sonuç datayı sistemde son yetki mekanizmasına gönderen algılayıcı veya algılayıcılar, aynı zamanda sistem yanırları ile baş edebilme ve büyük miktarda dağıtıma hazırlayabilme, yerin şartlarına ve güç tüketilmesinde daha fazla dayanabilme gibi başlıca niteliklere de sahip olmaktadır (Patel vd, 2013).

Az maliyet: Fiziki mekânı hesaplamak için çok fazla algılayıcı sistemin bu mekânlarda bulunması gerekmektedir. Bütün ağdaki sistem maliyetinin sensör maliyetine oranına göre düşük tutulması gerekmektedir (Ahmed, 2014).

Enerjide sarfiyat azlığı: Kablosuz sensörlerin ağlardan geçen verileri hesaplama, depolama ve iletim şeklinde değişik işlerde kullanılan enerji, iletişimde diğer enerji kullanım türlerinden daha çok tüketimi olduğundan bu algılayıcı ağ sistemlerinin çalışma süresini uzatabilmek için algılayıcıların birbirleri içerisindeki işlemcileri ve çevre şartlarına ilişkili birimlerde oldukça verimli bir özelliklere sahip olmalıdır (Joshi, 2013).

Kablosuz iletişim yeteneği: KAA kablo sistemine sahip olmayan sistem üzerindeki radyo ağlarını kullanabilir. Aktif ancak sınırlı bant aralığı yardımıyla küçük bir ağda iletişim sistemiyle kablosuz sensörler radyo dalgalarından faydalanarak iletişimde tek veya iki yönlü kanallar kullanmaktadır (Ahmed, 2014).

Gizlilik ve güvenlik: Her türlü algılayıcı düğüm noktasını yetkisi olmayan erişim ve saldırılardan korumak için sistem dahilindeki bilgilerin kâfi miktarda güvenlik kriterlerine sahip olması buna ek olarak gizlilik sistemlerinin de oluşturulmasına ihtiyaç duyulmaktadır (Joshi vd. 2013).

İşleme ve dağıtık algılama: Kablo bulunmayan algılayıcı sistemlerde rastgele veya homojen olarak oluşturulabilen sistem, sıralama, bilgileri bir alanda biriktirme, birleştirme, işleme ve iletim yeteneğine haiz olmalıdır. Bu dağıtılmış veriler dayanımı artırabilmektedir (Ahmed, 2014).

Dinamik ağ topolojisi: Algılayıcı sistemler çok az güç yüzünden tükenmektedirler bu da sisteme yenilerinin eklenmesine sebep olmaktadır. Bundan dolayı, ağ bağlantı sistemi süreç içerisinde farklılaşarak ağ topolojisinde değişikliklere sebep olmaktadır (Soni ve Namdev, 2016).

Kendi sistemlerini organize etme: Gözetimden uzak ya da saldırıya açık yerlerde kendi sistemlerini yeniden inşa edebilen sensör sistemleri ortama yerleştirildiklerinde kendilerini bir iletişim merkezine otomatik olarak entegre etmeleri gerekmektedir (Zheng ve Abbas, 2009).

2.3. Kablosuz Sensörlerde Ağ Mimari Sistemi

Genellikle bir yere yayılmış halde bulunan KAA sistemleri, ihtiyaç duyulan bilgileri algılayarak bilgiyi düzenleyebilme, iletişim kurabilme niteliklerini taşıyan algılayıcı sistemler şeklinde tanımlanmaktadır. Konum aldıkları sistemde herhangi bir sisteme gereksinim duymadan data bulma ya da takip işlemini yaparlar (Kürklü ve Çağlayan, 2005).

Günümüzdeki uygulamaların neredeyse tamamı enerji kullanarak çalışan algılayıcı sisteme sahipken, buldukları yerlerde zor bir erişim imkânı sağlamaktadır bu da imkânsız bir işlem ortaya koymaktadır. Sınırlı pil gücüne sahip olmalarının yanı sıra, uzun süre çalışmaları gereken bu algılayıcı sistemler enerjiden tasarruf edebilmek için beklemede veya uyku halinde kalabilmektedirler. Herhangi bir algılama hali meydana geldiğinde tekrar aktif hale gelebilmektedirler. Bu enerji tasarrufuna da yardım etmektedir. Aynı zamanda, ağ ile bir iletişim var ise sistemler algılama haline geçerler (Akyıldız, 2002).

Kablosuz algılayıcı sistemler işleyiş tarzına göre üç aşamada açıklanabilir.

Proaktif Ağlar: Bu ağ türündeki sistemler düzenli bir şekilde vericilerini ve alıcılarını değiştirme yeteneğine sahip olup çevrelerini hissederek ve gerekli bilgileri yönlendirerek gerekli değerler için bilgileri sistemli bir şekilde toplamaktadırlar. Bu yüzden, bu yöntem düzenli bilgi takip ile ilgili uygulamalarda aktif bir rol oynayabilir (Soni ve Namdev, 2016).

Reaktif Ağlar: Reaktif ağ yapısı sistemin gerekli gördüğü hedefe bilgi göndermesi ile olmaktadır. Bu da yeni yolları gerektiğinde keşif yaparken ayrıca kullanımda olmayan yollarda kaydedilebilir. Daha çok zamana ihtiyaç duyulan uygulamalarda tercih edilmektedir (Garnepudi vd, 2013).

Hibrit Ağlar: Hibrit ağlar, yukarıdaki ağ modelinin de artılarını ortaya koymaktadır. Bu şekildeki ağ sistemleri yalnızca zaman bakımından hassas yerlere karşılık vermez, bunun yanında düzenli zamanlarda ağın daha iyi yönde genel görünümünü de ortaya koyabilmektedirler. Hedef ağlar bakımından en farklı sistemleri ortaya çıkarabilmek için, yön göstericinin yön göstermeyi güncel hale getirmesi sonucu ya da topolojilerde değişken farklılığı olması durumunda, yön göstericiler ile oluşturulan yön gösterme verileri kullanılır (Soni ve Namdev, 2016).

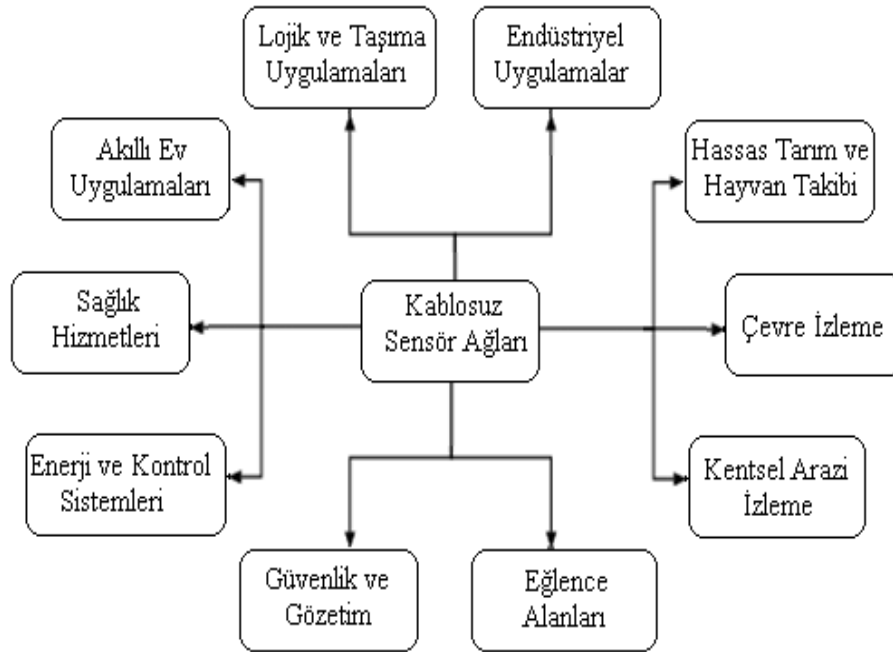
2.4. Kablosuz Sensör Ağlarının Uygulama Yerleri

Kablosuz sensör ağların ilk olarak askeri alanda kullanıldığı bilinmektedir. İletişim ağları ve kablosuz sistemlerdeki fiyatlar azaldıkça, sivil amaçlı kullanımlar da olmak üzere çevre, habitat izleme, sağlık gibi değişik alanlarda sıklıkla kullanım alanı bulmuştur (Patel vd. 2013).

Bunun yanısıra, kablosuz sensör ağlar artık yaşam bölgesi ve çevre koşullarını takip, ev otomasyonu, sağlık sistemleri, yangın algılama, trafik kontrolü ve nükleer reaktör kontrolü de olmak üzere endüstriyel ve ticari kullanım alanları şeklindeki toplum uygulamalarında da kullanılmaktadırlar (Khedo vd, 2010).

Takip etme ve izleme mantığı ile KAA sistemleri iki farklı yöntem ile yapılmaktadırlar. Takip sistemlerinde dış ve iç trafik takip, nesne takip, güç takip, çevre takip, konum takip, sağlık takip şeklindeki uygulamalarında ise, insanları, araçları, nesnelere, hayvanları takipte tutabilmektedir (Khedo vd, 2010).

Şekil 2.3'te KAA sistemlerin kullanıldığı alanlar verilmiştir.



Şekil 2.3. Kablosuz algılayıcı ağı uygulama alanları

2.4.1. Çevre İzleme Uygulamaları

Algılayıcı ağlarda kullanılan ilk sistemler hayvan takibi, sel tespiti, hava tahmini, çevre izlemede ve orman takibinde var olan datayı ölçebilen algılayıcıların kullanımı ile olmaktadır (Wang, Balasingham, 2010).

Böylece deprem ve tsunami gibi doğal afetlerin durumu hakkında tahmin yapılabilmektedir. Toprak ve nem algılayıcıları ile daha nitelikli sulama birimleri oluşturularak verimli kullanımı sayesinde su sarfiyatında azalma sağlanabilmektedir (Nallusamy ve Duraiswamy, 2011).

Yaşam alanı izlenimi: Eski yaşam bölgelerinde bitki koşullarının veya yabancı koşullarda yetişen hayvanların yanında yaşam bölgelerindeki bölgesel değerlerin izlenmesi amacıyla algılayıcılar kullanılabilir (Zheng, 2009).

Hava ya da su kaynaklarının takibi: Algılayıcıların suyun altına konuşlandırılması sayesinde hidrokimya bölgelerinin takip edilmesi, toprağın üstünde konumlandırılması ile hava kirliliğinin takibi yapılabilmektedir (Zheng, 2009).

Tehlike takibi: Kimyasal birimleri, canlıları ya da tehlikeli kimyasal maddeleri takip edebilmektedir (Khedo vd, 2010).

2.4.2. Askeri Uygulamalar

Askeri (C4ISRT) kumanda, istihbarat, iletim, gözetleme, takip, hesaplama, keşif ve hedef birimlerinin önem arz eden üyesi olan KAA (Anonim, 2011), bu birimlerde kullanılmasıyla askeri uygulamalara stratejinin yanı sıra ölüm tehlikesini azaltması yönüyle destek vermektedir (Atto ve Guy, 2012).

2.4.3. Endüstriyel Uygulamaları

KAA takip sistemleri, erişim kontrolü ve bina otomatiği şeklindeki endüstriyel birimlerde uzun zamandan beri kullanılabilir (Vassiliou, 2000).

Sensör sistemleri cihaza yerleştirilerek, cihazın çalışmasının ve durumunun izlenmesinde maliyet oranları düşmektedir (Wang ve Balasingham, 2010).

2.4.4. Akıllı Evlerdeki Uygulamalar

Teknik ifadeler geliştikçe akıllı algılayıcı sistemleri, buzdolabı, mikrodalga, elektrikli süpürge ve fırın türünde daha fazla ev cihazına monte edildiklerinden bu algılayıcı sistemleri birbiri ile uydu cihazlarıyla harici ağ ile bağlantıya girebildikleri için alet kullanıcıları daha basit bir şekilde kullanım yapabilmektedir. Böylelikle değişik uygulama kontrolü sayesinde binalarda farklı aletlerin birbiriyle iletişime geçmesi de sağlanabilir (Kaur vd, 2014).



3. NESNELERİN İNTERNETİ

Nesnelerin interneti (Internet of Things - IoT) kavramı ilk kez 1991'de Cambridge Üniversitesi'ndeki onbeş akademisyen tarafından kahve makinelerinin gözlemlenmesi için tasarlanmış kameralı bir düzenek ile ortaya çıkmıştır. Kahve makinesinin görüntüleri belirlenmiş aralıklarla bilgisayara yönlendirilmiş, sistemin internet bağlantısı olmadığı halde işlemler sorunsuz bir biçimde çevrimiçi olarak devam etmiştir. Bunun sonucunda haberleşme gerçek zamanlı olarak gerçekleşebilmiştir. Kullanıcıların hizmetine sunulan sistem bu özelliklerinden dolayı nesnelerin interneti kavramının ilk uygulaması şeklinde adlandırılmaktadır (Suresh vd, 2014).

Nesnelerin interneti kavramı buna ek olarak 1999 yılında Kevin Ashton'un bir sunumunda başlık halinde literatürde yerini almıştır (Gubbi vd, 2013).

Günümüz nesnelere kablosuz iletişimin gelişimiyle internete bağlanabilmektedir. Bu şekilde kullanımı yaygınlaşan nesnelerin interneti temel olarak kablosuz ağ bağlantısına dayanmaktadır. Nesnelerin interneti uygulamalarında kablosuz sensör ağlardan farklı şekilde ağ akıllılığı da bulunmaktadır. Etkileşimli ağ içerisinde fonksiyon gösteren nesnelerin akıllı olarak tanımlanması (object smartness) ve her nesnenin özel kimlik tanımının bulunması, insan müdahalesi olmadan da birimlerin kendi aralarında iletişim kurmasına olanak tanımaktadır. Tez çalışmasında incelenen uygulamada çalışma sistemi birimler arasında haberleşme ya da etkileşim olması yönüyle nesnelerin interneti kavramını ortaya koymaktadır. IoT sistemi, kullanıcıların internet bağlantısıyla çalışmakta olan elektronik ünitelerini yönetmelerine ve buna ek olarak uygun değer sistemlere olanak sağlamaktadır. Artık iletişimin bilgisayar sistemli elektronik üniteler arasında kurulduğu görülmekle birlikte, bu şekilde üniteler arasında insan müdahalesine gerek olmadan aralarında veri alışverişi yapılmakta ve bu şekilde insan etkileşiminin giderek azaltılacağı düşünülmektedir. Buna bağlı olarak iletişim teknolojisindeki gelişmelerle daha fazla sayıda ünite internete bağlanabilmektedir. 2010 yılından beri internet kullanımı sayesinde, akıllı aletlerle birlikte yaşamımızda kullanmaya başladığımız çoğu cihaz kontrol edilebilir ve izlenebilir duruma gelmiştir. Çok çeşitli işlemler, IoT'deki algılayıcılar yardımıyla yapılmaktadır. Algılayıcıların gönderdiği analog data'lar dijital data'ya çevrilerek takip sistemine gönderilir. Bu işlemler

kullanıcılara internet aracılığıyla çevredeki farklılıkları dünya üzerindeki her noktadan uzaktan izleyebilme olanağı sunmaktadır (Suresh vd, 2014).

Hayatımızı kolaylaştıran teknolojik ürünler ve internet, kablosuz ağlar vasıtasıyla birbirleriyle iletişime geçmekte ve nesnelerin interneti (IoT) teknolojisi adıyla pek çok yerde dünyaya hizmette bulunmaktadır (Suresh vd, 2014).

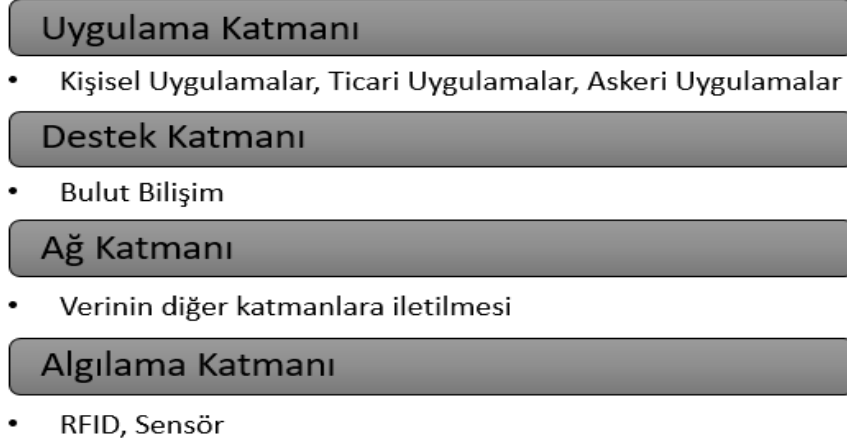
Bu teknoloji ile tasarlanmış akıllı bir sulama ünitesiyle, işgücü ihtiyacını en aza indirerek tarımsal faaliyetlerin düşük maliyetle ve zaman tasarrufuyla gerçekleştirilmesine imkân sağlayarak insan geleceği ve doğanın sürdürülebilirliğine katkı sağlaması amaçlanmıştır. Nesnelerin interneti kavramıyla hayatımızda kullanılan çoğu ünitenin aralarında iletişim kurmaları sağlanarak kaliteli bir sistem yapılabilir. IoT sistemiyle ev araçları kendi aralarında iletişim halinde bulunduğundan kullanıcıların yaşam kalitesi artmıştır (Kumar ve Ravi, 2016).

Bu çalışma kapsamında tasarlanmış sistemle fazla iş gücünden kaçınılarak; maliyet, süre ve enerji tasarrufuna gidilmesi amaçlanmıştır. Gelişen teknolojiyle uzak alanların denetimine imkân sağlayan internet bazlı uygulamaların kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Tarımsal alanlarda yetiştirilen bitkiler için gereken mikroklima sistemlerinin ortaya konması, kullanımı giderek artan internet bazlı sistemler bakımından önem arz etmektedir. Bu metodlar yetiştirilecek ürünler için yeterli gübreleme, sulama miktarı, havalandırma, sıcaklık kontrolü şeklindeki ortam şartlarını sağlayabilmektedir (Baytürk vd, 2013).

Seraların ya da tarımsal yerlerin ihtiyaçlarına uygun yapılabilir. Bu amaca uygun geliştirilmiş bu çalışma ile belirlenmiş sınır değerleri (hava niteliği-toprak niteliği) sonucunda yetiştirilecek olan ürünlerin veriminde artış sağlanabilecektir. Bununla birlikte işgücü ihtiyacı azalmakta, enerji ve sudan tasarruf yapılabilir.

3.1. IoT (Nesnelerin İnterneti) Mimari Yapısı

Güncel dönem gelişmiş teknolojileri arasında bulunan IoT (Nesnelere İnterneti) hakkında yapılmış kitap ve akademik yayın taramaları sonucunda, ifade edilmiş çoklu katmanlı olan tasarım modeller vardır. Şekil 3.1’de görüldüğü üzere bu mimari model dört adet katman şeklinde oluşturulmuştur (Ülker vd, 2017).



Şekil 3.1. IoT (Nesnelerin İnterneti) katman gösterimi

Algılama yapılan katman; öncelikle, algılayıcı cihazlar ya da RFID okuyucu birimler aracılığıyla hareket, pozisyon, nem, hızlanma, bilgi, vibrasyon, tropizm, sıcaklık ve havada oluşan kimyasal değişimler vb. fiziki oluşumları tespit edip biriktiren kademedir. IoT mimarisinin altaki birinci kat oluşumudur (Suo vd, 2012).

Ağ katmanı; Algılayıcı ağlar aracılığıyla güvenilir data transferi için ana destekleyici hizmetleri sunan kademedir. Farklı algılayıcılardan sağlanan verilerin toplanarak tanımlanan adreslere yönlendirilerek ulaştırılması sorumluluğunu yerine getirir. Mevcut datalar, Wi-Fi, kızılötesi, 3G, bluetooth, benzeri kablosuz ağ aracılığıyla transfer edilmektedir (Matharu vd, 2014).

Destekleme katmanı; mevcut kademe, bulut bilişim benzeri uygulamanın güvenliği çatısını, yüksek koruyuculu şifreleme şeması ile birlikte şifreleme düzenini barındırarak bir sonraki kademe güvenli yapıyı oluşturmaktadır (Suo vd, 2012).

Uygulama katmanı; bu kademe, bir önceki kademe işlenmiş nesnelerin detaylarına göre kişilerin ihtiyaçları benzeri hizmetlerin sunulmasına olanak tanıyan IoT çatısının en üst kademesidir (Matharu vd, 2014).

3.2. IoT Yapısı ve Karşılaşılan Olumsuzluklar

İnternete erişimi olan alıcıların, kendi aralarında bağlı ünitelerin oluşturmuş olduğu devasa bir ağ şeklinde tanımlanan nesnelerin internetiyle bu üniteler birbirleriyle iletişim halinde elde ettikleri dataları toplamakta ve ihtiyaç duyulduğunda paylaşabilmektedir (Çolak, 2002).

Günümüzdeki IoT kullanımının yükselişine dair, Gartner'in 2017 yılında 8 Milyar 400 milyon alıcının bağlanacak olması yönündeki öngörüsü gerçek olmuş ve 2020 yılına kadar 20 milyardan daha fazla bağlantı yapılacağını ön görmüştür (Anonim, 2018).

IoT teknolojisinin günümüzde bu denli büyümesinin uygulama açısından birtakım olumlu ve olumsuz yönlerinin de ortaya çıkışına neden olmaktadır. Bunun sonucunda birçok cihazın iletişim içinde olması, internet aracılığıyla da trilyonlarca bilginin analizi ve gündelik yaşantıda insanlar üstündeki iş yoğunluğunun azaltılması yaşam kalitesinde avantaj sağlamaktadır. İnsan yaşamını büyük oranda kolaylaştıran bu “Nesnelerin İnterneti” kavramının çokça faydası olduğu görülmüştür. Tespit edilen bazı özellikleri maddeler halinde sıralanmaktadır:

- **Bilgi:** Daha çok bilgiye sahip olmak daha nitelikli ve daha hızlı kararların alınmasına olanak sağlar (Ray, 2017).

- **Değişen koşullara dinamik adaptasyon gösterebilme:** IoT cihazları ve sistemleri farklı değerlerde dinamik adaptasyon oluşturma ve mevcut faaliyet şartlarına, kullanıcı birimlere veya hissedilen ortamsal öncüllere göre adaptasyon niteliği barındırmalıdır. Örnek olarak, birtakım izleme yapan kameradan meydana gelen bir gözlemeleme sistemi düşünüldüğünde yeni bir hareket tespit edildiğinde kameralar çözünürlüklerini artırmakta ve çevresindeki kameraları da benzer şekilde uyaramaktadır (Ray, 2017).

- **Kendiliğinden konfigürasyon:** Kendi kendine konfigürasyonu sağlanabilir bir kapasitesi bulunan IoT birimleri, birçok birimin ortak işlevler (hava koşullarını izleme gibi) sürdürebilmesi bakımından birlikte çalışmaktadırlar (Ray, 2017).

- **Benzersiz kimlik:** IoT cihazlarının her birinin tek kimlik tanımı ve ona özel tanımlama kayıt bilgisi (URL ya da IP İnternet protokol adresi) vardır. Bu şekilde ürünün değeri artırılır ve taklit edilmesi zorlaştırılır (Agrawal, Das, 2011).

• Bilgi ağına entegrasyon: IoT birimleri, genelde diğer birimlerle ve sistemlerle bilgi alışverişi yapabilmekte ve bunu kolaylaştıran bilgi ağına entegrasyonu sağlanabilmektedir. Bu teknolojiyle birimler, diğer cihazlar veya ağlar aracılığıyla dinamik bir şekilde keşfedilebilmektedir. Bylece hava şartlarını öngörebilmek için fazlaca hava durumu takip edilebilir, IoT düğümünün dataları toplanabilir ve sentez edilebilir (Agrawal, Das, 2011).

• Akıllı karar verme yetisi: Bu zellik aracılığıyla geniş alan ağında enerjinin verimi yükseltilerek uzun bir ağ ömrü sağlanmış olur. Bu şekilde çoklu algılayıcı düğümlerinin arasında entegrasyon sağlanarak karar aşaması birlikte yapılmış olur (Ray, 2017).

• Maliyetten ve sreden kazanım: Enerjiden tasarruf etmenin yanında, takipleme, izlem, işlem maliyetini IoT sayesinde en az seviyelerde tutulabilmektedir. IoT, sayesinde isabetli karar verme ve doğru sentezleme ile bilgilerin elde edilmesi ve harmanlanması sreden avantaj imkn sunmaktadır. (Agrawal, Das, 2011).

Yeni araştırma konularından olan IoT (Nesnelerin İnterneti) mimari yapısının kademelerinde ve veri güvenlik sorununun farklı alanlarında meydana gelen farklı sorunların da zme kavuşturulması gerekmektedir. Karşılaşılan bu zorluklar maddeler şeklinde sıralanmaktadır (Khalil, zdemir, 2018).

- Güvenlik ve gizliliği,
- leklenebilirliği,
- evresiyle uyumlu bir şekilde entegrasyon sağlayabilmesi,
- Yazılım kompleksliği,
- Data sentezleme ve data sayısı,
- Hata hoşgörü oranı,
- Sınırlı kaynaklar,
- Bağlı alıcıları tanımlama (kimlikleme),
- Sınırı belli bant aralığı (Khalil, zdemir, 2018).

3.3. IoT için Güvenlik, Gizlilik

IoT mimarisinin meydana geldiği temel sınırlamalı koşullar için kodlama diyagramı ve etiket onaylama şemalarının olması gizliliğin temini bakımından önemlidir. Günümüzde IoT ile internet erişimli birim sayısının fazlalaşmasıyla saldırı riski üniteler açısından tehlike oluşturmaktadır (Gündüz, Akyüz, 2017).

Varolan güvenlik önlemlerinin çok sayıda birime destek vermede yetersiz kalması kaçınılmazdır. Bu açıdan data bütünlüğü, ID onaylama, birim ve ID idaresine yetkilendirilmiş erişim benzeri mahremiyet politikalarının gerekliliği yanında gerçek kullanım bilgilerinin üretilmiş olduğu çevresel ortamların da gerekli görülen güvenlik kademelerinde bulunması gerekir. Örnek olarak, hastaya ait sağlık verilerinin takip edildiği, hastaya ait önem arz eden verilerin kayıt altına alındığı ve alıcıların dış erişimlere korumasız bulunduğu haller önemli problemlere sebep olmaktadır.

3.4. Kablosuz Teknolojiler

Önceki zamanlarda iletişim için kullanmakta olduğumuz kablolu teknolojinin en büyük olumsuz yanlarından biri sistemde kabloların kullanılıyor oluşuydu, bir diğer olumsuzluk da uzak mesafe kısıtlarının olması ve güvenilir kullanım sunamamasıydı. Günümüzde bu olumsuzlukları ortadan kaldırmak için kablosuz teknolojiler tercih edilmektedir ve böylece iletişim içinde kullanıcıya güvenli bir ortam sağlanmaktadır (Abınayaa, Jayan, 2014).

KAA'da, algılayıcı düğümleri değişken model ve tipte değerleri algılayayıp, ana bağlantı geçidine aktarabilmektedir. Çizelge 3.1'de verildiği şekliyle dış sağlayıcılara veya birimlere kablolu ya da kabloya ihtiyaç olmadan bağlanabilen KAA, farklı haberleşme teknolojileriyle birlikte uyumlu çalışma yeteneğini barındırmaktadır (Dube, 2013).

Kablosuz teknolojiler, tüm dünyada geniş uygulamalarda yer bulmaktadır. Kablosuz iletişim uydu vasıtasıyla, kapalı alanlarda veya okullar, fabrikalar, şirketler ve ofisleri benzeri sınırlı uygulamalarda, datalar Zigbee, modem ve Bluetooth vb. gibi kablosuz sensör ağlar aracılığıyla sağlanmaktadır (Abınayaa, Jayan, 2014).

Çizelge 3.1. Kablosuz teknolojiler

İletişim Adı	İletişim Aralığı Etki Mesafesi
Zigbee	30-1600m
Wi-Fi	100-300m
Bluetooth	30-100m
GSM/GPRS	Ağ Taşıyıcı Kapsamı (km)

3.4.1. RFID

R.F.I.D. (Radyo Frekans Yardımıyla Tanımlama), canlıların yanı sıra nesneleri de radyo frekansıyla özel bir seri numarası şeklinde bilgisini aktaran teknolojiler bütünü diye adlandırılmaktadır. Nesnelerin mevcut konumları ile durumuna ait bilgilerin tespit edilebilmesi için anlık olarak takip edilerek nesnenin tanımlanmasını sağlayan (IoT) “Nesnelerin İnterneti” olarak bilinen teknolojinin temel yönlendiricileri şeklinde bilinmektedir. RFID'nin temel bileşenleri; erişim kontrolörü, okuyucu (RFID biriminden gelen radyo analog dalgaları dijitale dönüştürür), etiket (nesne tanımlamak için kullanılan antene bağlı olan mikroçip), anten (tanımlama bilgisini okuyucu birime iletilmesini sağlar), yazılım ve sunucu şeklinde gösterilmektedir. Güvenilir, yüksek verimli, düşük maliyetli ve doğru sonuçlara ulaşılmasına imkân sağlamaktadır. RFID, askeri uygulamalar, lojistik, takip etme, hasta izleme, şeklinde geniş kapsamlı kablosuz uygulama alanı yelpazesine sahiptir (Choosri vd, 2015).

3.4.2. Zigbee

IEEE 802.15.4 standardı temelli ZigBee, bireysel bölge ağları yaratmak amacıyla tercih edilen yakın mesafeler için kablosuz ağ uygulaması olarak tanımlanabilmektedir. Wi-Fi ve Bluetooth'dan farkı, çok az enerji tüketerek, güvenilir veri aktarımını 100 metre mesafeye kadar veya daha fazla mesafeye yapabilmektedir. Çoğunlukla uzun süre dayanan pil ömrü ve güvenliği yüksek ağ aktarımına ihtiyaç duyulan yavaş data aktarımı uygulamaları için yaygın kullanılmaktadır. (ZigBee ağ yapısında 128 bit simetrik kodlama anahtarlarıyla korunma

sağlanmaktadır.) ZigBee tabanlı KAA'lar çok fazla derecede yüksek kullanım potansiyeline sahip olmaktadır. Geleneksel ve kablo kullanılan sistem uygulamalarına nazaran kurulumda ve çalışma durumlarında da daha değiştirilebilir özelliktedir (Pallares, 2015 ve Ayub, 2016).

ZigBee, kablosuz aktarım kanallarını kendiliğinden arama, bilgi akışı durumuna göre uyku durumuna geçerek enerjiden tasarruf edebilme ve çok fazla miktarda kablosuz ağın desteklenmesi gibi çok sayıda özelliği bulunmaktadır (Pinedo-Frausto ve Garcia-Macias, 2008).

3.4.3. Wi-Fi

Wi-Fi ya da farklı bir isimiyle IEEE802.11, kablosuz lokal ağlarda kullanılmak üzere tasarlanmış, bilgi transfer hızı 11 Mbps ile 54 Mbps arasında bulunan radyo tabanlı iletişim standardı şeklinde tanımlanmaktadır. IEEE 802.11a, 802.11b ve 802.11g şeklinde tanımlanan telsiz haberleşme teknolojisi kullanılmaktadır (Pallares, 2015).

Wi-Fi uygulaması, laptoplar, LAN'lar benzeri birçok hareketli bilgi işlem biriminde kullanılacak şekilde tasarlanmasına rağmen, internet, dijital oynatıcılar, televizyon ve cep telefonu (oyun) gibi çok sayıda uygulama alanında kullanılmaktadır (Horowitz ve Latimer, 2008).

ESP8266 için AT Komutları:

AT (Attention Command) komutları, bilgisayarlar ile modemler arasında haberleşmeyi gerçekleştirmek için 1980'li yıllarda Hayes tarafından geliştirilmiştir (Yuliansyah, 2016).

AT komut setleri mobil uygulama cihazlar ile yaygınlaştırılarak daha sonrasında standart konuma getirilmiştir. Günümüzde birçok modemin çevre bilgisayarlarla AT komut aracılığıyla iletişim sağlamaktadır (Jawarkar vd, 2007).

Wi-Fi modülü yardımıyla yapılan iletişimde üreticilerin tanımladığı AT komut dizini uygulaması kullanılmaktadır.

3.4.4. Bluetooth

Bluetooth, kablosuz özel alan ağı birimidir, düşük seviyeli güç tüketimi, taşınabilirliği, yakın mesafeli radyo frekansı özellikleriyle, IEEE 802.15.1 standardı şeklinde tanımlanmaktadır (Horowitz ve Latimer, 2008).

Endüstriyel alanlarda, ticari ve ev içi uygulamalarda kablosuz teknolojinin yüksek gürültü seviyeli ortamlarda daha iyi sonuç verdiği düşünülen bluetooth, adapte edilebilir Frekans Atlamalı (AFH) yanında İleri Hata Düzeltme (FEC) özellikleri ile çalışır (Pallares, 2015).

3.4.5. GSM-GPRS Teknolojisi

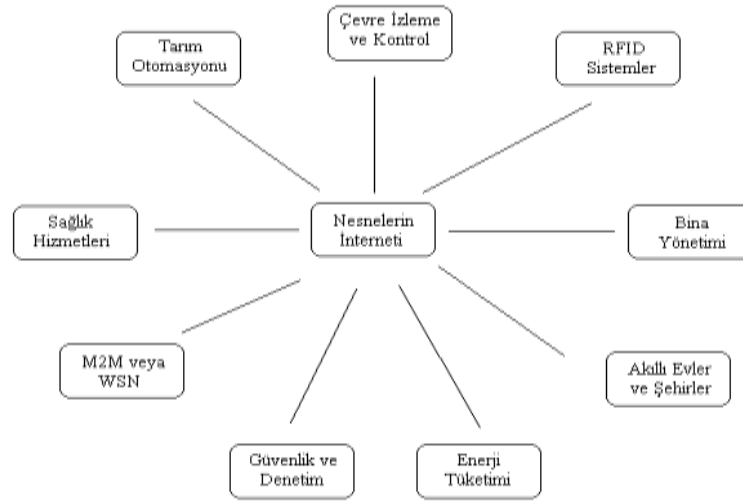
GSM, Avrupa İletişim Standartlar Komitesi'nin Mobil İletişim Özel Grubu (Groupe Speciale Mobile) alt kuruluşu olarak bilinen Mobil İletişim Küresel Sistemi, dünyada en yaygın kullanılan mobil telefon sistemdir (Tarapıah vd, 2013). Mobil sistem operatörlerinin %80'i bu altyapı standardını kullanmakta ve birçok ülkede toplamda 1 milyar 500 binden fazla kullanıcıya ulaşmaktadır. GSM'nin büyük değişimi şeklinde tanımlanan GPRS (Genel Paket Radyo Servisi), mobil telefon hatları üstünden blok anahtarlama data taşınması yapılması imkânı sağlayarak, mobil hatların internete erişimine imkân vermektedir (Usman, Shami, 2013).

3.5. İot Uygulama Sahaları

Son dönemlerde aktif bir şekilde kullanmakta olduğumuz sayısız uygulamayı önemli derecede destekleyen teknik altyapısı ile IoT'un, sisteme dahil birimler arasında yapılan bilgi alışverişi sayesinde insanların gündelik yaşantılarını önemli derecede kolaylaştırdığı görülmüştür. Fakat IoT'un büyük kapasitede kapsamlı programlarda yeterli oranda destek olamadığı gözlenmekte ve ağ altyapısı bakımından da yetersiz kaldığı bilinmektedir (Liu, Zhou, 2012). Yaygın olarak sosyal yaşam, endüstri ve çevre alanlarındaki uygulamaların geliştirildiği IoT, bu alanlarda kullanılmakta olan birçok birimin birbirleri ile iletişimde

olmalarına ve böylece verileri paylaşmalarına imkân sağlamaktadır. Bu alanlarda kullanılan cihazlar, günümüzün popüler teknolojilerinden olan Nesnelerin İnterneti sayesinde daha kullanışlı, akıllı cihazlar haline gelmektedir (Agrawal, Das, 2011).

Nesnelerin interneti aracılığıyla sanayi, tarımsal alanlarda ve gündelik yaşamda sorun oluşturan fazla kaynak sarfiyatı türünden bazı olumsuzluklar önlenmekte olup, bunun sonucunda ekonomik bakımdan giderlerde azalma sağlanmaktadır. Şekil 3.2’de Nesnelerin İnternetinin kullanıldığı alanlara yönelik bazı tanımlamalar verilmiştir. Bu örneklerden tarım otomasyonu uygulamalarıyla akıllı tarım alanlarında artış sağlanabilmekte ve bunun sonucunda tarım alanlarında verim artışının yanında enerji kullanımında tasarruf ve de işgücü giderleri azaltılabilmektedir (Aktaş vd, 2016).



Şekil 3.2. IoT Uygulama sahaları

3.6. Nesnelerin İnterneti'nin Tarımda Kullanım Örnekleri

Ülke ekonomilerinin temel vazgeçilmezlerinden biri olan tarım alanında, verimliliği arttırmak için birçok yöntem uygulanmaktadır. Bitki büyümesinde bir diğer önemli faktörün de su olduğu bilinmektedir. Bitki için toprakta bulunan nem oranı önemlidir. Bununla birlikte, terleme yoluyla da sıcaklık değeri düzenlenebilmektedir. Bir çiftçi, daha iyi kalitede ve yüksek verimli ürün elde etmek amacıyla bitki büyümesi aşamalarında toprak nemini kontrol ederek daha az su kullanımı yapabilmektedir (Rani, Kamallesh, 2014).

Mikro-elektro Mekanik sistem (MEMS) teknolojileri, kablo olmadan ağ iletişimi ve sayısal elektronik bölgelerdeki ilerlemelerden meydana gelen KAA'lar küçük boyutta olup,

az maliyetli ve çalışmak için daha az enerjiye gereksinim duyar (He vd, 2011).

Kullanımı kolay olan KAA, tarım alanında kullanılmaya başlanmış, bitkilerde ve toprak altı ve üstü durumların kontrolünde, sulamanın daha düzgün yapılabilmesi için çiftçilere kolay bir sistem oluşturmuştur. Günümüz tarım uygulamalarında, IoT sistemlerinden yaygın olarak, ortam nemi, sıcaklık, toprak nemi, rüzgâr, yağmur, toprak geçirgenliği, hava durumu, pH miktarı, topraktaki azot miktarı şeklinde anlık veri bulmada yararlanılabilir. Akıllı tarım, farklı teknolojilerin birlikte kullanımı ile tarımsal amaca yönelik çalışmalar olarak tanımlanmaktadır (Jannat, Islam, 2017).

IoT ile tarımsal uygulama teknolojilerinde iş yükü azalırken, ürünün veriminde ve kalitesinde artış elde edilebilmektedir. IoT destekli tarımsal uygulama sistemlerinde çok farklı işlemler yapılabilmektedir. Aşağıda bu yöntemlerin bazıları verilmiştir.

Sulama Yönetimi: Son dönemde tarımsal faaliyetlerde gelişen teknolojilerle birlikte suyun daha az kullanımı için yeni sulama yöntemleri ile birlikte hava durumu ile ilgili anlık tahminler de yapılabilmektedir (Ray, 2017).

Tarım alanlarına yerleştirilmiş Wi-Fi bağlantılı nem algılayıcıları sayesinde elde edilen bilgilerle suyun daha iyi yönetilebilmesi sağlanmış ve böylelikle su tasarrufunda bulunulmuştur. Bu çalışmada da bu yaklaşım tavsiye edilmiş olup kullanıcının takip işlemlerini evinden ya da başka bir yerden takip edebilmesi sağlanmıştır (Ray, 2017).

Böcek ve Hastalık Takibi: İlaçların ve gübrenin dengeli kullanımı, kalitenin yükselmesine ve girdi maliyetinin en aza düşürülmesine yardımcı olmaktadır. Kontrollü kullanımda bitkiye verilebilecek zarar olasılığı, IoT tabanlı algılayıcı düğümler aracılığıyla veriler toplanarak öngörülebilmektedir (Ray, 2017).

Suyun Kalitesinin Takibi: Kablosuz ağ iletişiminin sağlandığı algılayıcı düğümleriyle suyun kalitesi de ölçülebilmektedir. (Paventhana vd, 2012)

IoT ile su kalitesi anlık olarak izlenmekte ve böylelikle iletkenlik, su sıcaklığı, pH, suyun bulanıklığı, çözülmüş oksijen tarzında fiziksel ve kimyasal değerleri takip edilebilmektedir. **Sera Ortamı İzlemesi:** Nesnelerin İnterneti teknolojisiyle akıllı sera teknolojisi uygulamaları geliştirilmektedir. Böylece sera takibi yapılarak üründe kalite artırılabilir (Ray, 2017).

4. KAYNAK ÖZETLERİ

Gelişen teknolojik sistemler ile tarım işletmeciliği de gelişmeye başlamış ve akıllı sera sistemleri ile akıllı tarım ve cihazları yaygın bir kullanım kazanmaya başlamıştır. Kullanılan bu cihazlar ile tarım işleriyle uğraşanların iş yükleri azalmakla beraber yakıt ve enerji tasarrufu da sağlanmış olmaktadır. Geçmişten günümüze kadar yapılan tüm çalışmalarda ürün yetiştirmede teknolojinin kullanımıyla ürün maliyetlerindeki etkiler hesaplanmaya çalışılmıştır.

Kumar ve Ravi'nin beraber yaptıkları bu çalışmada (2016), Wi-Fi ve ZigBee sistemleri ile ölçme yapılan birimden alınan sıcaklık ve nem bilgileri belirlenmiş olan sınırlar ile karşılaştırılmış olup sulama bu çerçevede yapılmıştır. Dizayn edilmiş olan bu tasarım ile su azlığının bulunduğu ev-bahçe ya da çiftlik alanlarında sulama işlemleri gerçekleştirilmiş olup, böylece su tasarrufu yoluna gidilmiştir. Bu sistem sayesinde ürün miktarında da artışın meydana geldiği gözlemlenmiştir. Ekilen bitkilerin su gereksinimini anlayabilmek için topraktaki nemin anlık ölçülmesi ile belirlenebileceği ortaya konmuştur.

Kabilan ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada (Kabilan ve Selvi, 2016), hava durumu, sıcaklık, toprak tipi ve toprak nemi, gibi bilgiler çekilerek TSVM (Transductive Support Vector Machines) sınıflandırma sistemleri ortaya konmuştur. Tasarımı yapılmış olan bu sistemle, öncelikle numunelerdeki görüntü TSVM işlem kümesinde düzenlenmiş ve gerçek bitki özellikleri ile karşılaştırılmıştır. Kullanılan bu sıralama sistemiyle uygun nem ve nitelik düzeyi belirlenerek, sistemin ihtiyacı olan su miktarı ve maliyeti hesaplanmıştır. Bu çalışmada, halen kullanılmakta olan sistemlerde su düzenlemesi sağlayan dağıtık kablosuz algılama sistemlerinin çok güç tükettiği yapılan deneylerde ortaya konmuştur. Geliştirilen sistem ile enerji üreten sistemler eklenerek şu an kullanılan sistemlerin tersine kurulum ve bakım ile ilgili maliyetleri en aza çekilmeye çalışılmıştır.

Rajalakshmi ve Mahalakshmi'nin yapmış olduğu çalışmada (Rajalakshmi, Mahalakshmi, 2016); Bağıl nem, toprak nemi, havadaki sıcaklık ve ışığı hisseden algılayıcılar kullanılarak tarım bölgelerinin takip edilmesi için ZigBee sistemi kullanılarak otomasyonlu bir mekanizma uygulamaya alınmıştır. Yeni dizayn edilen bu mekanizma ile sulama işinde sıcaklık ve nem değerleri sınır değerlerin altına düştüğünde çalışmaktadır. Sınır değerlerin

belirlenmesinde üretimi yapılacak bitki çeşidine göre değiştiği bilinmekte olup dizaynı yapılan sistem ile toprağın nem seviyesiyle ilgili değişik bölgelerde deneyler yapılmıştır. Bulunan bilgiler PHP yardımıyla MySQL data merkezinde depolanmıştır. Ayrıca, Android işletim sistemi uygulaması ile bu sistem MySQL'daki bilgiler Json şeklinde ayrıştırılmıştır. Bununla birlikte, sera üreticiliğinde ışık miktarının gerekli bir faktör olduğunu ortaya koyan Rajalakshmi ve arkadaşı, sera ortamı ele alınarak ortaya koydukları bu yayında bitkinin fotosentez yapma işlemi için LDR (Light Dependent Resistor) kullanmış ve bütün ışık sistemleriyle deney yapmışlardır. Geliştirdikleri bu sistemle akıllı telefon ve modem ile kullanıcı mobil cihazlara gönderilen mesajlar yoluyla bilgilendirmeler yapılmıştır. Belirtilen yöntemle suyun yeterli olmadığı yerlerde dahi düzenli çalışan bir mekanizma ortaya konmuş olup eski yaklaşımlara göre %92 daha kararlı ve verimli çalıştığı tespit edilmiştir.

Ryu ve arkadaşlarının yapmış olduğu bir araştırmada (Ryu vd, 2015), IoT ile birbiriyle iletişimli çiftlikler ve tarım arazileri dizayn edilmiştir. Tasarlanan bu tesisin önde gelen artlarından birisinin de akıllı arazilere nazaran daha iyi servis sistemleri ortaya koymasındadır. Rest (Temsili Durum Transferi) api (Uygulama Programlama Arayüzü Anahtarı) özelliğinin içinde bulunduran bir IoT mekanizması şeklindeki Mobius'dan faydalandıkları bu temsili yapı ile kullanıcıya kolaylık sağlayan Android işletim sistemli bir telefon uygulaması ortaya koymuşlardır. Yaptıkları bu sistemde hava sıcaklığını, nemini ve karbondioksit oranını tespit eden algılayıcı (bileşik sensör) ve PFD algılayıcıları ile toplanan bilgiler Rest api yardımıyla ile Mobius'ta toplanmıştır. Değişik bitki ve ürünler için tam uygun yetiştirme ortamları düşünülmüş olup bilgi sisteminin tarım işçilerine verimli ve etkili ürün yetiştiriciliği açısından yardımcı olması planlanmıştır. Sistemin çalışma şekli şöyledir; tespit edilen bilgiler bilgi ağındaki ifadelerden azsa sulama yapılmış ve kullanana gerekli bildirim gönderilmiştir. Bununla birlikte tasarlanan bu sistem yardımıyla tarım işçileri bu akıllı platformda çalışırken tecrübelerini aktarabilecekleri bir sisteme de kavuşmuş olacaklardır.

Imteaj ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmayla (Imteaj vd, 2016), tarım alanları ve saksıda yetişen bitkilere uyarlanabilen, Arduino mikroişlemci sistemleri, GSM modülü, Wi-Fi modülü, mikrodenetleyici olarak Raspberry Pi, sensörler (toprak ve nem sensörü, su seviye sensörü, güneş ışığı sensörü) röle kullanımı yapılarak su kullanımında tasarruf meydana getiren otomatik bir sulama mekanizmasını hayata geçirmiştir. Bulunan su kaynağında su miktarı azaldığında seviye miktarı kullanıcıya mesaj ile bildirilmektedir. Yapılan deneysel gözlemler neticesinde ürün verimliliğinin de arttığı gözlemlenmiştir. Hava tahminini de ortaya koyan bu

uygulama ile su tüketimi azalmış olup sistemde tercihi yapılan sensörler ile maliyet de azaltılmıştır. Dizayn edilen bu sistem başlangıç olarak akıllı su kullanımına olanak sağlayarak geleneksel sulamadan kaynaklanan olumsuz beşerî neticeleri ortadan kaldırmıştır.

Singh ve arkadaşı Dhanoa'nın yapmış olduğu bu çalışmada (Singh, Dhanoa, 2014), kablo kullanılmayan algılayıcılardan (KAA) faydalanılarak otomasyon sistemli sulama sistemi yapılmış olup, tasarlanmış bu cihaz sisteminin sulamanın hangi zamanda yapılacağı ve ne miktarda su ile gerçekleştirileceği hazırlanmıştır. Buna ilaveten bu sistemde meteorolojik verilere ulaşmak için GPRS sisteminden yararlanılmıştır. Meteoroloji ile ilgili tahmin bilgileri sayesinde sulamada daha net karar alınmaya başlamış olup su tasarrufunda da bulunulmuştur.

Rane ve arkadaşlarının yapmış oldukları bu çalışma ile (Rane, 2014), RM ve RF modüllerine dayanan bir otomasyon mekanizması hazırlanmıştır. Dizayn edilen bu mekanizma ile çok yavaş olan iletişim hızının yanısıra; güvenlikle ilgili sorunlar da göz önüne alınmış, hız ve güvenlik bakımından Raspberry Pi ve GSM modülleri kullanılmıştır. Yetiştirilen bitkiler köklerine yerleştirilmiş sıcaklık algılayıcıları ile toprak-nem gibi veriler kablo olmayan birim aracılığıyla bu sistem ile ortaya konularak durumunu hissederek verilerin sistemlere iletilmesi sağlanmıştır. Bu işlem sonunda, düğümlere verilerin aktarılması ile sistemin otomasyonu yapılmış olacaktır.

Kokkonis ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışma ile (Kokkonis vd, 2017), IoT Fuzzy merkezli sulama birimi tasarımı yapılmıştır. Ekim alanı olabilecek bölgelere ait çevre koşulları sürekli izlenmiş olup algılayıcı ve aktüatörler devreye alınarak sistemin mâl oluş fiyatı azaltılmış bunun yanı sıra tarım ürünlerinin üretiminde kalite ve üretim miktarında artış sağlanmıştır. Bu sistemde mikro denetleyici olarak Raspberry Pi, kablosuz iletim için 3G modem, güneş panelleri de enerji kaynağı olarak tercih edilmiştir. Tasarımı yapılan mekanizma için PHP, Linux ve MySQL yazılımları kullanılmış olup ayrıca suyun takibi için bulanık hesaplama olarak bilinen yeni bir sistem önerilmiştir. Bu sistemin ortaya koyduğu girdi, hava nemine, sıcaklığa ve birden çok toprak nem algılayıcılarından sağlanan verilere göre yapılmaktadır. Bulanık metodun her biriminde üç düzey vardır. Bu uygulama ile sulama sistemi merkezi servo motor valfinin açılması ile kontrol edilerek sulama işlemini oluşturmuştur.

Patil vd. (2016) yaptıkları çalışmalarında; atmosferdeki değişimin tarımsal üretimde özellikle sera tarımında, çok önemli paya sahip olduğunu bu değerlerin itina ile gözlenmesi

gerektiğini bildirmişlerdir. Bu doğrultuda SY-HS-220 nem ve LM-35 sıcaklık sensörleriyle sağlanan bilgiler anlık bir şekilde sanal dünyaya girilmiş ve bu bilgiler veri toplamanın grafik şekline dönüştürülmesi değişkenler arasındaki ilişkiyi bildirmişlerdir.

Karande vd. (2014)'nin yaptığı çalışmayla; ZigBee kablo olmayan ağ sistemi kullanılması sonucu nem, toprak nemi ve sıcaklık sensörlerinin olduğu sistemlerde oluşan bilgiler kablosuz olarak sabit bilgiler formatında ortaya konmuştur. Sabit bilgiler ile toplanan bilgiler, düzenlenerek sayısal şekle dönüştürülmüş ve RS232 portunun yardımıyla ana sunum merkezine gönderilmiştir. ZigBee kablo olmayan sistem mekanizmasının yapıldığı bunun yayında 254 çeşit sisteme genişletilebilmektedir. Bu sistem pek çok sensör ya da gerekli olduğunda takip sistemlerinin ilavesine yardımcı olur. Bu çalışmada, sistemlerden sabit mekanizmaya gönderilen bilgilerin LCD panelde bulunmasıyla merkezi aktarıcıya gönderilen bilgilerin anlık hazırlanarak görüntülenebilmesi sağlanmaktadır.

Tabatabaeifar vd. (2014) yapmış oldukları çalışma ile; serada yapılan sulama faaliyeti, ışıklandırma ve gübreleme mekanizması ile farklı bir takip sisteminin uzak bir yerden kontrol edilmesine imkân sağlayan sistemi oluşturmuşlardır. Bu sayede az enerji tüketimi yapan, maliyeti düşük ve kolay programlama yapılabilen ZigBee ağ sistemli Xbee Series 2 donanımının yanı sıra, bağlı algılama sistemlerinden meydana gelen kablo olmayan algılayıcılar yapmışlardır. Ortamda bulunan nem ve sıcaklık değerini ölçebilmek için 14 bit çözünürlükte SHT 75 sensörü kullanılmıştır. Işık yoğunluğunu ölçebilmek için 12 bit çözünürlükteki TSL2550 sensörü kullanımı uygun bulunmuştur. Sistemin, sensör algılama birimlerden elde edilen bilgiler kablosuz sistemler geçidine iletilmiş, daha sonra da sabit sisteme gönderilmiştir. Sabit sistem ile sunucunun ilişkisi GSM modemiyle yapılmıştır. Sabit sistemde bilgiler gerekli forma çevrilerek GSM modemine gönderilmiş GPRS sistemi ile sunucuya sevk edilmiştir. Server'a alınan bilgiler MVC tabanlı web tarayıcılarının yardımıyla grafik şeklinde farklı yerlerde açıklanmıştır. Öte yandan, sunucu ile bilgi merkezi katmanı oluşmadığı için eskiye dayalı sistem kayıtlarının görüntülerine ulaşamamaktadır. Bunun yanı sıra, çalışmada internet ile sera arasında ilişki de bulunmaktadır.

Baytürk vd. (2013) yapmış oldukları çalışmada; sera tarımı kontrolünün internet tabanında çalışmasında toprak nemi, sıcaklık ve ortam değerlerini sensörlerden alarak internet bağlantısı sistemi Ethernet portuyla desteklenen OLIMEX-PIC WEB takip kartına sevk etmişlerdir. Sera sisteminde toplanan bilgileri, gömülü sunucu kartı ile tarayıcı tabanlı uygulamalar yardımıyla görüntülemeyi sağlamışlardır. Sabit sunucu kartında çalışan internet

sitesinin dizaynında Ajax ve Flash animasyon sistemleri kullanılmıştır. Topraktaki nemi algılayan cihaz, mikro denetleyici ile sayısal işarete dönüştürüldükten sonra su ihtiyacının olması durumunda sulama sistemi otomatik olarak devreye girmektedir. Çalışmada arıza kontrol sistemleri de ortaya çıkmıştır. Kontrol sisteminde, elektrikli sulama valfi yüksek akımla çalışmakta olan kontrol elemanları ile mikro denetleyiciler yardımıyla zayıf akımla kontrol edilmiştir. Arıza kontrol birimi sayesinde bu sisteme bağlı bütün birimlerin çalışmaması durumu gömülü web sitesinden kullanıcılara sunulmuştur. Seranın internete bağlandığı bu çalışmayla hem uzaktan gözlemlene hem de kontrol sisteminin gelişimiyle ilgili çalışmalar hazırlanmıştır.

Serodio vd. (2001) yapmış oldukları çalışma ile; seralardaki yeni sistemler ile takip bilgisayarlarının önemi vurgulanmıştır; çeşitli sekillerde çalışan RF bantları (433 ve 458 MHz), CAN (controller area network), ethernet ve internet sistemlerini kullanarak bilgiye ulaşma ve takip sistemini az bir maliyet ve büyütülebilen bir mekanizma ile yapmışlardır. Geliştirilen bu sistem ile grafiksel kullanıcı arayüzü sayesinde kullanım kolaylaştırılmıştır.

Fukatsu ve Hirafuji (2005) yaptıkları çalışmada; tarımsal bölgelerde çevrenin izlenmesi için ağ sunucu teknolojilerine internet yardımıyla ulaşım, kablosuz tarla başı ve kablo bulunmayan algılayıcı ağlar ile sunucuları için bilgiler sağlamışlardır.

Zhu vd. (2006) yapmış oldukları çalışma ile, serada sıcaklık yoğunluğu ile nem ve ışık bilgilerini düzenli bir şekilde alarak ve kablo bulunmayan algılayıcı ağı sisteminin gelişimini sağlamışlardır. Yaptıkları çalışmada seranın içinde bulunan bağıl nemi, hava sıcaklığını ve yaprak sıcaklığını görmek için ZigBee algılayıcı düğümleri kullanmışlardır, kayıt altına alınan bilgiler merkeze gönderilerek data olarak depolanmıştır. İnternet yardımıyla uzaktaki sisteme bilgiler düzenli bir şekilde gönderilmiştir. Serada havalandırma, ısıtma ve sulama otomasyonu kontrol sistemleri ile sağlanmıştır.

Hwang ve Yoe'nin birlikte yapmış oldukları çalışmada (2011), kablosuz algılayıcı ağlar yardımıyla ara katmanların tarım içi çalışmalarda ve diğer sektörlerde yetersiz olduğunu belirtmişler ve kablo bulunmayan algılayıcı ağ sistemleri ile entegre olan ve beraber seradan bilgi alan yere bağımlı olmayan katmanlar yaparak biyolojik bilgiler ortaya koymuşlardır.

Junxiang ve Haiqing yapmış oldukları bu çalışma ile (2011); ağ teknolojisi ile hassas tarımdaki uygulamalarda artışlar olduğundan söz etmişlerdir. Arm işlemcisi ve GNU/Linux işletim sistemi yardımıyla geliştirilen sabit ağ sunucusu ile sera verilerini toplamışlardır. Geliştirilen cihazın yazılım bölümünde gömülü ağ sunucusu ve Boa veritabanı yönetim

sistemi olan SQLite ile gömülü ağ sunucusundan faydalanmışlardır. CGI (Common Gateway Interface) tabanlı yaptıkları program sayesinde kullananların etkileşimini sağlamışlardır. Araştırmacılar bu çalışmayla geliştirdikleri teknolojinin gücünün sabit olduğunu, anlık bilgi edinme ve uzaktan takip yardımıyla tasarımın istenilen düzeyde olduğunu bildirmişlerdir.

Xia vd. yaptıkları çalışma ile (2011); 7. Uluslararası Mobil Ad-Hoc ve Sensör Ağları Konferansında, eski tür tarım ile az olan bilgi edinme, yüksek bedensel işgücü, az alan takibi gibi sorunları ortadan kaldırmak için Çin’de yetişen koca yemişinin yetiştirildiği serada kablo gerektirmeyen algılayıcılar kullanmış olup çevreyi gözetleme için geliştirdikleri sistemden söz etmişlerdir. Geliştirilen sistemin bulunduğu yerde aydınlanma, nem ve sıcaklık şeklindeki değerler GPRS yardımıyla anlık olarak aktarılmaktadır. Bununla birlikte; sistemle bütünleşmiş olan alt mekanizmalar kısa mesaj anlık sesli mesaj servisi (SMS) ile alarm yardımını da vermişlerdir. Testlerin uygulandığı bölgede enerji kaynaklı problemleri güneş panelleri ve bataryalar ile çözmeye çalışan araştırmacılar, sistemin az harcama yapılarak genişletilebilir ve kararlı bulunduğunu vurgulamışlardır.

Aland ve Banhazi birlikte yaptıkları çalışma ile (2013), “Hayvan Barınakları” isimli çalışmalarında çiftlikte yaşayan hayvanlar için uygun değerde ortamların sağlanması, günümüz yönetme zamanları, anlık internet sistemlerinin kullanılması hususunda çok fazla veri ortaya koymuşlardır.

Zaceping ve Kviess yaptıkları çalışmayla (2015), arıcılıkta kullanılmak üzere anlık arı topluluğu sıcaklık takip mekanizması için değişik yaklaşımlar değerlendirmişlerdir. Bu kazanımlar için işletmecilik ve kurulumda harcanan maliyetlerin ne kadar önemli olduğunu ortaya koyup izlenecek en iyi yolun arı kovanlarına yakındaki ihtiyaçlar olup yetiştirme yapan kişilerin ihtiyaçları ile bütçenin yeterliliğinin yanı sıra arı koloni sisteminde belirlenmesi ile ilgili yaklaşımlarını belirtmişlerdir.

5. MATERYAL METOD

5.1. Materyal

Mobil uygulama ile sera otomasyon sistemlerinin kontrolünün gerçekleştirilmesi üzerine yapılan bu çalışmada yazılımsal sistemlerin yerleştirilmesi ve kullanıma aktarılması amaçlanmıştır. Bu amaç ile bazı elektronik devre elemanları piyasadan satın alınarak, mekanik sistem parçaları 3D yazıcı yardımı ile üretilerek sistemin çalıştırılması sağlanmıştır.

Yapılan çalışmada kullanılan malzemeler aşağıda belirtilmiştir:

- ESP32
- Ana Kart
- Güç Kaynağı
- Aduino Nano
- Motor Sürücüsü
- Su Pompası
- Servo Motor
- Toprak Nemi Algılama Sensörü
- Yağmur Sensörü
- Hareket Sensörü
- Nem, Sıcaklık Sensörü
- Isıtıcı Rezistans
- Perde Sürücü Devresi ve Redüktörlü Motor
- 3D Yazıcı ve Üretilen Parçalar
- Güneş Takip Sistemli Panel
- Sera Maketi

5.2. Mikrodenetleyici

Endüstrinin her kolunda, en çok da otomasyon ve kontrol sistemlerinde kullanılabilen mikrodenetleyiciler; tek bir entegre içerisinde, girilen bir bilginin girişinin yapıldığı bir Giriş Birimi, girişe gelen bilginin programlanarak bunu çıkışa aktaran bir Çıkış Birimi, bilgilerin tutulduğu Bellekler, bu bilgileri kendi içerisinde bilgisayar diline dönüştüren Analog ve Dijital dönüştürücüler, frekans üreten bir Osilatör ve Mikroişlemciden oluşan kontrol elemanlarıdır.

ESP-32 Wifi ve Bluetooth Modülü

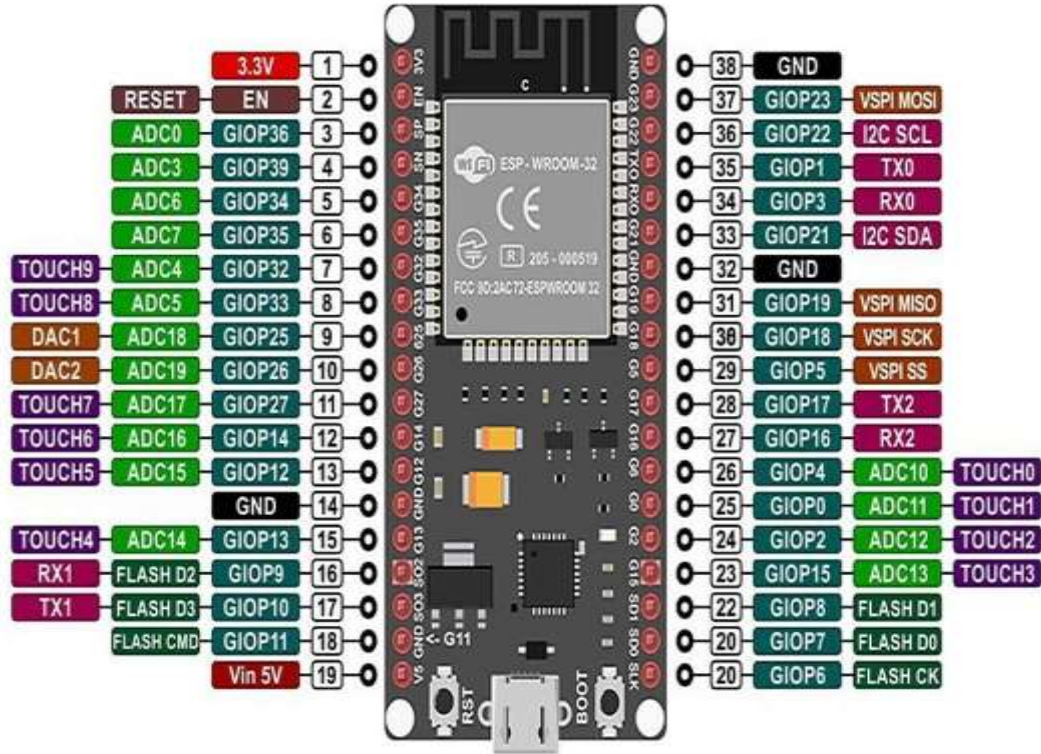
İçeriğinde kablosuz ağ bağlantısı (Wi-Fi) ve cihazlar arası iletişim kurarak paylaşım yapan (Bluetooth) özelliğe sahip çeşitli tümleşik devre uygulamaları yapabilen ESP 32 bu özellikleri sayesinde birçok IOT uygulaması için elverişli bir mikrodenetleyicidir.

ESP8266' da olduğu gibi hazır çipli modüler yapıya sahip ESP32 modülleri ile PCB kartı tasarımı yapılabilir. Uyku moduna alındığında çok düşük enerji harcadığı için düşük güç tüketimli uygulamalarda kullanımı uygun hale gelir.

Özellikleri:

- Projede kullanılan ESP 32 nin besleme gerilimi 2,2V ile 3,6 V arasında değişmektedir.
- -40 °C ile - 85 °C arasında bir çalışma sıcaklığına sahiptir.
- Çalışma akımı: 80 mA'dir.
- Destek LWIP protokolü, FreeRTOS'tur.
- AP, STA ve AP + STA olarak üç mod desteklidir.
- Lua programı ile desteklenir.
- 32 bitlik çift çekirdekli 240 MHz Tensilica LX6 işlemci özelliğine sahiptir.
- Durağan Yarı Erişimli Bellek (SRAM): 520 KB Flash : 4 MByte
- Wi-Fi Standart, FCC / CE / TELEC / KCC
- Kablosuz Ağ Standartı: 802.11 b / g / n / d / e / i / k / r
- Bluetooth Standartı: BLEv4.2 BR / EDR

- Bluetooth Ses, CVSD ve SBC
- Çevresel: UART, SPI, I2S, ADC, DAC, I2C
- On-Chip Sensörleri, Hall Etkisi, Sıcaklık Ağırlığı 9gram ve ebatları 516 mm x 28.5mm'dir.



Şekil 5.1. ESP32 Üstten görünüş ve uç bağlantı noktaları açıklama şeması

5.3. Ana Kart

Elektronik sistemlerde iç ve dış donanımlarının birlikte uyum içinde çalışmasını sağlayan baskılı devre kartıdır.

Devre Kartı

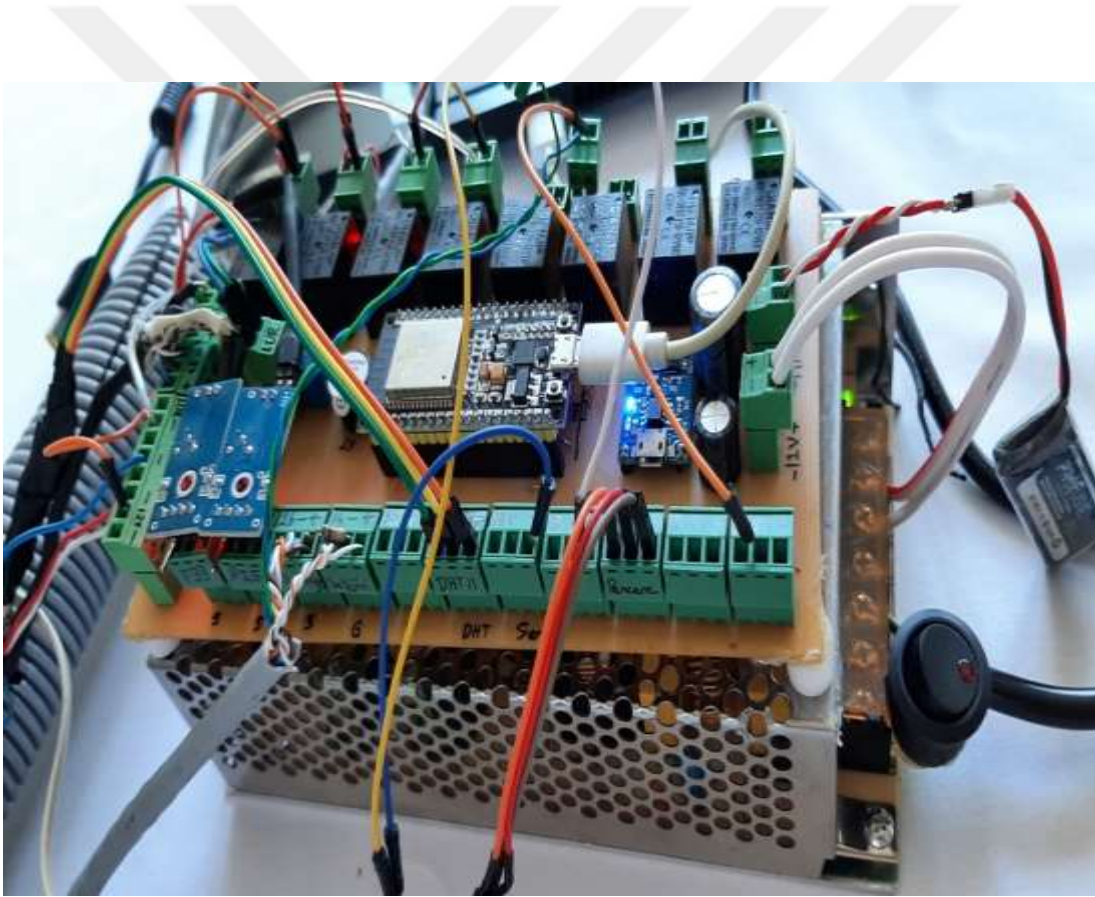
ASOS (Akıllı Sera Otomasyon Sistemi) projemizin özel tasarım devre kartı aşağıda görülmektedir. Wi-fi ve Bluetooth özelliği bulunan 38 pinli ESP 32 kullanılarak tasarım yapılmıştır. Çevre birimlerdeki sensörlerden gelen verileri okuyarak hazırladığımız özel yazılımımız sayesinde gerekli otonom kararlar verilerek çıkış birimleri kontrol edilmektedir. Ayrıca Bulut ortamı olarak kullandığımız Real Time Database olan Firebase ile ESP32

internet üzerinden haberleşmektedir. Sensörlerden gelen veriler ve çıkış birimlerinde oluşan sonuçlar firebase üzerindeki Real Time Database üzerinde tutulmaktadır.

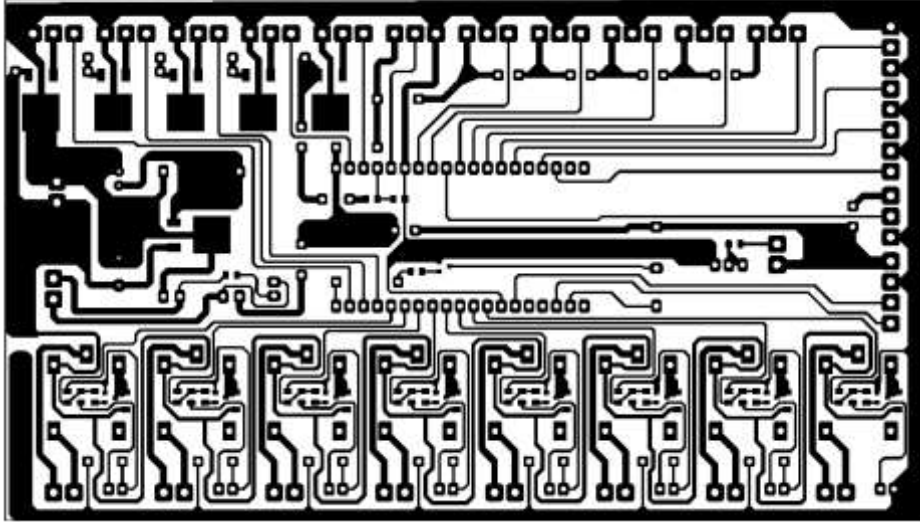
Yine özel olarak geliştirilen ASOS mobil uygulaması ile firebase haberleşmekte ve sensör sonuçları anında mobil uygulamada görülmektedir. Ayrıca mobil uygulama üzerindeki kontrol yapıları ile ESP32'ye talimatlar gönderilmekte ve seraya istenilen müdahale yapılabilmektedir.

Sensörlerden alınan veriler; sıcaklık, nem, ışık şiddeti, toprağın nem durumu, yağış olma durumu ve serada hareket olup olmadığıdır.

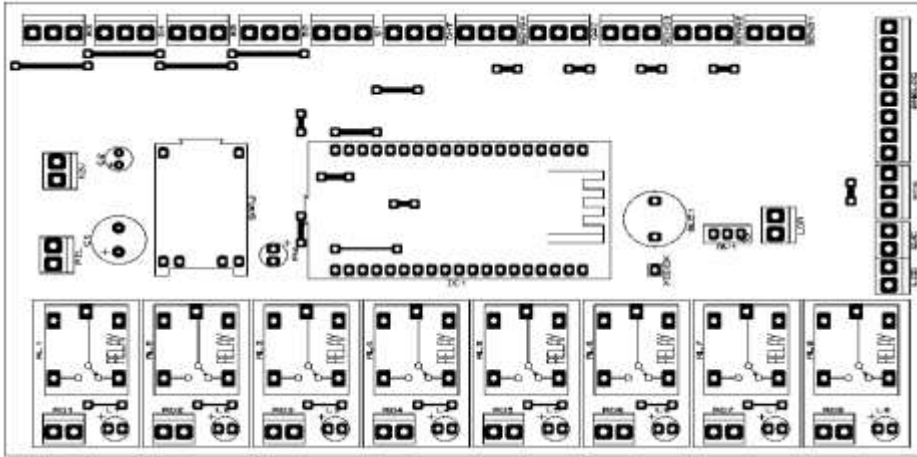
Otomatik ya da manuel olarak kontrol edilebilen seçenekler; aydınlatma, pencere açıp kapatma, sulama, havalandırma fanı, ısıtma fanı ve tavan perdesidir.



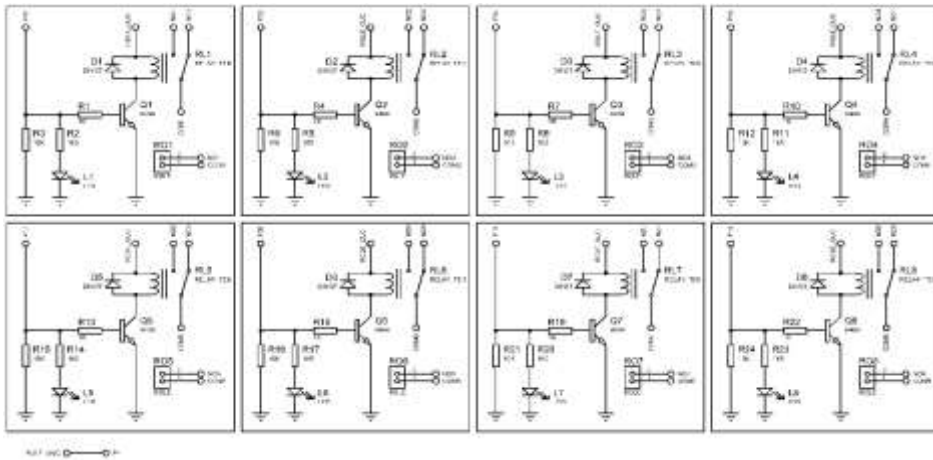
Şekil 5.2. Ana kontrol kart görseli



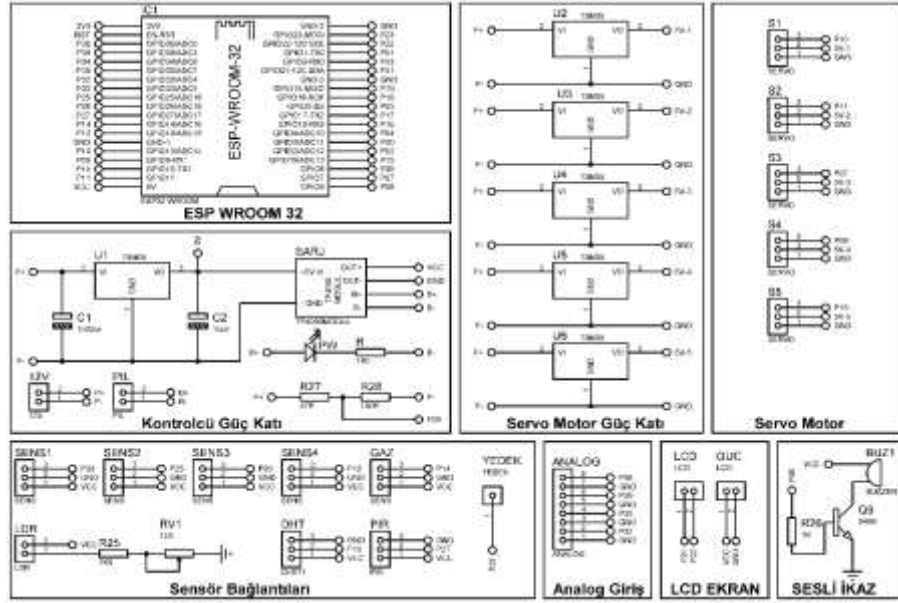
Şekil 5.3. Ana kart baskı devre çizim şeması



Şekil 5.4. Ana kart yerleşim düzeni ve bağlantı noktaları



Şekil 5.5. Röle sürücü bağlantı şemaları



Şekil 5.6. Ana kart devre elemanları ve uç bağlantı noktaları şeması

5.4. Güç Kaynağı

Doğru akımla çalışan sistemlerin ihtiyacı olan uygun değerdeki çalışma gerilimini sağlayan kaynaklardır.



Şekil 5.7. Güç kaynağı

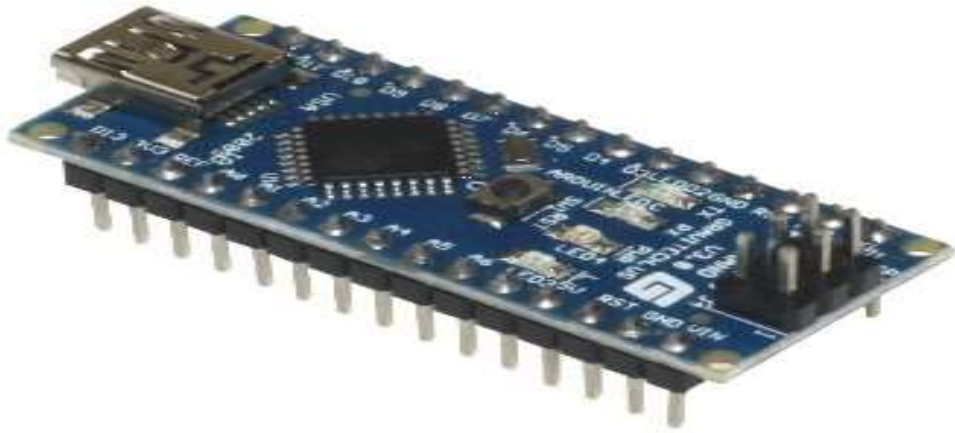
Çizelge: 5.1 Güç kaynağı etiket değerleri

Gövde	Max. Güç	Çıkış Voltajı	Akım	Çalışma Gerilimi Aralığı	IP Sınıfı	Randıman	Ölçü
Metal	240 W	12 V DC	20 A	170-250 V AC	IP20	>85%	199X110X 50 mm

Güç kaynağı alüminyum gövdeye sahip, yüksek verimli olup geniş giriş gerilim Aralığı (170- 250 VAC) yanında sabit 12 Volt çıkış gerilimi vermektedir. Aşırı yük ve kısa devre koruması vardır. Çalışma sıcaklık Aralığı (-30 °C) – (+ 50 °C) arasındadır.

5.5. Arduino Nano

Elektronik devreler ve projeler hazırlamada kullanılan kolay donanım ve yazılım özelliklerine sahip mikrodenetleyicilerdir.



Şekil 5.8. Arduino Nano

Özellikleri:

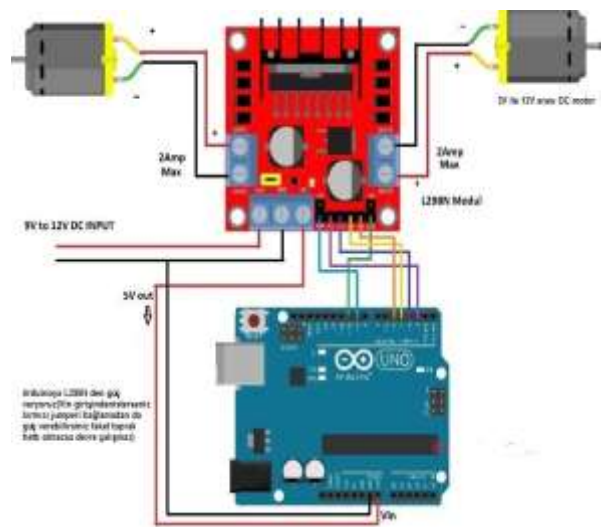
- Dijital Giriş – Çıkış : 14 Adet Pin Deliği (6 Pwm Destekli)
- Analog Giriş – Çıkış : 8 Adet Pin girişi
- DC Akım : 40mA

- Giriş Gerilimi : DC 7 Volt - 12 Volt (Önerilen)
- Giriş Gerilimi : 6 Volt – 20 Volt (arasında)
- Çalışma Gerilimi (Lojik) : 5 Volt
- Flash Bellek : 32Kb
- Durağan Yarı Erişimli Bellek (SRAM): 2Kb (Atmega328)
- Silinip Programlanabilen Sadece Okunabilen hafıza: 1Kb (Atmega328)
- Çalışma Frekansı : 16Mhz

Arduino Nano; Atmega328 temelli bir mikrokontrol kartıdır. Üzerinde 14 Adet dijital Giriş/Çıkış Pini (6 Tanesi pwm çıkışı olarak kullanılabilir), 8 Analog giriş, 16Mhz kristal, Usb Soketi, Ics sp konnektörü ve reset tuşu bulundurmaktadır. Kart üzerinde mikrodenetleyicinin çalışması için gerekli olan her şey mevcuttur. Usb kablosu üzerinden kolaylıkla bilgisayara bağlanabilir, güç kaynağı olarak adaptör veya pil kullanılabilir.

5.6. Su Motoru Sürücüsü

Su Motoru Sürücüsü bağlı olduğu su pompası motorunun devrini değiştirerek pompaladığı su miktarını ayarlamaya yarayan elektronik cihazdır.



Şekil 5.9. Su Motoru sürücüsü ve devre bağlantısı

5.7. Su Pompası



Şekil 5.10. Mini dalgıç su motoru

Üzerinde yer alan bir elektrik motoru ve bu motorun hareketiyle suyu basınçlandırarak taşımaya yarayan mekanik bir mekanizmadan oluşan bütünleşik bir mekanik cihazdır.

Mini Dalgıç Su Pompası DC 2.5V-6V 120L/H

Özellikleri

JT80SL modeli dalgıç su pompası 56 mm uzunluğunda (Su giriş kanalı dahil), 24 mm çapında 30 gram ağırlığında minik bir cihazdır. 33 mm yüksekliğe sahip mini su pompasının su girişinin dış çapı 6.8 mm, iç çapı 4.5 mm, su çıkışı dış çapı: 7 mm iç çapı da 4.5 mm'dir.

Pompaya 2.5 Volt - 6 Volt arasında doğru akım kaynağı ile gerilim uygulanır. Çalışma akımı 130 - 220 mA aralığındadır. 0.4 Watt – 1.5 Watt güç harcamaktadır. Su pompalama yüksekliği maksimum 40 – 110 cm'dir. Akış ise 80-120 L/h aralığındadır.

5.8. Servo Motor

Endüstrinin her alanında çok yaygın, en çok da robot çalışmalarında kullanılan, alternatif ve doğru akımda çalışan çeşitlere sahip, mikro işlemcili kontrol devrelerinde hız ve

konum komutlarını yerine getiren dijital kontrol motorlarıdır. Havalandırma pencerelerini açıp kapayan mekanizmayı kontrol etmek için kullanılmıştır. 180 derece dönüş yapabilen mil tertibatına sahiptir.



Şekil 5.11. Mikro Servo Motor.

MG90S Mikro Servo Motor, güncellenmiş SG90 servis motoru.

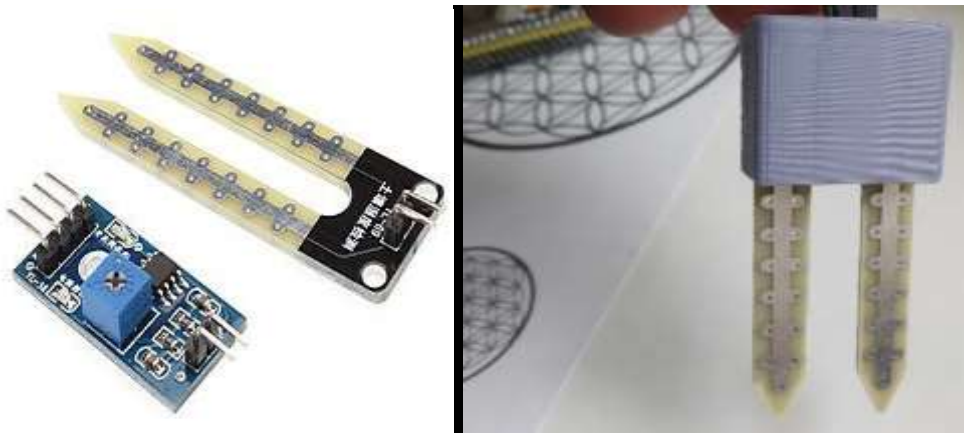
Durma Torku: 2.0 kg/cm (4.8V)

Çalışma Hızı: 0,11 saniye / 60 derece (4.8V)

Daha az gürültülü Metal Dişli

Alüminyum metal dişler, çekirdeksiz motor, çift bilyalı rulmanlıdır.

5.9. Toprak Nemi Algılama Sensörü

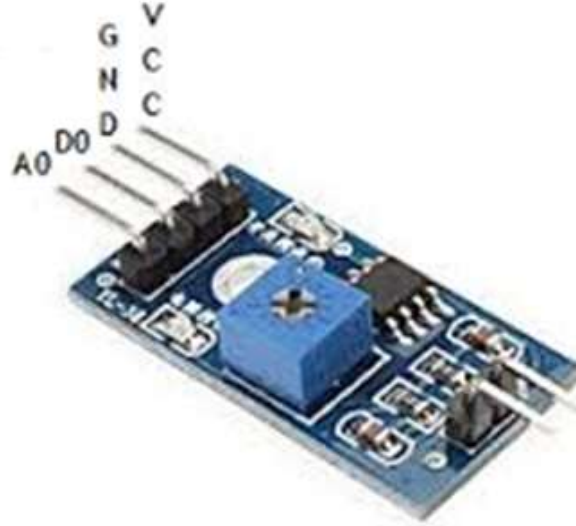


Şekil 5.12. Toprak sensörü ve kontrol ünitesi

Topraktaki nem miktarını ya da az miktarda da olsa var olan bir sıvının seviyesini ölçmek için kullanılan bir sensördür.

Nemi ölçen problar ölçüm yapılacak olan toprağa batırılır. Toprağa batırılan problarda sıvının varlığını algılayan dirençten dolayı, bir gerilim farkı oluşur. Bu gerilim farkının büyüklüğüne göre de nem miktarı ölçülür.

Topraktaki nem seviyesi arttıkça iletkenlik de artar. Kart üzerinde hassas ayar yapılabilmesi için bir de trimpot bulunur. Trimpotla daha duyarlı ve daha sağlıklı bir ölçüm ayar yapılabilir. Sensör hem Arduino Nano ile hem de çeşitli mikrodenetleyiciler ile güvenle kullanılabilir.



Şekil 5.13. Toprak sensörü kontrol ünitesi uç bağlantıları

Vcc pininden 5V, şase pinine de toprak bağlantısı yapılarak, sensörden gelen veri analog olarak A0 pininden okunabilir. D0 pininden ise potansiyometre ile ayarlanacak olan değere göre dijital bir çıkış alınmış olur.

Özellikleri:

Toprak nem sensörü 3.3 Volt – 5 Volt gerilim değeri aralığında çalışır. Çıkış gerilimi 0.4 V - 2V arasındadır. Geçen akım 35 mA kadardır. Hem dijital hem de analog olarak çıkış verebilir.

5.10. Yağmur Sensörü



Şekil 5.14. Yağmur Sensörü

FC-37 Yağmur Sensörü Modülü yağmur, kar ve su damlalarını algılayıp analog veya dijital olarak çıkış verir. Öncelikle sensör üzerinde su damlalarının oluşturduğu direnci algılayan ve algıladığı an bunu sensör devre kartına ileten ve son olarak da çıkışa analog ya da dijital olarak bilgi veren sistemden oluşmaktadır.

Yağmur Sensörü 50x38 mm ebatlarında, 3.3 Volt- 5 Volt çalışma gerilimine sahip 20 mA'e kadar analog ya da dijital çıkış verme özelliğine sahip sensördür.

5.11. Hareket sensörü

Cisimlerin veya canlıların hareketlerini kızılötesi, ultrasonik, titreşim gibi yöntemlerle algılayan sensör çeşididir.

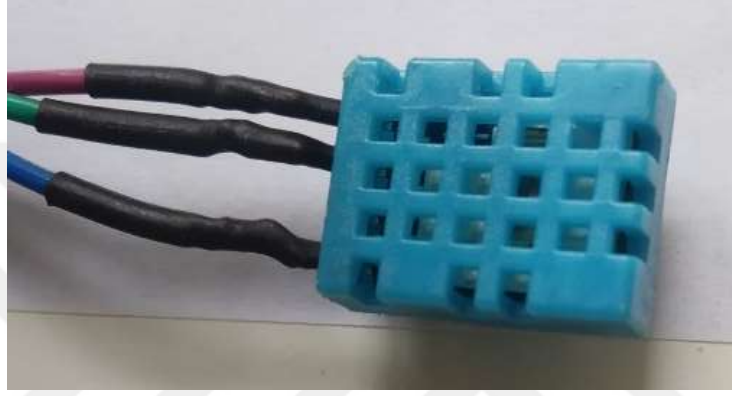


Şekil 5.15. HC-SR501 Kızılötesi hareket sensörü

Özellikleri

Çalışma gerilimi: 5V - 12V olup lojik sinyal çıkış gerilimi 3.3V'tur. 3 - 5 metrelik bir çalışma alanını algılayabilir. Algılama açısı: 140 °C, bekleme süresi: 5- 200 saniye ve 33x25x24 mm ebatlarındadır.

5.12. Nem, Sıcaklık Sensörü



Şekil 5.16. Sıcaklık ve nem sensörü

Sıcaklık ve Nem Sensörü:

DHT11 uygun fiyatlı oluşunun sağladığı avantaj dışında, kendine özgü tek hat çift yön haberleşme yapmaktadır. Fabrika çıkışında kalibreli olan sensör %10 Rh- %90 Rh nem ölçümlerinde \pm %5 toleransla çalışmaktadır.

Sıcaklık ve Nem Sensörünün Teknik Özellikleri:

Dijital olarak çıkış verir. 3 Volt – 5.5 Volt çalışma gerilimine, 0.5-2.5mA çalışma akımına sahip ve 15.5x12x5.5 mm ebatlarındadır. Sıcaklık Algılama Aralığı (°C): 0°C ile +50°C

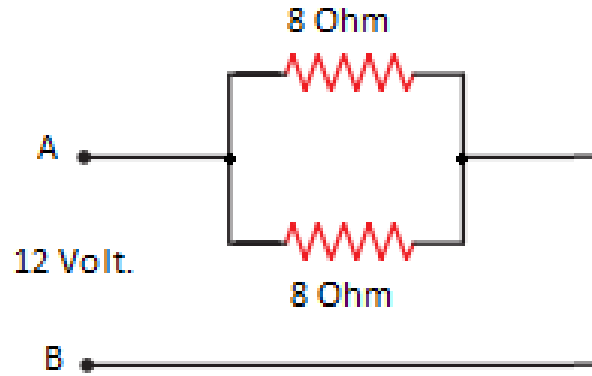
Nem Algılama Aralığı (%RH): 20 - 90 Sensör Nem Hassasiyeti: \pm % 5 RH

Sensör Sıcaklık Hassasiyeti: \pm 2°C toleranslıdır.

5.13. Isıtıcı Rezistans

Elektrik enerjisini ısı enerjisine dönüştüren endüstri alanında çok yaygın kullanım alanına sahip olan malzeme olarak da krom, nikel, demir veya alüminyum alaşımlardan oluşan tellerdir.

Seraların ısıtılmasında sıcak su, boruların kullanıldığı sistemler yaygındır. Sera maketimizde sembolik olarak ısıtıcı rezistans kullanılmıştır. 16 Ω 'luk direnç değerine sahip olan rezistansın orta noktasından uç alarak paralel bağlantı şekline dönüştürülen 8 Ω 'luk iki direncin eşdeğer direnci 4 Ω bulunmuştur. Isıtıcı rezistansa 12 V gerilim uygular. Devreden geçen akım 3 Amper ve devreden çekilen güç 36 Watt olarak aşağıda hesaplanmıştır.



Şekil 5.17. Isıtıcı direnç

$$\text{Eşdeğer direnç} = \frac{R1 \times R2}{R1 + R2} = \frac{8 \times 8}{8 + 8} = \frac{64}{16} = 4 \Omega.$$

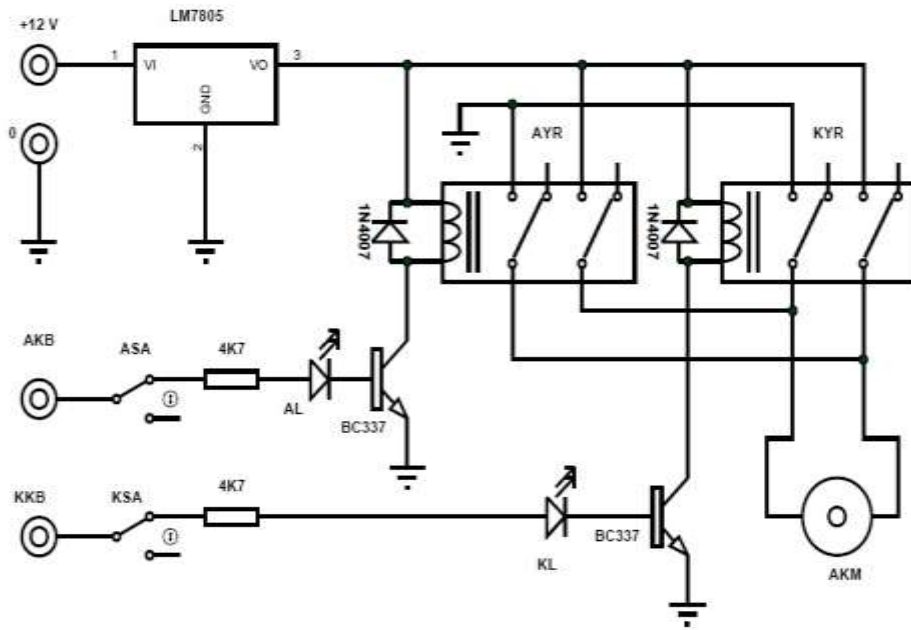
$$\text{Isıtma gücü } P = U \times I \text{ (W)}$$

$$I = U/R \quad I = 12/4 = 3 \text{ A.}$$

$$P = 12 \times 3 = 36 \text{ W bulunur.}$$

5.14. Perde Sürücü Devresi ve Redüktörlü Motor

Sürücü, endüstride elektrik motorlarının aktif olarak kontrol edilmelerine olanak sağlayan elektronik cihazlardır. Bu cihazlarla elektrik motorları üzerinde istenildiği an hız, yön, tork ve akım kontrolleri yapılabilir. Redüktör, bir dönme hareketinin devir-tork oranını dişliler yardımıyla değiştirmeye yarayan dişli sistemidir.



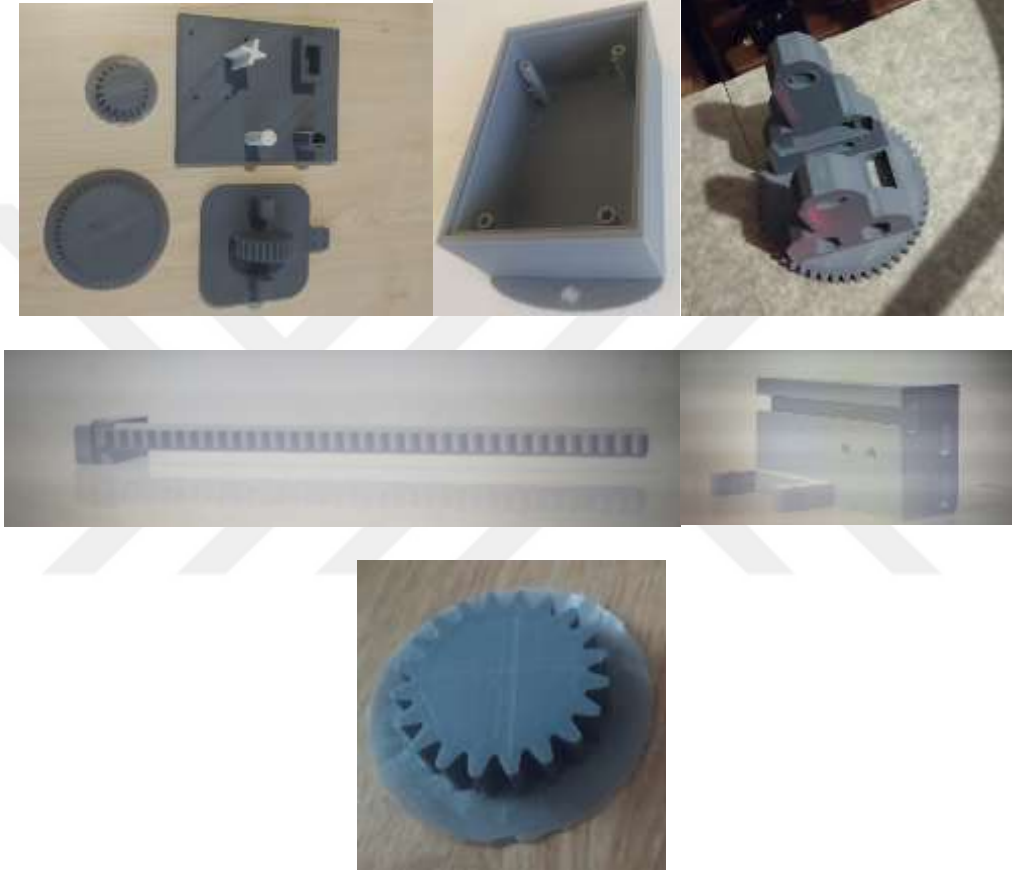
Şekil 5.18. Perde motoru sürücü devresi açık şeması

Kullanılan malzemeler:

- 1.7805 Regüle 5V
- 2.Çift kontak röle (2 Adet)
- 3.Sınır Anahtarı (2 Adet)
- 4.Gösterge LED (2 Adet)
- 5.BC237 Transistör (2 Adet)
- 6.1N4007 Diyot (2 Adet)
7. DC. Motor

5.15. 3 Boyutlu Yazıcı ve Üretilen Parçalar

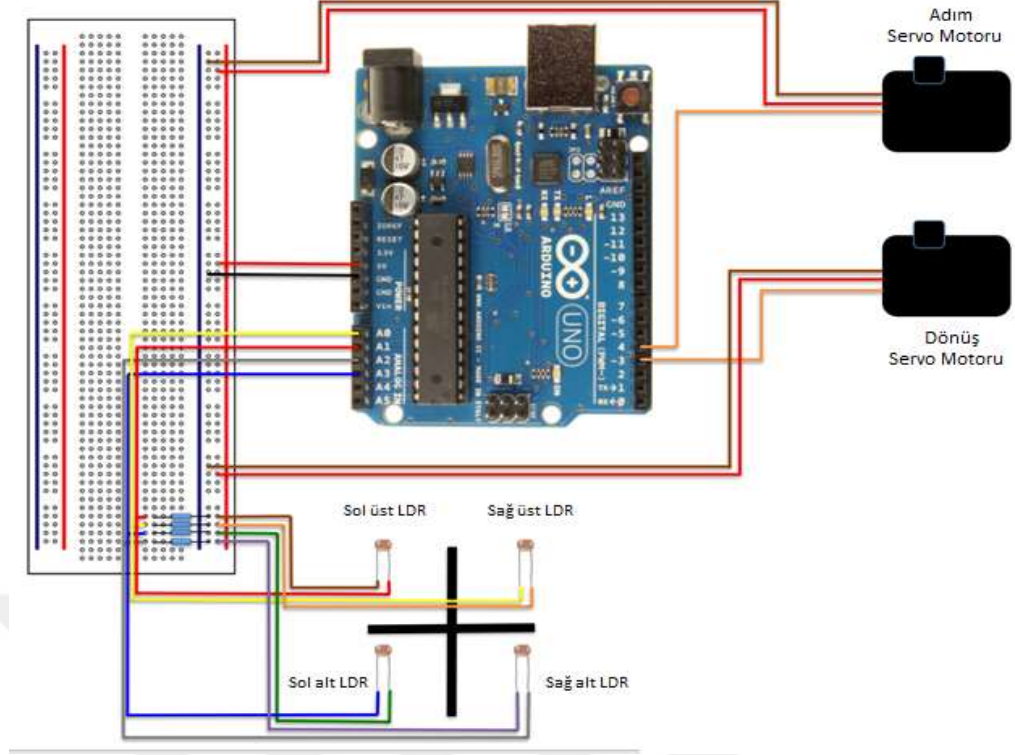
Sera maketi uygulamasında kullanılan algılayıcılar ve kontrol ünitelerinin ihtiyaç duyulan yan donanım, mekanik parçalarının yapımı 3D yazıcı ile gerçekleştirilmiştir. 3D yazıcı olarak Ender 5 Plus kullanıldı. Parçaların tasarımı için programları ve çizimleri 3D yazıcının formatına dönüşümü için de Creality programı kullanılmıştır.



Şekil 5.19. 3D yazıcı ile üretilen parçalardan örnekler

5.16. Güneş Takip Sistemli Panel

Güneş takip sistemi, güneş ışınlarının panel yüzeyine dik gelecek şekilde panellerin ayarlanması ve böylece panellerden en yüksek verimi alabilmek için tasarlanmıştır. LDR kullanarak ışık miktarı farklarını algılayan birçok devre ve kumanda sistemleri geliştirilmiştir. Burada Arduino ile kontrol yöntemi seçilmiştir.



Şekil 5.20. Güneş takip sistemi board uygulama açık şeması



Şekil 5.21. Güneş takip sistemi

5.17. Sera Maketi

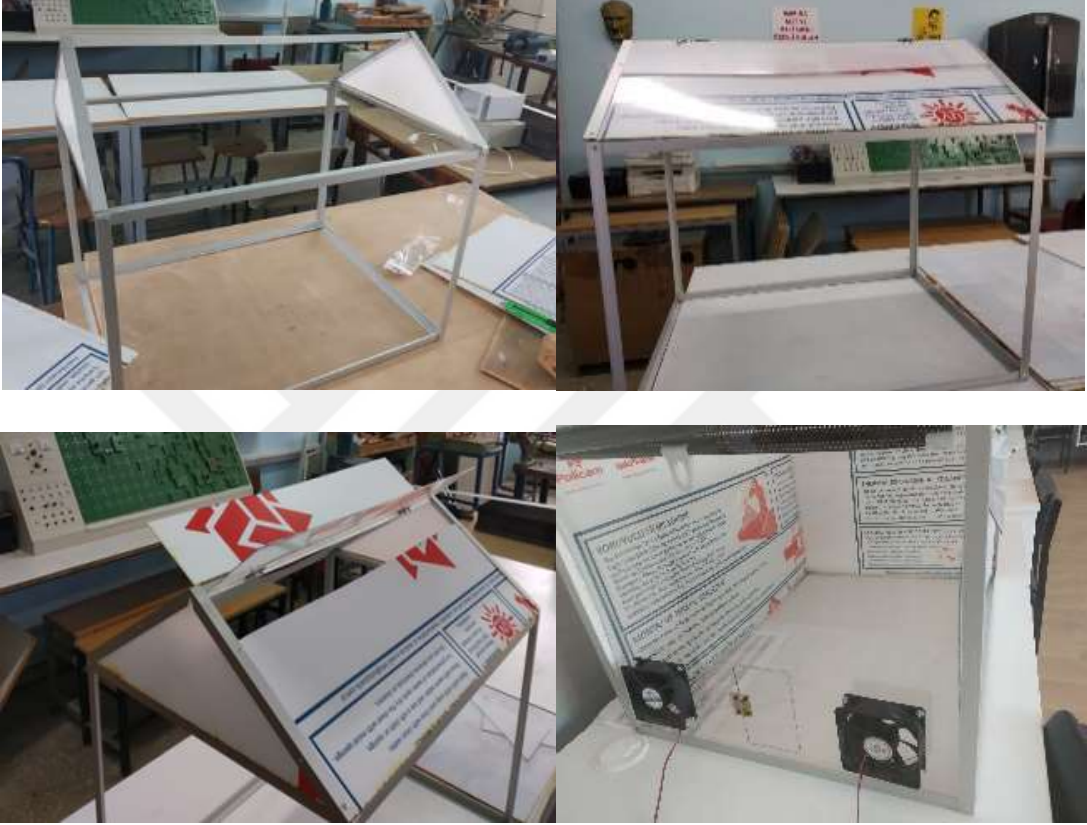
Sera maketi alüminyum köşebentten Uzunluk: 60 cm Genişlik: 45 cm Yükseklik: 40 cm kafes ve 15 cm yükseklikte, menteşeli açılır ikizkenar üçgen çatılı olarak yapıldı. Kaplamalar ise 2 mm şeffaf pleksi malzemedendir.

Sera alanı= $60 \times 45 = 2700 \text{ cm}^2 = 0.27 \text{ m}^2$

Sera gövde hacmi = alan \times yükseklik = $2700 \times 40 = 108.000 \text{ cm}^3 = 0.108 \text{ m}^3$

Sera çatı bölgesi hacmi = alan \times yükseklik/2 = $2700 \times 15/2 = 20.250 \text{ cm}^3 = 0.02025 \text{ m}^3$

Toplam hacim = Gövde hacmi + çatı bölgesi hacmi = $0.108 + 0.02025 = 0.12825 \text{ m}^3$



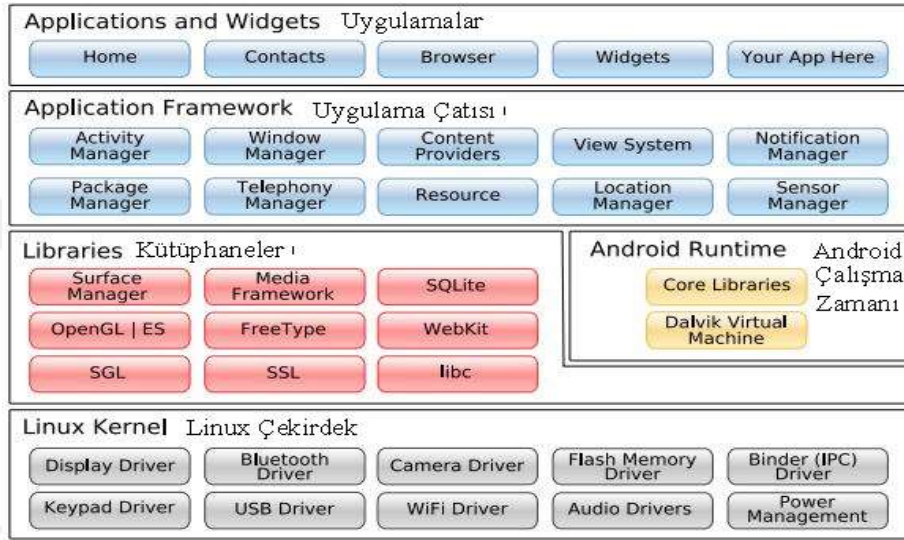
Şekil 5.22. Sera maketi yapım aşamaları

5.18. Yazılım Geliştirilmesi

Veri tabanı haberleşmesi ve sensör sonuçlarının değerlendirilmesi amacıyla yapılması planlanan ASOS mobil uygulaması Android Yazılım Geliştirme Kiti (Software Development Kit - SDK) kullanılarak, Java dili ile yazılmıştır.

5.18.1. Android İşletim Sistemi

Android işletim sistemi üzerinde mobil uygulamalar gerçekleştirilen Linux çekirdekli ve açık kaynak kodlu işletim sistemi yazılımıdır. Uygulama uzantısı APK olup Google ve bazı özgür yazılım toplulukları tarafından geliştirilmektedir. Android işletim sistemi mimarisi 5 farklı grup içeren 4 katmana bölünmüştür. Bu katmanlar:



Şekil 5.23. Yazılım katmanları

1. Application (Uygulama) Katmanı: Java programlama dili kullanılarak yazılan uygulama katmanı; kullanıcı işlemlerinin gerçekleştirildiği ve uygulamalar geliştirildiği katmandır. Ör; Tarayıcı, E-Posta istemcisi, SMS programı, haritalar, takvimler, kişiler gibi uygulamaları içerir. Uygulamalar aynı anda çalışabilmektedir. Bu katman genel olarak, cep telefonu kullanıcıları tarafından tercih edilmektedir.

2. Framework (Çerçeve) Katmanı: Bir standardı uygulamak için kullanılan yazılım çerçevesidir. Yöneticiler ve içerik sağlayıcılar yardımıyla, uygulamada kullanılan kaynakları (yazılım ve donanımları) yönetme, uygulamalar arası geçiş verme ve veri transferinin gerçekleştirildiği katmandır.

3. Library (Kütüphane) Katmanı: Sistem üzerinde gerekli zamanlarda kullanılacak olan işlemler için gerekli dosyaların bulunduğu katmandır. Mevcut kütüphaneler C/C++ ile yazılmıştır ve Java aracılığıyla çağırılacaktır. ÖR: 2D, 3D grafik, MP3, MPEG-4, web tarayıcıları, SQL ve SQLite veritabanı vb.

4. Android Runtime (Çalışma Zamanı) Katmanı: Java ortamında gerçekleştirilen uygulamaların aktarılıp çalışması için gerekli sanal makinelerin bulunduğu katmandır. Çalışma zamanı iki bileşenden oluşur. İlk bileşeni çekirdek kütüphanesi, ikinci bileşeni ise uygulama ve işletim sistemi arasında çalışan sanal makine olan Dalvik Sanal makinesidir.

5. Linux Kernel Katmanı: Linux tabanlı geliştirilen Android işletim sisteminde aygıt sürücüleri için kullanılacak bellek yönetimi, süreç yönetimi, ağ iletişimi gibi temel işlemlerin gerçekleştirildiği katmandır.

Android, hafızanın daha esnek kullanılabilmesi için bazı teknik ve yöntemler sunmaktadır. Android programlama gün geçtikçe gelişen ve yaygınlaşan bir yazılım türüdür. Bunun sonucunda hızla gelişmekte ve hayatımıza girmektedir. Ayrıca açık kaynak kodlu olması, birçok alanda yaygın olarak kullanılan java dili ile uygulamaların geliştirilebiliyor olması Android işletim sistemini seçilmesindeki en büyük nedendir. Bu platform, hata ayıklayıcı, yazılım kütüphaneleri ve emülatör gibi yardımcı araçlardan oluşmaktadır (Kılınç, 2021)

Mobil Programlama



Şekil 5.24. Mobil uygulama menü görüntüleri a) Uygulama simgesi b) Açılış ekran görüntüsü c) Ölçümler ve kontroller menü görüntüsü

Akıllı sera Otomasyonu mobil uygulama açılış ekranı:

Mobil telefon ekranında bulunan Şekil 5.24.a'da görülen ASOS Akıllı Sera Otomasyonu simgesi üzerine dokunularak çalıştırıldığında Şekil 5.24.b'deki açılış ekran görüntüsü gelmektedir. Bu açılış ekranına istenirse farklı araçların kontrol uygulamaları

yüklenebilecektir. Ekranda “AKILLI SERA” yazısı ve sembolik sera görüntüsünün olduğu yeşil alana dokunulduğunda şekil 5.24.c’deki sera ölçümler ve kontroller menüsü açılacaktır.

Ölçümler menüsünde; Sıcaklık, nem, ışık, toprak, yağmur, son hareket gibi anlık değerleri ve durumu bildiren göstergeler bulunmaktadır. Ölçümler menüsünde bulunan bu göstergelerin çalışma özellikleri sırasıyla şöyledir.



Şekil:5.25. Sıcaklık Göstergesi

Ortam sıcaklığını santigrat derece cinsinden DHT 11 sensörü yardımıyla ölçerek veri tabanı aracılığıyla bilgisayar ekranına ve mobil uygulamamızda sıcaklık göstergesi bölümünde sayısal değer °C olarak gösterilir.



Şekil:5.26. Nem Göstergesi

Havadaki nem miktarını DHT 11 sensöründen alınan bilgilere göre % bağıl nem (RH) değeri sayısal bilgi olarak göstermektedir.



Şekil:5.27. Işık şiddeti Göstergesi

Sera içi aydınlatmayı kontrol etmek için aydınlık miktarını LDR ile ölçerek istenen aydınlık değerine göre aydınlık veya karanlık şeklinde bilgi ekranında gösterir.



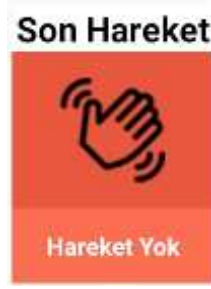
Şekil:5.28. Toprak nem sensörü göstergesi

Sera içindeki toprak nem sensörü yardımıyla algılanan nem değerine göre gösterge kuru veya ıslak şeklinde sonuç göstermektedir. Alınan bu bilgi ile sulama ünitesi belirlenen aralıkla tekrar ıslak bilgisi alınıncaya kadar sulama sistemini çalıştırmaktadır.



Şekil:5.29. Yağmur sensörü göstergesi

Sera çatısında bulunan FC-37 yağmur sensörü yardımıyla yağış algılandığında “yağış var” veya yağış algılanmadığında yağış yok olarak yağmur sonuç bilgisi alanında ekrana yansıtılmaktadır. Yağış var uyarısı ile eğer çatı pencereleri açık ise otomatik olarak pencereleri kapatılmaktadır.



Şekil:5.30. Hareket sensörü durum göstergesi

Hareket sensörü modeli HC-SR501 sera içinde hareket algılandığında son hareket uyarısı tarih/saat olarak mobil uygulama ekranına bilgi olarak düşmektedir. Bu bilgi program üzerinde işlenerek istenen bir birimin kontrolü için farklı müdahaleler otomatik olarak yapılabilmektedir.

Kontroller Menüsü

Sensörlerden alınan verilere göre işlem yapılan kontroller menüsü görüntüleri şekil 5.31’de verilmiştir. Otomatik veya manuel olarak mobil uygulama üzerinden tavan penceresinin açılıp kapanması, ısıtma sisteminin çalışması, zorunlu havalandırma aspiratör fanın çalışması, sulama sisteminin kontrolü, aydınlatma lambaları kontrolü sağlanmaktadır. Sisteme eklenen gölgelik perdesinin açılıp kapanması mobil uygulama üzerinden manuel olarak yapılmaktadır.



Şekil 5.31. Mobil uygulama kontroller menüsü otomatik ve manuel durum göstergeleri



Şekil 5.32. Aydınlatma kontrol durum göstergesi

Aydınlatma biriminin çalışması kontrol bölümünde “otomatik/Manuel” konumdan otomatik konum seçiliyken LDR tarafından algılanan ışık şiddeti belirlenen aydınlık değerinin altına düştüğünde kapalı olan aydınlatma uyarısı açık olarak değişmekte olup röle yardımıyla lambalar çalışır hale gelmektedir. Aydınlık şiddeti belirlenen değerin üstüne ulaştığında kapalı konuma gelmektedir. Manuel konumda lambaların açılıp kapanması elle yapılabilmektedir.



Şekil 5.33. Pencere kontrol durum göstergesi

Havalandırma penceresinin açılması veya kapanması için; pencere butonu otomatik konumda olmak şartıyla yağmur yağdığında açık ise otomatik olarak kapanmakta ve yağmur yağdığı sürece açılmamaktadır. Sera içi sıcaklık 25 °C’den fazla ve ısıtıcı fan kapalı ise pencere kapakları açılmaktadır. Sera içi sıcaklık 25 °C’nin altında ve ısıtıcı devrede ise pencereler kapanmaktadır. Pencere kontrol butonunda “Manuel” konum seçili ise kullanıcı tarafından mobil uygulama üzerinden açılıp kapatılabilmektedir.



Şekil 5.34. Sulama ünitesi kontrol durum göstergesi

Sulama ünitesi kontrol durumu görüntüsü Şekil 5.34'teki gibidir. Sulama ünitesinin çalışmasında kontrol butonu otomatik konumda toprak nem sensöründen toprak nemi belirlenen değerden düşük sinyali ile mobil ekrana kuru bilgisi geldiğinde su motoru toprak sensörü bilgisi nemli oluncaya kadar su motoru röle yardımıyla aralıklı olarak çalışmaktadır. Manuel konumda ise su motoru açma kapama işlemi mobil uygulama üzerinden yapılabilmektedir.



Şekil:5.35. Havalandırma fan kontrol durum göstergesi

Sera içi havalandırma fan olarak tanımlanan kontrol görüntüsü Şekil 5.35'teki gibidir. Seçenek butonu otomatik konumdayken nem sensöründen alınan bilgiyle sera içindeki nem miktarı belirlenen değer üzerinde olduğunda sera içindeki hava aspiratör fanlar yardımıyla dışarı atılmaktadır ve nem değeri belirlenen seviyeye düştüğünde fanlar otomatik olarak durmaktadır. Havalandırma fanları manuel konumda iken mobil uygulama üzerinden aç kapa komutlarıyla çalıştırılıp durdurulabilmektedir.



Şekil 5.36. Isıtma kontrol durum göstergesi

Isıtma birimi kontrol menüsü görünümü Şekil 5.36’da görülmektedir. Sistemin çalışmasında otomatik durumdayken 20 °C’nin veya belirlenecek bir alt sınır değeri altındaki sıcaklıklarda ve havalandırma fanı ve pencereler kapalıyken devreye girmektedir. Sera içi sıcaklık 25 °C’nin üzerine çıktığında ısıtma ünitesi kapanmaktadır. Manuel çalışma konumunda ısıtıcının çalışmasında belirlenen kriterler dikkate alınmadan mobil uygulama üzerinden çalıştırılıp durdurulabilmektedir.



Şekil 5. 37. Tavan perde kontrol durum göstergesi

Tavan perdesi açılma parametreleri aydınlık şiddeti ve günün saatlerine göre yapılabileceği gibi mobil uygulama üzerinden de yapılabilmektedir.

Mobil uygulama ekranı menülerinin açıklamalarından sonra uygulama yazılımını ve yazılım oluşturulmasında izlenen yolu ana hatlarıyla şöyle açıklayabiliriz. Uygulamayı gerçekleştirirken öncelikle bilgisayar Android Studio uygulamasına ve java yazılım programında kod yazmaya hazır hale getirilmiştir. Kullanıcının sistemi kontrol edebilmesi için tasarlanan uygulamada main activity, sera ve veriler adı altında 3 sınıf oluşturulmuştur.

Main activity; ana kullanıcı arayüzü, sera; kontrol sisteminin yer aldığı ekran kontrol arayüzü, veriler alanı da sensörlerden elde edilen verilerin toplandığı sınıftır. Şekil 5.38.'de main activity ana kullanıcı arayüzü tasarımı görülmektedir.



Şekil 5.38. Akıllı Sera

```
btnSera= (Button)findViewById (R.id. btnSera);  
imgViewSera= (ImageView)findViewById (R.id. imgViewSera);  
btnSera. setOnClickListener (new View. OnClickListener () {  
public void onClick (View v) {  
SeraAc ();}}  
imgViewSera. setOnClickListener (new View. OnClickListener () {  
public void onClick (View v) {  
SeraAc ();}}  
public void SeraAc () {  
Intent seraintent =new Intent (this, Sera. class);  
startActivity (seraintent);}
```

Bu arayüzde uygulama için tasarlanan logo ve sera görseli drawable bölümüne aktarılıp ImageView komutu kullanılarak eklendi, altında akıllı sera butonu oluşturuldu. Oluşturulan

butona id ataması yapıldı. Butona basıldığında kontrol arayüzüne geçilmesi işlevi SetOnClick (); fonksiyonu içerisinde SeraAc (); metodu çağrılarak oluşturuldu.

Sera arayüzünde; sensörlerden alınan veriler (Sıcaklık, nem, ışık şiddeti, toprağın nem durumu, yağış olma durumu ve serada hareket olup olmadığı) ve otonom ya da manuel olarak kontrol edilen seçenekler (aydınlatma, pencere açıp kapatma, sulama, havalandırma fanı, ısıtma fanı ve tavan perdesi) kontrol edilmiştir. Bu alanlara yönelik buton, TextView, ImageView ve Swicht konumlandırılmaları yapıлып, id atamaları yapılmıştır. Bu sayede sera java classında bu componentlerin çalışma prensiplerine yönelik yazılacak fonksiyon kodlarında componentleri çağırarak çok daha kolay olmuştur. Şekil 5.39’da Sera arayüzü görseli verilmiştir.



Şekil 5.39. Mobil uygulama ekran görüntüsü

Burada veri tabanı bağlantısı ile componentlerden elde edilen verilere göre ölçümler ve uygulama üzerindeki kontrol yapıları ile ESP8266’ya talimatlar gönderilmekte ve seraya istenilen müdahale yapılabilmektedir.

//Kontrol kısmında Switch lerin durumuna göre karar veren metot aşağıdadır;

```
public void SwitchOtoTakip (final Switch swt, final Button btnAc, final Button btnKapat, final DatabaseReference DrAy, final DatabaseReference DrA)
```


//Aydınlatmanın Otomatik Switch durumuna göre karar verilmesine yönelik kod aşağıdadır;

```
swt. set On Checked Change Listener (new Compound Button. On Checked Change Listener ())
```

```
@Override public void on Checked Changed (Compound Button buttonView, boolean isChecked)
```

```
if (isChecked)
```

```
btn Ac. set Enabled (false);
```

```
btn Kapat. set Enabled (false);
```

```
DrAy. Set Value (true);
```

```
swt. Set Text ("Otomatik");}
```

```
else btn Ac. Set Enabled (true);
```

```
btn Kapat. Set Enabled (true);
```

```
swt. Set Text ("Manuel");
```

```
Dr. Ay. Set Value (false);
```

```
Btn Ac. Set On Click Listener (new View. On Click Listener ())
```

```
@ Override
```

```
public void on Click (View view)
```

```
DrA. Set Value ("Açık");
```

```
Btn Kapat. Set On Click Listener (new View. On Click Listener ())
```

```
@Override
```

```
public void onClick (View view)
```

```
Dr. A. Set Value ("Kapalı");
```

```
//Aydınlatmanın Otomatik Switch durumuna göre karar veren komut
```

```
SwitchOtoTakip (sw Aydınlatma Oto, btn Aydınlatma Ac, btn Aydınlatma Kapat, Aydınlatma Yetki, Aydınlatma);
```

```
//Pencere Otomatik Switch durumuna göre karar veren komut
```

Switch Oto Takip (sw Pencere Oto, btn Pencere Ac, btn Pencere Kapat, Pencere Yetki, Pencere)

```
//Sulama Otomatik Switch durumuna göre karar veren komut
```

Switch Oto Takip (sw Sulama Oto, btn Sulama Ac, btn Sulama Kapat, Sulama Yetki, Sulama);

```
//Isitma Otomatik Switch durumuna göre karar veren komut
```

SwitchOtoTakip (swIsitmaOto, btnIsitmaAc, btnIsitmaKapat, IsitmaYetki, Isitma);

```
//Havalandırma Otomatik Switch durumuna göre karar veren komut Switch Oto Takip (sw Havalandırma Oto, btn Havalandırma Ac, btn Havalandırma Kapat, HavalandırmaYetki, Havalandırma);
```

Sera arayüzünde kontrollere ait yazılım ayarlamaları yukarıda gösterilmiştir. Ölçümlere ait kodlamalar veri tabanından çekilen verilere göre ayarlanmıştır.

Android studio Firebase bağlantısı Tools menüsünden Firebase seçilip sonra Realtime data bölmesi ve önceden oluşturulan veri tabanı seçilerek Android Studio Firebase configuresi sağlanmıştır. Bağlantı sağladıktan sonra veri tabanından veri okunup görüntülenebilmesi ve veri tabanına veri gönderebilmek için sera. Java classında;

```
FirebaseDatabase database = FirebaseDatabase.getInstance ();
```

```
DatabaseReference myRef = database.getReference ();
```

Methodları ve veri tabanına veri yollamak ya da okumak için Database referans değeri oluşturuldu. Database nesnesi sayesinde Firebase veri tabanına erişim sağlanılacaktır. Myref referans değişkeni oluşturularak bu değişkenle veritabanı kollarında gezmek için başka referans değerleri oluşturulmuştur. Aşağıda bu yazılım gösterilmiştir.

```
DatabaseReference Oku = myRef.child ("Aktarkoop");
```

```
final DatabaseReference Aydinlatma = my Ref. Child ("Aktarkoop"). Child ("Aydinlatma Durum");
```

```
final DatabaseReference Aydinlatma Yetki = my Ref. Child ("Aktarkoop").child ("Aydinlatma Otomatik");
```

```
final DatabaseReference Pencere = myRef.child ("Aktarkoop"). Child ("Pencere Durum");
```

```
final DatabaseReference PencereYetki = myRef. child ("Aktarkoop"). Child ("Pencere Otomatik");
```

```
final Database Reference Sulama = myRef. child ("Aktarkoop").child ("Su Motoru Durum");
```

```
final Database Reference SulamaYetki = myRef. child ("Aktarkoop"). Child ("Su Motoru Otomatik");
```

```
final Database Reference Havalendirma = my Ref. Child ("Aktarkoop"). child ("Fan Havalendirma");
```

```
final Database Reference Havalendirma Yetki = my Ref. Child ("Aktarkoop"). Child ("Fan Havalendirma Otomatik");
```

```
final DatabaseReference Isitma = my Ref. Child ("Aktarkoop"). Child ("FanIsitma");
```

```
final Database Reference Isitma Yetki = my Ref. Child ("Aktarkoop"). Child ("FanIsitma Otomatik");
```

Veriler. java classında ihtiyacımız olan kullanacağımız değişkenlerin string, boolean ve integer tanımlamaları yapıldı. Bu tanımlamalar özel olarak yapıldığı için değişkenlerin başka sınıflar tarafından çağırıldığında kullanıma açık hale gelmesi amacıyla kurucu metod (Constructor) oluşturularak gerekli ayarlamalar yapılmıştır.

Veri tabanına bir veri girildiğinde bu verinin okunup hemen kullanıcıya gösterilmesi gerekmektedir. ValueEventListener bir objenin içerisine aktarılır verilerin varlığını kontrol eder. Bu objenin On Data Change () ve On Cancelled () olarak iki tane metodu vardır, bu metodlar implements edildi. On Data Chance methodu veri tabanına eklenmiş olan verilerin görüntülerini hemen aktarır. Bu metodun içine veriler java Classından nesne tanımlaması yapılmıştır. Snapshot komutu ile veri tabanında bulunan veriler kontrol edilip verilerin uzunluğunu nesneye atandı. Bu nesne ile veriler java Classındaki değişkenlere ulaşılır. Firebase den elde edilen değerler bu değişkenlere atanıp sera. xml tasarım kısmında oluşturulan TextViewlere aktarılır. Son olarak AddValueEventListener () komutu kullanılarak veri tabanına bir veri eklendiğinde bir kereliğine mahsus bu kod satırı çalışarak kullanıcıya hemen veri getirilir. Aşağıda bu kod blokları gösterilmektedir.

```
//Firebase den verileri çekiyoruz
```

```
ValueEventListener dinle=new ValueEventListener ()
```

```

@Override

public void onDataChange (@NonNull DataSnapshot dataSnapshot)

Veriler Veri=new Veriler ();

Veri=dataSnapshot. getValue (Veriler. class);

//Text veriler çekiliyor

txtAydinlatma. setText (Veri. getAydinlatmaDurum ());

txtLDRDurum. setText (Veri. getLDRDurum ());

txtPencere. setText (Veri. getPencereDurum ());

txtSulama. setText (Veri. getSuMotoruDurum ());

txtHavalandirma. setText (Veri. getFanHavalandirma ());

txtIsitma. setText (Veri. getFanIsitma ());

// int veriler çekiliyor

txtSicaklik. setText (Integer. toString (Veri. getSicaklik ()));

txtNem. setText (Integer. toString (Veri. getNem ()));

//Boolean veriler çekiliyor

Boolean ToprakDurum=Veri. getToprakDurum ();

if (ToprakDurum)

txtToprak. setText ("Nemli");

else

txtToprak. setText ("Kuru");

Boolean YagmurDurum=Veri. getYagmurDurum ();

if (YagmurDurum){

txtYagmur. setText ("Yağış Var");

else

txtYagmur. setText ("Yağış Yok");

public void onCancelled (@NonNull DatabaseError databaseError)

```

Oku. addValueEventListener (dinle);

Veri Tabanı

Veritabanı, bilgisayar sistemlerinde büyük boyutlu fiziksel verileri veri dosyalarında saklayan sistemlere denir. Veritabanı sistemleri aynı tür verileri bir ya da daha fazla uygulamada yinlemek yerine bilgisayar belleklerinde birbirleriyle ilişkili oluşturulmuş sistemlerdir. Geçici verilere veritabanlarında yer verilmez. Veritabanlarında kullanılan veriler statik değildir. Ekleme, güncelleme, silme, sorgulama ve raporlama gibi işlemler yapılmaktadır. Veritabanı yönetim sistemleri bir veri modeli kullanmaktadır. Modeller, verilerin mantıksal düzeyde düzenlenmesi için kullanılan yapılardır.

Arduino ile mobil uygulama arasındaki iletişim Google şirketinin sunmuş olduğu Firebase uygulaması ile gerçekleştirilmiştir. Firebase gerçek zamanlı veritabanı, verileri tüm istemciler arasında gerçek zamanlı olarak senkronize eden ve çevrimdışı işlevsellik sağlayan NoSQL bulut tabanlı bir veri tabanıdır. Veriler 24 Realtime veritabanında JSON olarak depolanır ve bağlı tüm istemciler bir örneği paylaşır ve otomatik olarak en yeni verilerle güncellemeler alır. Google üzerinden açmış olduğumuz Firebase hesabı ile Firebase projesi oluşturduk. Firebase şartlarını kabul ettikten sonra ilerleyerek Google Analytics'i etkinleştirip devam ettik. Proje oluşturma işleminden sonra geliştirme bölümünde Database kısmından veri tabanı oluşturuldu ve bir sonraki aşamada test modundan işlemimizi bitirdik. Bir sonraki adımda Cloud Firestore seçeneği Arduino Board Manager' i açıldı. Esp 8266 kütüphanesi sistemden indirilmiştir. Sonraki aşamada bize Firebase ve Arduino Json kütüphaneleri gerekmektedir. Bununla birlikte ise taslak>library ekle>kütüphaneleri yönet yolu izlenmiştir. Arduinojson ilk kütüphanenin 5.7.3 sürümü kuruldu. Firebase kütüphanesini ise; <https://github.com/FirebaseExtended/firebase-arduino> github bağlantısı ile Clone Or Download ile zip şeklinde indirildi ve taslak>library ekle>zip kitaplığı yükle yolunu izlenip zip ile indirmiş olduğumuz kütüphane kuruldu. Burada karşımıza çıkan sayfada yapmamız gereken dört temel düzenleme bulunmaktadır.

```
#include < ESP8266WiFi.h >           // Esp8266 library
#include < FirebaseArduino. h >       // Firebase library //
#define FIREBASE_HOST "mazotdb.firebaseio.com" // Firebase id girilmesi lazım
#define FIREBASE_AUTH "wt7i9*****i0BM" // Firebase key girilmesi lazım
#define WIFI_SSID "*****" // Bağlanılacak ağ adı
```

```
#define WIFI_PASSWORD "*****" // Bağlanılacak ağ şifresi
```

FIREBASE_AUTH yerine Firebase -proje ayarları -hizmet hesapları seçeneğinden veri tabanı gizli anahtarı yazan bölümdeki bilgi yapııştırılmıştır.

Son olarak modem bağlantı ayarları da girilerek yükle tuşuna basıldı. Artık veri tabanı Arduino bağlantısı sağlanmış oldu.

VoidFirebaseBaglan (){Firebase. Begin (firebase URL, out Code)}; komutu ile veri gönderme ve gönderilmiş verinin kontrol edilmesi test edilmiştir.

Aşağıda kontrol kartımıza yazdığımız verileri çekerken ve okurken kullanılan kod örneklerinden küçük bir bölümü görülmektedir.

```
//Firebase Veri Alıyoruz
void FirebaseVeriGetir () {
if (Firebase. failed ()) {
Serial. print ("Firebase Bağlantı Hatası Var: ");
Serial. println (Firebase. error ());
return;}
//Buluttan verileri çekiyoruz.
AydinlatmaDurum=Firebase. getString (AydinlatmaYol);
AydinlatmaOto=Firebase. getBool (AydinlatmaOtomatikYol);
LDRDurum=Firebase. getString (LDRYol);
PencereDurum=Firebase. getString (PencereYol);
PencereOto=Firebase. getBool (PencereOtoYol);
YagmurSensor=Firebase. getBool (YagmurYol);
Nem=Firebase. getInt (NemYol);
Sicaklik=Firebase. getInt (SicaklikYol);
FanHavalandirma Oto=Firebase. getBool (FanHavalandirmaOtoYol);
FanIsitma Oto=Firebase. getBool (FanIsitmaOtoYol);
FanIsitma=Firebase. getString (FanIsitmaYol);
```

```

FanHavalandirma=Firebase. getString (FanHavalandirmaYol);
ToprakSens=Firebase. getBool (ToprakYol);
SuMotoruDurum=Firebase. getString (SuMotoruYol);
SuMotoruOto=Firebase. getBool (SuMotoruOtoYol);
delay (50);}

//DHT11 Veri Okuyoruz
void DhtOku (){
Serial. println ();
int chk = DHT11.read (DHT11PIN);
// Sensörden gelen verileri serial monitörde yazdırıyoruz.
Serial. print ("Nem (%): ");
Serial. println ( (float)DHT11.humidity, 2);
Serial. print ("Sicaklik (Celcius): ");
Serial. println ( (float)DHT11.temperature, 2);
//Verileri Firebase gönderiliyor
Firebase. set (NemYol, (float)DHT11.humidity);
Firebase. set (SicaklikYol, (float)DHT11.temperature);
delay (50);}

//Toprak Sensörü Okunuyor
void ToprakOku (){
bool Torakdurum=digitalRead (ToprakPin);
Firebase.set (ToprakYol,!Torakdurum);
delay (50);}

//Yağmur Sensörü Okunuyor
void YagmurOku (){
bool Yagmurdurum=digitalRead (YagmurPin);

```

```

Firebase.set (YagmurYol,!Yagmurdurum);

delay (50);}

//LDR Oku

void LDROku (){

int LDRDeger=analogRead (LDRPin);

Serial. print ("LDR= ");

Serial. println (LDRDeger);

if (LDRDeger<200){

Firebase. set (LDRYol,"Karanlık");

// Serial. println ("Hava Karanlık");

Else

Firebase. se t (LDRYol,"Aydınlık");

// Serial. println ("Hava Aydınlık");}

delay (50);  }

//Aydınlatma

void Aydinlatma (){

if (AydinlatmaOto==true){

if (LDRDurum=="Karanlık"){

digitalWrite (AydinlatmaPin, 1);

Firebase. set (AydinlatmaYol,"Açık");

// Serial. println ("Aydınlatma Açık");

Else

digitalWrite (AydinlatmaPin, 0);

Firebase. set (AydinlatmaYol,"Kapalı");

// Serial. println ("Aydınlatma Kapalı");}

Else

```



```

if (AydinlatmaDurum == "Açık"){
digitalWrite (AydinlatmaPin, 1);
Serial.println ("Aydınlatma Açık");
else
digital Write (AydinlatmaPin, 0);
Serial.println ("Aydınlatma Kapalı");} }
delay (50); }

//Pencere
void Pencere (){
if (PencereOto==true){
if (YagmurSensor==true){
ServoPencere. write (170);
Firebase. set (PencereYol,"Kapalı");
else if (LDRDurum=="Aydınlık" and FanIsitma=="Kapalı"){
ServoPencere. write (10);
Firebase. set (PencereYol,"Açık");}
else
if (PencereDurum == "Açık"){
ServoPencere. write (10);
else
ServoPencere. write (170); }}
delay (50); }

//Isitma Fanı
void IsitmaFan (){
if (FanIsitmaOto==true){
if (Sicaklik<26 and FanHavalandirma=="Kapalı" and PencereDurum=="Kapalı"){

```

```

digitalWrite (IsitmaFanPin, 1);
Firebase. set (FanIsitmaYol,"Açık");
else
digitalWrite (IsitmaFanPin, 0);
Firebase. set (FanIsitmaYol,"Kapalı");}
else
if (FanIsitma=="Açık"){
digitalWrite (IsitmaFanPin, 1);
Firebase. set (PencereYol,"Kapalı");
ServoPencere. write (0);
else
digitalWrite (IsitmaFanPin, 0); }}
delay (50); }
//Havalandırma Fanı
void HavalandirmaFan (){
if (FanHavalandirmaOto==true){
if (Sicaklik>26 and FanIsitma=="Kapalı"){
digitalWrite (HavalandirmaFanPin, 1);
Firebase.set (FanHavalandirmaYol,"Açık");
else
digitalWrite (HavalandirmaFanPin, 0);
Firebase.set (FanHavalandirmaYol,"Kapalı");}
else
if (FanHavalandirma=="Açık"){
digitalWrite (HavalandirmaFanPin, 1);
else

```

```

digitalWrite (HavalandirmaFanPin, 0); }}

delay (50); }

//Sera Su Motoru

void SuMotoru (){

digitalWrite (SuMotoruPin, 0);

if (SuMotoruOto==true){

if (ToprakSens==true){

digitalWrite (SuMotoruPin, 1);

Firebase. set (SuMotoruYol,"Açık");

else

digitalWrite (SuMotoruPin, 0);

Firebase. set (SuMotoruYol,"Kapalı");}

else

if (SuMotoruDurum =="Açık"){

digitalWrite (SuMotoruPin, 1);

else

digitalWrite (SuMotoruPin, 0); } }

delay (50); }

//Temel Ayarlar

void setup () {

Serial. begin (9600);

WifiAyarla ();

FirebaseBaglan ();

PinleriAyarla ();}

//Program

void loop () {

```

DhtOku ();
ToprakOku ();
YagmurOku ();
LDROku ();
FirebaseVeriGetir ();
Aydinlatma ();
Pencere ();
IsitmaFan ();
HavalandirmaFan ();
SuMotoru ();}

Seranın temel çalışma özellikleri:

Sera maketimizin çalışması sensörlerden alınan verilerin işlenmesi şeklinde olmaktadır. Yapılan uygulamada amatör kablolu sensörler kullanılmıştır.

Sensörler, yağmur, sıcaklık, nem, toprak nemi, ışık şiddeti bilgilerini algılamaktadır. Bu verilere göre de tavan penceresinin açılıp kapanması, ısıtma fanının çalışması, zorunlu havalandırma ünitesinin çalışması, sulama sisteminin kontrolü, aydınlatma ve gölgelik perdesinin kontrolü sağlanmaktadır.

Tavan penceresinin açılma ve kapalı kalma parametreleri; pencere butonu otomatik konumda olması şartıyla çalışması şu şekilde olmaktadır. Yağmur yağdığında açılmıyor. Sera içi sıcaklık 25 °C'den fazla ve ısıtıcı fan kapalı ise açılıyor. Sera içi sıcaklık 25 °C'nin altında ve ısıtıcı devrede ise pencereler kapalı duruma geçiyor. Pencere kontrol butonunda "Manuel" konum seçili ise yukarıda belirtilen çalışma kurallarının geçerliliği kalmıyor. Kullanıcı tarafından seçilen komut uygulanıyor.

Isıtma biriminin çalışması kontrol bölümünde otomatik/manuel durumdan otomatik seçiliyken 20 °C'nin altındaki sıcaklıklarda ve havalandırma fanı ve pencereler kapalıyken devreye giriyor. Sera içi sıcaklık 25 °C'nin üzerine çıktığında ısıtma ünitesi kapanıyor. Manuel çalışmada ısıtıcının çalışmasında belirlenen kriterler dikkate alınmadan çalıştırılıp durdurulabiliyor.

Aydınlatma biriminin çalışması kontrol bölümünde “otomatik/Manuel” durumdan otomatik durum seçiliyken ışık şiddeti belirlenen aydınlık değerinin altında çalışıyor. Aydınlık şiddeti belirlenen değer üstüne ulaştığında kapanıyor. Manuel konumda aydınlatmanın açılıp kapanması herhangi bir kritere bakılmaksızın elle yapılabilir.

Sulama bölümünün çalışmasında kontrol butonu “otomatik/manuel” otomatik konumda toprak nem sensöründen kuru bilgisi geldiğinde su motoru 1 sn. aralıkla toprak sensörü bilgisi nemli oluncaya kadar çalışıyor. Manuel konumda ise su motoru bizim kontrolümüzde çalışıp durdurulmaktadır. Programda mevcut olan uygulama ile su seviyesi kontrol sensörleriyle su deposuna su sağlayan motor otomatik olarak kontrol edilerek su deposunda doluluk sürekli kontrol edilmektedir.

Havalandırma sensörü kontrol butonu otomatik konumdayken nem sensöründen alınan bilgiyle sera içindeki hava fanlar yardımıyla dışarı alınmakta ve nem değeri belirlenen seviyeye düştüğünde fanlar otomatik olarak durmaktadır. Havalandırma fanları manuel konumda çalıştırılıp durdurulabilmektedir.

Hareket sensörü yardımıyla sera içinde hareketlilik olması durumunda sensör bilgisi mobil uygulama ekranında hareketin tespit edildiği tarih ve saati göstermektedir. İstenirse bu sensör bilgisi alındıktan sonra program üzerinden farklı müdahaleler otomatik olarak yapılabilir.

Kontroller menüsünde bulunan Aydınlatma, Pencere, Sulama, Fan, Isıtma ve Tavan Perde bölümleri kendi birimindeki Otomatik seçeneği aktiftir. Elle Manuel seçilerek aç ve kapat butonları yardımıyla kontrol yapılabilir. Mobil uygulamadaki seçenekler kullanılarak ESP32'ye manuel talimatlar gönderilmiş ve seraya ısıtma, havalandırma, gölgelendirme, sulama, aydınlatma ve çatı kapaklarının açılıp kapanmasında istenilen müdahale yapılmıştır. Sensörlere uygun yöntemlerle müdahale edilerek ölçüm değerlerinin değişmesi sağlanmıştır. Sensörlerden elde ettiğimiz değişik değerler ve bunların sonucunda bilgi değişiklikleri mobil uygulamamızın ekranında okunmuştur. Yağmur sensörü ıslatılarak yağış var uyarısı gözlenmiştir. İstenirse seranın kullanım amacına uygun yetiştirilecek ürün türüne göre sıcaklık, nem, toprak nemi, aydınlık ve yağış gibi değerlerin alt üst sınır değerleri girilerek müdahaleye gerek kalmaksızın otomatik kontrolü yapılabilecektir. Bu alt, üst sınır değerleri ürün türüne göre daha ayrıntılı ve günlük olarak belirlenmiş değerlerin kullanıldığı sistemler profesyonel uygulayıcılar tarafından kullanılmaktadır.

6. SONUÇ

Akıllı sera otomasyonu çalışmamızda farklı zaman dilimlerinde ölçülen sıcaklık, nem, aydınlık, toprak nemi, yağış gibi değerler veri depolama sistemi olarak tanımlanan anlık sonuçların tutulduğu alana iletilmektedir. Çalışmada Firebase Real Time Database veri tabanında ücretsiz olarak kayıt oluşturulan alan kullanılmıştır. Daha çok sayıda ve büyük veri kayıt alanı ihtiyacı için alan kiralaması yapılmalıdır. Fire base veri tabanındaki veriler anlık olarak bize ve aynı veri tabanına kayıtlı diğer kullanıcılara da iletilebilmektedir. Bilgi paylaşımı çözüme ulaşmada farklı fikirler oluşmasını sağlayacaktır.

Geliştirilen ASOS mobil uygulaması ile Firebase haberleşme belli sıklıkla sağlanmış ve sensör sonuçları anında mobil uygulamada telefon ekranında görülmüştür. Mobil uygulamanın ölçümler menüsünde, sıcaklık, nem, ışık, toprak, yağmur ve son hareket bölümleri veri tabanından gelen bilgilere göre değer göstermişlerdir. Firebase Real Time Database veri tabanına anlık veri akışı bilgisayar ekranında açılan program penceresinden de anlık görülecektir.

Büyük sera alanında kablosuz birden çok sensör kullanılması gerekmektedir. Bu sensörler modem yardımıyla bağlanarak kontrol edilen alan genişlemektedir. Kullandığımız sensörlerin biraz daha profesyonel olan türleri kullanıldığında ölçmelerde hassasiyet artacaktır. Tarım alanlarında kablolu sensörlerin yerine kablosuz sensörler kullanıldığında büyük alanlarda veri iletiminde oluşan sorunlar en aza indirilecek arıza kaynaklı zararlar önemli ölçüde düşecektir. Sensörler yardımıyla sulama, ısıtma, aydınlatma, nem ve havalandırma kontrolü anlık sağlandığından verim artacak ve optimum su, enerji kullanımı sayesinde giderler en alt seviyede tutulabilecektir.

Güneş takip sistemli paneller kullanılarak ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi gün ışığının yoğun olduğu saatlerde depolanarak diğer zaman dilimlerinde sera da aydınlatma havalandırma ve sulama sistemlerinin çalışmasında kullanmak suretiyle elektrik giderlerinden büyük ölçüde tasarruf yapılabileceği düşünülmektedir. Ayrıca şebeke sisteminden kaynaklı elektrik kesintilerinden zarar görme ihtimalinin de düşürüleceği söylenebilir.

Çalışmamızda elde ettiğimiz değerlerle mobil uygulama sayesinde kontrolleri yaparak anlık sonuç bilgilerinin de bilgisayar ekranından veri alanına aktarımının takip edilmesi sağlanmış oldu.

Mobil uygulama sayesinde kullanıcının uzaktan serayı gözlemlemesi kontrolü ve müdahalesi her zaman kolaylıkla olabilecektir. Bunun sonucunda zamandan ve ulaşım kaynaklı giderlerden de büyük ölçüde tasarruf elde edilmiş olacaktır. Verilerin anlık olarak veri tabanından birden çok kullanıcıya ulaştırılmasıyla sürekli bilgi akışı ve paylaşımı sağlanmış olacaktır. Bunun sonucunda elde edilen tecrübeler daha fazla uygulayıcı tarafından görülebilecek uygulamanın iyileştirilmesinde farklı öneriler sayesinde daha fazla çözüme ulaşmanın yolu açılacaktır.

Bu çalışmada kullandığımız ESP32 32bit 240 Mhz çift çekirdek işlemci yerine Raspberry Pi 1,5 Ghz hızlı veya biraz daha gelişmiş işlemci kullanırsak hareket algılayıcı yerine görüntü aktarımı da yapabiliriz. Bu çalışmamızda görülen işlemciden kaynaklanan yavaş veri aktarımı da 6 kat hızlanmış olabilecektir. Yüksek hızlı internet sağlayıcısı olduğunda görüntü aktarımı ve uzaktan kontrollü drone (Uçan kamera) ile seranın dış ortamından canlı görüntü izlemesi yapılabilecektir. Günümüzde maliyeti yüksek olan bu uygulamalar teknolojik ilerlemelerle fiyatı makul rakamlara geldiğinde veya fiyat kazanç oranına göre kullanıma geçilebilmesinin uygun olduğu düşünülmektedir.

Akıllı sera uygulamamız başlama sürecinden bu aşamaya kadar değişik öneriler ve düşünceler ışığında geliştirilmeye çalışılmıştır. Tarımsal uygulamalarda ölçme ve kontrolün sağlanmasında farklı ihtiyaçlara cevap verebilmesi için düzenlemelerle kullanma alanı yaygınlaştırılabilir. Profesyonel çalışmaları olan firmalar, akademisyenler ile uluslararası düzeyde hizmet veren kuruluşlar mevcut olup bu alanda çok daha fazla yol kat etmişlerdir. Burada sistemi basit uygulamalarda kullanım kolaylığı sağlayarak daha düşük bütçeli, aile olarak tarımla uğraşan ve küçük ölçekli sera uygulayıcılarının kullanması sağlanarak yaygınlaştırmak hedeflenmiştir. Sistem geliştirilerek yazılım müdahaleleriyle canlı görüntü aktarımı veya kayıt edilen verilerin grafik şeklinde anlık değerlerinin gösterimi de yapılabilmektedir. Gerekliğinde yakından kontrol etmeye ihtiyaç duyulursa modem kullanılarak kablosuz ağlarla, cihazlar arası iletişim Wi-Fi aracılığıyla da sağlanabilmektedir. Sistemin yazılım tasarımı üzerindeki sınır değerlerin istenen parametrelere uygun olarak değiştirilmesi kolayca yapılabilmektedir. Kullanımının basitleştirilmesi müdahale ve ayarlama kolaylığı sayesinde sistem çok fazla sayıda kullanıcıya yarar sağlamış olacaktır.

Basit yapısı, ekonomik oluşu ve kullanım kolaylığı değişik alanlara adapte edilebilme imkânıyla yaygınlaşması sağlanabilir.

Sistemin elektrik ihtiyacı için güneş panelleri yanında coğrafi uygunluğu olan bölgelerde rüzgâr enerjisinden de yararlanılabileceği düşünülmektedir. Tarım alanlarında yaygın kullanılmaya başlayan (drone) insansız hava araçlarından daha fazla oranda faydalanılabilecektir.



6. KAYNAKLAR

- Abinayaa, V., & Jayan, A. (2014). Case study on comparison of wireless technologies in industrial applications. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4 (2), 1-4.
- Agrawal, S., & Das, M. L. (2011, December). Internet of Things—A paradigm shift of future Internet applications. In *2011 Nirma University International Conference on Engineering* (pp. 1-7). IEEE.
- Ahmed M. R. (2014). *Protecting wireless sensor networks from internal attacks*. Unpublished Master's Thesis. Canberra University, Canberra, Australia.
- Aktaş, F., Çeken, C., ve Erdemli, Y. E. (2016). Nesnelerin interneti teknolojisinin biyomedikal alanındaki uygulamaları. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4 (1), 37-54.
- Akyıldız, I. F. (2002). A Survey on sensor networks. *IEEE Communications Magazine*, 40 (8), 102-114.
- Akyıldız, I. F., & Vuran, M. C. (2010). *Wireless sensor networks*. Chichester, UK: John Wiley & Sons.
- Akyıldız, I. F., Su, W., Sankarasubramaniam, Y., & Çayırıcı, E. (2002). Wireless sensor networks: A survey. *Computer Networks*, 38 (4), 393-422.
- Aland, A., & Banhazi, T. (2013). *Livestock housing: Modern management to ensure optimal health and welfare of farm animals*. Netherlands: Wageningen Academic Publishers.
- Anonim (2001). *Sera- Terimler ve Tarifleri*. TSE TS 12741. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim (2018). *Gartner*, <http://www.webcitation.org/73gjRjgKI>, (Erişim tarihi: 11.10.2018)
- Anonim (2011). *Sera içi yetiştiricilik sistemleri*. Ankara: T. C. Millî Eğitim Bakanlığı.
- Arıcı, İ. (1999). *Sera yapım tekniği*. Bursa: Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi.

- Atto, M., & Guy, C. (2012). Wireless sensor networks: MAC protocols and real time applications. In *The 13th Annual Post Graduate Symposium on the Convergence of Telecommunications, Networking and Broadcasting* (pp. 1-6). Liverpool, United Kingdom.
- Ayub, M. G. (2016). *Automated greenhouse system using wireless sensor network*. Doctoral Dissertation, University of Nairobi, Kenya
- Baytürk, M., Çetin, G., ve Çetin, A. (2013). Gömülü sunucu ile tasarlanmış internet tabanlı sera otomasyon sistemi uygulaması. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 6 (2), 53-57.
- Bertolotti, I., C., Hu, T. (2015). Modular design of an open-source, networked embedded system. *Computer Standards & Interfaces*, 37 (2015) 41-52.
- Choosri, N., Park, Y., Grudpan, S., Chuarjedton, P., & Ongvisesphaiboon, A. (2015). IoT-RFID Testbed for Supporting Traffic Light Control. *International Journal of Information and Electronics Engineering*, 5 (2), 102-106.
- Ciğer M (2010). *Bilgisayar kontrollü, internet destekli sera otomasyonu*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Çolak, A. (2002). Isıtılmayan bir cam serada sera içi sıcaklık, çiğlenme sıcaklığı ve bağıl nem deseni üzerine bir araştırma. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 39 (3), 105-112.
- Dayıoğlu, M. A. (2014b). Ünite 6: Seralarda bilişim ve otomasyon teknolojisi. *Örtüaltı üretim sistemleri içinde* (ss. 102-134). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayın No: 2275.
- Dayıoğlu, M. A. (2015). Akıllı sera teknolojisi. *Tarım Türk Dergisi*, 14 (3), 108-111.
- Dayıoğlu, M. A. (2014a). Development of real-time wireless monitoring system for greenhouses: Industrial Bluetooth application. In *2014 22nd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)* (pp. 548-551). IEEE.
- Dube, E.E. (2013). *Wireless farming: A mobile and wireless sensor network based application to create farm field monitoring and plant protection for sustainable crop production and poverty reduction*. Master's Thesis, Malmö University, Sweden.
- Fukatsu, T., & Hirafuji, M. (2005). Field monitoring using sensor-nodes with a web server. *Journal of Robotics Mechatronics*, 17 (2), 164-172.

- Garnepudi, P., Damarla, T., Gaddipati, J., Veeraiah, D. (2013). Proactive, reactive and hybrid multicast routing protocols for wireless mesh networks. In *Computational Intelligence and Computing Research (ICIC), 2013 IEEE International Conference* (pp. 1-7). IEEE.
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29 (7), 1645-1660.
- Gündüz, K. A., ve Akyüz, E. T. (2017). Nesnelerin interneti ve hayvancılık alanındaki uygulamalar. *Selçuk Üniversitesi Sosyal ve Teknik Araştırmalar Dergisi*, 14, 232-246.
- Hakgören, F., ve Kürklü, A. (2007). *Sera planlaması*. Antalya: Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi.
- Hariyale, I., & Gulhane, V. (2012). Development of an embedded web server system for controlling and monitoring of remote devices based on ARM and Win CE. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, 1 (2), 70-75.
- He, C., Kiziroglou, M. E., Yates, D. C., & Yeatman, E. M. (2011). A MEMS self- powered sensor and RF transmission platform for WSN nodes. *IEEE Sensors Journal*, 11 (12), 3437-3445.
- Horowitz, W., & Latimer, G. W. (2008). *Official methods of analysis of AOAC International*. MD, USA: Gaithersburg, Md. AOAC International.
- Hwang, J., & Yoe, H. (2011). Study on the context-aware middleware for ubiquitous greenhouses using wireless sensor networks. *Sensors*, 11, 4539-4561.
- Imteaj, A., Rahman, T., Hossain, M. K., & Zaman, S. (2016). IoT based autonomous percipient irrigation system using Raspberry Pi. In *19th International Conference on Computer and Information Technology* (pp. 563-568), IEEE.
- Jannat, K. S., & Islam, M. S. (2017). *Development of the pre seeding decision support system based on IOT in agriculture*. Doctoral Dissertation. East West University, Bangladesh.
- Jawarkar, N. P., Ahmed, V., & Thakare, R. D. (2007). Remote Control using mobile through spoken commands. In *2007 International Conference on Signal Processing, Communications and Networking* (pp. 622-625). IEEE.

- Joshi, G. P., Nam, S. Y., & Kim, S. W. (2013). Cognitive radio wireless sensor networks: Applications, challenges and research trends. *Sensors*, 13 (9), 11196-11228.
- Junxiang, G., & Haiqing, D. (2011). Design of greenhouse surveillance system based on embedded web server technology. *Procedia Engineering*, 23, 374-379.
- Kabilan, N., & Selvi, M. S. (2016). Surveillance and steering of irrigation system in cloud using Wireless Sensor Network and Wi-Fi module. In *2016 International Conference on Recent Trends in Information Technology* (pp. 1-5). IEEE.
- Karande, P. V., Lodhi, A. K., & Madkar, S. R. (2014). 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.
- Kaur, K., Kaur, P., & Singh, E. S. (2014). Wireless sensor network: architecture, design issues and applications. *International Journal of Scientific Engineering and Research (IJSER)*, 2 (11), 6-10.
- Khalil, E. A., ve Özdemir, S. (2018). Nesnelerin internetine genel bir bakış: Kavram, özellikler, zorluklar ve fırsatlar. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24 (2), 311-326.
- Khedo, K. K., Perseedoss, R., Mungur, A. (2010). A wireless sensor network air pollution monitoring system. *International Journal of Wireless & Mobile Networks*, 2 (2), 31-45.
- Kılınç, D. (2021). *Android İşletim Sistemi Mimarisi (Kernel, Libraries, Runtime, Framework, DVM)*, <http://denizkilinc.com/android-isletim-sistemi-mimarisi-kernel-libraries-runtime-framework-dvm/> (Erişim tarihi 23.08/2021)
- Kokkonis, G., Kontogiannis, S., & Tomtsis, D. (2017). A smart IoT fuzzy irrigation system. *Power (mW)*, 100 (63), 25.
- Kumar, M. K., & Ravi, K. S. (2016). Automation of irrigation system based on Wi-Fi technology and IOT. *Indian Journal of Science and Technology*, 9 (17), 1-5.
- Kürklü, A., ve Çağlayan, N. (2005). Sera otomasyon sistemlerinin geliştirilmesine yönelik bir çalışma. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18 (1), 25-34.

- Latha, M. S., Girish, S. V., & Ganesh, A. B. (2016). Cooperative communication enabled wireless sensor network for monitoring green house. In *2016 International Conference on Advanced Communication Control and Computing Technologies (ICACCCT)* (pp. 86-91). IEEE.
- Liu, Y., & Zhou, G. (2012). Key technologies and applications of internet of things. In *2012 Fifth International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation* (pp. 197-200). IEEE.
- Matharu, G. S., Upadhyay, P., & Chaudhary, L. (2014). The internet of things: Challenges & security issues. In *2014 International Conference on Emerging Technologies (ICET)* (pp. 54-59). IEEE.
- Montoya, F. G., Gómez, J., Cama, A., Zapata-Sierra, A., Martínez, F., De La Cruz, J. L., & Manzano-Agugliaro, F. (2013). A monitoring system for intensive agriculture based on mesh networks and the android system. *Computers and Electronics in Agriculture*, 99, 14-20.
- Nallusamy, R., & Duraiswamy, K. (2011). Solar powered wireless sensor networks for environmental applications with energy efficient routing concepts: A review. *Information Technology Journal*, 10 (1), 1-10.
- Öneş A. (1986). *Sera yapım tekniği*. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Pallares, J. E. R (2015). Wireless sensor network implementation with Arduino and Xbee Master's Thesis. Universitat Politècnica de Catalunya, Spain.
- Patel, A., Jhaveri, R., & Dangarwala, K. (2013). Wireless sensor network-Theoretical findings and applications. *International Journal of Computer Applications*, 63 (10), 25-29.
- Patil, P. S., Sawant, S. R., & Mudholkar, R. R. (2016). AVR micro-controller based embedded weather monitoring system. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*, 4 (7), 245-250.
- Paventhan, A., Allu, S. K., Barve, S., Gayathri, V., & Ram, N. M. (2012). Soil property monitoring using 6lowpan-enabled wireless sensor networks. In *Proceedings of the Agro-Informatics and Precision Agriculture* (pp. 277-282). Hyderabad, India.

- Pinedo-Frausto, E. D., & Garcia-Macias, J. A. (2008). An experimental analysis of Zigbee networks. In *2008 33rd IEEE Conference on Local Computer Networks (LCN)* (pp. 723-729). IEEE.
- Rajalakshmi, P., & Mahalakshmi, S. D. (2016). IOT based crop-field monitoring and irrigation automation. In *2016 10th International Conference on Intelligent Systems and Control (ISCO)* (pp. 1-6). IEEE.
- Rane, M. D., Scholar-VLSI, P. G., & Sevagram, B. D. C. E. (2014). *Review Paper based on automatic irrigation system based on RF module, PG Scholar-VLSI. Sevagram, Wardha. India: IJAICT.*
- Rani, M. U., & Kamalesh, S. (2014). Web based service to monitor automatic irrigation system for the agriculture field using sensors. In *2014 International Conference on Advances in Electrical Engineering (ICAEE)* (pp. 1-5). IEEE.
- Ray, P. P. (2017). Internet of Things for smart agriculture: Technologies, practices and future direction. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, 9 (4), 395-420.
- Ryu, M., Yun, J., Miao, T., Ahn, I. Y., Choi, S. C., & Kim, J. (2015). Design and implementation of a connected farm for smart farming system. In *2015 IEEE Sensors* (pp. 1-4). IEEE.
- Serodio, C., Cunha, J. B., Morais, R., Couto, C., & Monteiro, J. (2001). A networked platform for agricultural management systems. *Computers and Electronics in Agriculture*, 31 (1), 75-90.
- Sevgican, A., Tüzel, Y., Gül, A., & Eltez, R. Z. (2000). Türkiye’de örtüaltı yetiştiriciliği. V. *Türkiye Ziraat Teknik Kongresi*, 17 (21), 679-707.
- Singh, R., & Dhanoa, R. S. (2014). Automatic irrigation system using WSNs. *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology*, 1, 1-19.
- Soni, U., & Namdev, A. (2016). A wireless sensor network: An overview. *International Journal of recent Research Aspects*, 1, 143-146.
- Suo, H., Wan, J., Zou, C., & Liu, J. (2012). Security in the internet of things: A review. In *2012 International Conference on Computer Science and Electronics Engineering* (Vol. 3, pp. 648-651). IEEE.

- Suresh, P., Daniel, J. V., Parthasarathy, V., & Aswathy, R. H. (2014). A state of the art review on the Internet of Things (IoT) history, technology and fields of deployment. In *2014 International Conference on Science Engineering and Management Research (ICSEMR)* (pp. 1-8). IEEE.
- Tabatabaeifar, A., Shafieian, M. A., Banizaman, H., & Ali, S. (2014). 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.
- Tarapiah, S., Atalla, S., & AbuHania, R. (2013). Smart on-board transportation management system using gps/gsm/gprs technologies to reduce traffic violation in developing countries. *International Journal of Digital Information and Wireless Communications (IJDIWC)*, 3 (4), 96-105.
- Türkiye İstatistik Kurumu (2015). *TÜİK*. <http://www.tuik.gov.tr> (Erişim tarihi: 23.08.2022)
- Tüzel, Y. , ve Gül, A. (2008). *Seralarda iyi tarım uygulamaları*. İzmir: Tıbyan Yayıncılık.
- Usman, A., & Shami, S. H. (2013). Evolution of communication technologies for smart grid applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 19, 191- 199.
- Ülker, M., Canbay, Y., ve Sağıroğlu, Ş. (2017). Nesnelerin internetinin kişisel, kurumsal ve ulusal bilgi güvenliği açısından incelenmesi. *Türkiye Bilişim Vakfı Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Dergisi*, 10 (2), 28-41.
- Vassiliou, N. N., Martzopoulos, G. G., & Nikita-Martzopoulou, C. (2000). Determination of natural ventilation rate in a double span arch type greenhouse. In *International Conference and British-Israeli Workshop on Greenhouse Techniques towards the 3rd Millennium* (pp. 171-180). Haifa, Israel.
- Wang, Q., Balasingham, I. (2010). *Wireless sensor networks- An introduction*. In *Wireless Sensor Networks. InTech: Application-Centric Design*.
- Xia, J., Tang, Z., Shi, X., Fan, L., & Li, H. (2011). An environment monitoring system for precise agriculture based on wireless sensor networks. In *2011 Seventh International Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor Networks* (pp. 28-35). IEEE.
- Yang, S .H., & Chen, X. (2003). Design issues and implementation of Internet-based process control systems. *Control Engineering Practice*, 11, 709-720.

- Yuliansyah, H. (2016). Uji kinerja pengiriman data secara wireless menggunakan Modul ESP8266 Berbasis rest architecture. *Electrician, 10* (2), 68-77.
- Yüksel A.N (2004). *Sera yapım tekniği*. İstanbul: Hasad Yayıncılık.
- Zaceping, A., & Kviess, A. (2015). System architectures for real-time bee colony temperature. *Procedia Computer Science, 43*, 86-94.
- Zheng, J., Abbas, J. (2009). *Wireless sensor networks: A networking perspective*. John Wiley & Sons.
- Zhu, Y. W., Zhong, X. X., & Shi, J. F. (2006). The design of wireless sensor network system based on zigbee technology for greenhouse. *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 48, No. 1, p. 223). IOP Publishing.



T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİLİMSEL ETİK BEYANI

‘MOBİL UYGULAMA İLE SERA OTOMASYON SİSTEMLERİNİN KONTROLÜ’ başlıklı yüksek lisans tezimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların, bilimsel yöntemlerle yürütülen gerçek deney ve gözlemler çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce, sonuç ve bilgilere bilimsel etik kuralların gereği olarak eksiksiz şekilde uygun atıf yaptığımı kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Mehmet Faruk DOĞAN

...../...../2022

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Mehmet Faruk DOĞAN

EĞİTİM DURUMU

Lise Öğrenimi : Atça Endüstri Meslek Lisesi 1982

Lisans Öğrenimi : Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi
Elektrik Elektronik Eğitimi bölümü,
Elektrik Öğretmenliği 1989 ANKARA

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

İLETİŞİM

Tarih : 21.07.2022