



T.C.
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TARIMSAL ALANDA NESNELERİN İNTERNETİ (IoT)
KULLANARAK GÜBRELEME OTOMASYONU KONTROLÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Erkan DAĞDEVİREN

TEZ DANIŞMANI
DR.ÖĞR.ÜYESİ MAHMUT DURGUN

TOKAT -2024

TEZ BEYANI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

Erkan DAĞDEVİREN

16 NİSAN 2024

JÜRİ KABUL VE ONAY

Erkan DAĞDEVİREN tarafından hazırlanan “**Tarımsal Alanda Nesnelerin İnterneti (IoT) Kullanarak Gübreleme Otomasyonu Kontrolü**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 16.04.2024 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Mekatronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri (Unvanı, Adı Soyadı)

İmzası

Üye (Başkan): Doç. Dr. Levent GÖKREM

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Seyit Alperen ÇELTEK

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Mahmut DURGUN

ONAY

...../...../.....

Doç. Dr. Yusuf TEMÜR

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ÖNSÖZ

Bu tezin hazırlanmasında bana yol gösteren, değerli bilgi ve deneyimlerini paylaşan, her zaman destekleyici ve ilgili olan danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Mahmut DURGUN'a ve sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Erkan DAĞDEVİREN

16 NİSAN 2024

ÖZET

TARIMSAL ALANDA NESNELERİN İNTERNETİ (IoT) KULLANARAK GÜBRELEME OTOMASYONU KONTROLÜ

Dağdeviren, Erkan

Yüksek Lisans, Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Mahmut Durgun

Mayıs 2024, vii + 58 sayfa

Tarımsal faaliyetlerde gübre maliyetlerinin artışı, etkin gübreleme yöntemlerinin araştırılmasını zorunlu kılmıştır. Bu nedenle uygun maliyetli gübreleme yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Nesnelerin İnterneti (IoT) teknolojisinin yaygınlaşması ve otomasyon sistemlerinin kolay kullanılabilir hale gelmesi, gübreleme ve sulama işlemlerini daha verimli ve tasarruflu hale getirmiştir. Bu çalışma, Nesnelerin İnterneti (IoT) teknolojisinin tarımda nasıl uygulanabileceğini ve bu sayede gübreleme süreçlerinin nasıl optimize edilebileceğini incelemektedir. Araştırmada, maliyetleri düşürmek ve verimliliği artırmak amacıyla damlama sulama sistemiyle entegre edilen bir gübreleme otomasyon sistemi geliştirilmiştir. Bu sistem, toprakta yerleştirilen sensörler aracılığıyla elde edilen verileri analiz eder ve bitkilerin nem, sıcaklık gibi değişken parametrelerine göre gübreleme ve sulama işlemlerini otomatik olarak ayarlar. Sistem, NodeMCU ile haberleşme modülü kullanarak uzaktan kontrol edilebilir ve uygulama aracılığıyla gerçekleştirilen izleme sayesinde bitkilerin anlık ihtiyaçlarına göre müdahale edilebilir. Bu çalışmanın sonucunda, su ve gübre kullanımının daha verimli hale getirilerek aşırı tüketimin önüne geçilmesi hedeflenmiştir. Ayrıca, sistem kullanıcı dostu bir arayüze sahip olup, tarımsal teknoloji alanında gelecekte yapılacak çalışmalar için bir temel teşkil etmektedir. IoT tabanlı bu sistem, çevre dostu bir yaklaşım sunarak sürdürülebilir tarım uygulamalarını destekler. Sensörler, toprak verimliliğini maksimize ederken su ve gübre kaynaklarının korunmasına yardımcı olur. Bu yenilikçi yaklaşım, tarımsal üretimde verimliliği artırırken maliyetleri de minimize etmeye olanak tanır. Yapılan çalışma da kullanıcının tasarruf etmesi önemli bir amaçtır.

Anahtar Kelimeler: Nesnelerin İnterneti, NodeMCU, Gübreleme Otomasyonu

ABSTRACT

FERTILIZATION AUTOMATION CONTROL USING THE INTERNET OF THINGS (IoT) IN AGRICULTURE

Dağdeviren, Erkan

Master's Thesis, Division of Mechatronics Engineering

Advisor: Asst.Prof.Dr. Mahmut Durgun

May 2024, vii + 58 pages

The increase in fertilizer costs in agricultural activities has made it imperative to research effective fertilization methods. Therefore, there is a need for cost-effective fertilization methods. The widespread use of Internet of Things (IoT) technology and the ease of use of automation systems have made fertilization and irrigation processes more efficient and economical. This study investigates how IoT technology can be applied in agriculture and how fertilization processes can be optimized. In the research, a fertilization automation system integrated with a drip irrigation system has been developed to reduce costs and increase efficiency. This system analyzes data obtained through sensors placed in the soil and automatically adjusts fertilization and irrigation operations according to variable parameters such as moisture and temperature of the plants. The system can be remotely controlled using a NodeMCU communication module and allows for intervention according to the immediate needs of the plants through monitoring via an application. This study aims to prevent excessive consumption by making water and fertilizer more efficient. Moreover, the system has a user-friendly interface and lays the groundwork for future studies in agricultural technology. This IoT-based system offers an environmentally friendly approach supporting sustainable agricultural practices. Sensors help conserve water and fertilizer resources while maximizing soil productivity. This innovative approach allows for increased efficiency in agricultural production while minimizing costs. Saving for the user is an important goal of the conducted study.

Keywords: Internet of Things, NodeMCU, Fertilization Automation

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
GİRİŞ	1
1.1.Kaynak Araştırması	3
1.2.Tezin Konusu, Amacı ve Literatüre Katkısı	6
2.GENEL BİLGİLER	6
2.1. Nesnelerin İnterneti (Internet of Things)	6
2.3. IoT Teknolojilerinin Ana Özellikleri	11
2.4. Otomasyon Nedir ?	12
2.5. Gübreleme Otomasyonu	13
2.6. Gübrelemenin Tarihçesi.....	14
2.7. Neden Damlama Sulama İle Gübreleme ?	17
2.8. Mikrodenetleyici Sistemler	19
3. MATERYAL ve METOD	20
3.1. Mikrodenetleyiciler.....	20
3.2. Sensörler	21
3.3. NodeMCU V3 ESP8266 Mikrodenetleyici	22
3.4. Solid State Röle (SSR).....	25
3.5. Selenoid Valf	28
3.6. Ultrasonik Mesafe Sensörü HC-SR04	30
3.7. MQTT	33
3.8. MQTT Bileşenleri.....	34
3.9. Home Assistant	36
3.10. Esphome.....	38
4.BULGULAR VE TARTIŞMA	39
4.1. Uygulama ve Otomasyon Sistemi.....	40
4.2. Elektronik Devre Tasarımı.....	42
4.3.Yazılım.....	43
4.4. Prototip Uygulama Sistemi	44
5. SONUÇ	54
6. KAYNAKÇA	56

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler	Açıklama
Cm	Santimetre
g	Gram
m ³ /h	Metreküp saat
mA	Mili amper
Mm	Milimetre
V	Volt
°C	Derece Santigrat
kHz	Kilohertz
Kısaltmalar	Açıklama
5G	Beşinci Nesil
A/D	Analogdan Dijitale
AI	Yapay Zeka
Cm	Santimetre
CPU	Merkezi İşlem Birimi
D/A	Dijitalden Analoga
DIY	Kendin Yap
FIWARE	Açık Kaynak IoT Ortamı
I/O	Giriş/Çıkış
iOS	İphone İşletim Sistemi
IoT	Nesnelerin İnterneti
KAA	Kaa IoT Platformu
Lua	Lua Programlama Dili
MQTT	Mesaj Kuyruğu Telemetry Taşıma
NFC	Yakın Alan İletişimi
RAM	Rastgele Erişim Belleği

RFID	Radyo Frekansı ile Tanımlama
SSL/TLS	Güvenli Yuva Katmanı / Taşıma Katmanı Güvenliği
SSR	Katı Hal Rölesi
TCP/IP	İletim Kontrol Protokolü/İnternet Protokolü
Wi-Fi	Kablosuz Fidelite
WSN	Kablosuz Sensör Ağları
XMPP	Genişletilebilir Mesajlaşma ve Varlık Protokolü



ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1 Tarımda Nesnelerin İnterneti.....	3
Şekil 2.1.IoT Teknolojilerinin Ana Özellikleri.....	11
Şekil 2.2.Nesnelerin İnterneti(IoT).....	12
Şekil 2.3.Otomasyon Sistemi.....	13
Şekil 2.4. Gübreleme Otomasyon Şeması	14
Şekil.2.5. Gübre Türleri ve Sınıflandırmaları	15
Şekil 2.6. Damlama Sulama Görseli	19
Şekil 3.1. NodeMCU V3 ESP8266 Mikrodenetleyici	24
Şekil 3.2. NodeMCU V3 ESP8266 Mikrodenetleyici Pin Bağlantı Şeması.....	25
Şekil 3.3. Solid State Röle (SSR) Görseli.....	27
Şekil 3.4. Solid State Röle Pin Diyagramı.....	27
Şekil 3.5.Solenoid Valf Görseli	29
Şekil 3.6. Valf Kontrol Sistemi Blok Diyagramı.....	29
Şekil 3.7. Normal de Kapalı Solenoid Valf İç Yapısı.....	30
Şekil 3.8. Ultrasonik Mesafe Sensörü HC-SR04.....	31
Şekil 3.9. Ultrasonik Mesafe Sensörü HC-SR04 Pin Diyagramı	32
Şekil 3.10. Mesafe Sensörü Kontrol Blok Diyagramı	32
Şekil 3.11. MQTT Mimarisi	34
Şekil 3.12. MQTT Programı Arayüzü	36
Şekil 3.13. Home Assistant arayüzü	37
Şekil 3.14. Esphome ve NodeMCU Bağlantı Topolojisi.....	39
Şekil 4.1. Uygulama Blok Diyagramı.....	41
Şekil 4.2. Esp 8266 ve Solid State Röle Bağlantısı	42
Şekil 4.3. Solenoid Valf Gübre Tankı Arası Bağlantı.....	45
Şekil 4.4. Kontrol Paneli Montajı	46
Şekil 4.5. Kontrol Paneli ve Valfler Arası Bağlantı	47
Şekil.4.6. Karıştırma Tankı Sıvı Gübre ve Saf Su Girişi.....	48
Şekil 4.7. Sistemin Genel Görüntüsü.....	49
Şekil 4.8. Gübre Tanklarının Dolu Hali.....	50
Şekil 4.9. Uygulama Kontrol Arayüzü	50
Şekil 4.10. Mobil Uygulama Arayüzü	51

TABLÖLAR

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
Tablo 2.1. Nesnelerin İnterneti'nin Avantajları ve Dezavantajları	10
Tablo 2.1. Yaygın Olarak Kullanılan Gübreleme Türleri.....	16
Tablo 4.1. Gübre Tüketim Tablosu.....	52
Tablo 4.2. Gübre Maliyet Tablosu.....	53
Tablo 4.3. Kullanılan Malzeme Maliyet Tablosu	53



BÖLÜM 1

GİRİŞ

Tarım, ekonominin temel taşlarından biri olmakla kalmayıp, aynı zamanda hayati öneme sahip bir sektördür. Dünya nüfusunun hızla artmasıyla birlikte, bu demografik genişleme, gıda tüketimi konusunda kaçınılmaz bir talep artışını beraberinde getirmektedir. Bu durum, değişen tüketici alışkanlıkları ve sürekli yükselen gıda ihtiyaçlarını karşılama konusunda tarım sektörüne büyük bir sorumluluk yüklemekte ve sektörü, artan bu talepleri etkin bir şekilde karşılayabilmek için teknolojik yenilikler ve ileri düzey uygulamalar arayışına itmektedir. Bu süreç, tarımın sürdürülebilirliğini ve verimliliğini artıracak yenilikçi çözümler geliştirme gerekliliğini daha da karmaşık bir hale getirirken, aynı zamanda sektörün bu zorluğu aşabilmesi için multidisipliner bir yaklaşımı benimsemesini zorunlu kılmaktadır. Dolayısıyla, tarım sektörü, küresel gıda güvenliğini sağlama misyonu çerçevesinde, gelişmiş teknolojileri ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını entegre ederek, artan nüfusun gıda talebini karşılamak adına önemli bir dönüşüm sürecinden geçmektedir.

Tarım, toplumun en önde gelen sektörlerinden biridir ve bu alanda gerçekleştirilen geliştirmelerin desteklenmesi önemlidir. Bu nedenle, tarım endüstrisinde yapılan yeniliklerin genel etkileri ve sonuçlarını iyileştirmek için geliştirmeler yapmak hayati bir öneme sahiptir. Gıda üretim teknolojisi, müşterilerin artan ihtiyaçlarını karşılamak için önemli gelişmeler ve yenilikler getirmelidir (A. Nasiakou ve ark.,2016).

Tarımda artan üretim hedefleri, gereğinden fazla gübre, ilaç ve su kullanımına yol açarak, toprak ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratmıştır. Bu olumsuzluklar, sürdürülebilir yaşamın önemli bir parçası olan doğaya ve insana dost tarımsal üretim tekniklerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu bağlamda, uzaktan kontrollü otomasyon sistemleri gibi çözümler ortaya çıkmıştır. Uzaktan kontrollü otomasyon sistemleri, tarım uygulamalarını daha akıllı ve sürdürülebilir hale getirme potansiyeli taşır. Bu sistemler, tarım faaliyetlerini uzaktan izleme ve kontrol etme imkanı sağlayarak kaynakların daha verimli kullanılmasına yardımcı olabilir. Aynı zamanda, hassas tarım uygulamalarını destekleyerek gübre, su ve ilaç kullanımını optimize edebilir, böylece çevresel etkileri azaltabilir. Bu tür teknolojiler, tarımın

sürdürülebilirliğini artırmak ve doğayla uyumlu, verimli üretim yöntemlerine geçiş yapmak isteyen çiftçilere önemli bir araç sunmaktadır.

Otomasyon, temelde makineleşme veya insan ve makine iş birliği olarak özetlenebilir. İnsanoğlu tarih boyunca sürekli olarak gelişim ve yeniliklere açık olmuştur. Emekle gerçekleştirdiği faaliyetleri, zamanla makinelerin gücüne bırakarak evrimleşmiştir. Sanayi devrimi ile birlikte daha belirgin hale gelen otomasyon, işlemleri insan müdahalesine gerek duymadan gerçekleştiren ve kontrolü sağlayan bir üretim yöntemi olarak tanımlanabilir.

İnsanın yaşam tarzındaki bu dönüşüm, süreçleri daha verimli hale getirmek ve zaman kazanmak amacıyla teknolojik çözümlere yönelmeyi beraberinde getirmiştir. Otomasyon, endüstriyel faaliyetlerden günlük yaşamın birçok alanına kadar geniş bir yelpazede kullanılmaktadır. İnsanlar, karmaşıklığı ve tekrarlayan görevleri otomatik sistemlere bırakarak, yaratıcılıklarına ve kompleks görevlere odaklanma fırsatı bulmuşlardır. Bu süreç, teknolojinin insan yaşamına entegrasyonunu ifade eden bir dönüşümün önemli bir parçasıdır.

Gübreleme, tarihsel olarak yüzlerce yıl öncesine dayanan bir tarım pratiği olsa da, özellikle 1950'lerden sonra kimyasal gübre kullanımıyla birlikte tarımsal hayatta önemli bir etkinlik haline gelmiştir (Şahin, 2016). Zirai alandaki bu gelişmeler, birçok ülkede verimlilikte gözle görülür artışlara yol açmıştır. Ancak, günümüzde çoğu ülkede kimyasal gübre kullanımına rağmen, bu alandaki bilinçsiz uygulamalar ve gübrelerin etkin kullanılamaması, tarımsal verimliliği olumsuz etkilemektedir.

Modern sera ve tarla yönetiminde dijital elektronik ve sensör teknolojileri, işletmelerin daha verimli ve sürdürülebilir bir şekilde faaliyet göstermelerine olanak tanıyor. Bu teknolojiler, enerji, su ve gübre kullanımını optimize ederek kaynak tasarrufu sağlamayı hedefliyor. Ancak, kablolu ölçüm sistemleri ve kablo trafiği gibi fiziksel kısıtlamalar, bu yenilikçi çözümleri engelleyebilir. Seralar ve tarlalar, verimli bir veri yönetimiyle daha akıllı ve etkili hale getirilebilir. Bu nedenle, güvenilir kablosuz iletişim protokolleri ve düşük enerji tüketimli sensörler gibi yeni nesil çözümler geliştirilmelidir. Bu sayede, veri toplama süreçleri daha sorunsuz ve kesintisiz hale getirilerek işletmelerin karşılaştığı zorluklar en aza indirilebilir (Ciğer, 2010).

Tarımda Nesnelerin İnterneti (IoT), oldukça önemlidir, IoT sistemlerin uzaktan kontrolü sayesinde Gerçek zamanlı veri toplama ve analiz yeteneği ile IoT, su ve enerji tüketimini azaltırken sürdürülebilir tarım uygulamalarını destekler. Otomasyon ve uzaktan izleme özellikleri, iş gücü maliyetlerini düşürür ve tedarik zinciri yönetimini iyileştirir. Bu teknoloji, tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini artırarak gıda güvenliğini güçlendirir ve çevresel etkileri minimize eder.



Şekil 1.1 Tarımda Nesnelerin İnterneti

1.1.Kaynak Araştırması

Çakır ve arkadaşları (2022) yapmış oldukları araştırmada, tarım sektöründe artan nüfus ve azalan tarım alanları gibi zorluklar nedeniyle yenilikçi teknolojilerin gerekliliğini ele almışlardır. Yapay zeka (AI), Nesnelerin interneti (IoT), Mobil İnternet Bağlantıları ve özellikle Beşinci Nesil Mobil İletişim (5G) teknolojisinin tarım ve verimlilik artışına katkıları incelenmiştir. 5G'nin yüksek hızlı veri iletimi, tarım uygulamalarında gerçek zamanlı veri iletimi ile hasat, yabancı ot tespiti, sulama ve ilaçlama gibi faaliyetlerde doğruluk ve verimlilik sağlanmasına olanak tanınması üzerinde durulmuştur. Akıllı tarımın, tarımsal üretime yönelik veri analizi ve kaynak optimizasyonu sağlayarak üretim yönetiminde devrim yaratabileceği belirtilmiştir. 5G altyapısının şehir merkezlerine göre kırsal alanlarda maliyet ve teknik zorluklar nedeniyle daha karmaşık

olduğu ve insansız hava araçları gibi teknolojilerin bu altyapı zorluklarını aşmada potansiyel çözümler sunduğu ifade edilmiştir.

Yenikaya ve arkadaşları (2022) gerçekleştirdiği çalışmada, IoT tabanlı akıllı sulama ve gübreleme sistemlerinin tasarımı ve uygulamalarına odaklanmıştır. Bu çalışmada çeşitli sensörler ve mikrokontrolörler kullanılarak tarımsal alanlarda su ve gübre kullanımının otomatik olarak yönetilmesi sağlanmıştır. Araştırmacılar, bu teknolojilerin tarımsal üretimde su ve gübre kullanımını daha verimli hale getirmede önemli faydalar sağladığını belirtmişlerdir.

Örneğin, çalışmalarda belirtilen Arduino tabanlı akıllı damla sulama sistemi, IoT teknolojisi kullanılarak geliştirilmiş ve toprak nem seviyesine göre sulama yapılmasını sağlamıştır. Ayrıca, otomatik gübre karıştırıcılar ve çeşitli çevresel koşulları izleyebilen sensörler, tarımsal üretim süreçlerinin daha etkin yönetilmesine olanak tanımıştır.

Ciğer (2010) gerçekleştirdiği çalışmada, seralar için daha esnek ve kullanışlı bir otomasyon sistemi geliştirmeyi hedefler. Bu sistem sıcaklık, nem ve ışık gibi çevresel değerlerin otomatik ve uzaktan kontrolünü sağlar. Çalışma çeşitli sensörler ve kontrol elemanları ile uyumlu, programlanabilir bir mikro denetleyici içeren esnek bir elektronik kart üzerine kuruludur. Ayrıca, sistem verileri bir veri tabanında saklar ve web arayüzü aracılığıyla internet üzerinden erişilebilir hale getirir.

Doğan (2022) yapmış olduğu çalışma da mobil uygulamaların günümüzdeki yaygın kullanımını tarımsal otomasyon sistemlerine uygulayarak, bir seranın temel fonksiyonlarının mobil cihazlar üzerinden kontrol edilmesine olanak sağlamayı amaçlar. Bu çalışmada, Android Studio kullanılarak geliştirilen bir mobil uygulama ile maket sera içerisindeki sıcaklık, aydınlık, havalandırma, nem ve sulama gibi temel fonksiyonların kontrol edilmesi amaçlanmıştır. Mobil uygulama aracılığıyla seradaki otomasyon sistemlerinin mobil cihazlar üzerinden kontrolü sağlanmıştır, böylece tarımsal faaliyetler dijitalleşerek iş yükünü azaltma ve efektif çalışma imkanı sunmuştur. Model sera sistemi kurularak sıcaklık, nem, havalandırma, ışık, iklimlendirme sistemleri ve bunların mobil uygulama ile internet üzerinden kontrolü gerçekleştirmiştir. ESP32 MCU işlemci, DHT 11 nem ve sıcaklık sensörü, LDR ışık sensörü, ve diğer sensörler kullanılarak oluşturulan otomasyon sistemi, kullanıcıların verileri uzaktan almasına olanak tanımıştır. Bu sistemle seralarda farklı sensör ve

kontrol üniteleri kullanarak daha fonksiyonel sistemlerin oluşturulabileceği gösterilmiştir.

Bai Yun-fei (2012) yılında yapmış olduğu çalışmasında, bilimsel gübrelemenin modern tarımın temel içeriği olarak tanımlandığı, ileri gübreleme teknolojisinin güçlü bir şekilde teşvik edilmesi, verimli optimizasyon gübre ürünlerinin geliştirilmesi, bilimsel gübreleme yöntemlerinin yaygınlaştırılması ve modern tarımın gelişiminin desteklenmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Çalışmada, bazı mahsuller için besin formülü gübreleme şemaları ve gösterim test sonuçları tanıtılmaktadır. Bu, gübrelemenin sadece bitki beslenmesini ve ürün verimliliğini iyileştirmekle kalmayıp aynı zamanda çevresel etkileri en aza indirgeyerek ekonomik ve çevresel olarak uygun bir yöntem olduğunu göstermektedir.

Taştan (2019) yılında yapmış olduğu çalışmasında nesnelerin interneti tabanlı bir akıllı sulama sistemi yapmıştır. Yapmış olduğu akıllı sulama sistemin de hava sıcaklığı, hava nemi ve toprak nemi gibi değerleri okuyarak uygun zamanlı sulamayı incelemiştir. Akıllı sulama sistemi için Wifi modülüne sahip NodeMCU mikrodenetleyicisi kullanmıştır. Sistemin mobil tarafın da ise Blynk uygulamasını kullanmıştır. Çalışma da elektrikten ve su dan önemli ölçüde tasarruf sağlandığı belirtilmiştir.

Kurt ve arkadaşları (2022) yapmış oldukları çalışma da uzaktan kontrollü sulama ve gübreleme sistemi tasarlamışlardır. Geliştirdikleri sistemi 60m² büyüklüğündeki bir tarım arazisinde uygulanmıştır. Bu çalışmada, ESP32 Doit Devkit V1 mikrodenetleyicisi kullanarak IoT tabanlı tarımsal sulama sistemi tasarlamışlardır. ara yüz olarak dokunmatik özelliğe sahip Nextion HMI LCD ekran kullanmışlardır. Ekranda sensörlerden alınan bilgiler daha akıcı bir şekilde kullanıcıya göstermişlerdir. Sistemin en önemli özelliklerinden biri de gübreleme ünitesidir. Uygulanacak arazi üzerinde istenilen değerlerle gübreleme işlemi sulama yöntemine benzer olarak yapılabilir. Böylece bitkilerin yalnızca su değil mineral ihtiyacı da düzenli şekilde bitkiye verilmektedir. Bitkinin ihtiyacı olan gübre miktarı sistemde kullanılan ağırlık sensörleriyle gerçekleştirilmektedir. Bu sayede yetiştirilen bitkiye özgü gübreleme miktarını belirlemişlerdir.

Comart ve arkadaşları (2018) tarımda Nesnelerin İnterneti (IoT) uygulamalarının tarımsal üretimi nasıl dönüştürdüğünü kapsayan bir çalışma yapmışlardır. Gelişmiş

izleme sistemleri, çevresel faktörlerin analizi, hassas tarım için platformlar ve kablosuz sensör ağları ile sera kontrolü gibi konuları içermektedir. XMPP protokolünün IoT standartlarına entegrasyonu, FIWARE bulutu üzerinden sürdürülebilir ekosistemler ve tarım makineleri için hizmet yönetim sistemleri gibi teknik çözümler de sunulmuştur. IoT, verimliliği artırma, kaynak kullanımını optimize etme ve karar alma süreçlerini iyileştirme potansiyeline sahip olarak tarımsal uygulamaları dönüştürmektedir.

1.2.Tezin Konusu, Amacı ve Literatüre Katkısı

Bu çalışma da tarımsal alan da uzaktan kontrollü gübreleme ve sulama sistemi tasarımı ele alınmıştır. Kullanıcının tarla veya seraya gitmeden istediği işlemi uzaktan kontrol edebileceği bir sistem geliştirilmiştir.

Bu araştırma, tarımsal alanlarda gübreleme ve sulama sistemlerinin Nesnelerin İnterneti (IoT) teknolojileri kullanılarak uzaktan yönetilmesini hedeflemektedir. Geliştirilen sistem, maliyet etkinliği ve yüksek verimlilik ilkelerine dayanarak tasarlanmıştır. Sistemin entegre edilmiş sensörleri, tarlalar veya seralar hakkında gerçek zamanlı veri toplama imkanı sunmaktadır. Araştırmanın bir diğer amacı da, kablosuz teknolojinin avantajlarından yararlanarak, kablolu ölçümlere bağlı oluşan kablo karmaşası ve diğer dezavantajları minimize etmektir. Bu yaklaşım, tarımsal uygulamalarda izleme ve kontrol mekanizmalarını modernize etmeyi ve bu süreçlerde etkinliği artırmayı amaçlamaktadır.

Bu çalışma da literatürde belirtilen Nesnelerin İnterneti tabanlı (IoT) bir otomasyon sistemi tasarlanmıştır.

Mevcut otomasyon sistemlerinin aksine kablosuz, düşük maliyetli ve kolay kurulumu olan bir sistem tasarlanmıştır.

2.GENEL BİLGİLER

2.1. Nesnelerin İnterneti (Internet of Things)

Nesnelerin İnterneti kavramının tarihine bakıldığında, ilk olarak 1999 yılında Kevin Ashton tarafından kullanılmıştır. 1991 yılında, Cambridge Üniversitesi'nde görev yapan yaklaşık on beş akademisyen, kahve makinesinin durumunu izlemek amacıyla bir

kamera sistemi kurmuşlardır. Bu sistem, kahve makinesinin görüntülerini dakikada üç kez akademisyenlerin bilgisayar ekranlarına ileterek, o dönem için yenilikçi bir uygulama olarak kabul edilmiştir. 2001 yılına kadar faal kalan bu sistem, çevrimiçi ve gerçek zamanlı veri aktarımı yapabilmesi sebebiyle, "nesnelerin interneti" (Internet of Things - IoT) kavramının tarihteki ilk örneklerinden biri olarak değerlendirilmektedir (BBC, 2012).

1999 yılında ise, Kevin Ashton, Procter & Gamble (P&G) şirketi için radyo frekansı tanımlama (RFID) teknolojisinin uygulanması ve bu teknolojinin şirkete sağlayacağı potansiyel faydaları detaylandırmıştır. Ashton tarafından önerilen bu sistem, radyo dalgaları ve sensörler kullanılarak oluşturulan ve "internet of things" kavramını tanımlayan bir küresel sistem standardının temellerini atmıştır (Kevin, 2009).

RFID ve WSN, IoT'nin temel taşları olarak nesnelerin entegrasyonunu ve akıllı sistemlerin gelişimini hızlandırmaktadır. Bu teknolojilerin etkileşimi, günlük yaşamdan endüstriyel uygulamalara kadar geniş bir yelpazede daha akıllı, bağlantılı ve verimli bir dünya oluşturma yolunda önemli bir adımı temsil etmektedir (Landaluce ve ark., 2020).

Nesnelerin İnterneti (IoT), fiziksel nesnelerin internet üzerinden birbirleriyle ve daha geniş sistemlerle veri alışverişinde bulunabilmesini sağlayan bir teknoloji ağıdır. Bu nesneler, çeşitli sensörler, yazılımlar ve diğer teknolojilerle donatılarak çevreleri hakkında veri toplar ve bu verileri analiz etmek veya belirli eylemleri otomatikleştirmek amacıyla kullanır. IoT, akıllı evlerden endüstriyel otomasyona, sağlık hizmetlerinden şehir altyapısına kadar geniş bir yelpazede uygulamalara sahiptir. Bu sistemler, verimliliği artırmak, enerji kullanımını optimize etmek, kaynakları daha etkili bir şekilde yönetmek ve kullanıcı deneyimini iyileştirmek gibi amaçlarla kullanılır. Nesnelerin İnterneti, büyük veri ve yapay zeka teknolojileriyle birleştiğinde, daha akıllı, bağlantılı ve otomatik bir dünya yaratma potansiyeline sahiptir.

IoT, tarım, sağlık, enerji, ulaşım gibi sektörlerde devrim niteliğinde değişimlere öncülük edebilecek potansiyele sahiptir. Ancak, bu teknolojinin benimsenmesi, aynı zamanda güvenlik ve gizlilik konularında yeni zorlukları da beraberinde getirmiştir. Bu bağlamda yapılan çalışmalar, IoT'nin güvenliği, veri analizi ve ölçeklenebilirlik konularında ilerleme kaydetmeyi hedeflemektedir (Gökrem ve Bozuklu, 2016).

Nesnelerin interneti (IoT), günlük yaşamın pek çok alanında devrim yaratmaktadır. Akıllı evlerde, IoT cihazları enerji kullanımını optimize ederken aynı zamanda güvenlik ve konforu artırıyor. Akıllı şehirlerde, trafikten atık yönetimine ve kamu güvenliğine kadar birçok alanda verimliliği iyileştiren sistemler kuruluyor. Sağlık sektöründe, giyilebilir cihazlar ve sensörler sayesinde hastaların uzaktan izlenmesi ve hastalıkların yönetimi kolaylaşıyor. Endüstri 4.0 ile birlikte üretim süreçleri, IoT sayesinde daha verimli hale gelirken, akıllı fabrikalar bakım ihtiyaçlarını önceden tahmin edebiliyor. Bu geniş uygulama yelpazesi, IoT'nin nasıl bir dönüşüm potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

Nesnelerin İnterneti (IoT), her alanda büyük faydalar sağlasa da bazı önemli zorluklar ve dezavantajlarla da karşı karşıyadır. Güvenlik açıkları, cihazların siber saldırılara karşı savunmasız olması ve veri ihlalleri ön plana çıkmaktadır. Ayrıca, kullanıcıların gizliliği, aşırı izleme ve kişisel verilerin kontrolsüz işlenmesiyle tehdit altında olabilir. Teknik sorunlar arasında cihazlar arası uyumluluk eksikliği ve yönetim zorlukları bulunurken, ekonomik ve toplumsal etkiler ise işsizlik artışı ve dijital bölünme şeklinde kendini gösterebilir.

Bu gelişmelerle birlikte, IoT'nin benimsenmesiyle ilgili çeşitli zorluklar da ortaya çıkmaktadır, özellikle güvenlik ve veri gizliliği konularında. Ancak doğru önlemler alındığında, IoT'nin sunduğu potansiyel, endüstrilerin daha akıllı, bağlantılı ve sürdürülebilir hale gelmesine yönelik heyecan verici bir geleceğe işaret etmektedir (Erdal ve Ergüzen, 2020).

İnternet, dünyadaki yüzbinlerce bilgisayarı birbirine bağlayan ve bunların birbirleriyle iletişim kurmasını sağlayan bir ağ veya network olarak tanımlanabilir (Yüzer, 2013). Bu, dünya genelindeki bilgi akışını hızlandırarak küresel iletişimi ve işbirliğini kolaylaştırmaktadır. İnternet, birçok sektörde önemli bir araç olarak öne çıkmakta; eğitim, ticaret, hükümet hizmetleri, sağlık, eğlence ve sosyal etkileşim gibi bir dizi alanda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu devasa ağ, her geçen gün evrim geçirerek daha karmaşık hale gelmekte ve yeni uygulamalarla zenginleşmektedir. İnternet, bilgiye anında erişim sağlama, kültürler arası bağlantıları artırma ve küresel bir topluluk oluşturma konusunda etkileyici bir role sahiptir. İnternetin evrensel erişilebilirliği, dünya çapında bir dizi kullanıcıyı bir araya

getirerek bilgi ve kaynak paylaşımını artırmakta, böylece insanlığın kolektif bilgi birikimine büyük katkıda bulunmaktadır (Madakam ve ark., 2015).

Nesnelerin internetinin hayatımıza katkıları;

- Teknolojik ve Donanımsal İnovasyonlar: Yeni sensörler, aygıtlar ve bağlantı çözümlerinin yaratılması ve iyileştirilmesi.
- Veri Analizi ve İşleme: IoT aygıtlarından elde edilen geniş veri setlerinin değerlendirilmesi, işlenmesi ve bu verilerden yararlı bilgiler elde edilmesi.
- Güvenlik ve Mahremiyet: IoT ortamlarında veri güvenliğinin ve gizliliğinin temin edilmesi, aygıtların korunması ve erişim kontrol sistemlerinin geliştirilmesi.
- Kullanım Alanları: Sağlık, tarım, akıllı evler, endüstriyel otomasyon ve ulaşım gibi çeşitli alanlarda IoT'nin uygulanması ve bu uygulamaların etkilerinin araştırılması.

2.2.IoT'nin Temel Yapı Taşları

Kablosuz Sensör ve Aktüatör Ağları: Uzaktan geniş alanlardaki anlık durumların izlenmesi gereken durumlar için kablosuz sensör ağları (KAA) tercih edilir (Akyıldız ve ark., 2002).

RFID ve NFC: RFID, nesnelerin benzersiz radyo frekansları ile tanımlanmasını sağlayan bir tekniktir, NFC ise RFID'nin bir alt kategorisi olarak özellikle ödeme, güvenlik ve kimlik doğrulama gibi çeşitli alanlarda kullanılır.

Wi-Fi: Tabletler, telefonlar, akıllı saatler, medya oynatıcılar, televizyonlar, oyun konsolları gibi cihazların birbirlerine kablosuz bağlantı kurmasını sağlar.

Mobil Ağ Teknolojileri (3G, 4G-LTE, 4.5G): Mobil iletişimde, kapsama alanı hücre olarak adlandırılan küçük bölgelere ayrılır. Her hücrenin merkezinde bir baz istasyonu yer alır ve mobil cihazlar bu istasyonlar aracılığıyla iletişim kurar. Bu istasyonlar bir ağ yapısında birbirlerine bağlıdır.

Makine Öğrenimi: İstatistik, matematik ve bilgisayar bilimleri alanlarının birleşimiyle oluşan, mevcut veri setlerinin iç yapısını çeşitli algoritmalar aracılığıyla belirleyip, bu yapıyı kullanarak yeni veriler için tahminler yapabilen yöntemlerdir.

Büyük Veri: Farklı kaynaklardan elde edilen ve işlenmesi, analizi, depolanması gereken büyük veri setleridir. Bu veriler, araştırmalardan pazarlama ve güvenlik gibi birçok alanda kullanılabilir.

Bulut Bilişim: İşlem gücü, veri tabanı, depolama, uygulamalar ve diğer bilişim teknolojileri kaynaklarının, internet üzerinden isteğe bağlı olarak ve kullanım bazlı ödeme modeliyle sunulduğu sistemdir (Doğan ve ark., 2016).

IoT Güvenliği: Kimlik ve erişim doğrulamasındaki eksiklikler, güvenli olmayan web arayüzleri, korumasız ağ hizmetleri, iletimdeki şifreleme ve bütünlük doğrulama sorunları, güvensiz bulut ve fiziksel güvenlik eksiklikleri gibi faktörleri içeren bir güvenlik konseptidir (Angın , 2018).

Aşağıda ki tabloda nesnelerin internetinin avantajları ve dezavantajları verilmiştir.

Tablo 2.1. Nesnelerin İnterneti'nin Avantajları ve Dezavantajları

Avantajlar	Dezavantajlar
Verimlilik ve zaman tasarrufu	Güvenlik ve mahremiyet endişeleri
Kolay erişim ve kontrol	Yüksek başlangıç maliyetleri
Otomasyon ve akıllı karar alma	Teknolojiye bağımlılık
Kaynak optimizasyonu	Veri yönetimi ve depolama sorunları
Gelişmiş veri toplama ve analizi	Uyumluluk ve standartlarla ilgili zorluklar

2.3. IoT Teknolojilerinin Ana Özellikleri

Nesnelerin interneti teknolojileri, insanlar ile makineler arasında ya da makineler arası iletişim kurulmasını sağlayan, akıllı sensörlerle fiziksel dünyanın deneyimlerini zenginleştiren özelliklere sahiptir. Bu teknolojiler, kendi kendine öğrenebilen sensörler ve enerji tasarrufu sağlayan hareket algılayıcılar gibi gelişmiş algılama kapasitesi ile çevresel cihazlarla etkileşimde bulunabilir. Ayrıca, genişletilmiş ağ bağlantıları ve erken uyarı sistemleri aracılığıyla güvenliği artırma potansiyeline sahiptirler. Bunun yanı sıra, bu teknolojilerin kullanımı, günlük hayatta karşılaşılan problemlere akıllı çözümler sunarak yaşam kalitesini artırmayı ve iş süreçlerinde verimliliği maksimize etmeyi amaçlar. Şekil 2.1’de görüldüğü üzere birçok alan da IoT kullanımı mevcuttur.



Şekil 2.1.IoT Teknolojilerinin Ana Özellikleri

Nesnelerin İnterneti (IoT), günlük yaşamımızın her yönünü dönüştürerek bizlere daha bağlantılı ve akıllı bir dünya sunmaktadır. Şekil 2.2’de de görüldüğü üzere Akıllı evlerden sağlık hizmetlerine, tarımdan şehir planlamasına kadar geniş bir yelpazede uygulamalara sahip olan IoT, nesnelerin internete bağlanıp birbirleriyle ve bizimle iletişim kurmasını sağlayarak hayatımızı kolaylaştırır.



Şekil 2.2.Nesnelerin İnterneti(IoT)

2.4. Otomasyon Nedir ?

Otomasyon, makine ve yazılımların insan müdahalesi olmadan belirli görev ve süreçleri gerçekleştirmesi anlamına gelir. Bu süreçler genellikle tekrar eden, rutin veya zorlu görevler olabilir. Otomasyon teknolojisinin temel amacı, iş verimliliğini artırmak, hata oranını azaltmak, operasyonel maliyetleri düşürmek ve insan emeğini daha stratejik ve yaratıcı görevlere yönlendirmektir. Otomasyon; üretim hatları, ofis işlemleri, ev aletleri ve hatta kompleks sistemlerin yönetimi gibi geniş bir yelpazede uygulanabilir. Endüstriyel otomasyon, bilgi teknolojileri ve robotik, otomasyonun öne çıkan alanlarından bazılarıdır. Gelişen teknoloji ile birlikte otomasyon, yapay zeka ve makine öğrenimi gibi ileri teknolojilerin entegrasyonu sayesinde giderek daha akıllı ve yetenekli hale gelmektedir.

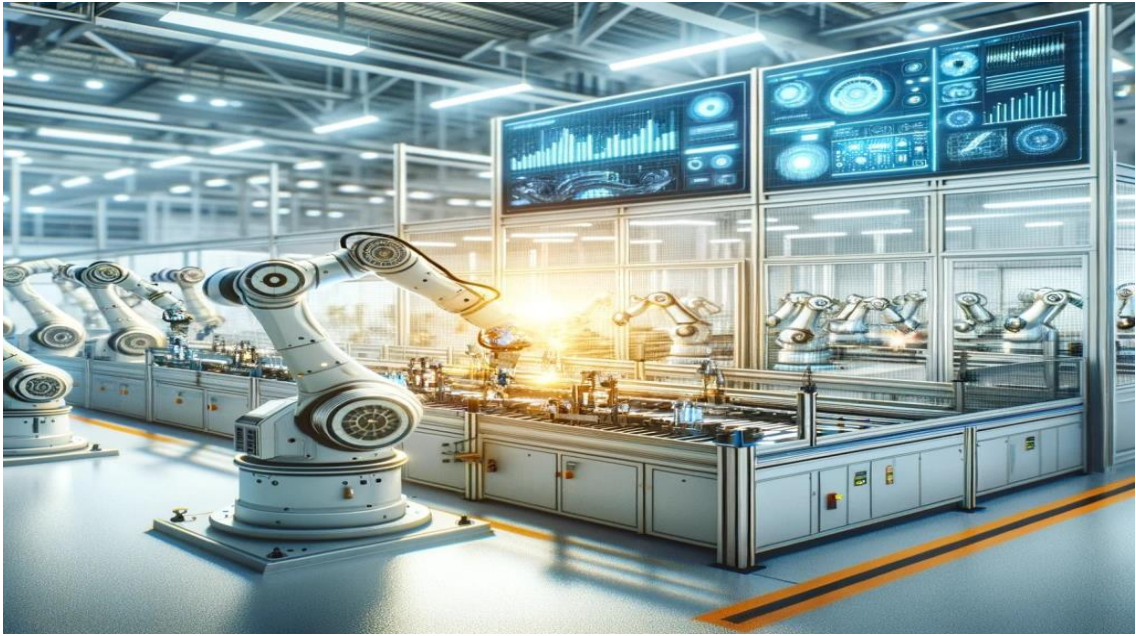
Robotik ve otomasyonun ilerleyen dönemlerdeki potansiyeli, hem endüstriyel süreçlerin hem de günlük yaşamın birçok yönünü dönüştürme yeteneğine sahiptir. İnsanlık, bu teknolojik ilerlemeleri daha güvenli, verimli ve sürdürülebilir bir dünya oluşturmak için kullanma potansiyeline sahiptir (Goldberg, K. (2012).

Tarımsal otomasyonun yaygınlaşması, gelecekte tarımın daha sürdürülebilir, verimli ve teknoloji odaklı bir hale gelmesine katkıda bulunabilir. Bu, çiftçilerin karşılaştığı

zorlukları azaltmanın yanı sıra gıda üretim süreçlerini daha etkili ve çevre dostu bir şekilde yönetme potansiyelini de beraberinde getirir (Mahmud ve ark, 2020).

Tarım sektöründe robotik ve otomasyon gibi yenilikler giderek daha fazla kullanılmaya başlamıştır. Ancak mevcut durum itibarıyla, bu tür teknolojiler özellikle geniş ve açık tarım arazilerindeki işlemlerde tercih edilmektedir. Bu teknolojilerin yüksek maliyetleri nedeniyle, genellikle geniş çiftliklerde otonom olarak çalışan biçerdöverler veya tohum ekme ve sürme işlemleri gibi belirli görevler için kullanılmaktadır (Uzun ve ark., 2018).

Şekil 2.3'te otomasyon sistemi görseli verilmiştir.

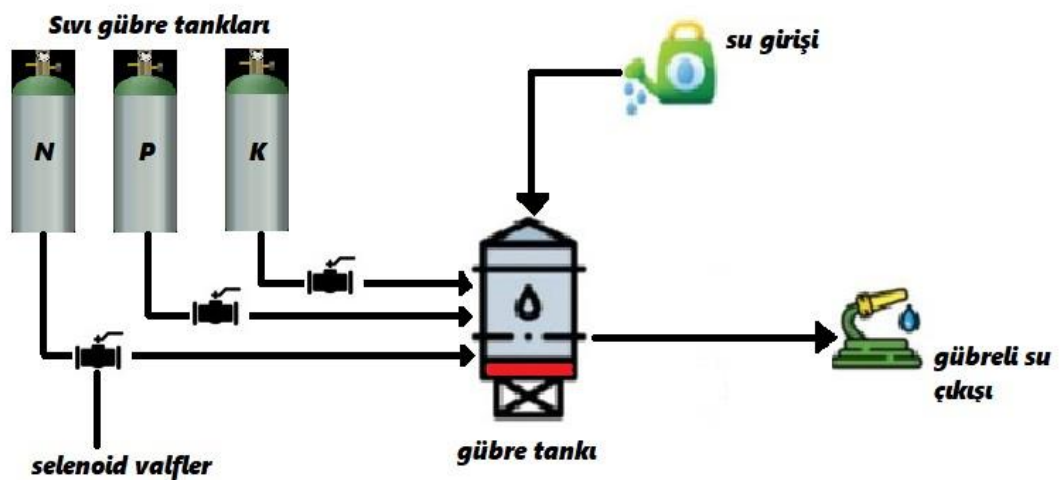


Şekil 2.3.Otomasyon Sistemi

2.5. Gübreleme Otomasyonu

Gübreleme otomasyonunda sisteme entegre selenoid valflerin uzaktan kontrolü sağlanmaktadır. Sistemin kontrolü mobil telefondan veya bilgisayardan yapılmaktadır, mobil uygulama ve yazılım kısmı olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Mobil uygulamada uzaktan wifi yardımıyla istenilen komut verilir ve sisteme entegre mikro denetleyici sayesinde valfler açık veya kapalı konuma gelmesi sağlanmaktadır. Yazılım kısmı sistemin kontrolünü ve veri alma görevini yapmaktadır. Geliştirilen otomasyon sistemi çevresel faktörlerin kontrolü üzerine odaklanan bir bilgisayar destekli kontrol sistemi tasarımı, kolay kurulum, esneklik, düşük maliyet ve kullanım kolaylığı gibi temel özelliklere sahiptir. Bu sistem, tarımsal alan içindeki sıcaklık, bağıl nem gibi

değişkenleri bilgisayar kontrollü bir şekilde düzenlemektedir. Ayrıca, çeşitli kontrol sistemlerine entegre edilebilir donanım ve yazılımla tasarlanmıştır. Sistemin önemli bir özelliği, tek bir sera veya tek bir ürün çeşidi için değil, seradaki herhangi bir ürün değişikliğinde bile kolaylıkla yeniden ayarlanarak yeni ürünlere uyum sağlayabilmesidir. Gübreleme otomasyon sisteminin uzaktan yönetilmesi için gereken veri tabanları oluşturularak, dünyanın herhangi bir yerinden sisteme erişim sağlanabilir hale getirilmiştir. Bu sayede, sistemle ilgili anlık değişim bilgilerine kolayca erişilebilir.

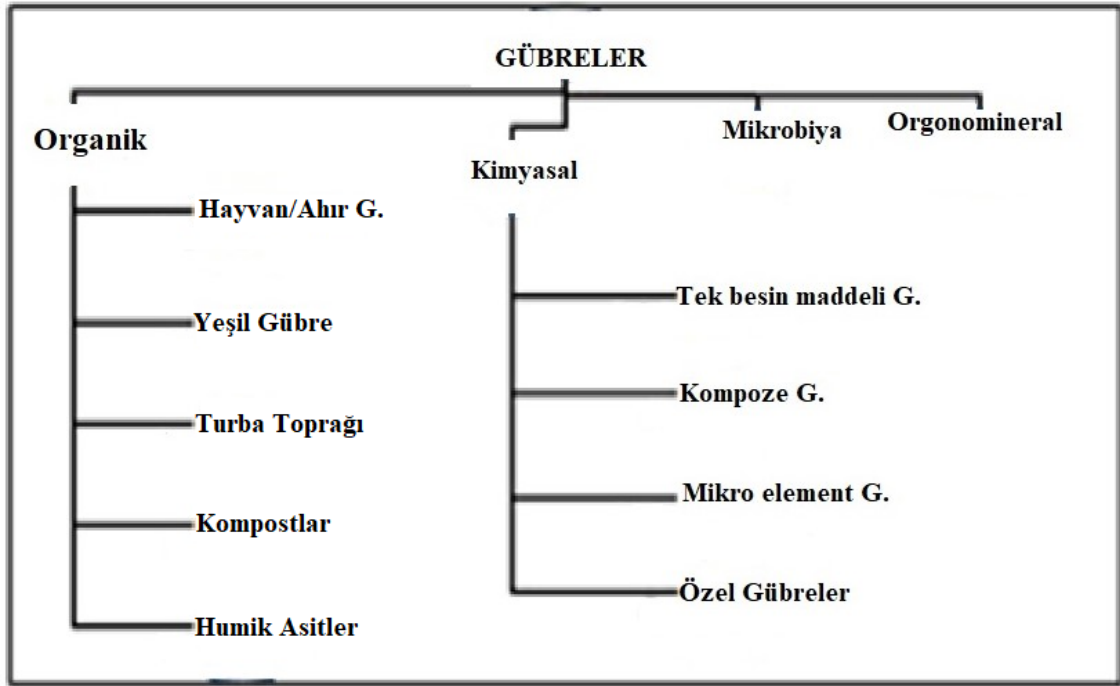


2.6. Gübrelemenin Tarihçesi

gösterebileceğimiz kimyasal gübrelerin ortaya çıkışı neredeyse iki asır kadar yakın bir süreye dayanmaktadır.

Yapılan çalışmalar, hayvansal gübrelerin eski çağlardan günümüze kadar kullanıldığını göstermektedir. Ancak, kimyasal gübrelerin ortaya çıkışı, tarımda önemli bir dönüm noktası oluşturmuş ve modern tarım uygulamalarında verimliliği artırmıştır. Bu tarihi süreç, tarımın evriminde insanların toprak verimliliğini artırma çabalarını yansıtmaktadır (Sezen, 1995).

Yirminci yüzyılın son dönemlerinde, endüstriyel üretimde kullanılan sentetik gübrelerin üretimi ve kullanımı hızla artmıştır. Bu gelişmeler, tarımsal üretimde önemli verimlilik artışlarına yol açarak dünya genelinde gıda üretimini büyük ölçüde artırmıştır. Şekil 2.5'te gübrelerin sınıflandırılması verilmiştir.



Şekil.2.5. Gübre Türleri ve Sınıflandırmaları

Yaygın olarak kullanılan gübreleme türleri, tarımsal üretimde toprak verimliliğini artırmak, bitki gelişimini desteklemek ve ürün kalitesini iyileştirmek için çeşitli yöntemler ve malzemeleri içerir.

Günümüzde kullanılan bazı gübreleme türleri avantajları ve dezavantajları il birlikte aşağıda ki tablo da gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Yaygın Olarak Kullanılan Gübreleme Türleri

Gübreleme Türü	Açıklama	Avantajları	Dezavantajları
Kimyasal (Sentetik) Gübreler	Azot, fosfor, potasyum gibi elementler, bitki içinde katı, sıvı ya da granül formunda bulunmalarını sağlayan kimyasallara kimyasal gübre veya inorganik gübre denir (Yetgin, 2020).	Hızlı etki Belirli besin maddesi eksikliklerini hızla giderme	Toprakta kimyasal birikim Uzun vadede toprak sağlığını olumsuz etkileyebilir
Organik Gübreler	Organik gübreler, kaynaklarına bağlı olarak çeşitli oranlarda azot, fosfor, potasyum ve diğer besin elementleri içerir. Bu gübreler bitkilere besin sağlamanın yanı sıra toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirir, böylece bitkilerin büyümesine yardımcı olur (Aygün ve Acar, 2004)	Toprağın organik madde içeriğini artırır Toprak yapısını iyileştirir	Hızlı etki etmez Besin maddesi içeriği değişken olabilir
Sıvı Gübreler	Sıvı gübre, biyolojik gübre olarak da bilinir. Doğada bulunan hemen hemen her tür doğal ve sağlıklı materyal gübre olarak değerlendirilebilir. Hayvansal atıklar ve çeşitli bitkisel materyaller sıvı gübre olarak kullanılabilir (Aktepe, 2021).	Hızlı emilim Uygulaması kolay	Sık uygulama gerektirebilir Aşırı kullanım toprak ve bitki için zararlı olabilir
Yeşil Gübreleme	Yeşil gübreleme, yerel olarak yetiştirilen ya da dışarıdan getirilen yeşil bitki materyalinin toprağa gömülerek toprağın beslenmesi ve verimliliğinin artırılması sürecidir (Brohi ve Topbaş, 1998).	Toprağa organik madde ve azot kazandırır Toprak yapısını iyileştirir	Zaman alıcı Uygulama için ek arazi gerektirebilir
Biyolojik Gübreler	Biyolojik gübre tohumu, bitki yüzeyine veya toprağa uygulandığında rizosferde kolonize olan veya bitki dokularına giren ve besin elementlerinin alımını yapan formülasyondur (Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, 2014).	Toprak sağlığını destekler Çevre dostu	Etkisi diğer gübre türlerine göre daha yavaş olabilir Uygulama ve depolama koşulları önemlidir

2.7. Neden Damlama Sulama İle Gübreleme ?

Otomasyon sistemleri, özellikle damla sulama yöntemi ile gübrelemenin tercih edilmesinde su tasarrufu ve iş yükünün azalması gibi avantajlar ön plana çıkmaktadır. Damla sulama, diğer sulama yöntemlerine göre daha fazla su tasarrufu sağlamak ve iş yükünü önemli ölçüde azaltmaktadır. Bu yöntemin temel ilkesi, bitkilerde nem eksikliğinden kaynaklanan stresi en aza indirerek, bitki köklerinin optimum gelişimini desteklemek üzere düzenli aralıklarla az miktarda sulama suyunu bitki kök bölgesine uygulamaktır. Damla sulama sistemi, suyun doğrudan bitki ihtiyacına yönlendirilmesini sağlayarak suyun verimli bir şekilde kullanılmasına olanak tanır.

Bu modern sulama pratiği, tarımın sürdürülebilirliğini artırmak, su kaynaklarını daha etkili kullanmak ve gübreleme süreçlerini optimize etmek adına önemli bir adımdır. Otomasyonun damla sulama ve gübreleme sistemlerine entegre edilmesi, tarım verimliliğini artırmak ve çevresel etkileri en aza indirmek açısından önemli bir stratejidir. Bu sayede, tarım sektörü daha verimli, çevre dostu ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilebilir (Aras, 2006).

Bu sistem, suyun bitkilerin kök bölgesine doğrudan damlatılması prensibine dayanır. Hem avantajları hem de dezavantajları ile dengeli bir değerlendirme yapılması, bu sistemin uygulanabilirliğini belirler.

Avantajları

- Su Tasarrufu: Damlama sulama, suyun doğrudan bitkinin kök bölgesine uygulanmasını sağlar, bu da buharlaşma ve sızıntı kayıplarını azaltarak su tasarrufuna yardımcı olur.
- Enerji Tasarrufu: Düşük basınçta çalıştığı için, diğer sulama yöntemlerine kıyasla daha az enerji tüketir.
- Verimlilik: Su ve gübreler doğrudan bitkinin köklerine ulaştığı için bitki büyümesi ve verimliliği artar.
- Weed Kontrolü: Su sadece istenilen bitkilerin kök bölgesine uygulandığından, yabancı otların büyümesi sınırlıdır.

- Hastalık ve Zararlı Kontrolü: Yaprakların ıslanmaması sayesinde mantar ve hastalıkların yayılma riski azalır.
- Esneklik: Farklı toprak tipleri ve arazi koşullarına kolayca adapte edilebilir.
- Otomasyon: Sistem otomatik olarak kontrol edilebilir, bu da işgücü maliyetlerinden tasarruf sağlar.

Dezavantajları

- Yüksek Başlangıç Maliyeti: Damlama sulama sistemi kurmak için gerekli ekipman ve kurulum maliyeti yüksektir.
- Tıkanma Riski: Su kaynağının temiz olmaması durumunda, damlatıcılar tıkanabilir ve sistem verimliliği düşebilir.
- Bakım Gereksinimi: Düzenli bakım ve kontrol gerektirir. Tıkanıklıkların önlenmesi ve sistem performansının korunması için filtrelerin temizlenmesi ve boruların kontrol edilmesi gerekir.
- Sınırlı Kullanım: Yüksek eğimli araziler veya çok büyük alanlar için uygun olmayabilir.
- Kök Bölgesine Sınırlı Sulama: Su ve besin maddeleri sadece bitkilerin kök bölgesine uygulandığı için, bitkilerin kök sistemlerinin yeterince genişlememesi riski vardır.
- Teknolojik Bilgi Gereksinimi: Sistemi etkili bir şekilde yönetmek için teknik bilgi ve beceri gereklidir.



Şekil 2.6. Damlama Sulama Görseli

Damlama sulama sistemi, özellikle su kaynaklarının sınırlı olduğu bölgelerde ve yüksek verimlilik gerektiren tarımsal üretimde tercih edilen bir yöntemdir. Ancak, bu sistemi seçmeden önce, yatırım maliyetleri, bakım gereksinimleri ve arazi koşulları gibi faktörlerin dikkatle değerlendirilmesi gerekir. Şekil 2.6'da damlama sulama görseli verilmiştir.

2.8. Mikrodenetleyici Sistemler

Mikrodenetleyici sistemler, çeşitli uygulama alanlarında kullanılan ve içerdikleri mikroişlemci, bellek ve giriş/çıkış bileşenleri ile elektronik cihazların kontrolünü, izlenmesini veya işlenmesini sağlayan temel bileşenlerdir. Bu sistemler genellikle özel ihtiyaçlara yönelik olarak tasarlanır ve gömülü sistemlerde yaygın olarak kullanılır.

Her bir mikrodenetleyici sistemi, belirli görevlere uygun olarak programlanabilen bir mikroişlemci birimi içerir. Bu mikroişlemci, çeşitli sensörlerden veya diğer cihazlardan gelen verileri işleyebilir ve bu verilere dayalı olarak belirli işlemleri gerçekleştirebilir. Aynı zamanda, genellikle harici bellekler aracılığıyla program kodlarını ve geçici verileri depolayarak esnek bir yapı sunar.

Mikrodenetleyici sistemleri, endüstriyel otomasyon, tıbbi cihazlar, akıllı ev sistemleri, otomotiv sistemleri gibi pek çok alanda yaygın olarak kullanılır. Örneğin, endüstriyel otomasyon uygulamalarında üretim süreçlerinin kontrolü ve izlenmesi, tıbbi cihazlarda hastaların sağlık verilerinin işlenmesi ve akıllı ev sistemlerinde enerji yönetimi gibi çeşitli görevlerde mikro denetleyici sistemler etkin bir şekilde kullanılır.

Bu sistemler, düşük güç tüketimi, kompakt tasarım, düşük maliyet ve geniş uyum yeteneği gibi avantajları ile öne çıkar. Teknolojinin sürekli gelişimiyle birlikte, mikro denetleyici sistemlerin uygulama alanları da genişlemekte ve daha karmaşık görevleri başarıyla yerine getirebilen, esnek ve güvenilir sistemler ortaya çıkmaktadır.

Bu tez çalışmasında, gübreleme otomasyonu kontrolü için ESP8266 adlı bir mikro denetleyici uygun görülmüştür.

ESP8266 Düşük maliyetli ve yüksek performansa sahip bir mikrodenetleyici sistem, hem Bluetooth hem de Wi-Fi özelliklerini bünyesinde barındırır. Bu sistem, kablosuz iletişim ve bağlantı yetenekleri sayesinde farklı cihazlar arasında veri alışverişi sağlar. Genellikle, enerji kaynaklarının sınırlı olduğu uygulamalarda tercih edilir ve bu özellikleri sayesinde mobil cihazlar, akıllı ev sistemleri ve tarımsal alan da kullanılan otomasyonlarda karşımıza çıkabilir.

Tez çalışmasın da otomasyona entegre edilmiş ESP8266 mikrodenetleyici sayesinde veri alışverişi wifi yardımıyla kolaylıkla sağlanmıştır.

3. MATERYAL ve METOD

Fertilizasyon otomasyon sistemi, mahsulün gereksinimlerine uygun olarak belirlenen gübre türlerini uzaktan kontrol mekanizması aracılığıyla tarım arazisine yönlendirir. Sistem içerisinde entegre edilmiş selenoid valflerin yönetimi, katı hal röleleri (SSR) ve NodeMCU'nun koordinasyonu ile gerçekleştirilmektedir. Gübre tüketimi, mesafe sensörü yardımıyla anlık olarak takip edilmektedir. Kullanıcı ile otomasyon sistemi arasındaki iletişim, MQTT haberleşme protokolü kullanılarak sağlanmaktadır. Sistemin uzaktan izleme arayüzü, Home Assistant platformu üzerinden yapılandırılmıştır.

Sistemimizin yazılım geliştirme sürecinde, ESPHome kullanılmış olup, bu platform Home Assistant ile entegre edilerek pratik çözümler sunmaktadır.

Yapılan çalışmada kullanılan malzemeler aşağıda belirtilmiştir:

- NodeMCU V3 ESP8266 Mikro Denetleyici
- Solid State Röle (SSR)
- Selenoid Valf
- Ultrasonik Mesafe Sensörü HC-SR04

3.1. Mikrodenetleyiciler

Mikrodenetleyici, genellikle gömülü sistemlerde kullanılan, bir bilgisayarın temel fonksiyonlarını tek bir mikroçip üzerinde birleştiren bir tür mikroişlemcidir. Bu cihaz, hem donanım hem de yazılım kontrol işlemleri için tasarlanmıştır ve çeşitli otomasyon

ve kontrol uygulamalarında, tüketici elektroniği ürünlerinden endüstriyel makineler ve araçlara kadar geniş bir yelpazede kullanılır.

Mikrodenetleyiciler, endüstrinin birçok alanında, özellikle otomasyon ve kontrol sistemleri alanında, geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bu cihazlar, entegre bir devre içinde, verinin alındığı bir Giriş Modülü, girilen veriyi programlayıp bunu bir Çıkış Modülü aracılığıyla ileten, verileri saklayan Hafıza birimleri, bu verileri bilgisayar kodlarına çeviren Analog ve Dijital çeviriciler, frekans oluşturan bir Osilatör ve Mikroişlemci içeren kontrol elemanlarını barındırır.

Mikrodenetleyicinin temel bileşenleri arasında şunlar bulunur:

- Merkezi İşlem Birimi (CPU): Talimatları işleyen ve kontrol eden birim.
- Bellek: Programların (flash bellek) ve çalışma verilerinin (RAM) saklandığı yer.
- Giriş/Çıkış Portları (I/O): Mikrodenetleyicinin dış dünya ile iletişim kurmasını sağlayan arabirimler.
- Analog-Dijital (A/D) ve Dijital-Analog (D/A) Dönüştürücüler: Analog sinyalleri dijital verilere dönüştüren ve tersi işlemi gerçekleştiren bileşenler.
- Zamanlayıcılar ve Sayıcılar: Zamanla ilgili işlemleri yöneten ve belirli olayları sayan modüller.
- Seri/Paralel İletişim Arabirimleri: Farklı cihazlar ve sistemler arasında veri alışverişini sağlayan arabirimler.

Mikrodenetleyiciler, düşük maliyetli, enerji verimliliği yüksek ve programlanabilir olmaları sebebiyle pek çok uygulamada tercih edilirler.

3.2. Sensörler

Sensörler, çeşitli fiziksel veya kimyasal değişimleri algılamak üzere tasarlanmış ve bu değişiklikleri elektrik sinyallerine dönüştüren özel aygıtlardır. Bu teknolojik harikalar, endüstriyel tarımdan, otomotiv endüstrisinden ev aletlerine kadar geniş bir yelpazede yaygın olarak kullanılır. Sensörler, çevrelerindeki değişiklikleri tespit ederek bilgi sağlamak, bu bilgiyi işleyerek belirli tepkileri ortaya çıkarmak ve nihayetinde çeşitli

sistemlerin daha akıllı, hassas ve etkili bir şekilde çalışmasını sağlamak amacıyla kullanılır. Sensörler çeşitli fiziksel özellikleri ölçmek için kullanılan cihazlardır.

Tarım sektöründe sensör teknolojisi, çeşitli alanlarda çiftçilere önemli avantajlar sunmaktadır. Toprak nem sensörleri, bitki yetiştirme koşullarını optimize etmek amacıyla topraktaki nem düzeylerini ölçerek sulama sistemlerini yönetmeye yardımcı olur. Bu sayede su kaynakları daha etkili bir şekilde kullanılır. Hava kalitesi sensörleri, çiftçilere çevresel koşulları izleme ve değerlendirme imkanı sağlar, zararlı gazların tespit edilmesi ve hava kalitesinin belirlenmesi konusunda bilgi sunar. Gübreleme sensörleri, topraktaki besin maddelerini ölçerek bitkilere uygun gübreleme miktarlarını belirlemede etkili olur ve gübre kullanımını optimize eder. Gözleme dayalı sensörler, kameralar ve görüntüleme sensörleri kullanılarak tarım arazilerinin izlenmesini sağlar, hastalık belirtilerini erken aşamada tespit ederek müdahale süreçlerini optimize eder. Hava durumu sensörleri, günlük ve haftalık hava tahminleriyle entegre edilerek çiftçilere doğru hava durumu bilgisi sağlar, bu da ekim ve hasat zamanlamalarını planlamak için önemli bir faktördür. Bu örnekler, sensör teknolojinin tarım alanında çeşitli kullanım alanlarına sahip olduğunu ve çiftçilere daha sürdürülebilir, verimli ve bilgi tabanlı bir tarım uygulaması için gerekli araçları sunduğunu göstermektedir.

Sıcaklık, basınç, uzaklık, hız, ivme, sıvı akışı, ışık yoğunluğu, gerilim, akım, direnç, kuvvet ve tork gibi değerleri ölçmek üzere tasarlanmışlardır. Yapılarına bağlı olarak, bu dönüştürücülerin ürettikleri sinyaller genellikle analog, dijital veya kodlanmış dijital sinyaller olabilir.

3.3. NodeMCU V3 ESP8266 Mikrodenetleyici

NodemCU V3, açık kaynak kodlu ve programlanabilir bir elektronik devre olarak inşa edilmiş bir platformdur, özellikle Nesnelerin İnterneti (IoT) uygulamalarını ekonomik bir şekilde hayata geçirmek için tasarlanmıştır. Bu devre, geniş bir kullanıcı kitlesine hitap ederek, çeşitli projelerde yaygın bir şekilde kullanılan ve tercih edilen bir elektronik platformdur. Programlanabilir yapısı ve uygun maliyeti, IoT projeleri geliştirmek isteyenler için çekici kılar.

NodeMCU V3'ü programlamak için kullanılan dil, "Lua" adını taşıyan ve özellikle gömülü sistemler ile istemciler için tasarlanmış, C dilinde yazılmış bir programlama dilidir. Lua'nın hafif ve etkili yapısı, NodeMCU V3'ün düşük maliyetli ve enerji verimli IoT çözümleri sunabilmesini sağlar. Bu, kullanıcılarına geniş bir özelleştirme ve esneklik alanı tanır.

Bu açık kaynaklı platform, geliştiricilere geniş bir yelpazede sensörleri, modülleri ve IoT uygulamalarını entegre etme özgürlüğü sunar. NodeMCU V3 üzerinde Lua dilini kullanarak, kullanıcılar özgün projeler oluşturabilir ve IoT dünyasında ekonomik, özelleştirilebilir çözümler geliştirebilirler. Bu sayede, NodeMCU V3, IoT projelerine ilgi duyanlar için yaratıcı ve verimli bir platform haline gelir (Oral ve Çakır, 2017).

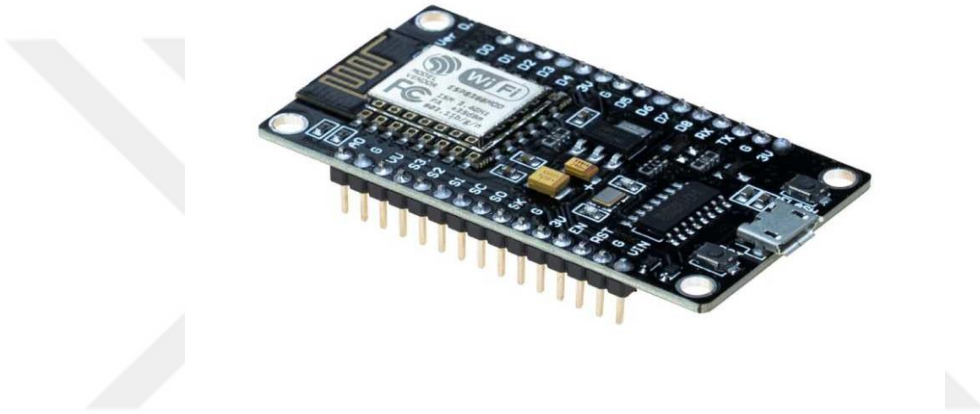
Bu devre, tercih edilme sebeplerinin başında kablosuz ağlara sorunsuz entegrasyon kabiliyeti gelmektedir. Bunun yanı sıra, kendi yerel internet ağını oluşturarak çevresindeki diğer cihazlara bağlantı kurma imkanı sunması, NodeMCU V3'ü öne çıkaran önemli bir özelliktir. Bu benzersiz yetenek, kullanıcılara kendi bağımsız iletişim ağlarını oluşturma ve çeşitli cihazları bu ağ üzerinden etkileşime geçirme esnekliği sağlar.

NodeMCU V3'ün sunduğu bu özellik, özellikle Nesnelerin İnterneti (IoT) uygulamalarında büyük bir avantaj sağlar. Kullanıcılar, bu devre aracılığıyla kendi özel kablosuz ağlarını kurabilir ve çeşitli IoT cihazları arasında sorunsuz bir bağlantı sağlayabilirler. Bu, hem ev otomasyon projelerinde hem de endüstriyel IoT uygulamalarında geniş bir kullanım alanı bulmasına olanak tanır.

Sonuç olarak, NodeMCU V3'ün kablosuz ağlara entegrasyon yeteneği ve kendi ağını oluşturabilme özelliği, bu devrenin özellikle IoT projeleri için tercih edilen bir platform olmasını sağlayan kilit faktörler arasında yer almaktadır. Bu sayede kullanıcılar, güçlü ve esnek bir iletişim altyapısı üzerinde projelerini geliştirebilir ve çeşitli cihazları kolayca birbirine bağlayabilirler (Ayyıldız ve Denizli , 2019).

NodeMCU ESP8266, düşük maliyetli bir mikro denetleyici kartıdır. Bu, projelerin maliyetini düşürür ve yaygın olarak erişilebilir olmasını sağlar. Dahili Wi-Fi modülü sayesinde kablosuz iletişim sağlar. Bu özellik, internete bağlanabilme ve uzaktan erişim

sağlama imkanı sunar. ESP8266, geniş bir kullanıcı topluluğuna sahiptir ve çevrimiçi olarak bol miktarda kaynak, örnek projeler ve yardım dokümantasyonu bulunur. Şekil 3.1’de görüldüğü üzere küçük boyutuna rağmen, oldukça işlevsel ve yüksek performanslıdır. Dijital ve analog pinlerin yanı sıra bir dizi I/O pinine sahiptir. Sensörler, motorlar, röleler ve diğer birçok elektronik bileşenle kolayca entegre olabilir. Bu da geniş bir uygulama yelpazesi sunar.



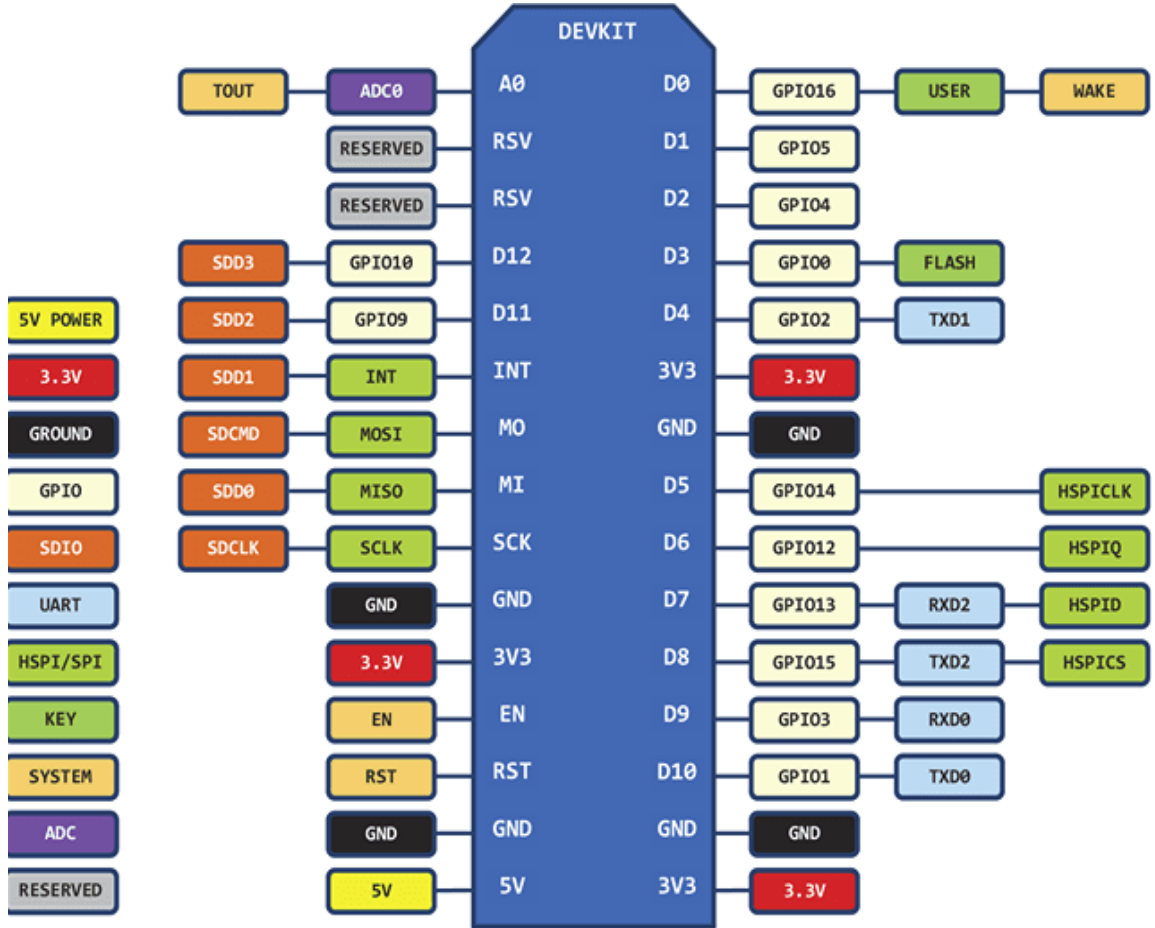
Şekil 3.1. NodeMCU V3 ESP8266 Mikrodenetleyici

NodeMCU V3 ESP8266 Mikrodenetleyici Teknik özellikleri

- Wi-Fi modülü
- USB – mikro usb portu güç , programlama ve derleme için
- Misc – Reset ve Flash tuşları
- Güç – 5V mikro usb port
- Boyutlar – 49 x 24.5 x 13mm

NodeMCU V3 ESP8266 Mikrodenetleyici pin bağlantıları

Şekil 3.2’de ESP8266 Mikrodenetleyicinin pin bağlantı şeması verilmiştir.



Şekil 3.2. NodeMCU V3 ESP8266 Mikrodenetleyici Pin Bağlantı Şeması

3.4. Solid State Röle (SSR)

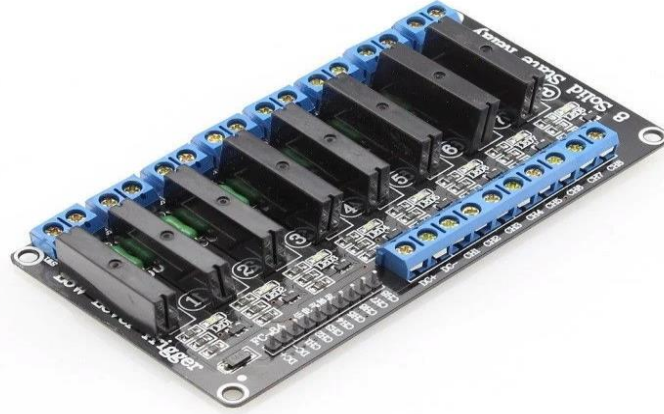
Solid state röle (SSR), elektronik devrelerde kullanılan ve mekanik hareket içermeyen bir anahtarlama cihazıdır. Geleneksel elektromekanik rölelerin aksine, SSR'lar hareketli parçalar, kontaklar veya yaylar içermez. Bunun yerine, giriş ve çıkış arasındaki anahtarlama işlevini gerçekleştirmek için yarı iletkenler (örneğin, transistörler, triyaklar) kullanılırlar.

Katı Hal Röleleri, daha yüksek bir güvenilirlik veya hızlı işlem süresi gerektiğinde tercih edilir. Uzun süreli kullanım sonucu yıpranabilen Elektromekanik Rölelerin aksine, Katı Hal Röleleri uzun ömürlüdür ve periyodik olarak değiştirilmesi gerekmez. Titreşim, darbe, nem, toz ve korozyona karşı dayanıklı olan bu cihazlar, diğer Katı Hal aygıtları gibi uzun bir kullanım ömrüne sahiptir. Elektrik güç kontrolünde kullanılan Elektromekanik Röleler ve devre kesicilerin yerine geçebilen Katı Hal güç kontrol cihazları, endüstrideki ekipmanların bilgisayarla kontrol edilmesiyle uyumlu çalışır ve makine kontrol teknolojisinde yeni bir çağ başlatmıştır. Robotik cihazlar ve otomatik işleme sistemleri dahil olmak üzere çoğu endüstriyel makine, günümüzde bilgisayar kontrollü devrelerle yönetilmektedir (Fardo & Patrick, 2009).

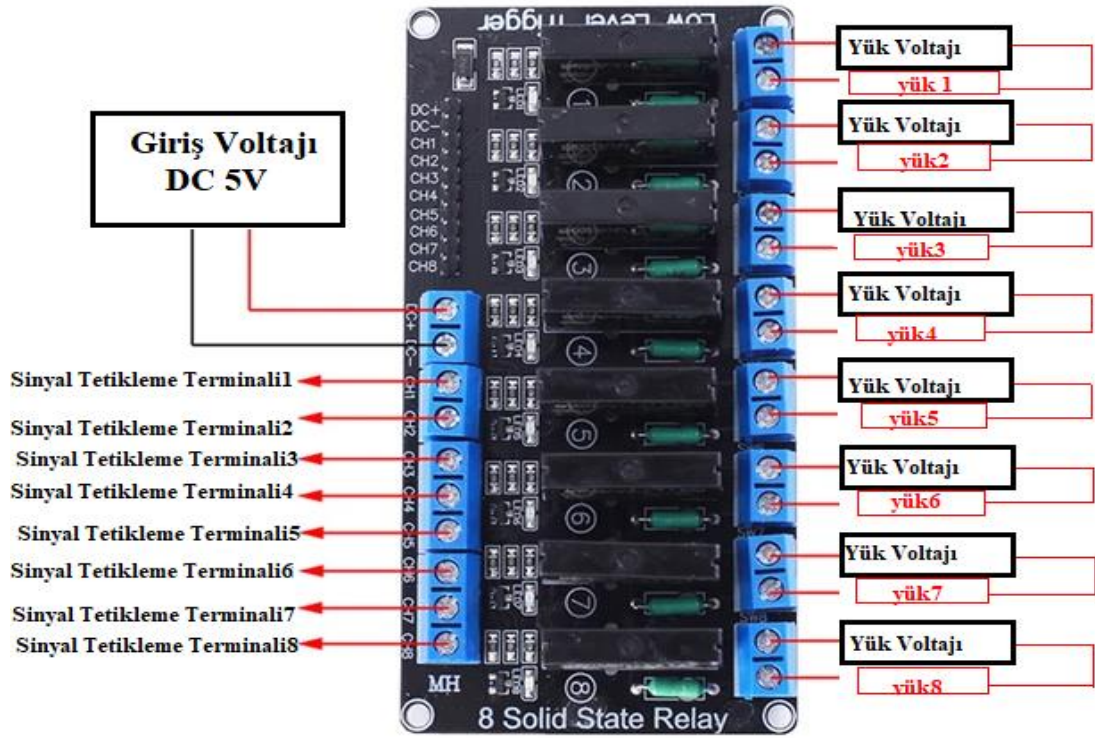
Solid State Röle (SSR) Teknik Özellikleri

- Kanal: 8
- Kontrol Voltajı: 5V
- Statik Akım: 0mA
- Çalışma Akımı: 12.5mA
- Tetikleme Voltajı: 0-1.5V
- Tetikleme Akımı: 2mA
- DC+: Pozitif güç bağlantısı yapılır.
- DC-: Negatif güç bağlantısı yapılır.
- CH1-8: Röle modülü sinyal tetik uçları (Düşük seviye tetikleme daha etkilidir.)
- Bağlantı: Düşük voltajla tetiklendiğinde, akım geçer.

Şekil 3.3’de katı hal rölesinin görseli verilmiştir.



Şekil 3.3. Solid State Röle (SSR) Görşeli



Şekil 3.4. Solid State Röle Pin Diyagramı

Şekil 3.4'te Solid State Röle Pin Diyagramı açıklamaları ile birlikte verilmiştir.

3.5. Solenoid Valf

Solenoid valf, elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren, bu sayede akışkanların kontrolünü sağlayan elektromekanik bir cihazdır. Bu valfler, akışı sağlama, kesme, dozajlama veya iki akışkanın karışımını kontrol etme gibi çeşitli işlevlere sahiptir. Solenoid valfler genellikle hava, su, buhar, asit, gaz, doğalgaz, fuel-oil, benzin, LPG ve mazot gibi birçok akışkanın kontrolünde kullanılır ve 2/2 yollu veya 3/2 yollu gibi farklı tiplerde bulunurlar.

Solenoid valfler, bir nevi elektrikle çalışan musluklar gibidir ve hızlı yanıt verme özellikleri ile kumanda edilebilir olmaları sayesinde, suyun, havanın, buharın, gazın ya da yağın akıp akmayacağını kontrol etmek için oldukça ilevseldirler. Bir düğmeye basarak ya da bir anahtarı çevirerek, bu valfler sayesinde, akışkanların nereden nereye aktığını uzaktan bile olsa yönetebiliriz. Evdeki otomatik sulama sistemlerinden, hastanelerdeki tıbbi aletlere, fabrikalardaki makinelere kadar pek çok yerde karşımıza çıkarlar.

Yapılan gübreleme otomasyon sistemin de üç adet solenoid valf kullanılmıştır.

Solenoid Valf Teknik zellikleri

- Tip: 2 yollu normalde kapalı solenoid valf
- Malzeme: Pirinç
- Anma gerilimi: 12 V
- Di: G3/ 4
- Uygulanabilir akışkan: su (0-55°C)
- Su basıncı: basınç yok
- Ağırlık: yaklaşık. 234g

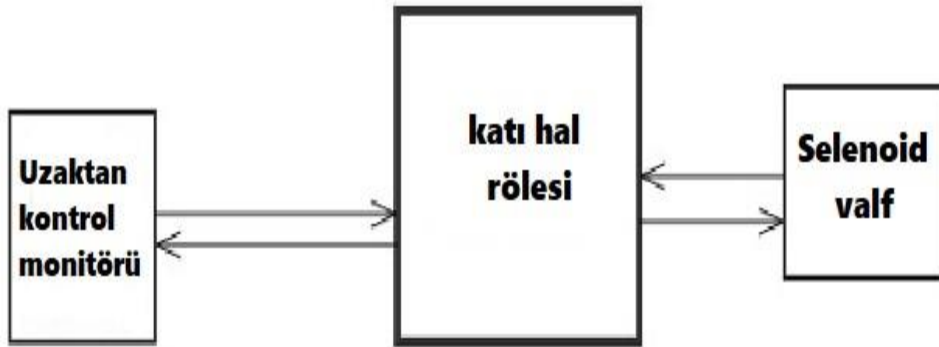


Şekil 3.5.Solenoid Valf Görseli

Valf kontrol sistemi, katı hal rölesine gelen komuta bağlı olarak valfi otomatik olarak açıp kapar ve yapılan değişiklikleri gerçek zamanlı olarak bir monitöre aktarır.

Şekil 3.5’de uygulama da kullanılan selenoid valf görseli verilmiştir.

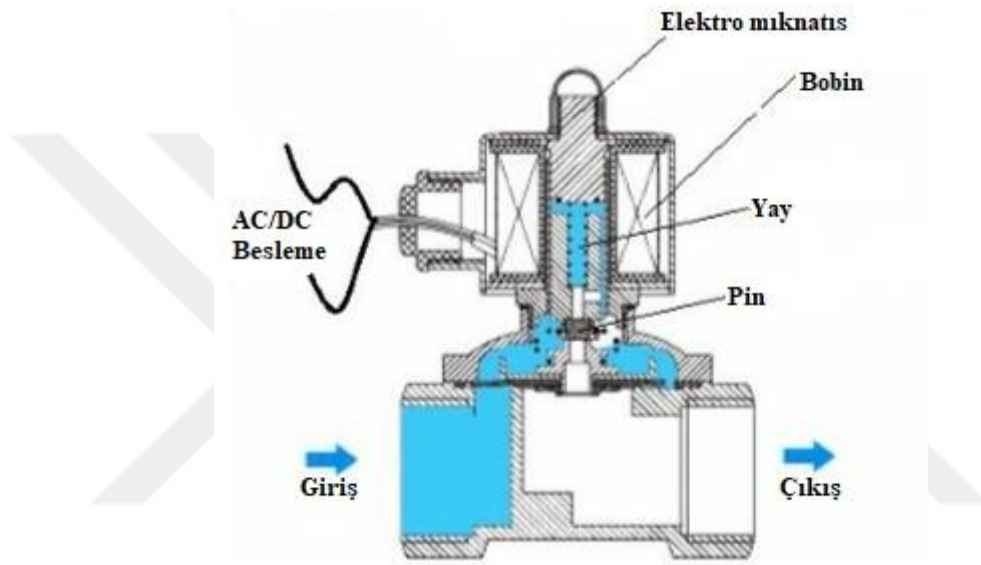
Şekil 3.6’da valflerin çalışma prensibine bağlı blok diyagramı verilmiştir.



Şekil 3.6. Valf Kontrol Sistemi Blok Diyagramı

Solenoid vana üretimi farklı yapı ve prensiplerde üretilebilmektedir. Şekil 3.7 te normalde kapalı konum da olan bir selenoid vananın iç yapısı verilmiştir. Solenoid

vananın giriş ve çıkışı bir yaya bağlı pin ile kontrol edilmektedir. Normalde kapalı konumda olan bu vananın bobinlerine enerji kaynağından enerji verildiğinde bobin üzerinden geçen akım manyetik alan oluşturmaktadır. Manyetik alan içinde kalan metal pin manyetik alan etkisiyle yayın kuvvetini yenerek hareket eder. Pinin bu hareketi ile giriş bölümündeki akışkan çıkış bölümüne yönlendirilmektedir .



Şekil 3.7. Normal de Kapalı Selenoid Valf İç Yapısı

3.6. Ultrasonik Mesafe Sensörü HC-SR04

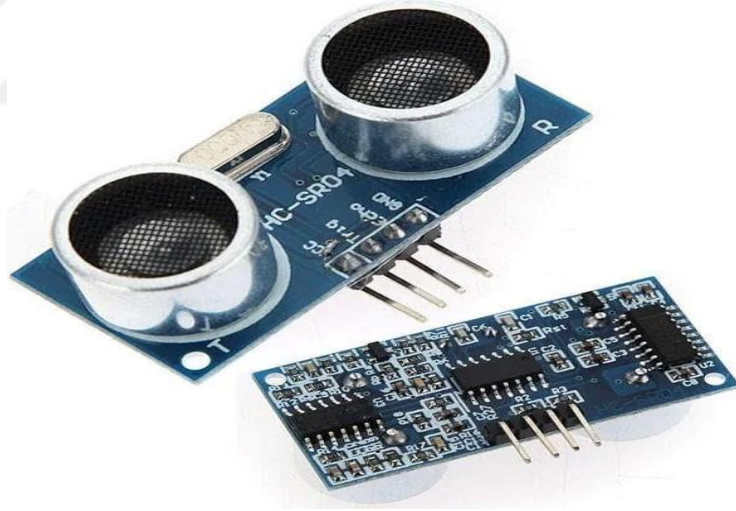
Ultrasonik mesafe sensörü HC-SR04, nesnelerin mesafesini ölçmek için kullanılan popüler ve ekonomik bir sensördür. Bu sensör, ultrasonik dalgaları kullanarak bir nesnenin sensöre olan mesafesini tespit eder ve bu mesafeyi elektrik sinyalleri aracılığıyla bir mikrokontrolör veya başka bir kontrol ünitesine iletir.

HC-SR04, ölçüm yapmak için bir tetik sinyali aldığı anda, 40 kHz frekansında ultrasonik dalgalar yayınlar. Bu dalgalar bir nesneye çarparak geri yansır ve sensör tarafından algılanır. Sensör, dalgaların yansyıp geri dönmesi için geçen süreyi ölçer.

Ultrasonik Mesafe Sensörü HC-SR04 Teknik Özellikler

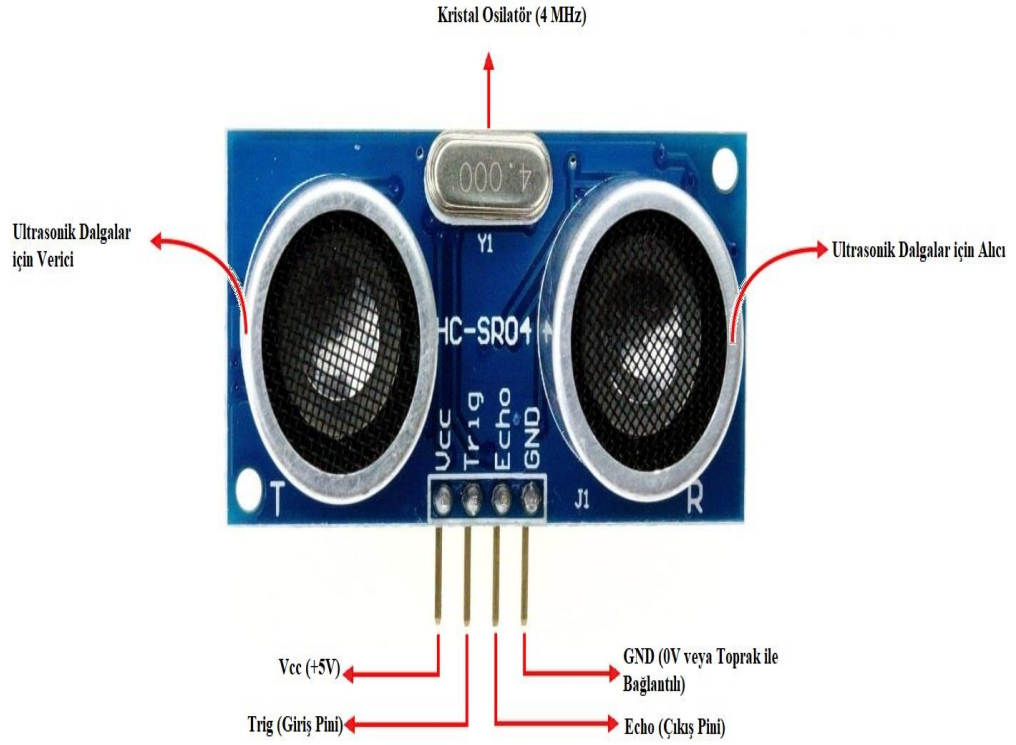
- Çalışma Voltajı: Genellikle 5V DC.
- Akım Tüketimi: Çalışma sırasında yaklaşık 15 mA.
- Ölçüm Aralığı: Yaklaşık 2 cm ile 400 cm arasında etkili bir ölçüm aralığı vardır.
- Çözünürlük: 0.3 cm.
- Ultrasonik Frekansı: 40 kHz.
- Ölçüm Açısı: Yaklaşık 15 derece. Bu, sensörün nesneleri algılama açısıdır ve dar bir alana odaklanır.
- Kullanım Sıcaklık Aralığı: Genellikle -20°C ile 70°C arasındadır.

Şekil 3.8’de Ultrasonik Mesafe Sensörü görseli verilmiştir.



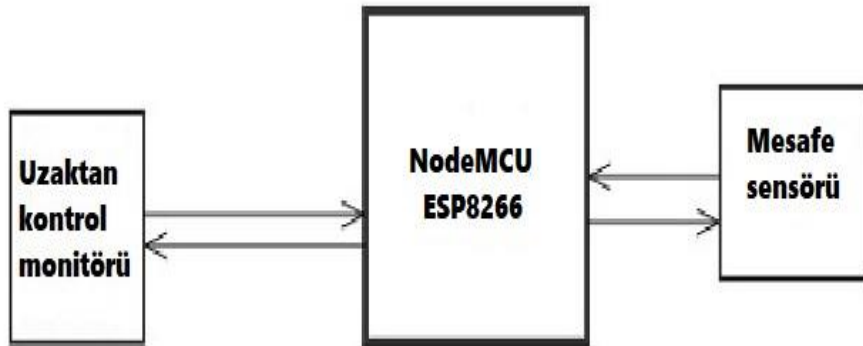
Şekil 3.8. Ultrasonik Mesafe Sensörü HC-SR04

Şekil 3.9’da görüldüğü üzere mesafe sensörünün pinleri ve işlevleri açıklamaları ile gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Ultrasonik Mesafe Sensörü HC-SR04 Pin Diyagramı

Mesefa sensörü sistemden okuduğu verileri nodeMCU aracılığıyla uzaktan izleme monitörüne göndermektedir. Şekil 3.10. da mesafe sensörünün blok diyagramı verilmiştir.



Şekil 3.10. Mesafe Sensörü Kontrol Blok Diyagramı

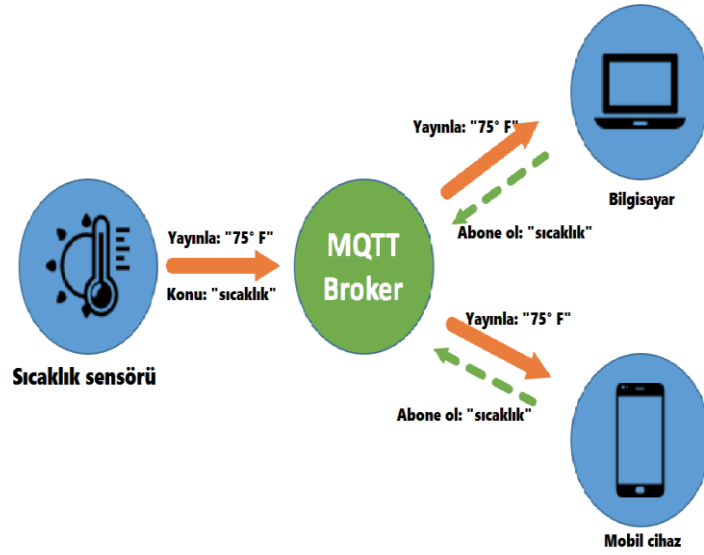
3.7. MQTT

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) bir hafif mesajlaşma protokolüdür. Düşük bant genişliğine sahip ve güvenilir ağlar üzerinde güvenilir mesaj iletimi sağlamak için tasarlanmıştır. IoT (Internet of Things) uygulamalarında, cihazlar arası ve sunucu ile cihazlar arasında mesajlaşma için sıklıkla kullanılır. MQTT, yayıncı-abone modeline dayanır; cihazlar bir konuya mesaj yayınlamaya ve bu konuya abone olan diğer cihazlar mesajı alır. Düşük güç tüketimi ve minimum veri paketi gereksinimleri ile özellikle mobil uygulamalar ve gömülü sistemler için uygundur.

Nesnelerin interneti (IoT) ekosistemindeki cihazların internet üzerinden bağlantı kurması zorunludur. Bu bağlantı, cihazların hem birbirleriyle hem de sunucu tarafı hizmetlerle etkileşimde bulunmalarını mümkün kılar. İnternet bağlantılarının omurgasını oluşturan TCP/IP protokol yığını, MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) adı verilen ve IoT haberleşmesi için de-facto standart olarak kabul edilen bir protokolün temelini atmıştır. MQTT aynı zamanda SSL/TLS gibi güvenli protokoller üzerine kurularak, iletişimdeki verilerin şifrelenmesini ve güvenli bir şekilde aktarılmasını sağlar. MQTT, 2014 yılı sonları itibarıyla OASIS tarafından resmi bir açık standart olarak kabul edilmiş ve çeşitli popüler programlama dillerinde kullanıma sunulan birçok açık kaynaklı kütüphane ile desteklenmektedir (Yuan, 2021).

IBM'nin 1999'da geliştirdiği MQTT protokolü, EMQX isimli açık kaynak bir MQTT aracılık hizmetinin GitHub üzerinde yayımlanması ile 2012 yılında daha geniş bir tanınırlık kazanmıştır. EMQX, milyonlarca aynı anda bağlı cihazı yönetebilme kapasitesiyle yüksek performanslı bir mesajlaşma altyapısı sağlar. İnternet Nesneleri (IoT) dünyasında MQTT'nin rolü artmakta ve 2023 yılı itibarıyla beklenen bazı önemli eğilimler bulunmaktadır. Bu eğilimler arasında güvenlik önlemlerinin güçlendirilmesi, işlevsellik verimliliğinin artırılması, standartlar üzerindeki geliştirmeler, bulut bütünleşmesinin daha da ilerletilmesi, yapay zeka entegrasyonlarının yaygınlaşması, veri analitiği yeteneklerinin derinleştirilmesi ve cihaz yönetim süreçlerinin basitleştirilmesi yer almaktadır (Shi, 2023).

Şekil 3.11'de MQTT mimarisi verilmiştir.



Şekil 3.11. MQTT Mimarisi

3.8. MQTT Bileşenleri

MQTT, ağ bağlantısı üzerinden çalışan ve istemci ile sunucu arasında iki yönlü, düzenli ve kesintisiz bir veri aktarımı sağlayan bir protokoldür. Bu protokol, uygulama katmanındaki verilerin ağ üzerinden taşınmasını kolaylaştırırken, her bir Uygulama Mesajı'nın belirli bir Hizmet Kalitesi (QoS) ve Konu Adı ile ilişkilendirilmesine olanak tanır.

İstemci: MQTT teknolojisini kullanarak sunucuya bağlanan ve mesaj yayınlayabilen veya belirli konulardaki mesajları almak üzere abone olabilen bir cihaz veya programdır. İstemci, ilgisiz mesajlardan aboneliğini iptal edebilir veya sunucuyla olan bağlantısını kesme yetkisine sahiptir.

Sunucu: mesaj yayını yaparak ve abonelik isteklerini yöneterek istemciler arasında aracılık eden bir cihaz veya yazılımdır. Sunucu, eşleşen aboneliklerle gelen mesajları ilgili istemcilere yönlendirir.

Abone: tek bir oturumla ilişkilendirilen ve belirli bir konu filtresi ile maksimum QoS içeren aboneliklerdir. Bir oturum birden fazla aboneliği barındırabilir ve her abonelik farklı bir konu filtresine sahip olabilir.

Konu Adı(topic): sunucu tarafından tanınan ve aboneliklerle ilişkilendirilen bir etikettir. Konu Filtresi ise, bir veya daha fazla konuya abonelik oluştururken kullanılan filtredir.

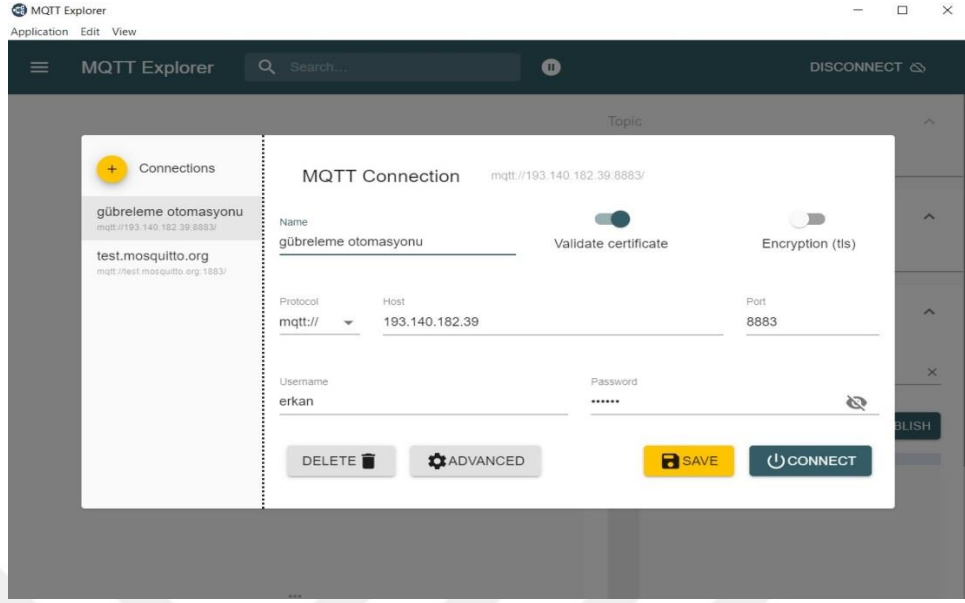
Oturum: istemci ile sunucu arasındaki durum bilgisini içeren etkileşimdir. Oturumlar, tek bir ağ bağlantısı süresince veya birden fazla bağlantı üzerinden devam edebilir.

MQTT Kontrol Paneli: ağ bağlantısı üzerinden iletilen ve MQTT'nin on dört farklı tipini tanımlayan bilgi paketidir.

Konu isimleri ve filtreler belirli kural ve yapılar çerçevesinde oluşturulur. Konu seviyesi ayırıcı (/), konu adlarını hiyerarşik bir yapıya ayırmak için kullanılır. “#” joker karakteri, bir veya daha fazla alt seviyeyle eşleşirken, “+” joker karakteri yalnızca tek bir konu seviyesiyle eşleşir. “\$” ile başlayan konu adları ise, genellikle sunucu tarafından kullanılan özel amaçlı konuları ifade eder ve müşteriler tarafından mesaj yayını yapılmasına izin verilmez.

Artı "+" işareti: MQTT konu filtrelerinde kullanılan, tek bir konu seviyesiyle uyum sağlayan özel bir joker karakterdir. Bu işaret, konu filtresinin herhangi bir yerinde, baştan sona kadar her seviyede geçerli olabilir. Yerine konduğu seviyeyi tam olarak kaplar, yani filtrede belirtilen noktadaki tam bir seviyeyi temsil eder. Bu karakter, filtre içerisinde birden çok kez ve aynı zamanda diğer çok seviyeli joker karakterlerle bir arada kullanılabilir. Mesela, "a/b/+" filtresi abone olduğu durumda, "a/b/c" ve "a/b/d" gibi mesajları alabilir ancak "a/b/c/d" gibi daha derin bir seviyeden gelen mesajları alamaz.

Şekil 3.14’de MQTT programı arayüzü verilmiştir.



Şekil 3.12. MQTT Programı Arayüzü

3.9. Home Assistant

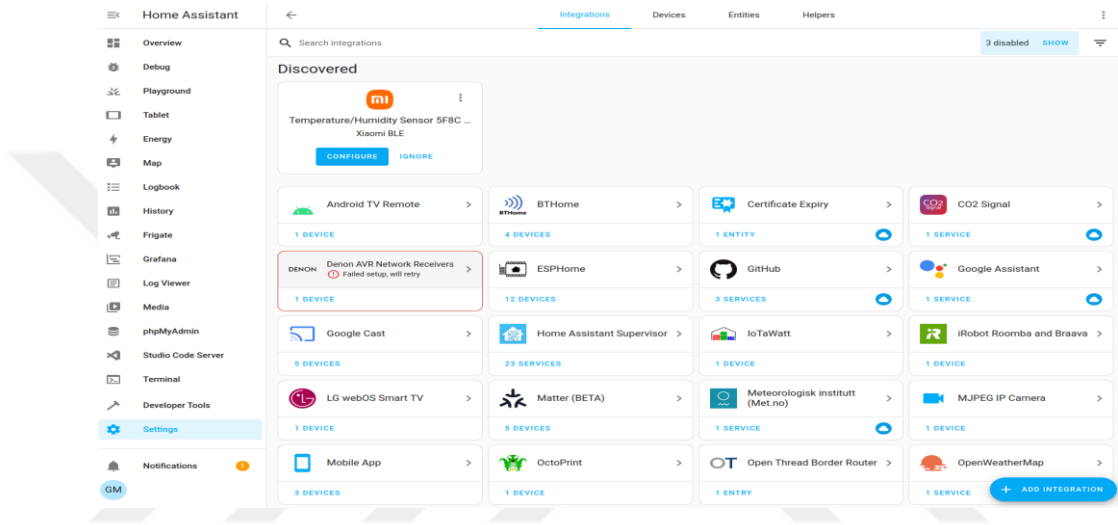
Home Assistant, akıllı ev otomasyonu amacıyla geliştirilmiş, ücretsiz ve açık kaynak kodlu bir yazılım çözümüdür. İnternet üzerinden bağlanabilen cihazlar (IoT) için platform bağımsız bir entegrasyon aracı olarak konumlanan bu yazılım, akıllı ev cihazlarının merkezi bir noktadan yönetilmesini sağlar. Yerel kontrol ve kullanıcı gizliliğine öncelik veren bir yaklaşım benimseyen Home Assistant, web tabanlı bir kullanıcı arayüzü, Android ve iOS işletim sistemleri için geliştirilmiş mobil uygulamalar ve uyumlu sesli asistanlar aracılığıyla erişilebilir bir yapı sunar. Geniş bir uyumluluk yelpazesi ile birçok akıllı ev cihazıyla entegre çalışabilen Home Assistant, kullanıcıların aydınlatma sistemlerinden, iklimlendirme cihazlarına, güvenlik kameralarına kadar evlerindeki çeşitli cihazları tek bir merkezden denetlemelerine imkan tanır. Bu sistem, otomasyon ve kullanıcı tanımlı senaryolar aracılığıyla, ev otomasyonu konusunda kapsamlı ve esnek bir çözüm sunmaktadır.

Bu çalışma da MQTT vasıtasıyla home assistant'a aktarılan veriler anlık olarak takip edilmektedir.

Home Assistant, 2013 yılında bir Python uygulaması olarak başladı ve zamanla açık kaynak yazılımın hayranları için tercih edilen çözüme hızla evrimleşmiştir.

Diğer akıllı ev sistemlerinden farklı olarak, tek kartlı bilgisayarlar (Raspberry Pi cihazları ve Odroid N2 Plus gibi daha kolay temin edilebilen donanımlar dahil) ve diğer ağ cihazları gibi tonlarca cihaza kurulabilir.

Home Assistant için özel olarak tasarlanmış donanımlar da satın alınmaktadır örneğin Home Assistant Yellow ve Zigbee ile Thread desteği için SkyConnect adında bir dongle bile sunmaktadır.



Şekil 3.13. Home Assistant Arayüzü

Home Assistant uygulaması, kullanıcılara evlerindeki veya otomasyon sistemlerindeki çok çeşitli verilere anlık olarak uzaktan erişim sağlama imkanı sunmaktadır. Bu kapsamlı platform, kullanıcılara sadece verileri izleme fırsatı vermekle kalmayıp, aynı zamanda bu verilere müdahale etme yetkisi de tanımaktadır. Şekil 3.13’de görüldüğü üzere kullanıcılar, evlerinin hava durumu bilgilerinden tutun, elektronik cihazların kontrolüne ve hatta otomasyon sistemlerinin uzaktan yönetimine kadar geniş bir veri yelpazesi üzerinde kontrol sahibi olabilirler. Home Assistant, kullanıcıların yaşam alanlarını daha akıllı ve etkileşimli hale getirerek, günlük işlerini kolaylaştırma ve yaşam kalitelerini artırma amacı gütmektedir. Bu sayede, teknolojinin sunduğu imkanlardan en üst düzeyde yararlanılması hedeflenmektedir.

3.10. Esphome

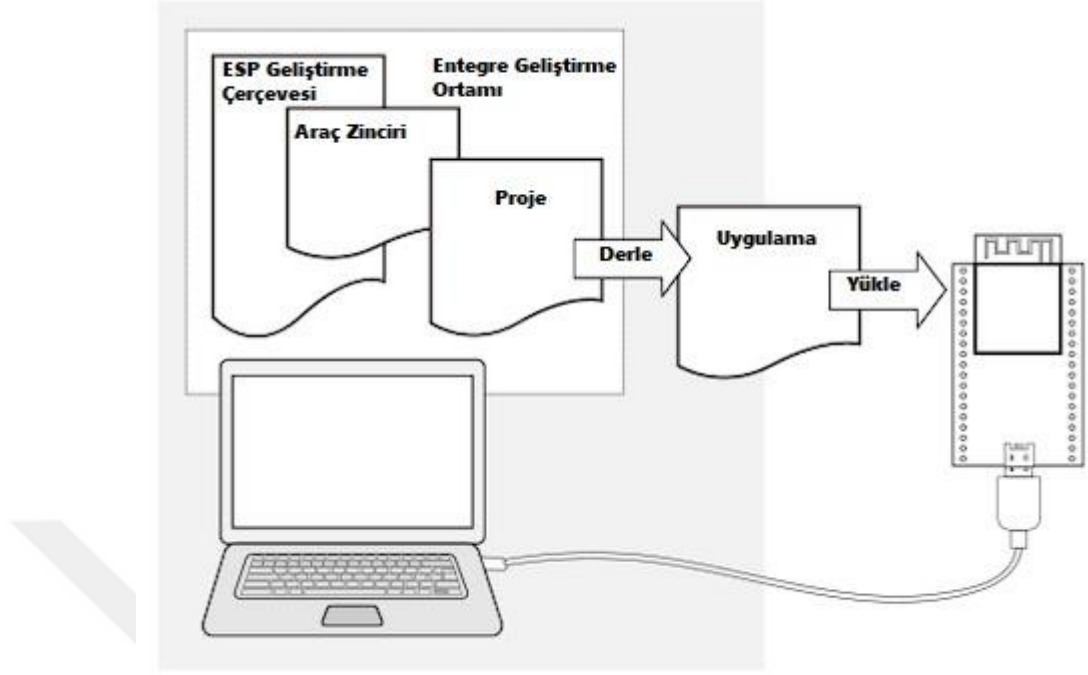
Esphome, IoT (Internet of Things) projelerinde kullanılmak üzere geliştirilmiş bir platformdur ve bireylerin ESP8266 ve ESP32 gibi yaygın mikrokontrol birimlerini rahatça programlamasına, ayarlamasına ve yönetmesine imkan tanır. YAML konfigürasyon dosyaları aracılığıyla, minimal kodlama bilgisiyle veya hatta hiç kodlama yapmadan, cihazlar üzerine sensörler, hareket ettiriciler, ekranlar ve daha fazlasını ekleyip yönetebilirsiniz.

Home Assistant ile derinlemesine entegrasyon sayesinde, ESPHome tarafından yapılandırılan cihazlar doğrudan ev otomasyon sisteminden kontrol edilebilir ve bu cihazlardan veri toplanabilir. Bu birleşim, kullanıcılara akıllı evlerini genişletme ve özelleştirme gücü verirken, aynı zamanda tüm cihazları tek bir merkezi arayüzden yönetme konforu sunar.

ESPHome, kullanıcıların Wi-Fi üzerinden cihazlarına yazılım yüklemesine ve güncellemeler yapmasına olanak tanır, böylelikle cihazlara fiziksel olarak erişim zorunluluğunu ortadan kaldırır. Kullanım kolaylığı, uyumluluk çeşitliliği ve Home Assistant ile sağlam entegrasyon özellikleriyle, ESPHome, kendin yap (DIY) ev otomasyon projelerinde tercih edilen bir çözüm olmuştur.

Esphome ve Home Assistant arasındaki entegrasyon, bu iki platformun birlikte çalışabilmesi anlamına gelir. Bu entegrasyon sayesinde, Esphome ile geliştirilen ve programlanan cihazlar, Home Assistant platformu üzerinden doğrudan kontrol edilebilir hale gelir. Bu süreç, Esphome tarafından üretilen firmware'in MQTT protokolü gibi ortak iletişim protokolleri üzerinden Home Assistant ile etkileşime girmesi şeklinde işler. Böylece, kullanıcılar Esphome ile özelleştirilmiş cihazların durumlarını izleyebilir, kontrol edebilir ve bu cihazları daha geniş ev otomasyon senaryoları içerisinde kullanabilir.

Sonuç olarak, Esphome ve Home Assistant arasındaki entegrasyon, ev otomasyon sistemlerinin geliştirilmesi ve yönetilmesi süreçlerinde kullanıcıların karşılaştıkları karmaşıklık azaltırken, aynı zamanda bu sistemlerin esnekliğini ve özelleştirilebilirliğini artırmaktadır. Bu entegrasyon, kullanıcıların ev otomasyon sistemlerini daha etkin bir şekilde kontrol etmelerine ve kişisel ihtiyaçlarına göre özelleştirmelerine olanak tanıyan bir ekosistem oluşturur.



Şekil 3.14. Esphome ve NodeMCU Bağlantı Topolojisi

Şekil 3.14’de Esphome ve NodeMCU Bağlantı Topolojisi verilmiştir.

4.BULGULAR VE TARTIŞMA

Yürütülen çalışmada, otomasyon sistemlerinin kullanımıyla kişinin birçok temel girdide tasarruf etmesi üzerine çalışılmıştır. Bu girdiler arasında zaman, maliyet ve insan gücü bulunmaktadır. Otomasyon sistemi, uzaktan kontrol mekanizmalarını kullanarak ve gübreleme işlemini doğru zamanlamayla gerçekleştirerek amaçlarına ulaşmak hedeflenmiştir. Sistem, kolayca erişilebilen bir mobil uygulama ile desteklenerek çiftçinin herhangi bir zorlukla karşılaşmasının önüne geçilmiştir. mesafe ve fiziksel alanın olabilecek iklim durumları da göz önüne alındığında, seri iletişimle haberleşen bir sistem tasarlanmasına karar verilmiştir. Ağ yapısı üzerinde tasarlanan ve eklenebilir özelliklere sahip olan sistem, programlanabilir cihazlarla desteklenerek esneklik ve modülerlik sağlanmıştır. Bu, program ve elektronik kart yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

4.1. Uygulama ve Otomasyon Sistemi

Otomasyon sistemimizde tercih ettiğimiz Home Assistant uygulaması, çiftçilerin düşük maliyetle erişim sağlayabilmesi, kullanıcı dostu arayüzü ve farklı telefonlarda rahatlıkla kullanılabilmesi gibi avantajlarıyla öne çıkmaktadır. Bu tercih nedenleri, Home Assistant uygulamasının otomasyon sistemimizle entegrasyonunda önemli bir rol oynamıştır.

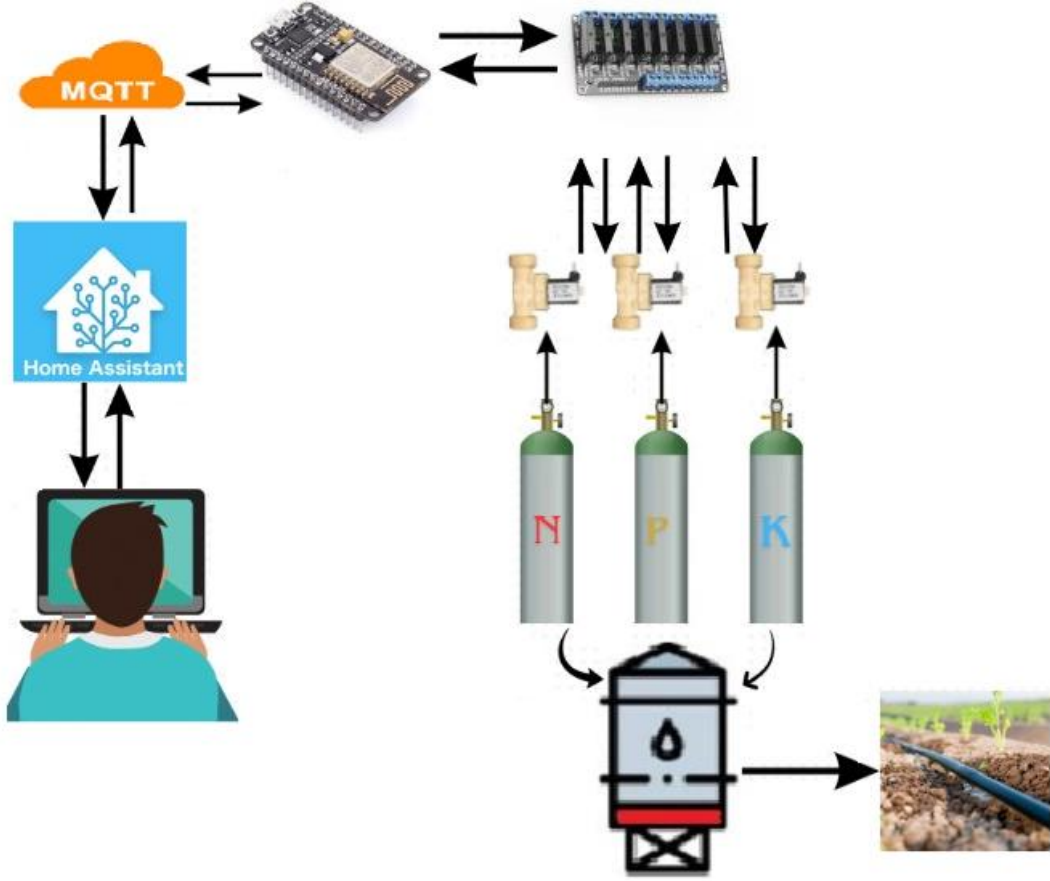
Home Assistant uygulamasının çiftçiler için erişilebilir olması, düşük maliyetle uygulamaya erişim sağlama konusunda önemli bir avantaj sunmaktadır. Ayrıca, uygulamanın kullanıcı dostu arayüzü, çiftçilerin karmaşık otomasyon süreçlerini kolaylıkla yönetmelerine olanak tanır. Bu da sistemimizin kullanımını daha etkili ve verimli hale getirir.

Home Assistant uygulamasının farklı telefonlarda sorunsuz çalışabilmesi, çiftçilerin kendi tercih ettikleri mobil cihazları kullanmalarına olanak tanır. Bu da kullanıcıların tarlalarını veya seralarını istedikleri her yerden kolayca kontrol etmelerini sağlar.

Uygulamanın hızlı performansı, sulama ve gübreleme gibi önemli işlemlerin anında ve sorunsuz bir şekilde gerçekleştirilmesine olanak tanır. Bu da çiftçilere tarlalarına veya seralarına gitmeden uzaktan kontrol imkanı sunar, böylece zaman ve kaynakların daha etkili kullanılmasını sağlar.

Home Assistant uygulamasının IoT projeleri için geliştirilmiş olması, mobil cihazlar üzerinden farklı IoT cihazlarıyla etkileşimde bulunma yeteneği sunar. Bu özellik, otomasyon sistemimizin genişletilebilirliğini ve gelecekteki teknolojik gelişmelere uyum sağlama yeteneğini artırır.

Sonuç olarak, Home Assistant uygulaması, otomasyon sistemimizdeki kullanıcıların ihtiyaçlarına uygun, maliyet-etkin, kullanıcı dostu ve hızlı bir çözüm sunan bir platform olarak öne çıkmaktadır. Bu tercih, çiftçilere daha verimli ve akıllı tarım uygulamaları sunma amacımızla uyumlu bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

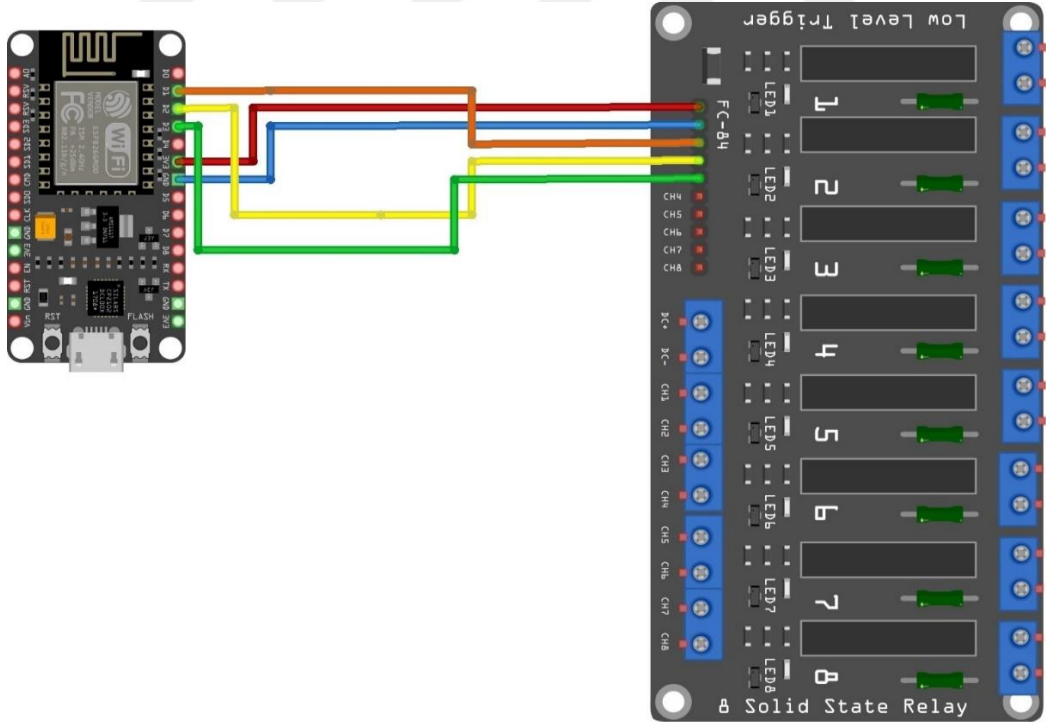


Şekil 4.1. Uygulama Blok Diyagramı

Gübreleme otomasyon sistemi, kullanıcılara iklim koşulları ve bitkilerin özel ihtiyaçlarına bağlı olarak, tarla veya seraya fiziksel olarak gitmeksizin, mahsullerin gübreleme veya sulama ihtiyaçlarını karşılayabilme imkanı sunmaktadır. Home Assistant üzerinde bulunan arayüz, üç farklı gübre türüne ait anahtarlarla donatılmıştır, bu sayede kullanıcılar, mahsulün türüne ve ihtiyacına göre uygun olan gübre türünü seçebilir ve mahsule ulaştırabilir. Sistem, aynı zamanda, sadece sulama yapma esnekliği ile gübre ihtiyacı olmayan mahsuller için de uygun bir çözüm sunar. Bu özellikler, kullanıcılara uzaktan yönetim imkanı sağlayarak, tarım faaliyetlerini daha verimli ve etkili bir şekilde yönetme olanağı vermektedir. Sistemin blok diyagramı şekil 4.1’de görsel olarak verilmiştir.

4.2. Elektronik Devre Tasarımı

Bu çalışmada, sistemin sulama kontrolü için ESP8266 mikrodenetleyici ve bir solid state röle (SSR) arasında bir bağlantı kurulmuştur. Bu bağlantının temel amacı, üç farklı selenoid valfin kontrolünü sağlamaktır. Bağlantının detayları Şekil 4.2'de görsel olarak sunulmuştur. Görselde açıkça görüldüğü üzere, NodeMCU üzerinde tanımlanan üç farklı pin, solid state rölenin üç farklı kanalına bağlanmıştır. Bu üç kanaldan elde edilen çıkışlar, sisteme entegre edilen selenoid valflere yönlendirilmiştir. Bu şekilde, normalde kapalı pozisyonda olan selenoid valflerin kontrolü gerçekleştirilmiştir. Kullanılan solid state rölenin 8 kanala sahip olması, sisteme ilave bileşenlerin eklenmesine olanak tanır. Bu, sistemin esnekliğini ve uygulanabilirliğini artırarak, genişletilebilir bir sulama kontrol sistemi oluşturulmasına katkı sağlar. Bu özellikler, sistem kullanıcılarına, sulama gereksinimlerine göre özelleştirilebilir ve genişletilebilir bir yapı sunar, böylece farklı bitki türleri ve sulama ihtiyaçları için uyarlanabilir bir çözüm haline gelir.



Şekil 4.2. ESP8266 ve Solid State Röle Bağlantısı

4.3.Yazılım

Uygulama sistemi yazılımı esp home da yazılmıştır. Yapılan yazılım programı aşağıda açıklamaları ile verilmiştir.

MQTT: Bu, yapılandırmanın MQTT protokolü ile ilgili olduğunu belirtir.

Broker: 193.140.182.176: MQTT broker'ının IP adresidir. MQTT broker'ı, müşteriler arasında mesajların yönlendirilmesini sağlayan bir sunucudur. Bu adres, haberleşilecek olan merkezi noktadır.

Port: 1883: MQTT haberleşmesi için kullanılacak port numarasıdır. 1883, MQTT protokolü için varsayılan ve en yaygın kullanılan porttur.

Username: erkan: MQTT broker'ına bağlanmak için kullanılacak kullanıcı adıdır. Bu, bağlantının kimlik doğrulaması için gerekli olabilir.

Password: mahmut: Kullanıcı adı ile birlikte kullanılacak şifredir. Bu, bağlantının güvenliğini sağlamak amacıyla gereklidir.

Bu yapılandırma, bir cihazın veya bir yazılımın, belirtilen broker üzerinden MQTT protokolü aracılığıyla mesaj gönderip alabilmesi için gerekli bilgileri içerir. Kullanıcı adı ve şifre, bağlantının güvenliği için önemli olan kimlik doğrulama bilgileridir.

GPIO pinlerine bağlı röleler veya anahtarlar üzerinden cihazları kontrol etmek için kullanılan bir yapılandırmanın açıklamaları aşağıda verilmiştir:

Switch: Bu, yapılandırmanın anahtarlar veya röleler için olduğunu belirtir ve bir liste başlatır.

Her bir liste öğesi, bir GPIO pinine bağlı bir anahtarın (veya rölenin) yapılandırmasını tanımlar:

Platform: gpio: Bu, anahtarın fiziksel bir GPIO pinine bağlı olduğunu ve bu yüzden genel amaçlı giriş/çıkış (GPIO) platformu üzerinden kontrol edileceğini belirtir.

Pin: Bu, anahtarın bağlı olduğu GPIO pin numarasını belirtir. Örneğin, GPIO5, GPIO4, ve GPIO0 pinlerine bağlı üç farklı anahtar tanımlanmıştır.

Name: Bu, kullanıcı arayüzünde veya otomasyonlarda anahtara referans vermek için kullanılacak adı belirtir. Bu örnekte, üç anahtar sırasıyla "Potasyum", "Fosfor", ve "Azot" olarak adlandırılmıştır.

İd: Bu, yapılandırma içinde anahtara referans vermek için kullanılacak benzersiz bir kimliktir. Bu örnekte, relay1, relay2, ve relay3 olarak tanımlanmıştır.

Inverted: true: Bu, anahtarın veya rölenin durumunun ters çevrildiğini belirtir. Yani, normalde "açık" (high) olarak kabul edilen durum "kapalı" (low) olarak kabul edilecek ve tersi de geçerli olacaktır. Bu genellikle, rölenin veya anahtarın mantığını, kontrol edilen cihazın beklediği ile uyumlu hale getirmek için kullanılır.

Bu yapılandırma, belirtilen GPIO pinleri üzerinden üç farklı cihazın (suya potasyum, fosfor, ve azot eklemek için kullanılan selenoidler) kontrolünü sağlar. Her bir cihaz, sistemin geri kalanıyla uyumlu çalışacak şekilde özelleştirilebilir ve bu, otomasyon kuralları aracılığıyla kontrol edilebilir.

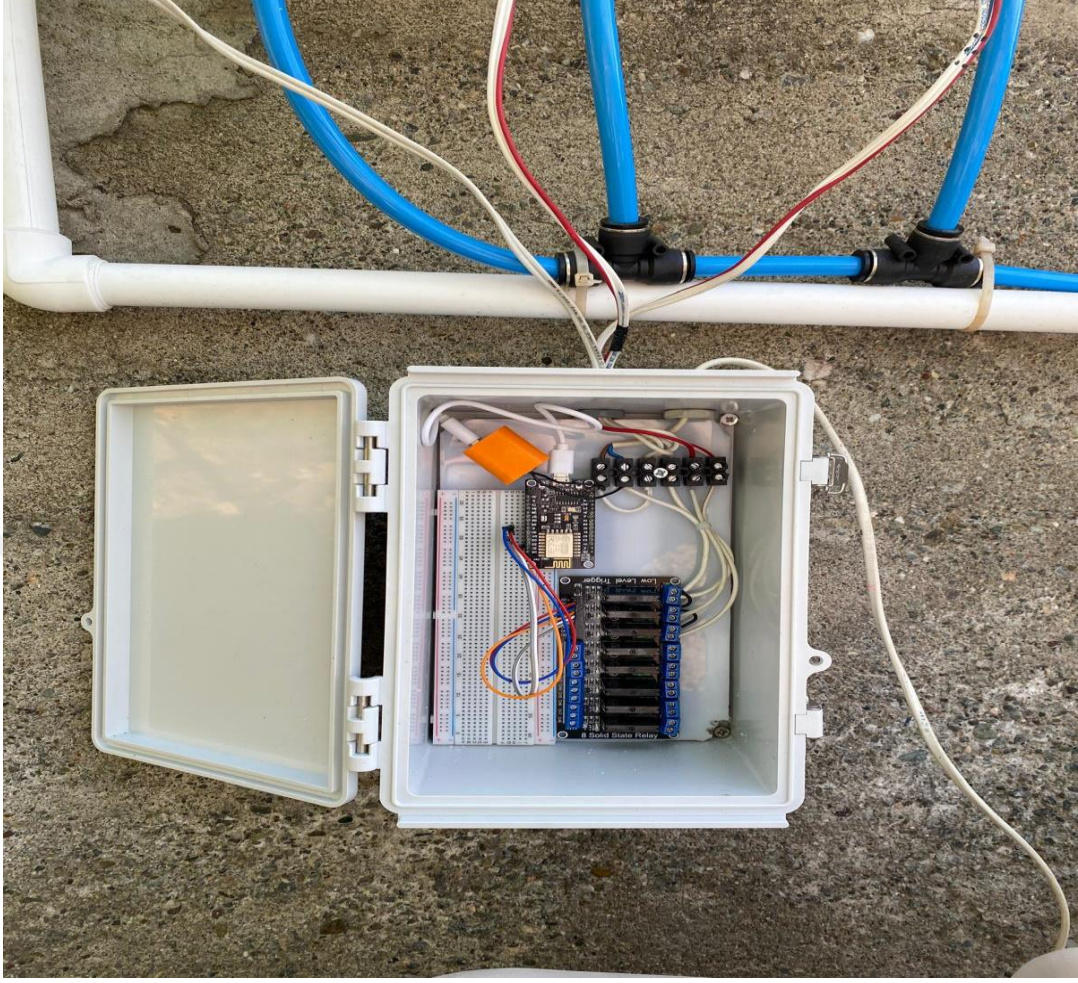
4.4. Prototip Uygulama Sistemi

Otomasyon sisteminin temel çalışma prensibi şu şekildedir , çiftçi ilk olarak sulama veya gübreleme yapacağı bitkilerin analizini iyi yapmalıdır, ekilen mahsülün hangi dönemlerde ve aralıklarda sıvı gübre ihtiyacı var bilmelidir daha sonra ihtiyaç halinde mobil uygulamadan otomasyon sistemini çalıştır konumunu açık hale getirdiğin de sistem çalışmaya başlar su pompası vasıtasıyla su tarla veya seraya doğru akmaktadır eğer gübreleme ihtiyacı duyuluyorsa selenoid valflerin konumları da açık hale getirmelidir bu durumda saf su ve sıvı gübre saf su tankı ve sıvı gübreli tank arasın da kalan kısımda karışıp sıvı gübreli su olarak aktarılır. Çiftçi gelen anlık verileri mobil uygulamadan gözlemlediği için yağmur gibi iklim koşulların da değişiklik olduğu durumlar da sulama yapmayabilmektedir.



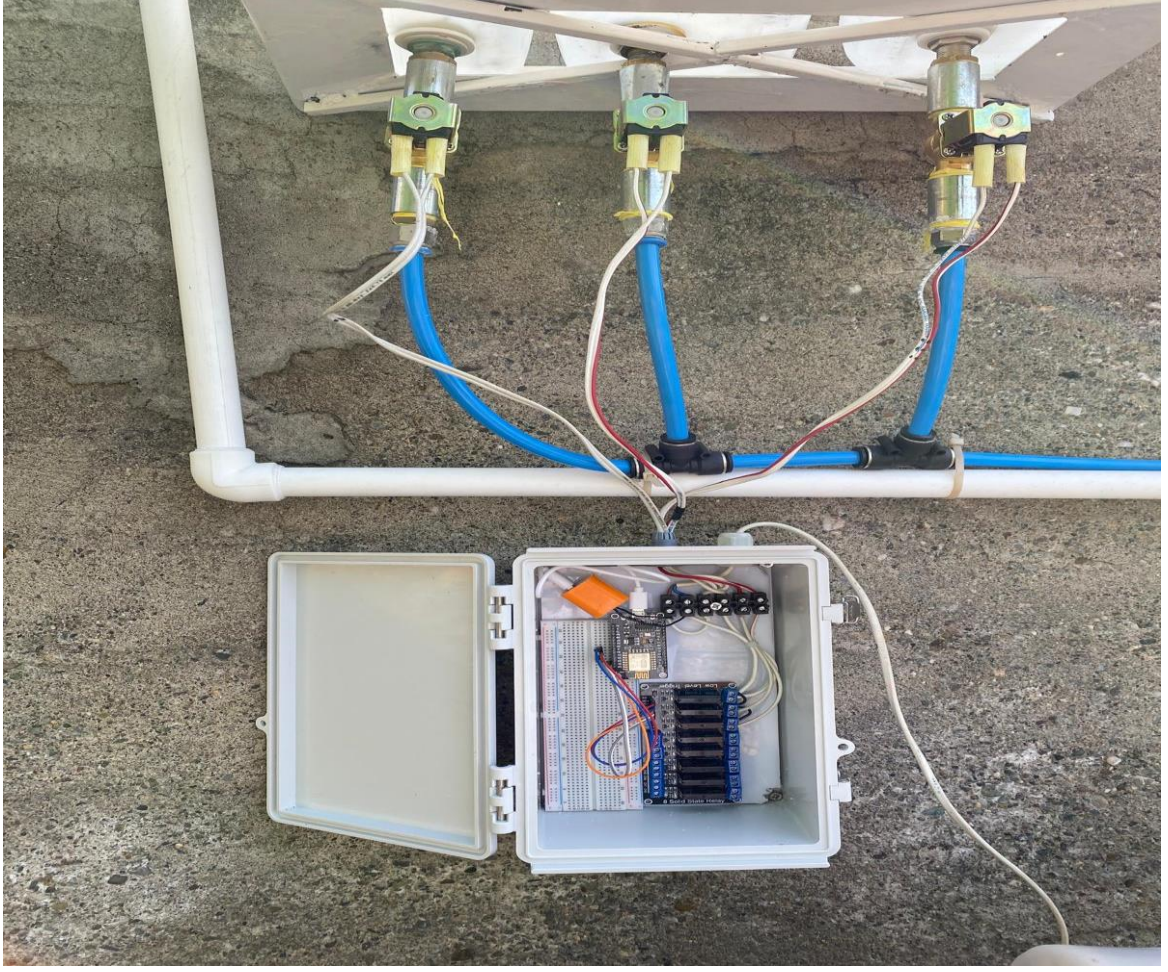
Şekil 4.3. Selenoid Valf Gübre Tankı Arası Bağlantı

Şekil 4.3’de belirtilen bağlantı düzeninde, normalde kapalı tip selenoid valf, tank ile bağlantılı olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Kontrol Paneli Montajı

Şekil 4.4'te NodeMCU ve SSR (Solid State Relay) arasında başarıyla bir bağlantı kurulmuştur. SSR'nin üç farklı çıkışı, her biri bir valfe bağlanacak şekilde düzenlenmiştir.



Şekil 4.5. Kontrol Paneli ve Valfler Arası Bağlantı

Şekil 4.5’de görüldüğü üzere selenoid valflerin bir ucu, SSR’den gelen çıkışa bağlanırken diğer ucu 220V’luk bir güç kaynağına bağlıdır. Benzer şekilde, kontrol panelinin güç kaynağı da 220V olarak sağlanmaktadır.



Şekil.4.6. Karıştırma Tankı Sıvı Gübre ve Saf Su Girişi

Şekil 4.6’da görüldüğü üzere karıştırma tankına sıvı gübre ve saf su girişleri verilmiştir mavi renkte olan pnömatik boru sıvı gübre girişi diğeri ise saf su girişidir.



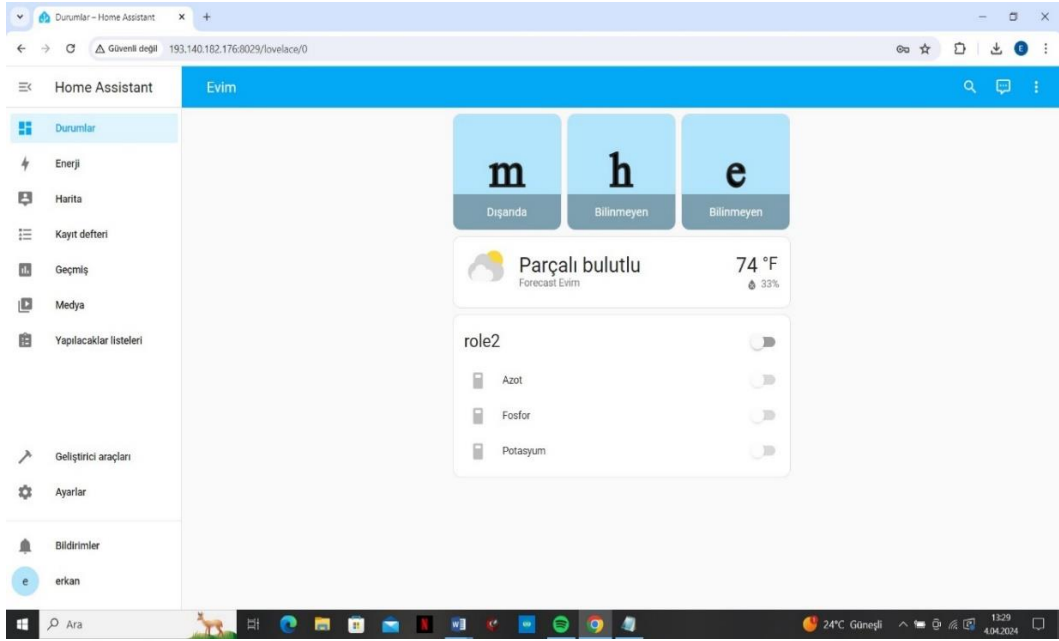
Şekil 4.7. Sistemin Genel Görüntüsü

Şekil 4.7’de Gübreleme otomasyon sistemi tasarımı şekilde ki gibi tamamlanmıştır. Kullanıcı isteğine göre sıvı gübre tanklarına istediği tür de gübreyi ekleyerek kontrol paneli vasıtasıyla uzaktan kontrolünü sağlamaktadır. Şekil 4.8’de sıvı gübre tanklarına sıvı gübre eklenmiş görsel verilmiştir.



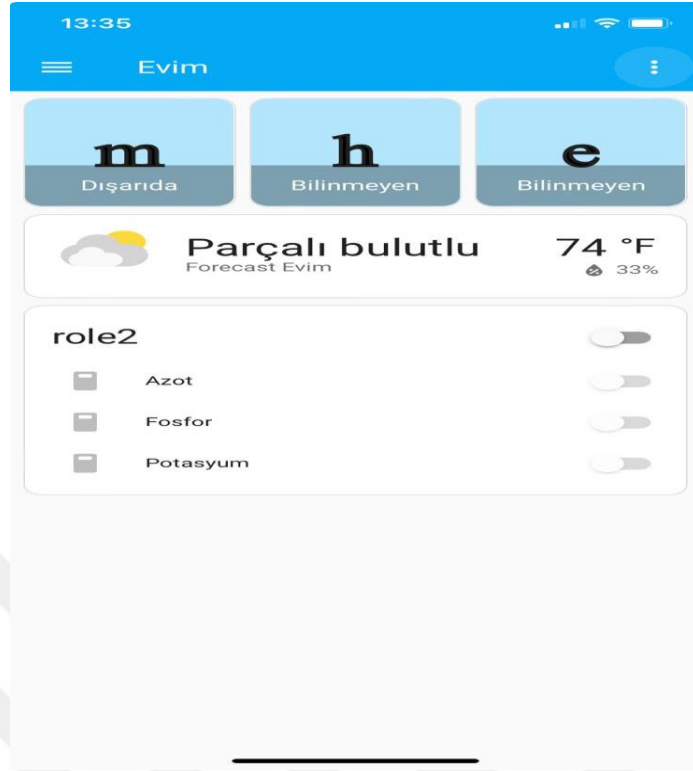
Şekil 4.8. Gübre Tanklarının Dolu Hali

Şekil 4.9’da görüldüğü üzere uzaktan kontrol arayüzün’de bulunan anahtarlardan sistemin kontrolü sağlanmaktadır. Açık konuma getirilen anahtar sistemi devreye sokarak gübreleme işlemi yapmaktadır.



Şekil 4.9. Uygulama Kontrol Arayüzü

Şekil 4.10’da görüldüğü üzere üç farklı gübre tankını kontrol etmek için konumlandırılmış üç anahtar görülmektedir.



Şekil 4.10. Mobil Uygulama Arayüzü

Tablo 4.1’de sıvı gübrelerin karışım tankına saatteki iletim oranları verilmiştir. Araştırmada, 100 litre kapasiteli bir karıştırma tankı kullanılmış olup, bu tank 100 metrekairelik alanı damlama sulama yöntemi ile sulamak amacıyla üç kez doldurulmuş ve tarlaya iletilmiştir. Her 100 litrelik su karışımına, üç farklı sıvı gübreden herbiri için 0.2 litre olmak üzere toplamda 0.6 litre sıvı gübre eklenmiştir. Gübrelerin karışım tankına iletim süresi her 100 litrelik karışım için 25 dakika olarak belirlenmiş, ve böylece toplamda 300 litre gübreli su, 75 dakika içinde sulama alanına iletilmiştir.

Tablo 4.1. Gübre Tüketim Tablosu

Gübre Türü	Gübre Miktarı (litre)	Karışım Miktarı (litre su)	Damlama Hızı (litre/saat)	Damlama Süresi (dakika)
Azot	0.6	100	0.6	25
Fosfor	0.6	100	0.6	25
Potasyum	0.6	100	0.6	25
Toplam	1.8	300		75

Aşağıda sunulan tablo 4.2’de ise belirli bir çim bitkisi türüne, 100 metrekarelik bir alan için ekilen çimlere, üç farklı zaman diliminde gübre uygulaması yapılan bir çalışmayı özetlemektedir. Çalışmada, her bir gübreleme işlemi için ayrı maliyetler ve toplam maliyet değerlendirilmiş, bu değerler akademik araştırmalar ve endüstri standartlarına dayanarak hesaplanmıştır.

Çalışmada belirlenen optimum gübre miktarları, 100 metrekarelik alan için her bir sıvı gübre türünden 0.2 litre olarak tespit edilmiştir. Her bir gübre türünün litre başına maliyeti, kapsamlı bir piyasa araştırması sonucunda elde edilen ortalama fiyatlar kullanılarak hesaplanmış ve tabloya dahil edilmiştir.

Bu bilgiler, çim bitkisinin beslenme gereksinimlerini karşılamak ve maliyet etkinliğini optimize etmek amacıyla düzenlenmiş bir gübreleme programının uygulanmasını sağlamak için kritik öneme sahiptir. Tablo, bu türden uygulamalar için bir referans kaynağı olarak işlev görmekte, böylece araştırmacılar ve uygulayıcılar için doğru gübreleme stratejilerinin belirlenmesinde yardımcı bir araç oluşturmaktadır.

Tablo 4.2. Gübre Maliyet Tablosu

Gübre Türü	Miktar (litre)	Birim Maliyet (TL/litre)	Toplam Maliyet Tek Uygulama (TL)	Uygulama Sayısı	Toplam Maliyet 3 Uygulama (TL)
Azot	0.2	42.45	8.49	3	25.47
Fosfor	0.2	88.8	17.76	3	53.28
Potasyum	0.2	66	13.20	3	39.60
Toplam			39.45	3	118.35

Gerçekleştirilen uygulama da kullanılan malzemelerin maliyet analizi Tablo 4.3’de verilmiştir. Kullanılan malzemelerin adetleri ve alış fiyatları ayrı ayrı gösterilmiştir.

Tablo 4.3. Kullanılan Malzeme Maliyet Tablosu

Malzeme	Adet	Birim Fiyatı (TL)	Toplam Fiyat (TL)
Selenoid valf	3	474,89	1424,67
ESP8266 NodeMCU	1	112,99	112,99
Katı Hal Rölesi	1	329,99	329,99
Karıştırma Tankı	1	600	600
Kontrol Paneli	1	300	300
HC-SR04 Mesafe Sensörü	3	30,99	92,97
Toplam			2860,62

5. SONUÇ

Bu tezin temel hedefi, tarımsal alandaki aşırı gübreleme ve yanlış gübreleme uygulamalarını ortadan kaldırarak, tarım verimliliğini artırmak ve çevresel sürdürülebilirliği desteklemektir. Bu amaç doğrultusunda geliştirilen otomasyon sistemi, özellikle uzaktan kontrol özelliği ile çiftçilere maliyet ve zaman tasarrufu sağlamayı amaçlamaktadır.

Tarım sektöründe otomasyonun yaygınlaşmasını engelleyen yüksek maliyet ve teknik eleman ihtiyacı gibi zorlukları aşmak amacıyla tasarlanan bu sistem, ekonomik bir otomasyon çözümü sunarak çiftçilere düşük maliyetli ve kullanıcı dostu bir çözüm sunma potansiyeli taşımaktadır. Bu yaklaşım, özellikle küçük ve orta ölçekli tarım işletmelerinin bu teknolojiye erişimini artırarak sektördeki geniş bir kullanıcı kitlesine hitap etmeyi amaçlamaktadır. Aynı zamanda, sistemin uzun vadeli güncellemelere uyum sağlama esnekliği ile değişen ihtiyaçlara ve teknolojik gelişmelere hızla adapte olabilecek bir yapıya sahip olduğu vurgulanmaktadır.

Home Assistant ve ESPHome entegrasyonu sayesinde, bu otomasyon sistemi benzersiz bir esneklik ve genişletilebilirlik kazanmaktadır. Home Assistant, kullanıcı dostu bir arayüz ve geniş bir entegrasyon ekosistemi sunarak, çiftçilerin kendi sistemlerini kolayca özelleştirmelerine ve genişletmelerine olanak tanır. Bu, çiftçilerin kendi ihtiyaçlarına göre çeşitli sensörler ve aktüatörler ekleyerek tarımsal operasyonlarını daha verimli hale getirebilmelerini sağlar. ESPHome ise, ESP8266 gibi mikrodenetleyiciler üzerinde kolaylıkla özel firmware'ler geliştirilmesine imkan tanıyarak, çiftçilerin kendi cihazlarını programlamalarını ve sisteme entegre etmelerini basitleştirir. Bu entegrasyon, teknik bilgisi ne olursa olsun her çiftçinin kullanabileceği bir otomasyon çözümü yaratır.

Ayrıca, Home Assistant ve ESPHome'un açık kaynak olması, sistemin maliyetlerini önemli ölçüde düşürmektedir. Topluluk tarafından desteklenen bu platformlar, sürekli güncellenmekte ve geliştirilmektedir, bu da sistem için uzun vadeli bir destek ve sürekli iyileştirmeler anlamına gelir. Bu durum, tarımsal otomasyon sistemlerinin kurulumu ve bakımı sırasında karşılaşılabilecek maliyetlerin azalmasına yardımcı olurken, aynı zamanda çiftçilere en yeni teknolojilere erişim imkanı sunar. Bu açık kaynak yaklaşımı, kullanıcıların kendi ihtiyaçlarına uygun çözümleri özgürce özelleştirebilmesi için

gereken esnekliği sağlar, bylece tarımsal uygulamaların daha verimli ve evre dostu hale gelmesine katkıda bulunur.

Çalışmada yapılan maliyet analizi, çiftçinin başlangıçta karşılaması gereken bir maliyet tablosu ile başlamakta ancak sistem kurulduktan sonra sağlanan avantajlar ile beraber aşırı gübreleme ve vahşı sulamadan kaçındığı için sistem maliyetini kısa sürede amorti etme potansiyeli taşımaktadır. Bu durum, tarım işletmelerinin ekonomik açıdan verimli bir şekilde otomasyon sistemine geçiş yapmalarını teşvik etmektedir.

Otomasyon sistemi ve mobil uygulama arasındaki haberleşme, ESP8266 mikro denetleyici kartı kullanılarak sağlanmıştır. Yapılan testler, sistemin sorunsuz çalıştığını ve bitkilerin ihtiyaçlarına yönelik doğru gübreleme işlemlerini gerçekleştirdiğini göstermiştir. Bununla birlikte, sensörler ile yapılan ölçümler, çiftçinin bitkilerin ihtiyaçlarına uygun reaksiyonlar vermesini sağlamış ve bu sayede sürdürülebilir bir tarım yönetimi oluşturulmuştur.

Sistem, kullanıcı ihtiyaçlarına göre esnek ve genişletilebilir bir yapıya sahiptir. Bu esneklik, farklı ölçümler yapan sensörlerin kolayca eklenmesine imkan tanımakta ve çiftçilere daha özelleştirilmiş bir otomasyon sistemi oluşturabilme yeteneği sunmaktadır. Ayrıca, tasarım sürecinde ucuz, yaygın bulunan ve arıza durumlarında kolayca tamir edilebilen parçaların tercih edilmesi, sistem maliyetini düşürmenin yanı sıra bakım ve onarım kolaylığı sağlamaktadır.

Sonuç olarak, bu çalışma, tarımsal alandaki aşırı gübreleme ve yanlış gübreleme sorunlarına çözüm oluşturmayı amaçlamaktadır. Düşük maliyetli, kullanıcı dostu ve uzaktan kontrol imkanı sunan bu otomasyon sistemi, çiftçilere sürdürülebilir tarım uygulamalarını benimsemeleri için etkili bir çözüm sunmaktadır.

6. KAYNAKÇA

- ACOD. (2019). [Makale detayı]. Erişim Tarihi: 21 Nisan 2019, http://www.acod.com.tr/makale_detay.asp?id=8
- Aktepe, B. B. (2021). Sıvı gübre tertibatlı anıza tahıl ekimi yapan doğrudan ekim makinesi için otomasyon sisteminin tasarımı (Yüksek lisans tezi). Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Akyıldız, I. F., Su, W., Sankarasubramaniam, Y., & Cayirci, E. (2002). A survey on sensor networks. *IEEE Communications Magazine*, 40(8), 102–114.
- Angın, P. (2018). Nesnelerin İnterneti ve Güvenlik. ODTÜ Kablosuz Ağlar, Ağlar ve Siber Güvenlik Laboratuvarı.
- Aras, İ. (2006). Damla sulama yöntemi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 15(1-2), 49-60.
- Aygün, Y., & Acar, M. (2004). Organik gübreler ve önemi. *Hasat Dergisi*, 228, 68-72.
- Ayyıldız, M., & Denizli, M. (2019). Nesnelerin İnterneti ile Akıllı bir Priz Prototipi. Yıl 2019, Cilt: 7, Sayı: 1, 722-728.
- BBC. (2012, November 22). How the world's first webcam made a coffee pot famous. BBC News. <https://www.bbc.com/news/technology-20439301>
- Brohi, A. & Topbaş, M. (1998). *Gübreler ve Gübreleme*. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ders Notları Serisi. Tokat.
- Comart, A., Oral, O., & Çağlayan, N. (2018). Nesnelerin İnterneti Teknolojisinin Tarımsal Alandaki Uygulamaları. *Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi* (13), 25-34.
- Çakır, D., Odabaş, M. S., Kayhan, G., & Oktaş, R. (2022). 5G Teknolojilerinin Akıllı Tarım Sistemlerinde Kullanımı ve Geleceği Üzerine Değerlendirme. *Derleme*, 5(2), 81-86.
- Doğan, K., & Arslantekin, S. (2016). Büyük Veri: Önemi, Yapısı ve Günümüzdeki Durum. *DTCF Dergisi*, 56(1), 15-36.
- Erdal, E., & Ergüzen, A. (2020). Nesnelerin İnterneti (IoT). *International Journal of Engineering Research and Development, Elektrik Mühendisliği ve Bilgisayar Bilimleri Özel Sayısı*, 24-34.
- Fardo, S. W., & Patrick, D. R. (2009). *Electrical Power Systems Technology* (3rd ed.). Fairmont Press, Inc.
- Goldberg, K. (2012). What Is Automation? *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 9(1), 1-2.
- Gökrem, L., & Bozuklu, M. (2016). Nesnelerin interneti: Yapılan çalışmalar ve ülkemizdeki mevcut durum. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, (13), 47-68.
- Kevin, A. (2009). “That ‘Internet of things’ thing”. *RFID Journal*, 22:97–114.

- Kurt, C., Yılmaztürk, İ., Okur, F., Menemen, A., Bahtiyar, B., & İplikçi, S. (2022). Nesnelerin İnterneti Tabanlı Tarımsal Sulama Otomasyon Sistemi Geliştirilmesi. Fırat Üniversitesi Uzay ve Savunma Teknolojileri Dergisi, 1(1), 149-153.
- Landaluce, H., Arjona, L., Perallos, A., Falcone, F., Angulo, I., & Muralter, F. (2020). A review of IoT sensing applications and challenges using RFID and wireless sensor networks. Sensors, 20(9), 2495.
- Mahmud, M. S. A., Abidin, M. S. Z., Emmanuel, A. A., & Hasan, H. S. (2020). Robotics and Automation in Agriculture: Present and Future Applications. School of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University Technology Malaysia, 81310 UTM Skudai, Johor, Malaysia.
- O. Oral & M. Çakır. (2017). Nesnelerin İnterneti Kavramı ve Örnek Bir Prototipin Oluşturulması. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 1, 172-177.
- Sezen, Y. (1995). Gübreler ve Gübreleme (2. Baskı). Atatürk Üniversitesi Yayınları No: 679, Ziraat Fakültesi Yayınları No: 303 s.276, Erzurum.
- Shi, Z. (2023). Shaping the Future of IoT: 7 MQTT Technology Trends in 2023. dzone.com. <https://dzone.com/articles/shaping-the-future-of-iot-7-mqtt-technology-trends>
- Şahin, G. (2016). Türkiye'de gübre kullanım durumu ve gübreleme konusunda yaşanan problemler. Tarım Ekonomisi Dergisi, 22(1), 19-32. <http://journal.tarekoder.org>
- Taştan, M. (2019). Nesnelerin İnterneti Tabanlı Akıllı Sulama ve Uzaktan İzleme Sistemi. Avrupa Bilim Ve Teknoloji Dergisi(15), 229-236. <https://doi.org/10.31590/ejosat.525149>
- Tarfin. (2021, Şubat 7). Damla sulama sistemi nedir? Avantajları ve dezavantajları. Tarfin. <https://tarfin.com/blog/damla-sulama-sistemi-nedir-avantajlari-ve-dezavantajlari>
- TeknoSelfi. (2019). [WiFi Nedir, Nasıl Çalışır?]. Erişim Tarihi: 21 Nisan 2019, <http://teknoselfi.com/wifi-nedir-nasil-calisir/>
- TÜBİTAK Bilgi Teknolojileri ve Elektronik Araştırma Enstitüsü (BİLTEN). (2001). Elektromanyetik Dalgalar ve İnsan Sağlığı: Sıkça Sorulan Sorular ve Yanıtları. Ankara: TÜBİTAK Matbaası.
- Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı. (2014, Ekim 23). *Mikrobiyal Gübre Çalıştayı Bildiri Kitabı*.
- Uygar İst. Yıldız Teknik Üniversitesi. (2019). [Makine Öğrenmesi]. Erişim Tarihi: 21 Nisan 2019, <http://www.uygarist.yildiz.edu.tr/makine-ogrenmesi>
- Uzun Y, Bilban M, Arıkan A, 2018. Hassas tarım ve kırsal kalkınmada yapay zekâ kullanımı. VI. KOP Bölgesel Kalkınma Sempozyumu, KOPBKS 26-28 Ekim 2018, Konya, Turkey, pp: 68.
- Yetgin, M. A. (2010, Nisan). Organik gübreler ve önemi. Samsun Valiliği, İl Tarım Müdürlüğü. Samsun.

Yuan, M. 2021. Getting to know MQTT. IBM Developer. <https://developer.ibm.com/articles/iot-mqtt-why-good-for-iot/> (25.04.2023).

Yun-fei, B. (2012). Bilimsel gübreleme ve modern tarım. Fosfat ve Kompoze Gübre.

Yüzer, T. (2013). Günlük yaşamda internet ve medya ilişkileri. *Selçuk İletişim*, 4(2), 86-96. <https://doi.org/10.18094/si.64420>

