



**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
AKILLI SİSTEMLER MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

DAĞITIK İSTEMCİ KONTROLLÜ AKILLI SULAMA ROBOTU

Yüksek Lisans Tezi

Dilek ÇAKIR

Danışman
Doç. Dr. Mehmet Serhat ODABAŞ

SAMSUN
2023

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
AKILLI SİSTEMLER MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**



**DAĞITIK İSTEMCİ KONTROLLÜ AKILLI SULAMA
ROBOTU**

Yüksek Lisans Tezi

Dilek ÇAKIR

Danışman

Doç. Dr. Mehmet Serhat ODABAŞ

Bu çalışma Ondokuz Mayıs Üniversitesi tarafından PYO.BMY.1904.22.002 proje numarası ile desteklenmiştir.

SAMSUN
2023

TEZ KABUL VE ONAYI

Dilek ÇAKIR tarafından, **Doç. Dr. Mehmet Serhat ODABAŞ** danışmanlığında hazırlanan “**DAĞITIK İSTEMCİ KONTROLLÜ AKILLI SULAMA ROBOTU**” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 4.7.2023 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	Sonuç
Başkan	Doç. Dr. Mehmet Serhat ODABAŞ Ondokuz Mayıs Üniversitesi Akıllı Sistemler Mühendisliği Ana Bilim Dalı	☐ Kabul ☐ Ret
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Erhan ERGÜN Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı	☐ Kabul ☐ Ret
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Nurettin ŞENYER Samsun Üniversitesi Yazılım Mühendisliği Ana Bilim Dalı	☐ Kabul ☐ Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

Prof.Dr. Ahmet TABAK
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Yüksek Lisans tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi ?

Evet ☐ (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır ☒

17 /05/ 2023
Dilek ÇAKIR

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı : DAĞITIK İSTEMCİ KONTROLLÜ AKILLI SULAMA ROBOTU

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 17.05.2023 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 10

Tek kaynak oranı : % 4 çıkmıştır.

17 /05 / 2023
Doç. Dr. Mehmet Serhat ODABAŞ

ÖZET

DAĞITIK İSTEMCİ KONTROLLÜ AKILLI SULAMA ROBOTU

Dilek ÇAKIR
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Akıllı Sistemler Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Yüksek Lisans, Temmuz/2023
Danışman: Doç. Dr. Mehmet Serhat ODABAŞ

Bilim ve teknoloji alanında her geçen gün yeni gelişmeler yaşanmaktadır. Bu gelişmelerle birlikte insanların yaşam standartları iyileşmeye devam etmekte ve konfor anlayışları da değişmektedir. Geçmişte insan eliyle yapılan bir çok işlem yeni teknolojilerin insanlığa sağladığı imkanlar sayesinde artık akıllı sistemler aracılığı ile yapılmaktadır. Bu çalışmada kapalı ortamlarda (evler, AVM'ler, seralar vb.) kullanılacak robotik sulama sistemi yapılmıştır. İçerik, toprağın nemini nem sensörü ile tespit ederek veri toplayan ve bilgiyi anlamlı bir veriye dönüştürmek için o bilginin işlenmesinin gerçekleşeceği devreyi içermektedir. Çoklu istemcilerde bulunan sensörler yardımı ile elde edilen veriler sulama robotunun yapay zekası tarafından değerlendirilerek bilgiyi anlamlı bir veriye dönüştürmekte ve bu sayede sulama işlemi gerçekleşmektedir. Çoklu istemci ve robottan oluşan bu sistem sulama işlemini gerçekleştirebileceği gibi suda çözünen bitki besin maddelerini, sıvı formda ki tarımsal ilaçların da bitkilere verilmesini sağlayacaktır.

Anahtar Sözcükler: Akıllı Sulama , Dijital Tarım, Akıllı Tarım Sistemi

ABSTRACT

INTELLIGENT IRRIGATION ROBOT WITH DISTRIBUTED CLIENT CONTROL

Dilek ÇAKIR

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Studies

Department of Intelligent Systems Engineering

Master, July/2023

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Mehmet Serhat ODABAŞ

Science and technology continue to witness new advancements every day, leading to improved living standards and evolving concepts of comfort. Many tasks that were previously performed manually by humans are now facilitated through smart systems, thanks to the opportunities provided by new technologies. In this study, a robotic irrigation system was developed for enclosed environments such as homes, shopping malls, and greenhouses. The system incorporates a circuit that detects soil moisture using a moisture sensor, collects data, and processes it into meaningful information. The collected data from multiple clients' sensors is evaluated by the artificial intelligence of the irrigation robot, enabling effective irrigation operations. Furthermore, this system, comprising multiple clients and a robot, not only performs irrigation but also facilitates the delivery of water-soluble plant nutrients and liquid agricultural pesticides to the plants.

Keywords: Smart Irrigation, Digital Agriculture, Smart Farming System

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Akademik eğitim sürecimin bir üst noktası olan yüksek lisans tez çalışmalarım boyunca yardım ve desteğini benden esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Mehmet Serhat ODABAŞ' a ve Dr. Erhan ERGÜN' e ayrıca Akıllı Sistemler Mühendisliği Ana Bilim Dalı öğretim üyelerine ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Büyüten, yetiştiren ve toplumda bir birey olarak ayakta yer almamı sağlayan, maddi ve manevi her türlü desteği sağlayan aileme de ayrıca teşekkür ederim.

Dilek ÇAKIR



İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	4
2.1. Akıllı Tarım Uygulamaları	12
2.2. Akıllı Sulama Sistemleri ve Robotik Uygulamaları	15
2.3. Arduino ile Yapılan Sulama Sistemleri	17
3. MATERYAL VE METOD	18
3.1. Robot donanımı	18
3.2. Saksı Donanımı	23
3.3. Metod	26
3.4. Akıllı Sulama Robotunun Yazılımı	28
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	35
4.1. Çalışmada Karşılaşılan Güçlükler	35
5. SONUÇ	37
KAYNAKLAR	38
ÖZ GEÇMİŞ	42

SİMGELER VE KISALTMALAR

2G	: İkinci Nesil
3D	: Üç boyutlu
3G	: Üçüncü Nesil
CWSI	: Bitki Su Stresi İndeksi
DC	: Doğru Akım
ECC	: Elips Şifreleme Algoritması
EEPROM	: Elektrikle Silinebilir Programlanabilir Salt Okunur Bellek
ENA	: Etkinleştirme A
ENB	: Etkinleştirme B
ENR	: Elastik Ağ Regresyon
EPJO	: Emperor Penguin Jellyfish Optimizer
ESP32	: Espressif Systems 32
FAO	: Food and Agriculture Organization
FAO-PM	: FAO Penman Monteith
FIWARE	: Gelecek Nesil Internet Uygulama Geliştirme Platformu
GBRT	: Gradient Boosted Regresyon Ağacı
GND	: Ground
GPS	: Global Positioning System
GSM	: Global System for Mobile Communications
HIGH	: High Voltage
HSSC	: Hierarchy Shuffled Shepherd Clustering
HTTP	: Hypertext Transfer Protocol
ID	: Identification
IMU	: Inertial Measurement Unit
IoE	: Internet of Everything
IoT	: Internet of Things
IoT-SFF	: Internet of Things - Smart Farming and Food and Fiber
IU	: Sulama Ünitesi
KNN	: K-En Yakın Komşu
LED	: Light Emitting Diode
LR	: Doğrusal Regresyon
MEMS	: Mikroelektromekanik Sistemler

ML	: Makine Öğrenmesi
MLP	: Çok Katmanlı Algılayıcı Perceptron
MLR	: Çoklu Doğrusal Regresyon
MongoDB	: Büyük Veritabanı Yönetim Sistemi
MQTT	: Message Queuing Telemetry Transport
NB	: Naive Bayes
Ni-MH	: Nickel-Metal Hydride
NN	: Yapay Sinir Ağı
NodeMCU	: Node Microcontroller Unit
Node-RED	: Node Rule Engine and Dashboard
NS2	: Network Simulator-2
PWM	: Pulse Width Modulation
RBFN	: Radyal Taban Fonksiyonlu Ağ
RF-DC	: Radyo Frekansı - Doğru Akım
RFID	: Radyo Frekansı Tanımlama Sistemi
RFR	: Random Forest Regression
RMSE	: Kök Ortalama Kare Hata
SHA-256	: Secure Hash Algorithm 256-bit
SIS	: Sensör Bilgi Sistemi
SIU	: Sensör Bilgi Ünitesi
SRAM	: Statik Random Bellek
SVM	: Destek Vektör Makinesi
USP	: Birleşik sensör direği
VCC	: Voltage Common Collector
Wi-Fi	: Wireless Fidelity
WSAN	: Kablosuz Sensör ve Aktüatör Ağı
WSN	: Kablosuz Sensör Ağları
XGBoosting	: Extreme Gradient Boosting

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Plastik Redüktörlü Motorların Eklenmiş Hali	18
Şekil 3.2 Tekerleklerin Eklenmiş Hali	19
Şekil 3.3 L298N Motor Sürücü Kartı.....	20
Şekil 3.4 Üç Sensörlü Dijitl Çizgi Sensörü (TCRT5000).....	20
Şekil 3.5 NRF24L01 Kablosuz İletişim Modülü	21
Şekil 3.6 TCS3200 Renk Sensörü.....	22
Şekil 3.7 Mini Dalgıç Su Pompası Dc 2.5V-6V 120L.....	22
Şekil 3.8 5V Röle	23
Şekil 3.9 Arduino Toprak Nem Sensörü.....	24
Şekil 3.10 Arduino Nano Klon - USB Chip CH340	25
Şekil 3.11 Saksı ve Robot Genel Görünümü	25
Şekil 3.12 Saksı Akış Şeması.....	27
Şekil 3.13 Sulama Robotu Akış Şeması.....	27

1. GİRİŞ

Bilim ve teknoloji alanında her geçen gün yeni gelişmeler yaşanmakta, bu gelişmelerle birlikte yaşam standartları iyileşmekte ve buna bağlı olarak insanların konfor anlayışları da değişmektedir. Teknolojinin geniş imkânları sayesinde daha önce insan eliyle yapılan birçok işlem, artık insan müdahalesi olmadan akıllı sistemler aracılığı ile yapılabilmektedir. Bu durum insanlara zamandan ve mekândan bağımsız olma gibi olumlu etkilerinin yanında ekonomik olması açısından da fayda sağlamaktadır. Bu doğrultudan yola çıkılarak insan yaşamını kolaylaştıracak her alanda (enerji, tarım, güvenlik, sağlık ve eğlence vs.) akıllı sistemlerin kullanımı artmaktadır (Tomaş vd., 2020).

Akıllı sistemlerin yaygınlaşması ile birlikte genel anlamda dijital bir dönüşüm yaşanmaktadır. Bu dijital yenilikleri uygulamanın sosyo-teknik süreci olan dijitalleşme, giderek yaygınlaşan bir trenddir. Dijitalleşme büyük veri, nesnelerin interneti, artırılmış gerçeklik, robotik, sensörler, 3D baskı, sistem entegrasyonu, her yerde bulunan bağlantı, yapay zeka, makine öğrenimi, dijital ikizler ve blok zinciri gibi olguları ve teknolojileri içermektedir (Alm vd., 2016).

Dünya yüzeyinin yaklaşık %71'i su ile kaplıdır. Bununla birlikte, bu suyun sadece %2,5'i tatlı su kaynaklarıdır. Geri kalanı deniz suyudur ve tuzludur. Tatlı su kaynakları da yeraltı suyu, nehirler, göller, buzullar ve kar sularını içerir. Dünya genelindeki su kaynakları, iklim, topoğrafya, yağış miktarı ve insan faaliyetleri gibi birçok faktöre bağlı olarak değişir. Bununla birlikte, dünya genelindeki tatlı su kaynakları, su kaynaklarının eşit şekilde dağılmaması nedeniyle bazı bölgelerde sınırlıdır.

Dünya genelinde su tüketiminin büyük bir bölümünü tarımsal sulama oluşturur. Tarımsal sulama, su kaynaklarının yaklaşık %70'ini tüketir. Dünya genelinde tarımsal sulama yöntemleri, yeraltı suyunun aşırı kullanımı nedeniyle yeraltı su seviyelerinde düşüşe neden olmuştur. Bu da yeraltı suyu kaynaklarının tükenmesine yol açabilir.

İçme suyu kaynakları da dünya genelinde sınırlıdır. Günümüzde dünya genelinde yaklaşık 2,2 milyar insan, güvenli içme suyuna erişememekte ve her yıl yaklaşık 500.000 kişi su kaynakları ile ilgili sorunlar nedeniyle hayatını kaybetmektedir. Su kaynaklarındaki kirlilik, su kaynaklarının sınırlı olması ve su kaynakları üzerindeki baskı, bu sorunların temel nedenleridir. Bu nedenle, dünya

genelindeki su kaynakları sadece içme suyu sağlamakla kalmaz, aynı zamanda hijyenik koşulların sağlanması için de gereklidir.

Gelecekte su kıtlığı durumu, günümüzde olduğundan daha da büyük bir sorun haline gelecektir. Dünya nüfusu hızla artarken, su kaynakları ise sınırlıdır ve su kaynakları üzerindeki baskı her geçen gün artmaktadır. 2050 yılına kadar dünya nüfusunun 10 milyara ulaşması bekleniyor ve bu nedenle su kaynakları üzerindeki baskı daha da artacaktır.

Su kaynakları üzerindeki baskının artması, su kaynaklarının kirlenmesine, su kaynaklarının tükenmesine ve su kaynaklarının verimliliğinin azalmasına neden olacaktır. Bu durum, özellikle kurak bölgelerde daha da belirgin hale gelecektir.

Günümüzde ve gelecekte özellikle dünya nüfusundaki artış tarım sektöründe akıllı sistemlerin kullanımını ve dijitalleşme dönemini vazgeçilmez yapmaktadır. Teknolojik gelişmelerle beraber akıllı sistemler tarımsal sulama planlamalarında ve sulama sistemlerinde önemli rol oynamaktadır. Akıllı sulama planlamasının yapıldığı sistemlerde daha iyi bir performans, toprak-bitki-hava koşullarındaki değişikliklere daha hızlı yanıt vermesinin yanı sıra portatif, insandan bağımsız ve maliyetinin daha az olması insanlara belli bir refah sağlayacaktır. Ayrıca Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından önerilen FAO Penman Monteith (FAO-PM) bir su planlaması yönetimi bulunmaktadır (Bülbül, 2022). Bu su dengesi modeli nem sensörlerine dayanan otomatik bir sulama planlamasıdır ve son yıllarda geniş yelpazede ki araştırmalara konu olmuştur. FAO'nun bu konuda ki toprak su dengesi programında veriler karşılaştırılmış iklimsel parametreler Genetik Algoritma ve Parçacık Sürü Optimizasyon Algoritması ile ayrı ayrı optimize edilmiş ve sulama gereksinimleri belirlenmiştir (Casadesus et al., 2012).

Yeni nesil teknoloji ve tekniklerin gelişmesiyle birlikte akıllı sulama sistemlerinde sulamayı optimize etmek için basit ve detaylı yöntemler kullanılmaya başlanmıştır (Dominguez-Nino et al., 2020). En kolay yöntemlerden biri, toprak nemi önceden belirlenmiş bir eşiğin üzerinde veya altında olduğunda sulama sistemini açan veya kapatan otomatik bir sistemlerdir (Munoz-Carpena et al., 2005). Otomatik sulamada kullanılan diğer bir basit yaklaşım ise sensörler tarafından sağlanan ölçümler önceden belirlenmiş eşiklerin üzerine çıktığında veya altına düştüğünde sulamayı başlatan veya sonlandıran toprak nem sensörlerini veya tansiyometreleri içerir (Caceres et al., 2007). Daha karmaşık sistemlerde ise, bitki veya toprak sensörlerinden

gelen bildirimlerden su miktarları belirlenmektedir (Casadesus et al., 2012). Bu ve benzeri sulama sistemleri, bitkilerin su ihtiyaçlarını belirlemede yetersiz kalmakta, aşırı su kullanımı ile enerji ve maliyet tüketimini optimize edememektedir (Perea et al., 2021). Enerji maliyetleri, sulama sistemleri için su maliyetlerinin yaklaşık %40-60'ını oluşturmaktadır (Caceres et al., 2021). Günümüzde su kaynaklarının kıtlığı ve sulama sistemlerinin artan enerji talepleri, optimal sulama programlarının geliştirilmesini gerekli kılmaktadır (Bülbül vd., 2021).

Bu konuda yapılan çalışmalar incelendiğinde akıllı sulama sistemleri ile ilgili önemli sayıda tarımda kullanılacak şekilde çalışmalar yapıldığı görülmüştür. Bu bağlamda ev, sera gibi iç mekânda daha ekonomik olarak bu konun uygulanabilirliğinin ne şekilde olabileceği sorusu sorulmuş ve neticesinde istemci ve sunucunun birbiri ile haberleşebildiği, sunucunun bitkinin su ihtiyacını karşıladığı bir sistem tasarlama çalışması düşünülmüştür.

Bu tez çalışması ile kısıtlı su kaynaklarının maksimum verimlilikte sadece arazi koşullarında değil saksıda yetişen ev bitkileri, serada yetiştirilen süs bitkileri içinde kullanılabileceğini göstermektedir. Bu sistemin geliştirilmesinde akıllı sulama robotu ve farklı amaçlı sensörlerden yararlanılacaktır. Çalışma toprağın nemini nem sensörü ile tespit ederek veri toplayan ve bilgiyi anlamlı bir veriye dönüştürmek için o bilginin işlenmesinin gerçekleşeceği devreyi içermektedir. Kullanılacak olan yapı mühendislik eğitimlerinde, robotik uygulamalarında , otomobil içi veri toplamada, tarımsal yapı kontrollerinde, İHA sensörlerinin konumlandırılmasında kullanılmaktadır (Gonzalez and Calderon, 2019). Bu akıllı sistemde ise kablosuz iletişim sağlanmıştır. Kablosuz iletişimin en önemli avantajı, kablolama ve donanımda önemli bir azalma ve basitleştirme sağlamasıdır (Cardei et al., 2006). Geliştirilecek sistem ile sunucu, istemci veya istemciler tarafından talep geldiğinde kızılötesi algılama sensörleri ile ilerleyerek nem eşiğini sağlayacak su miktarı kadar sulama yapılmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Akıllı sulama sistemleri, tarım sektöründe önemli bir potansiyele sahip olan ve su kaynaklarının etkin kullanımını hedefleyen yenilikçi teknolojik çözümlerdir. Küresel nüfus artışı, iklim değişikliği ve su kaynaklarının azalması gibi faktörler, tarımsal sulamayı daha sürdürülebilir ve verimli bir hale getirme ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Bu bağlamda, akıllı sulama sistemleri, tarım alanlarının su ihtiyacını daha hassas ve optimize bir şekilde yöneterek su tasarrufu sağlamakta, verimliliği artırmakta ve çiftçilere daha iyi bir karar verme süreci sunmaktadır. Bu çalışmanın amacı, akıllı sulama sistemlerinin mevcut durumunu ve potansiyelini araştırmak, bu teknolojik çözümlerin tarımsal sürdürülebilirliği nasıl etkileyebileceğini incelemektir. Bu nedenle yapılan literatür araştırmasında akıllı sulama sistemlerinin önemine vurgu yapan literatürdeki bazı önemli çalışmalar bu bölümde açıklanmıştır.

Godsent vd. (2023) çiftçilerin uzaktan toprak nem durumunu kontrol edebilmelerini, ihtiyaç duyulduğunda sulama pompasını uzaktan açıp kapatabilmelerini sağlayan entegre GSM ve Wi-Fi özellikleri olan işlevsel bir akıllı sulama sistemi geliştirmişlerdir. Sistem, bir DC pompa, bir GSM modülü, nem sensörü ve NodeMCU mikro kontrolcüsünden oluşmaktadır. Prototip, donanım modülü ve yazılım programının bir karışımı olarak özelleştirilmiştir ve birkaç alt birimden oluşmaktadır. Toprak nem içeriği seviyesini algılayabilen akıllı bir anahtar sistem olarak davranır ve koşullar gerektirdiği gibi otomatik olarak bitkiyi sulamak için harekete geçmektedir. Motor, toprak nem içeriği seviyesine göre otomatik olarak açılır veya kapanır. Toprak sensörünün okumaları, analiz için grafikler oluşturan bir işlem birimine gönderilir ve bu, çiftçinin bilinçli kararlar vermesine yardımcı olmaktadır.

Jain (2023) yaptığı çalışmada, sulama ihtiyaçları artarken akıllı bir sulama sistemi ile doğru miktarda su sağlanabileceğini öngörmüştür. Bu ihtiyaca yönelik olarak, bu çalışma Web/Android uygulamaları uygulayarak Nesnelerin İnterneti (IoT) özellikli akıllı damla sulama sistemi geliştirmeyi amaçlamıştır. Çalışma damla sulama sistemini sürekli izleyip kontrol ederek insan gözetimine ihtiyaç duymadan su tasarrufu sağlamak için bir çözüm sunmaktadır. Bu sistem tarım alanlarında, parklarda, çimlerde vb. kullanılabilecek bir sistemdir. Gömülü sistem, bu tür problemleri giderebilmek için bir çözüm sunmaktadır. Çalışmada, Nesnelerin İnterneti (IoT) ve web tabanlı uygulamalarla yönetilen akıllı bir damla sulama sistemi oluşturulmuştur. Web uygulaması da damla sulama sırasında kullanıcı için uygun önlemleri almak

üzere tasarlanmıştır. Bu uygulama sulama için pompadan uygun miktarda su sağlamaktadır. Sistem , herhangi bir yerden web uygulaması aracılığıyla Android cep telefonunda kontrol edilebilir ve görüntülenebilme olanağı sağlamaktadır.

Kumar vd. (2023) geleneksel tarımın zor olduğu ve suyun kullanılabilirliği ve korunması gibi konuların çiftçiler için önemli bir sorun teşkil ettiği belirtmişlerdir. Bu nedenle, Nesnelerin İnterneti (IoT) kullanarak otomatik bir sulama sistemi tasarlamak ve üretmek için ilgili yönlerin tartışılmasını hedeflenmiştir. Bu sayede çiftçilerin zaman ve maddi kaynakları önemli ölçüde tasarruf edilmiştir. Çalışmada, toprak nemindeki değişiklikler toprak nem sensörleri ile algılanmakta ve IoT kullanılarak sulama otomatik hale getirilmiştir. Önerilen sistem, özellikle az gelişmiş bölgeler için son derece ekonomik olduğu belirtilmiştir. Önerilen akıllı sulama sistemi, enerji ve su tasarrufu sağlamıştır.

Venkatesh vd. (2023) IoT teknolojisi ve bahçecilik faaliyetlerinin birleştirilmesiyle oluşturulan bir akıllı iç mekan bahçecilik sisteminin tasarımını ve işleyişini ele almışlardır. Bu amaç ile toprak nem düzeyi sensörler aracılığıyla takip edilir ve düşük nem durumunda NodeMCU' ya sinyal gönderilmektedir. Kullanıcı mobil uygulama üzerinden sulama motorunu açıp kapatabilir. Benzer şekilde, yüksek sıcaklık durumunda fanı kontrol edebilir ve sıcaklık düştüğünde kapatılabilir. Tüm değerler uygulama üzerinden izlenebilir. IoT teknolojisiyle birlikte iç mekan bahçeciliği daha kolay hale gelebilir ve yaşlanan toplumlar için daha iyi bir yaşam kalitesi sağlayabilmektedir.

Ko vd. (2023) XGBoosting (XGBoosting, regresyon ve sınıflandırma görevleri için kullanılan bir makine öğrenimi algoritmasıdır.) algoritması kullanılarak bitkilerin Bitki Su Stresi İndeksi (CWSI) değerlerine göre optimal sulama sistemi tasarlamak için üç farklı ortamda çalışma yapmışlardır. Yaprak sıcaklığı, hava sıcaklığı ve hava hacmi gibi hava durumu verileriyle birlikte toprak ortamı bilgisi ve termal görüntüleme kameraları tarafından toplanan verilerle hesaplanan CWSI bilgisi, XGBoosting algoritmaları aracılığıyla oluşturulmuş ve bitki büyümesi için optimal ortam sağlanmıştır. Bu çalışma ile mevcut sulama yönteminden daha az sulama kullanılarak optimal bitki büyüme koşullarının oluşturulması ve ekipman özelliklerine göre birçok ekipmanın inşa edilmesi ve tarım arazisi işgal etme sorununa çözüm sağlanmaktadır.

Sami vd. (2022) çalışmalarında tarım alanındaki fiziksel sensör düğümlerinin arızalanması sorununu çözmek için bir model sunmaktadırlar. Model, sıcaklık, nem ve

toprak nemini tahmin eden alternatif bir mekanizma kullanarak, ilgili düğüme dair bilgi sağlayarak tam sistem arızalarını önlemektedir. Önerilen sinir sensörü, tarımsal sahaya yerleştirilen fiziksel sensörlerin çalışması hakkında ek bilgi sağlayarak mevcut sistemin verimliliğini ve güvenilirliğini arttırmaktadır. Ayrıca, belirli bir örnekte istenen değişkenlerin tahmini değerlerini sağlamaktadır. Bu model, sistemi arızalardan kurtarmak için bir mekanizma sağlamakta ve gelecekte Karar Destek Sistemi (SIS) ile entegrasyonu da mümkündür. Bu model, fiziksel sensör değerlerine ağırlık veren birçok gerçek zamanlı sistemlerde kullanılabilir. Ayrıca araştırmacılar sistemin güvenli ve güvenilir çalışmasını sağlamak için önemli bir araç olduğunu belirtmektedirler.

Khan vd. (2022) IoT tabanlı tarımda veri aktarımı başarısızlığı, enerji tüketimi, ağ ömrü azalması ve gecikme gibi sorunlarına çözüm bulma çalışmaları yapmışlardır. Bu amaçla optimal küme başı oluşumu ve seçimi, Hierarchy Shuffled Shepherd Clustering (HSSC) yöntemini geliştirmişlerdir. Ayrıca, önerilen Emperor Penguin Jellyfish Optimizer (EPJO) yöntemi ile en iyi enerji düzenlemesi ve yönlendirme yolu sağlandığını belirtmişlerdir. Bu çalışmanın simülasyonu Network Simulator-2 (NS2) yazılımı üzerinde gerçekleştirmişlerdir. Önerilen yöntemden elde edilen simülasyon sonuçları doğrulanmış, geleneksel yöntemlerle karşılaştırılmış, önerilen yaklaşımın sonuçları geleneksel çalışmalara kıyasla çok daha az enerji tüketimi ve geliştirilmiş ağ ömrü olduğunu göstermiştir.

Ragab vd. (2022) ESP32 mikro denetleyicinin Arduino C ile programlanmasıyla tasarlanan akıllı merkez pivot sulama ve gübreleme sisteminin tasarımını ve uygulamasını geliştirmişlerdir. Sistem, IoT ve bulut sunucusu teknolojilerini kullanarak su israfı ve aşırı gübre kullanımı gibi sorunları ele almaktadır. Message Queuing Telemetry Transport Protokolü (MQTT), sensörlerden web veya mobil uygulamalara ve tersi şekilde veri iletmek için kullanılmıştır. Sistem, bitkinin ihtiyaçlarına ve programına bağlı olarak sulama sürecini başlatıp başlatmayacağına ve gereken su miktarına karar verebilmektedir. Ayrıca, bitkinin ihtiyaç duyduğu gübre sayısını da düzenlenebilmektedir. Sistemin bağlantısı yüksektir ve manuel modda çalıştırılabilmektedir. Sistem ayrıca yağmur yağdığını tespit edebilir ve sulama işlemini buna göre durdurabilmektedir.

Tephila vd. (2022) çalışmalarında , mevcut suyu verimli bir şekilde kullanmak için IoT tabanlı akıllı bir sulama sistemi kullanılarak akıllı bir yönetim cihazı oluşturulmuştur. Bu yönetim cihazının amacı, zamanı otomatik olarak yönetmek, alt

sulama ve aşırı sulama sorunlarını önlemek, su tüketimini ve dağıtımını optimize etmek ve su rezervlerini yönetmektir. Bu cihaz ayrıca, açık kaynaklı bulutlar, füzyon merkezleri, alıcılar ve saha sensörlerini akıllı sulama amaçları için kullanılmaktadır. Paket teslim oranı, hedefe gönderilen paketler, ağ stabilite süresi ve enerji tüketimi açısından diğer mevcut yöntemlerle karşılaştırılarak performansı değerlendirilmektedir. Deneysel sonuçların gözlemlenmesine dayanarak, önerilen yönetim cihazının enerji tasarrufu açısından yüzde otuz tasarruf sağladığı ve daha yüksek ağ stabilitesi sunduğu belirlenmiştir. Bu yönetim sistemi, yan hareketli sulama, yüzey sulama, sprinkler sulama ve damla sulama gibi çeşitli sulama modellerinde kullanılabilir. Bu yönetim sisteminin avantajı, sadece 2G ve 3G'nin bulunduğu az gelişmiş ülkelerde küçük çiftliklerini geliştirmek için kullanılabilmesidir.

Tace vd. (2022) çalışmalarında düşük tüketim ve maliyetle farklı bağlamlarda kullanılabilecek akıllı ve esnek bir sulama yaklaşımı önermektedir. Bu yaklaşım, akıllı tarım için makine öğrenimi algoritmalarına dayanmaktadır. Bunun için, Düğüm Kuralı Motoru ve Panosu (Node-RED) platformu ve Büyük Veritabanı Yönetim Sistemi (MongoDB) kullanarak, toprak nem, sıcaklık ve yağmur sensörleri kullanmışlardır ve bitki büyümesini daha iyi sağlayan bir ortamda veri toplamışlardır. Toplanan verilere dayalı olarak farklı modeller kullanmışlardır. (K-En Yakın Komşu (KNN), Lojistik Regresyon (LR), Yapay Sinir Ağları (NN), Destek Vektör Makinesi (SVM) ve Naïve Bayes (NB)). Sonuçların, diğer modellere (LR, NN, SVM, NB) göre tanıma oranı %98,3 ve Kök Ortalama Kare Hatası (RMSE) 0,12 olan K-En Yakın Komşu metodunun daha iyi olduğunu göstermiştir. Ayrıca sensörler tarafından yayınlanan çeşitli verileri ve modellerimizin tahminlerini bir araya getiren bir web uygulaması geliştirmişlerdir.

Munir vd. (2021) çalışmalarında akıllı sulama için üç modülden oluşan bir çözüm önermişlerdir. İlk modül, su ihtiyacını etkileyen parametreleri algılamak için kullanılmıştır. Sıcaklık, toprak nem oranı, ışık ve hava nem oranını algılamak için DHT22, BH1750 ışık sensörü ve HL-69 nem ölçer sensörleri kullanılmıştır. İkinci modülde, KNN algoritması kullanılarak örnek veri kümesinde eğitim yapılmış ve verimli karar verme için kullanılmıştır. Eğitilmiş model, giriş değerlerine göre çok gerekli, gerekli değil, ortalama, gereklidir ve çok gereklidir gibi beş olası sınıfa ayrılmıştır. Üçüncü modülde ise, verilerin HTTP istekleri yoluyla transfer edilmesi için kenar ve ana IoT sunucuları kullanılmıştır. Önerilen sistem tamamen Anaconda'da uygulanmıştır. Sistem KNN kullanırken, gelecekte diğer karar verme tekniklerinin de

kullanılabileceği belirtilmiştir. Ayrıca, kenar hesaplama mimarisi, gecikme oranını azaltmak için daha da geliştirilebileceği belirtilmiştir.

Hassan vd. (2021) geleneksel tarım sistemlerinin eksikliklerini gidererek daha yüksek ürün verimliliği sağlamayı amaçlamışlardır. Önerilen akıllı sulama sistemi, uzaktan kontrol edilebilen robotlar tarafından tarım arazilerinin sulanmasını sağlamaktadır. Robotlar, foton-voltalıklar ile çalışır ve bir uygulama aracılığıyla kablolu olarak kontrol edilmektedir. Sensörler ve yüksek piksel kamera, bitkilerin durumunu kontrol eder ve toprak durumunu hissetmektedir. Bu veriler, GSM modülü aracılığıyla telefona gönderilir ve geliştirilen uygulama toplanan bilgileri bilgisayara aktarılır. Robot güneş enerjisi ile çalışmakta ve bu da maliyet açısından önemli bir avantaj sağlamaktadır.

Kanade ve JP (2021) aşırı sulama, yetersiz sulama, yeraltı suyunun tükenmesi, sel vb. gibi çeşitli sulama sorunlarına IoT (Nesnelerin İnterneti) ve ML (Makine Öğrenimi) kullanarak çözüm bulmayı amaçlamışlardır. Sistemde sıcaklık sensörü, nem sensörü, pH sensörü, Raspberry Pi veya Arduino modülü kontrol edilen basınç sensörü ve Bolt IOT modülü gibi farklı sensörler bulunmaktadır. Sıcaklık sensörü bölgenin hava durumunu tahmin ederek kullanıcıların alan suyu kullanımını azaltmalarına yardımcı olmaktadır. Düzenli aralıklarla pH sensörü toprağın pH değerini ölçer ve bu toprağın daha fazla suya ihtiyaç duyup duymayacağını tahmin etmektedir. Bu şekilde, su yaz mevsiminde daha fazla, yağışlı mevsimde daha az ve kış mevsiminde daha az kullanım sağlanmaktadır.

Mousavi ve Ghaffari (2021) akıllı sistemlerde IoT güvenliği, IoT tabanlı akıllı sulama sistemlerinde veri şifreleme/çözme için ABC algoritması kullanılarak ECC ve SHA-256 tabanlı bir güvenlik modeli önermişlerdir. ABC algoritması ECC için özel anahtar üretmek için kullanılmıştır. Önerilen yöntem, şifreleme ve çözme turu sayısını azaltarak şifreleme süresini azaltmaktadır. Sonuçlar, optimal şifreleme ve çözme sürelerinin sırasıyla 100 ve 150 iterasyonda elde edildiğini göstermiştir. Ayrıca, verimlilik analizi, önerilen modelin diğer modellere göre %58,41 daha verimli olduğunu ortaya koymuştur. Bu metod küçük bir IoT tabanlı akıllı sulama sistemi için yeterli olmakta ve veri korumasını garanti etmektedir. Önerilen yöntem, ilgili kriptografik saldırılara karşı güçlü bir dayanıklılık göstermektedir. Bu nedenle, kullanılan yöntem, yüksek talep gören ve kaynak kısıtlı IoT cihazları için maliyet-etkin bir çözüm haline gelmektedir. Kapsamlı simülasyonlar, önerilen yöntemin performans ve güvenlik açısından etkinliğini doğrulamaktadır.

Naeem vd. (2021) yaptıkları çalışmada tarımın modern ve maliyet etkin yönlerini sunmayı amaçlamışlardır. Sundukları IoT tabanlı bir akıllı sulama sistemi, hem maliyet etkin hem de karmaşık olmayan bir modellik sunarak tarım kullanıcılarına yardımcı olabilmektedir. Sistem, tarımla ilgili temel verileri toplayarak önceden belirlenmiş eşik veri kümeleriyle karşılaştırarak kararlar alır ve istenen eylemleri gerçekleştirir. Ayrıca, kullanıcı dostu bir mobil uygulama ara yüzü sunarak kolay kullanım imkanı sağlamaktadır. Uygulama arabirimiyle bağlantılı bir web sitesi de geliştirilmiştir. Bu web sitesi, farklı bitki türleri için eşik değerlerinin yanı sıra birçok çevresel ve teknik parametrenin görsel temsillerini de içermektedir. Böylece kullanıcılara, istedikleri tarım sisteminin uygun olup olmadığı konusunda daha iyi bir fikir edinme imkanı sağlanmaktadır.

Krishnan vd. (2020) tarımın modern ve maliyet-etkin yönlerine odaklanarak çiftçilere yardımcı olmayı hedeflemektedirler. IoT tabanlı bir akıllı sulama sistemi, basit ve uygun maliyetli bir model sunarak çiftçilerin sulama işlemlerini daha kolay hale getirmektedir. Bu nedenle, önerdikleri sistem, topladığı temel verileri önceden belirlenmiş eşik veri kümeleriyle karşılaştırarak kararlar alır ve istenen eylemleri gerçekleştirmektedir. Ayrıca, kullanıcı dostu bir mobil uygulama ara yüzü sunarak kullanımı kolay hale getirir. Bunun yanı sıra, uygulama ara yüzüne bağlı bir web sitesi de geliştirmişlerdir. Bu web sitesi, farklı bitki türleri için eşik değerlerinin yanı sıra birçok çevresel ve teknik parametrenin görsel temsillerini içermektedir. Böylece kullanıcılar, kendi tarım sistemlerinin uygun olup olmadığına dair daha iyi bir fikir edinme imkanına sahip olmaktadır.

Boursianis vd. (2020) tarımsal sulama yönetiminde akıllı sulama uygulamaları ve politikaları gerçekleştirmek için geliştirilen AREThOU5A IoT platformunu incelemişlerdir. Çalışmada bu platformun alt sistemleri, ana işlemleri ve kullanılan katmanlı mimari yapısı açıklanmıştır. Ayrıca, IoT düğümlerine güç sağlamak için yenilikçi bir yaklaşım kullanılmış ve ölçüm alt sisteminde bir rectenna modülü geliştirilmiştir. Bu modülün deneysel doğrulaması, açık havada anten ve RF-DC doğrultucu için kabul edilebilir bir performans göstermiştir. Üretilen rectenna'nın dış mekanda hem anten hem de RF-DC doğrultucusu için kabul edilebilir bir performans gösterdiği deneysel olarak doğrulanmıştır. Ölçülen sonuçlar, antenin yansıma katsayısının (-31.18 dB 870 MHz' de ve -27.84 dB 937.5 MHz' de) ve doğrultucunun verimliliğinin (Pin = 0 dBm için %68) tatmin edici değerlerini göstermektedir.

Tiglao vd. (2020) Kablosuz Sensör ve Aktüatör Ağı (WSAN) kullanarak kaynak

korumasına yardımcı olan bir akıllı sulama mekanizması çalışması yapmışlardır. Bu çalışmada Agrinex sistemi kullanılmıştır. Agrinex sistemi , tarladaki sensör düğümleri toprak nemini, sıcaklığını ve nemini algılayan ve damlama sulamasını düzenleyen bir valf olarak hareket eden bir ağ benzeri yapılandırmayı kullanmaktadır. Ağ, sensör düğümleri ağdaki değişiklikler olduğunda kendini yeniden organize edebilmek için dinamik olarak tasarlanmıştır. Sonuç olarak Agrinex sistemi, tarımsal alanda WSN uygulamaları için umut verici bir çerçeve sunmakta olduğu belirtilmiştir.

Karpagam vd. (2020) çalışmalarında bitkiyi otomatik olarak sulamak için bir mikrodenetleyici sistemi geliştirmek ve bilgileri kullanıcılara göndermeyi amaçlamışlardır. Bu amaç ile tarım arazisine yerleştirilen sensörler, toprak sıcaklığını kontrol etmek ve bilgileri toprak nemi sensörü aracılığıyla mikrodenetleyiciye iletmek için kullanılmıştır. Toprak sıcaklığı ve nemini kontrol eden sensörler kullanarak, bitkilerin sulanması için kablosuz sensör ağları kullanılmıştır. Bu akıllı sulama sistemi, tamamen otomatik bir sulama mekanizması geliştirerek, toprak nem sensörü kullanarak tarım arazisinin nem içeriğini tespit etmekte ve motoru otomatik olarak açık ve kapalı konuma getirmektedir. Yapılan sistem uzaktan kumandalı, işletim sistemi ile internet kullanarak bir ESP8266 kartı aracılığı ile kullanıcıya mesaj göndermekte ve suyun verimli kullanılmasına ve arazinin çok hassas bir şekilde sulanmasını sağlamıştır.

Nandanwar vd. (2020) çalışmalarında makine öğrenimi yöntemlerinin tarımda sulama sistemlerinin geliştirilmesine yardımcı olduğunu vurgulamışlardır. Veri madenciliği ve makine öğrenimi tekniklerinde kullanılan kümeleme algoritmaları, p giriş parametrelerine göre mükemmel çıktıyı elde etmek için modele en uygun eşleştirme yapması özelliğinden faydalananak su yönetimi, mahsul verimliliği ve toprak yönetimi, toprak hastalıklarının ve yabani otların tespiti ve mahsul kalitesi için makine öğrenimi algoritmalarını kullanmışlardır. Bu sistem, bağımsız varlığı sayesinde müdahale gerektirmez, bitki büyümesi ve üretimi için uygun yöntemi sağlayarak verimliliği artırır. Ayrıca, kritik hava koşulları hakkında uyarılar vererek kullanıcıların sürdürülebilirliği artırmasına yardımcı olur. Bu yöntem, suyun doğru kullanımı için de faydalıdır ve su kaynaklarının korunmasına yardımcı olduğu belirtilmiştir.

Nawandar ve Satpute (2019) akıllı sulama için düşük maliyetli akıllı bir sistem geliştirme çalışması yapmışlardır. Sistem üç modülden oluşur: Birleşik Sensör Direği (USP), Sulama Ünitesi (IU) ve Sensör Bilgi Ünitesi (SIU). USP, düşük maliyetli ve

akıllı IoT tabanlı bir modüldür ve buharlaşma-terleme ve sulama programı hesaplamaları için kullanılan mahsul, ekim tarihi ve toprak verilerini almaktadır. IU, USP'den gelen verileri doğru bağlantı noktasına ayırıştırır ve gerekli bölge için suyu açık/kapalı konuma getirmektedir. SIU, Mosquitto aracısına gelen veri akışını günlük dosyalarına yönlendirerek sensör verilerini depolamaktadır. Sistem, çiftliklerde su tasarrufu yapmak ve etkin su kullanımını sağlamak için kullanılabilen, akıllı bir izleme ve otomatik sulama çözümü sunmaktadır.

Adenugba vd. (2019), Her şeyin İnterneti (IoE) kullanarak sensörler ve çevresel verilerle güneş enerjisiyle çalışan bir akıllı sulama sisteminin kontrol ve izleme yöntemini geliştirmişlerdir. Sensörler ve çevresel veriler, otomatik olarak bir IoE perspektifi yardımıyla sulama sürecini kontrol etmek için kullanılmıştır. Beklenmedik bir olay veya yanlışlık durumunda hızlı bir yanıt gerektiren durumlarda, uzaktan manuel kontrol sağlamak için bir web platformu oluşturulmuştur. Web platformuna sadece izin verilen yetkili personel erişimi tanımlanmıştır. Güneş enerjisiyle çalışan akıllı sulama sistemi, sensörler ve yerel çevresel veriler kullanılarak kontrol edilip izlenebilir hale getirilmiştir. Yapılan sistem, yapay zeka Radial Basis Function Network (RBFN) kullanımıyla yağmur yağması beklenen bir olay olduğunda gereksiz sulamayı önleyerek su gibi doğal kaynakları tasarruf etme olanağı sağlanmıştır. Su seviyesi, hava tahmini, nem, sıcaklık ve sulama verilerinin tahmin edilen değerleri sulama sistemi kontrolü için kullanılmıştır.

Leh vd. (2019) çalışmalarında Arduino Mega 2560 üzerinden IoT kullanarak akıllı sulama sistemi sunmaktadır. Amaç, Arduino Mega 2560 kullanarak toprak sensöründen gelen verileri işleyen, bitkiyi otomatik olarak sulayan bir sistem geliştirmek ve internete bağlı olan akıllı telefon aracılığıyla bitkinin toprak koşullarını gerçek zamanlı olarak analiz etmektir. Çalışma sınırlı bir alan için değerlendirilmiştir. Daha büyük alanlarda maliyetli olabileceği belirtilmiştir. Bu sistem, bitkiyi yalnızca ihtiyaç duyduğunda ve toprak koşullarına göre doğru miktarda sulamak için tasarlanmıştır. Blynk (Blynk, çeşitli IoT projeleri için geniş bir kullanıcı kitlesi tarafından tercih edilen bir platformdur.) uygulaması kullanılarak kontrol edilebilen bu sistem, sıcaklık sensörü, nem sensörü, Arduino Mega ve en önemlisi, toprak nem sensörü kullanılarak geliştirilmiştir. Veriler, Blynk Sunucusunda 1 yıla kadar depolanabilir. Sistem, internete bağlı herhangi bir telefondan gerçek zamanlı olarak izlenebilir ve veriler her 1 saniyede bir güncellenmektedir.

Fraga-Lamas vd. (2019) çalışmalarında uzaktaki IoT cihazlarının doğrudan

internete veya elektrik şebekesine erişiminin olmadığı, kablosuz iletişimin uzak mesafeler ve engeller nedeniyle zor olduğu kentsel alanlar için özel olarak tasarlanmış bir IoT akıllı sulama sistemi önermektedirler. Bu nedenle, güç tüketimini azaltan uzun mesafeli iletişim sağlayan bir LoRaWAN tabanlı mimari önermişlerdir. Önerilen sistem, sensör verilerini toplayan IoT düğümlerinden oluşur ve bunları yerel hesaplama düğümlerine veya uzak bir buluta göndermekte; hava tahminini veya yakındaki düğümler tarafından algılanan nem gibi faktörleri dikkate alan bir sulama programı belirlemişlerdir. Sistem binalar, bitki örtüsü veya araçlar gibi engelleri içeren gerçek bir orta ölçekli senaryo (bir üniversite kampüsü) modellemesi yapılmış 3D-ray launching radyo-planlama aracının kullanımını açıklamaktadır.

Singh vd. (2019) sulamada su kullanımını optimize etmek için IoT ve makine öğrenimi tabanlı bir yaklaşım sunmuşlardır. Toprak nemi, sulamada optimum su kullanımının ölçülmesinde kritik bir rol oynadığından, araziden toplanan sensörlerin verilerine ve hava durumu bilgilerine dayalı olarak gelecek günlerin toprak nemini tahmin etmek için Makine Öğrenmesi (ML) teknikleri kullanılmaktadır. Alana yerleştirilen sensörlerden veriler toplanmakta ve bu veriler gelecekteki toprak nemi tahmini için kullanılan mevcut toprak nemi, toprak sıcaklığı, çevre sıcaklığı ve nem için kullanılmıştır. Tahmin için Gradient Boosted Regresyon Ağacı (GBRT), Rastgele Orman Regresyonu (RFR), Çoklu Doğrusal Regresyon (MLR) ve Elastik Net Regresyon (ENR) kullanılmıştır. GBRT tabanlı yaklaşımın oldukça olumlu sonuçlar verdiği belirtilmiştir.

2.1. Akıllı Tarım Uygulamaları

Gelişen teknoloji ile birlikte tarım sektörü de akıllı uygulamaların avantajlarından yararlanmaktadır. Tarım sektörü, akıllı tarım uygulamaları sayesinde daha verimli, sürdürülebilir ve maliyet etkin bir hale getirilmiştir.

Akıllı tarım, teknolojik gelişmelerin tarım sektöründe de etkisini gösterdiği bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır. Tarım sektöründe artan nüfus ve gıda ihtiyacı, üretim süreçlerinde verimlilik artışı, kaynakların daha verimli kullanımı gibi nedenler akıllı tarım uygulamalarının geliştirilmesini zorunlu hale getirmiştir. Son 5 yılda gerçekleştirilen akıllı tarım uygulamaları, tarım sektörü için yeni bir dönem açmış ve tarım sektörünün dijitalleşmesi için temel altyapıyı oluşturmuştur.

Ahsan ve Ahmed (2012), Dünya nüfusunun 2050 yılına kadar iki katına çıkması beklenmekte olduğunu dünya gıda kaynağı, tarım alanlarının veya suyun mevcudiyetinin iki katına çıkarılmasıyla iki katına çıkmayacağını bu nedenle

insanlığın hayatta kalması için tarımın akıllı hale gelmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Bu nedenle tarımdaki Kablosuz Sensör Ağları (WSN) tiplerini araştırmışlar ve 13 farklı geleneksel tarım türünü inceleyip WSN için en uygun tarım türünün yani Akdeniz Tarımı ve Akdeniz Tarımı olduğu belirlenmiştir.

Costa vd. (2013) tarafından yapılan bir çalışmada, Radyo Frekansı Tanımlama Sistemi (RFID) teknolojisi kullanılarak bir tarım yönetim sistemi geliştirilmiştir. Bu sistem, RFID etiketleri sayesinde bitkilerin büyüme sürecini izleyebilmekte ve bu verileri kullanarak otomatik sulama, gübreleme ve ilaçlama işlemlerini gerçekleştirebilmektedir. Bu sayede, tarım işletmeleri bitkilerin büyümesini daha iyi takip ederek, daha az kaynak kullanarak daha verimli bir üretim yapabilmektedirler.

Du vd. (2014), büyümenin tüm aşamalarında ekin tarlaları arasında seyahat edebilecek kadar küçük, otonom bir bilgisayar görüşü tabanlı yabani ot püskürtme robotunun tasarımı yapmışlardır. Bu robot birden çok herbisiti tanıma özelliğine ve Inertial Measurement Unit (IMU) ve kameradan gelen kaynaştırma bilgileri aracılığıyla sıralar arası gezinme yeteneğine sahiptir. Sistemde donanım çerçevesine dayalı olarak, monoküler kamera görüşüne bağlı olarak çeşitli sıralar arası gezinme algoritmalarından re-Contour-Gradient navigasyon yöntemi kullanılmıştır. Özel ön işleme (Pre) teknikleriyle birleştirilmiş renk tabanlı bir kontur algoritması olup, robotun yalnızca düz değil, aynı zamanda kavisli ve düzensiz ekin çizgileri arasında da gezinmesini sağlamaktadır. Robot, her ekin çizgisinin sonuna gelirken alandaki azalmayı (Eğim) algılayarak bir sonraki çizgiye dönme kararı vermektedir. Ayrıca robot, şarj istasyonuna geri dönerek pilin azaldığını tespit ettiğinde kendi kendini şarj edebilmektedir.

Yin vd. (2015), kablosuz sensör ağları kullanarak sera ortamının izlenmesi ve karar destek sistemi oluşturulması konusu ele almışlardır. Kablosuz Sensör Ağı (WSN) teknolojisi ve bitki büyüme simülasyon tekniklerini kullanarak sera ortamlarında otomatik izleme ve kapalı çevrim kontrol sistemi tasarımı üzerinde çalışmışlardır. Çalışmada büyük ölçekli sera ortamlarının izlenmesi için uygun çoklu atlama ağ iletişim yöntemi tasarlanmış ve analiz edilmiştir. Sera ikliminin ayarlanması için fizyolojik gelişim günü temelli bitki büyüme simülasyon modeli oluşturulmuştur. Ayrıca, 60 MC13213 düğümlü bir WSN ile kapsamlı bir sera dinamik izleme ve kapalı çevrim kontrol sistemi uygulaması gerçekleştirilmiştir. Uygulama sonuçları, üç AAA Ni-MH (Yüksek enerji yoğunluğu, daha uzun kullanım ömrü ve daha az çevresel etkiye sahip şarj edilebilir pil.) pil ile, düğümlerin %80'inin 45-60 gün arasında bir

hayatta kalma süresine sahip olduğunu, model tahmininin gözlenen değerle yüksek bir korelasyon etkinliği olan %95 olduğunu göstermektedir. Bu sayede sera ortamındaki sıcaklık, nem, ışık vb. verileri toplayan sensörlerin yerleştirilmesi ve bu verilerin kablosuz olarak merkezi bir sunucuya gönderilmesiyle, çiftçilerin sera ortamını uzaktan izlemesi ve yönetmesi mümkün hale gelmektedir.

2016 yılında, "Tarım İşletmesi Yönetim Sistemi" geliştirilmiştir. Bu sistem, tarım işletmelerinin üretimlerini daha verimli ve sürdürülebilir bir şekilde yapmalarına yardımcı olmaktadır. Bu sistemde, tarım işletmelerinin üretim süreçleri takip edilmekte ve analiz edilmektedir. Tarım işletmeleri, bu analizler sayesinde, üretimlerini daha verimli bir şekilde yapabilmekte ve kaynaklarını daha etkin bir şekilde kullanabilmektedir (Ayyoubzadeh and Beheshti, 2016).

2018 yılında ise "Hava Durumu Tahmini" uygulamaları geliştirilmiştir. Bu uygulamalar, tarım işletmelerinin üretimlerini planlamalarına yardımcı olmaktadır. Bu uygulamalar sayesinde, tarım işletmeleri, hava durumuna göre üretimlerini planlayabilmekte ve doğru zamanda doğru ürünleri yetiştirebilmektedir. Bu sayede, tarım işletmeleri üretimlerinde daha az risk alarak daha verimli bir şekilde üretim yapabilmektedir (Aher vd., 2018).

Akıllı tarım uygulamaları arasında yer alan bir diğer önemli teknoloji, robotik tarım sistemleridir. Bu sistemler, özellikle meyve ve sebzelerin hasadında, çapa işlemlerinde ve sulama gibi zahmetli tarım işlemlerinde insan gücünün yerine kullanılmaktadır. Örneğin, 2019 yılında geliştirilen robot, toprak nem ölçümü için bir sensör, ekinlerin sürülmesi ve tohumların ekilmesi için kısıkaç düzenlemesi, ekin izleme için bir kamera sensörü, manyetometre ve Küresel Konumlandırma Sistemi (GPS) tabanlı navigasyon sağlamak için bir GPS modülü gibi bir dizi donanımla donatılmıştır. Robotun ilk görevi tarlanın sürülmesi ve toprak hakkında bilgi toplamaktır. Daha sonra, tohumları ekmek ve izlemek ve son olarak mahsulleri hasat etmek için kullanılabilir. Tüm bu işlemler, uzaktan kontrol edilebilen bir mobil uygulama aracılığıyla gerçekleştirilebilir. Bu robot, tarımın otomatikleştirilmesine yardımcı olur ve çiftçilerin zahmetli ve tekrarlayan görevlerinden önemli ölçüde tasarruf sağlamaktadır (Yinka-Banjo and Ajayi, 2019). Yine aynı yıl Durmuş ve Güneş (2019) yaptıkları çalışmada çevresel, navigasyonel, robot durumu ve sahadan görüntü veri paketleri olmak üzere dört farklı tipte veriler ile 2015 yılında başladıkları AGROBOT isimli çalışmalarını bitirmişlerdir. Bu çalışmada çevresel veri paketi, robot üzerinde bulunan Mikro Elektromekanik Sistemler (MEMS) sensörleri

aracılığıyla sıcaklık, nem, basınç ve ışık ölçümlerini içermektedir. Bu değerler, robot sistemiyle herhangi bir karışıklığa neden olmadan robot üzerinde serbestçe yerleştirilmiş olan sensörler tarafından elde edilmektedir. Seyir veri paketi, robotun oluşturduğu GPS ve odometri verilerini içermektedir. Robot durumu veri paketi ise robotun iç sensörlerinden elde edilen pil gerilimi ve sıcaklık gibi önemli ölçümleri içermektedir. Son olarak, görüntü veri paketi, robot üzerindeki stereo navigasyon kamerası veya yardımcı kamera ile yakalanan görüntülerden oluşmaktadır. İlk üç veri paketi periyodik olarak robot tarafından iletilirken, görüntü verisi yalnızca web uygulamasının talebi üzerine gönderilmektedir. Yani, sunucu tarafındaki operatör saha görüntüsünü istediğinde, bu görüntü sunucuya yüklenmektedir. Paket boyutları, projenin ihtiyaçlarına göre sınırlı tutulmaktadır. Ajan üzerinde çalışabilen herhangi bir başka sensör, ölçümler sunucuya iletilmek üzere kullanılabilir. Tüm bu paketler, JSON dizisi olarak JSON paketi içinde gönderilmektedir.

Ayrıca, son yıllarda akıllı sensörler de tarım sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sensörler, toprak ve hava koşullarını ölçerek, bitki büyümesini ve üretim kalitesini artırmak için kullanılan verileri sağlamaktadır (Mohamed vd., 2021). Sensörler, toprağın nem, pH ve mineral içeriği gibi faktörlerini ölçerek, bitkilerin ihtiyaç duyduğu su ve gübreyi sağlamak için kullanılır. Ayrıca, hava sensörleri, nem, sıcaklık, rüzgar ve güneş ışınları gibi faktörleri ölçerek, bitki büyümesi için ideal koşulların oluşturulmasına yardımcı olmaktadır.

Son yıllarda akıllı tarım uygulamaları arasında yer alan bir diğer önemli teknoloji, blockchain tabanlı takip sistemleridir. Blok zinciri teknolojisi, tarımsal verilerin toplanması ve analizi için de kullanılabilir. Tarımsal verilerin doğru ve güvenilir bir şekilde toplanması, tarım işletmelerinin karar verme süreçlerinde önemlidir. Blok zinciri, bu verilerin kaydedilmesi ve paylaşılması için güvenli bir platform sağlar. Blockchain teknolojisi ve tarım ürünlerinin izlenebilirliği kombinasyonu ile düşük hacim, yüksek fikir birliği gecikmesi ve düşük sorgu verimliliği gibi geleneksel izlenebilirliğin dezavantajlarını ortadan kaldırabilmektedir. (İndap, 2022)

2.2. Akıllı Sulama Sistemleri ve Robotik Uygulamaları

Akıllı sulama sistemleri, tarımın verimliliğini artırmak için tasarlanmış, su tasarrufu sağlayan, otomatik ve sensörlü sulama sistemleridir. Bu sistemler, bitkilerin su ihtiyacını belirlemek ve onların ihtiyaçlarını karşılamak için sensörler ve otomatik sulama mekanizmaları kullanır. Bu sayede, su kaynakları daha verimli kullanılır ve

bitkilerin gereksiz yere sulanması önlenir. Ayrıca, akıllı sulama sistemleri, çevre dostu bir çözüm olup, su kaynaklarının sürdürülebilir şekilde kullanımını sağlamaktadır.

Robotik uygulamalar ise tarım sektöründe de giderek daha yaygın hale gelmektedir. Tarım robotları, bitki dikiminden hasat dönemine kadar birçok işlemi otomatik hale getirebilen, özel olarak tasarlanmış robotik cihazlardır. Bu cihazlar, tarım işçilerinin zorlu ve tekrarlayan işlerini azaltırken, aynı zamanda daha verimli, güvenli ve doğru sonuçlar sağlarlar. Örneğin, tarım robotları, bitki hastalıklarının tespiti, otomatik sulama, ot temizliği, hasat, toprak işleme gibi birçok işlemde kullanılabilmektedirler.

Hem akıllı sulama sistemleri hem de tarım robotları, tarım sektörünün verimliliğini artırmak, su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımını sağlamak ve çiftçilere daha fazla kar elde etmek için etkili araçlar olmak üzere geliştirilmektedirler. Vinothinig vd. (2023) yaptıkları çalışmada akıllı sulama sistemi kullanarak bitkilerin ihtiyaç duyduğu kadar sulanması hedeflenmişlerdir. Bu sistem, bulut tabanlı bir sistemdir ve toprak nem sensörleri kullanarak bitkilerin ihtiyaç duyduğu su miktarını belirlemektedir. Bulut tabanlı bir sulama sisteminde, nem seviyelerini ölçmek için sensörler toprağa yerleştirilir ve bu bilgi bir bulut tabanlı sunucuya iletilir. Sunucu daha sonra verileri analiz eder ve toprağın nem seviyelerine göre sulama sistemi açma veya kapama talimatları gönderir. Sistem ayrıca hava tahminlerini dikkate alabilir ve sulama programlarını buna göre ayarlayabilir. Bulut tabanlı sulama sistemlerinin ana faydalarından biri, sadece gerektiğinde sulama yaparak su kaybını azaltabilmesidir. Ayrıca, bulut tabanlı sulama sistemleri uzaktan erişilebilir ve kontrol edilebilir, böylece çiftçiler internet bağlantısı olan herhangi bir yerden sulama sistemlerini yönetebilmektedirler.

Alves vd. (2023) akıllı tarımda su tasarrufu sağlamak amacıyla dijital ikiz uygulaması çalışması yapmışlardır. Dijital ikiz, verilerin otomatik olarak ve fiziksel bir nesne ile sanal bir nesne arasında her iki yönde aktığı bir ikiz uygulamadır. Bu sistemde, FIWARE tabanlı nesnelerin interneti platformundan ve Siemens Plant Simulation yazılımındaki ayrık olay simülasyon modelinden oluşmaktadır. Platform, toprak, hava durumu ve mahsul verilerini toplayarak günlük sulama reçeteleri hesaplamak için kullanılırken, simülasyon modeli ise bir sulama sisteminin davranışını simüle etmek için kullanılmaktadır. Önerilen sistemlerin faydaları arasında, çiftçilerin çiftliklerinde uygulamadan önce sistemin davranışını değerlendirebilmesi ve çiftlik operasyonlarını iyileştirebilmesi ve su kullanımını azaltabilmesi yer almaktadır.

Zhao vd. (2023) jeo-uzamsal analiz kullanarak büyük veri analitiği ve nesnelerin internetiyle desteklenen bir akıllı tarım çerçevesi önerilmişlerdir. Kablosuz sensörler ve iletişim yöntemleri kullanarak, mahsul durumu, toprak hazırlığı, böcek ve haşere tespiti, programlanmış sulama gibi tarım uygulamaları için IoT sensörleri kullanılmaktadır. Bilgisayar tarafından oluşturulan bir coğrafi bilgi sistemi sayesinde, mahsullerin sulanması ve izlenmesi için bölge görüntüleme ve doğru agroteknolojik kararlar almak mümkün hale gelmektedir. Analitik ve izleme süreçleri, çiftliklerin akıllıca yönetilmesi ve işletilmesi için önemli bir bileşen olan büyük verilere değer katar. Yine de, teknik ve sosyoekonomik değişkenler tarafından sınırlıdır. Simülasyon sonuçları, önerilen IoT-SFF modelinin mahsul verim oranını %92,4, tahmin oranını %97,7, doğruluk oranını %94,5, ortalama hatayı %38,3 ve düşük maliyet oranını %34,4 iyileştirdiğini göstermektedir.

2.3. Arduino ile Yapılan Sulama Sistemleri

Arduino ile yapılan sulama sistemleri, son yıllarda verimlilikleri ve maliyet etkinlikleri nedeniyle popülerlik kazanmaktadır. Bu çalışmada, 2012 ve 2023 yılları arasında yazılmış bazı sulama sistemleri üzerine araştırma makaleleri incelenecektir.

Ascencios vd. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada Arduino mikrodenetleyici kullanarak yer altı damlama sulama sisteminin kalibrasyonu, doğrulaması ve otomasyonuna odaklanılmıştır. Çalışma, bitkilere verilen su miktarını kontrol etmede etkili olduğunu ve ürün veriminde iyileşme olduğu tespit edilmiştir.

Noerhayati vd. (2022) tarafından yapılan başka bir çalışma, bir Arduino denetleyicisi ile tasarlanmış bir IoT tabanlı sprey sulama sistemi kullanarak Çin Lahanası (*Brassica Chinensis*) bitkilerinde klorofil ve karotenoid içeriğini analiz etmişlerdir. Çalışma, bitki kalitesinin manuel uygulama ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılabilir olduğunu saptamıştır.

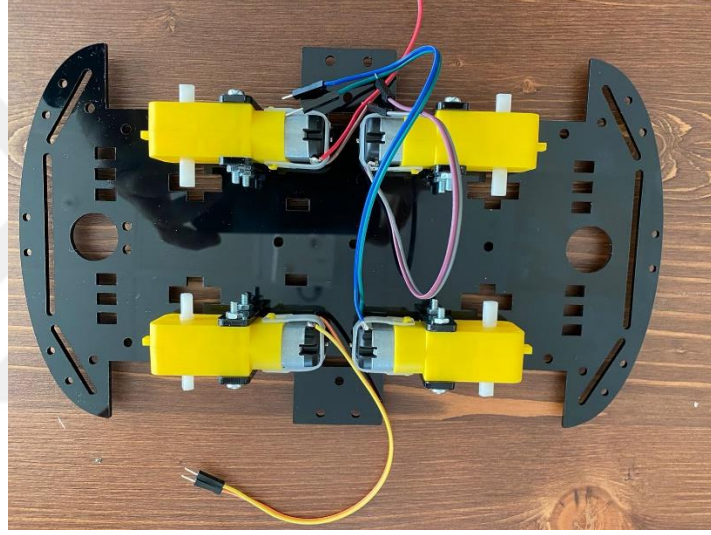
Khann ve Kaur (2019), toprak nemini, pH'ı ve sıcaklığı algılayarak suyu buna göre sağlayan WiFi teknolojisine sahip bir Arduino tabanlı sulama sistemi önermişlerdir. Bu sistem, komut kontrolünde %96 doğruluk sağlamış ve çiftçilere mobil telefonlarını kullanarak bitkilerini uzaktan sulama imkanı sunmuştur.

Mohamed Esmail Karar vd. (2020) tarafından yapılan bir çalışma, bir dizi sensör ve Çok Katmanlı Algılayıcı Perceptron (MLP) sinir ağı ile IoT tabanlı bir sistem kullanarak sulama sırasında boşa harcanan suyu tasarruf etmeyi amaçlamışlardır. Geliştirilen sistem, Arduino kartını kullanarak sensör verilerini işler ve su pompasını otomatik olarak kontrol etmektedir.

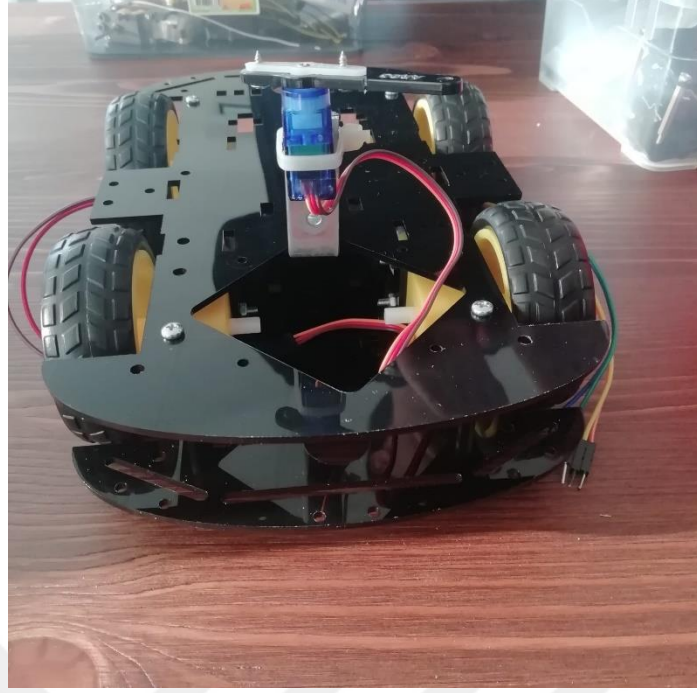
3. MATERYAL VE METOD

3.1. Robot donanımı

Tez çalışmasında geliştirilen araç Şekil 3.1’ de görüldüğü üzere tabanda plastik bir şase ve dört adet 6V 250 Rpm plastik redüktörlü motor ve bunlara uygun tekerlek seçilerek başlangıç kısmı yapılmıştır. Kullanılan motorun çalışma voltajı 3-12V aralığındadır. Redüksiyon oranı 1:48 olarak belirlenmiştir. Motorun hızı 6V'da 250 Rpm'dir ve maksimum 95mA akım çekerken, yük altında maksimum 160mA akım çekebilmektedir. Ayrıca her bir motorun ağırlığı 29 gramdır. Kullanılan tekerleklerin çapı 65mm, kalınlığı 30mm uzunluğundadır.



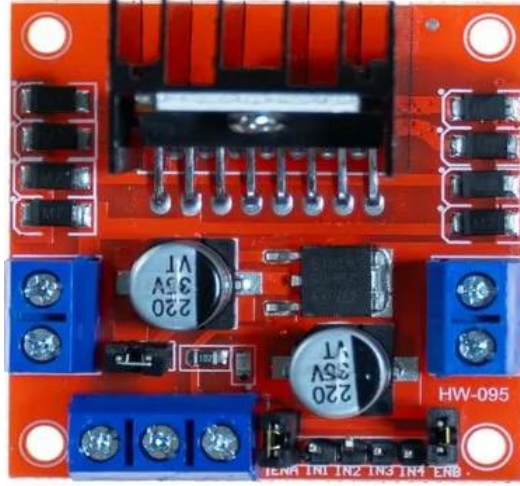
Şekil 3.1 Plastik Redüktörlü Motorların Eklenmiş Hali



Şekil 3.2 Tekerleklerin Eklenmiş Hali

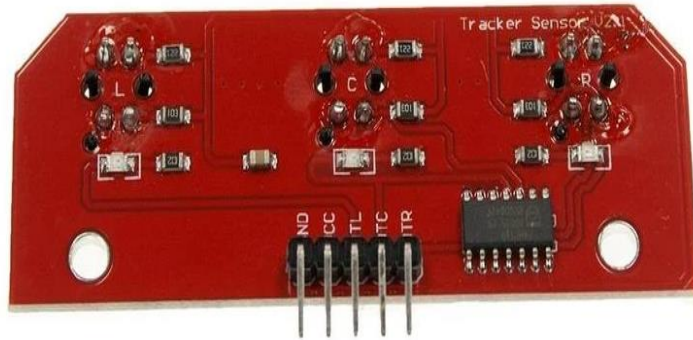
Araç tekerleklerinin kontrolü Şekil 3.3'te ki L298N motor sürücü ile kontrol edilmektedir. L298N motor sürücüsü birbirinden bağımsız olarak iki ayrı motoru kontrol edilmekte ve her kanal başına 2A akım vermektedir. Üzerinde dahili regülatör, yüksek sıcaklık ve kısa devre koruması bulunmaktadır. Motor dönüş yönüne göre yanan LED'ler de kart üzerinde yer alırken, dahili soğutucu sayesinde kartın sıcaklığı kontrol edilebilmektedir.

L298N kartı, DC motorların hareket ve yön tayini için ENA, IN1, IN2, IN3, IN4 ve ENB giriş pinlerine sahiptir. ENA ve ENB pinleri, sağ ve sol kanallardaki motorların hareket hızını kontrol etmek için kullanılır. IN1, IN2, IN3 ve IN4 pinleri ise, sırasıyla sağ ve sol kanallara yön sinyali gönderir. DC motorların yön hareketi IN pinleri ile kontrol edilirken, hız seviyeleri ise EN pinleri ile ayarlanır. EN pinleri kullanılmadığında, DC motorlar maksimum hızda çalışır. Hız seviyeleri 0 ile 255 arasındadır.



Şekil 3.3 L298N Motor Sürücü Kartı

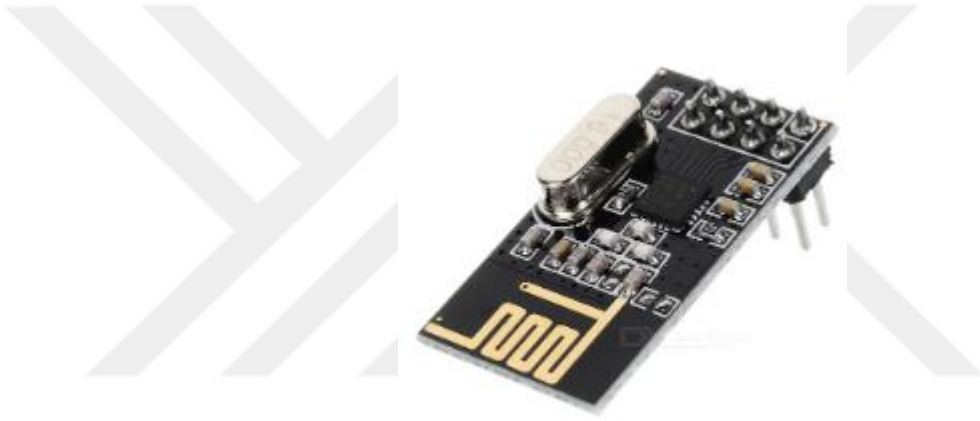
Yaptığımız çalışmada robot belirli bir hızı izleyecektir. Bunun için üç kanallı TCRT5000 modülü kullanılmıştır. TCRT5000, yansıtıcı optik sensör modülüdür. Bu modül, ışık kaynağı ve fototransistör içeren bir çift eleman kullanarak çalışmaktadır. Sensör, yansıyan ışığın yoğunluğunu ölçerek cisimlerin varlığını tespit edebilir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 Üç Sensörlü Dijital Çizgi Sensörü (TCRT5000)

TCRT5000 modülü, üç kanal içerir ve her bir kanal, sensörün ayrı bir çıkışına sahiptir. Çizgi izleme uygulamaları için ideal olan, ayrıca yakınlık veya reflektans sensörü olarak da kullanılabilen bir sensördür. Modül, her bir fototransistör için kapasitör boşaltma devresi kullanarak IR ışınlarının analog değerini dijital bir I/O hattı üzerinden algılar. Reflektans değeri yükseldiğinde kapasitörün boşalma süresi kısalmır. Modülün toplam akım ihtiyacı yaklaşık olarak 50mA'dır ve her bir LED yaklaşık olarak 17mA akım çeker. Ölçüleri 69mm x 28mm x 9mm olan modül, 5V çalışma voltajına sahiptir ve 3 dijital sinyal çıkış formatına sahiptir. Optimum algılama mesafesi 3mm, maksimum algılama mesafesi ise 6mm'dir.

Robotun saksılar ile kablosuz haberleşmeyi sağlaması için NRF24L01 modülü kullanılmıştır (Şekil 3.5). NRF24L01, Nordic Semiconductor firması tarafından üretilen, düşük güç tüketimli, kablosuz iletişim için kullanılan bir transceiver modülüdür. 2.4 GHz frekans bandında çalışır ve kablosuz veri iletimi sağlar. Genellikle kablosuz sensör ağları, uzaktan kumanda sistemleri, akıllı ev uygulamaları ve oyun konsolları gibi birçok alanda kullanılır. Modülün üzerinde hem alıcı hem de verici olarak kullanılabilen bir anten bulunur. Ayrıca, 6 adet veri kanalı ve 2 adet adres kanalı mevcuttur. 2Mbps'ye kadar yüksek hızlı veri iletimi ve otomatik yeniden iletim özelliği sayesinde veri iletimi daha güvenilir hale getirilir. Bunun yanı sıra, düşük güç tüketimi sayesinde küçük güç kaynağı ya da pille çalışan cihazlar için uygun bir seçenek olmasından dolayı seçilmiştir.



Şekil 3.5 NRF24L01 Kablosuz İletişim Modülü

NRF24L01, 2.4 - 2.5 GHz ISM bandında çalışan bir kablosuz iletişim modülüdür. Modül, 250 Kbps, 1 Mbps ve 2 Mbps veri hızlarına kadar destekler. Maksimum çıkış gücü 0 dBm'dir ve çalışma voltajı aralığı 1.9 - 3.6 V'dir. Modülün maksimum çalışma akımı 12.3 mA, bekleme akımı ise 22 μ A'dır. Mantık girişleri 5V toleranslıdır. İletişim menzili açık alanda 100 metre kadardır.

Çalışmada renk tanıma için GY31 TCS3200 modülü kullanılmıştır. Modül RGB sensör çipi kullanarak renk tespiti yapabilen bir karttır. Sensör, renk eşleştirme, renk sıralama, test şeridi okuma ve diğer renk tanıma projeleri için faydalıdır. Dört beyaz LED ile aydınlatılan nesneyi algılar ve çıkış frekansı 2Hz ile 500kHz arasındadır.

Sensör çipi, sensör yuvasını çevreleyen yapı sayesinde doğru renk algılama yeteneğine sahiptir. Çalışma mantığı, HC-SR04 ultrasonik mesafe algılama sensörüyle benzerdir ve dijital TTL bağlantı arayüzü ile Arduino ve diğer mikrodenetleyicilerle doğrudan iletişim kurabilmektedir.



Şekil 3.6 TCS3200 Renk Sensörü

Sensörün besleme gerilimi aralığı 2.7V ila 5.5V'dir ve boyutları 33.2x33.2x25mm'dir. Işık yoğunluğunun frekansa yüksek çözünürlüklü dönüşümüne izin veren programlanabilir renk özelliğine sahiptir. Ayrıca tam ölçekli çıkış frekansı özelliği de mevcuttur.

Robot istenilen hedefe geldiğinde su tahliyesini gerçekleştirecektir. Bunun için mini dalgıç pompası kullanılmıştır. Dalgıç pompa küçük boyutu ve düşük gerilim gereksinimi ile su akışını kontrol etmek için kullanılan bir pompadır. DC gerilim aralığı 3-6V'dir ve ideal çalışma gerilimi DC 5V'dir. Maksimum kaldırma mesafesi 40-110cm, akış hızı 80-120L/H, su çıkış bölgesi dış çapı 7.5mm, su çıkışı iç çapı 4.7mm'dir. Pompanın çapı yaklaşık 24mm, uzunluğu yaklaşık 45mm ve yüksekliği yaklaşık 33mm'dir. Bu pompa, suyun dolaşımını kontrol etmek veya su seviyesini ayarlamak için kullanılabileceği gibi, su akışının belirli bir yönünü sağlamak için de kullanılabilir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Mini Dalgıç Su Pompası Dc 2.5V-6V 120L

Ancak dalgıç pompanın doğrudan Arduino ile bağlanması, pompanın yüksek güç tüketimi nedeniyle Arduino'nun zarar görmesine neden olabilir. Bu nedenle, dalgıç pompayı kontrol etmek için bir röle kullanılması gerekmektedir. Röle, düşük güç tüketimi olan bir cihazdır ve Arduino ile kontrol edilebilir. Rölenin anahtarı açık

konumda olduğunda, pompa çalışır, anahtar kapalı konumda olduğunda ise, pompa durur. Bu sayede, Arduino ile pompa arasında güvenli bir bağlantı kurulur ve herhangi bir zarar görülmesi engellenir. Bu nedenle çalışmada kullanılan röle 5A 5V 1A, Relay Power Slim tipindedir ve THT montaj şekli ile kullanılır (Şekil 3.8). SPST-NO (1 Form A) iletişim formuna sahiptir ve tekli kontak çıkışı bulunur. Bobin tipi non latching olup, 5A kontak akımı, 5VDC bobin gerilimi, 40mA bobin akımı, 277VAC/30VDC kontak gerilimi, 125R bobin direnci ve 200mW bobin gücüne sahiptir. Çalışma sıcaklığı -40°C ile +85°C arasındadır. Boyutları 20.50 x 7.20 x 15.30 mm'dir ve 3 pinli yapıdadır.

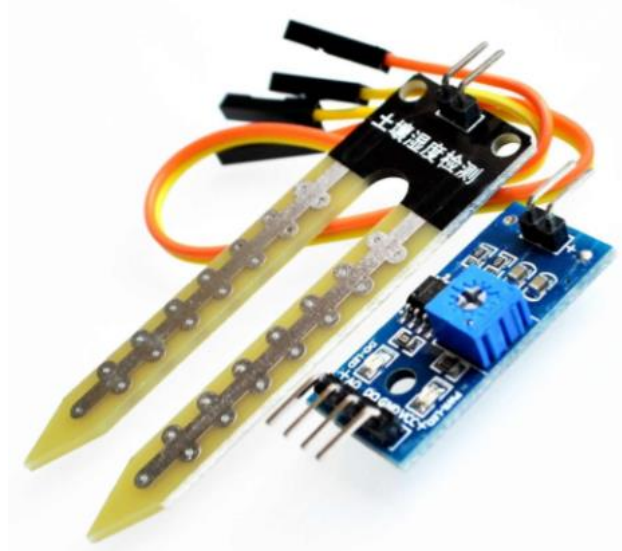


Şekil 3.8 5V Röle

Donanımına güç sağlamak için Arduino Uno kart ve dalgıç pompada 9v'luk piller ve L298N motor sürücü, renk sensörü ve haberleşme için ise 6V, 1.3 Ah kuru akü kullanılmıştır.

3.2. Saksı Donanımı

Çalışma prensibi nem sensörü saksıda ki toprak nemini ölçecek nem %50 ve altında ise robot kablosuz haberleşme ile ID gönderecek robot başka bir sulamada değilse saksıya kırmızı ışığını yak emrini gönderdikten sonra saksının dışında kırmızı led yanacak ve yandıktan sonra "led yanmıştır" mesajını gönderecek ve robot bu iletiyi aldıktan sonra harekete geçecek ve kırmızı ledi gördüğünde duracak ve sulama işlemini yapacaktır. Burada toprakta ki nemi ölçmek için nem sensörü olarak Arduino toprak nem sensör modülü kullanılmıştır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 Arduino Toprak Nem Sensörü

Sensörün çalışma prensibi, toprağın elektriksel iletkenliğine dayanmaktadır. Toprak nemliliği arttıkça, toprakta bulunan tuzlar çözünebilir hale gelir ve elektrik akımının geçişine izin vermektedir. Sensör, toprağa gömüldüğünde, toprak ile sensör arasındaki iletkenlik değişimini ölçer ve toprak nemliliğini belirler.

Sensörün özellikleri arasında, mavi renkle gösterilen potansiyometre ile hassasiyet ayarının yapılabilirdiği, çalışma voltajının 5V olduğu, iki ayrı çıkışa sahip olduğu (dijital ve analog), sabitleme deliği ile kolay montaj edilebildiği, 3 cm x 1.6 cm boyutunda bir PCB'ye sahip olduğu, kırmızı renkli güç indikatörü ve yeşil renkli anahtarlama çıkış indikatörü bulunduğu, kararlı LM393 komparatoru kullanıldığı görülmektedir. Ayrıca sensörün pin fonksiyonları arasında, harici 5V besleme için VCC, harici GND bağlantısı için GND, toprak nemliliği önceden belirlenen bir eşik değerine ulaştığında yüksek (HIGH) seviyede çıkış veren dijital çıkış ve toprak nemliliğinin daha hassas ölçümleri için kullanılabilen analog çıkış yer almaktadır.

Haberleşme için her bir saksıda daha önce bahsedilen NRF24L01 modülü kullanılmış devrede küçük boyutu nedeniyle Arduino Nano kart kullanılmıştır.



Şekil 3.10 Arduino Nano Klon - USB Chip CH340

Arduino Nano, küçük boyutu ve kullanım kolaylığı nedeniyle popüler bir mikrokontrolör kartıdır (Şekil 3.10). Dijital ve analog giriş/çıkış pinlerine sahiptir ve 14 dijital pin, 6 PWM özellikli pin ve 8 analog pin ile birlikte gelir. DC akım giriş/çıkış pinleri 40mA'dır ve tavsiye edilen giriş voltajı DC 7V ile 12V arasındadır. Kartın sınırları 6V ile 20V arasındadır. Kartın lojik çalışma voltajı 5V'dir ve Atmel Atmega328 mikrodenetleyicisi kullanır. 32 kb flash bellek, 2 kb SRAM ve 1KB EEPROM bellek kapasitesi vardır. Çalışma frekansı 16MHz'dir ve boyutları 18.5mm x 43.2mm'dir. Bu özellikleri sayesinde, Arduino Nano birçok proje için ideal bir mikrokontrolör kartıdır.

Kırmızı ışık yanması için 10 mm'lik kırmızı led kullanılmıştır. Daha küçük boyutlu ledlerin algılanması zor olduğu için bu boyutu tercih edilmiştir. Yapılan çalışmanın genel donanımı Şekil 3.11' de gösterilmiştir.



Şekil 3.11 Saksı ve Robot Genel Görünümü

3.3. Metod

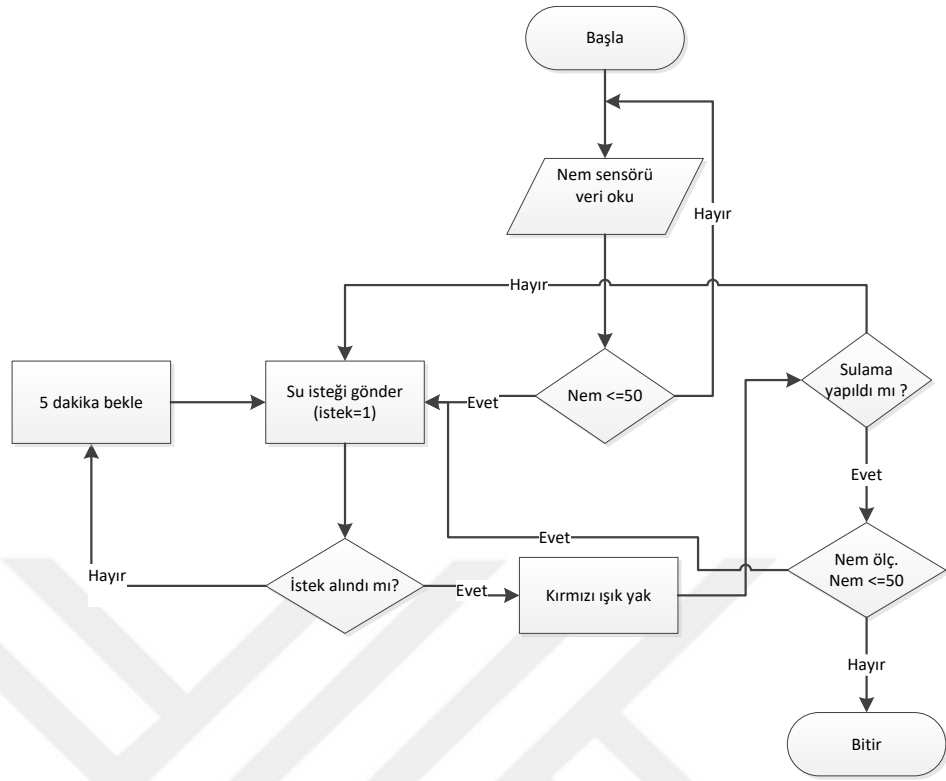
Bu tez çalışmasında bitki saksıdaki nem oranını izleyen bir sensörün, sulama robotuna veri göndermesiyle başlamaktadır. Sensör, saksıdaki nemin %50'nin altına düştüğünde sulama robotuna saksının ID'sini göndermektedir.

Sulama robotu, saksının ID'sini alarak, bir seri haberleşme protokolü kullanarak su verisi alındı mesajını Arduino IDE üzerinde göstermektedir (Bu kontrol için yapılmıştır.). Eğer çizgi izleyen araç başka bir sulama yapmıyorsa, sulama yapmak için hazır olduğunu belirten hazırım komutunu (hazırım=1) ve ardından ışığı yak komutunu saksıya gönderecektir. Bu mesajın alınması durumunda, saksı boarda takılı kırmızı LED ile yakacaktır.

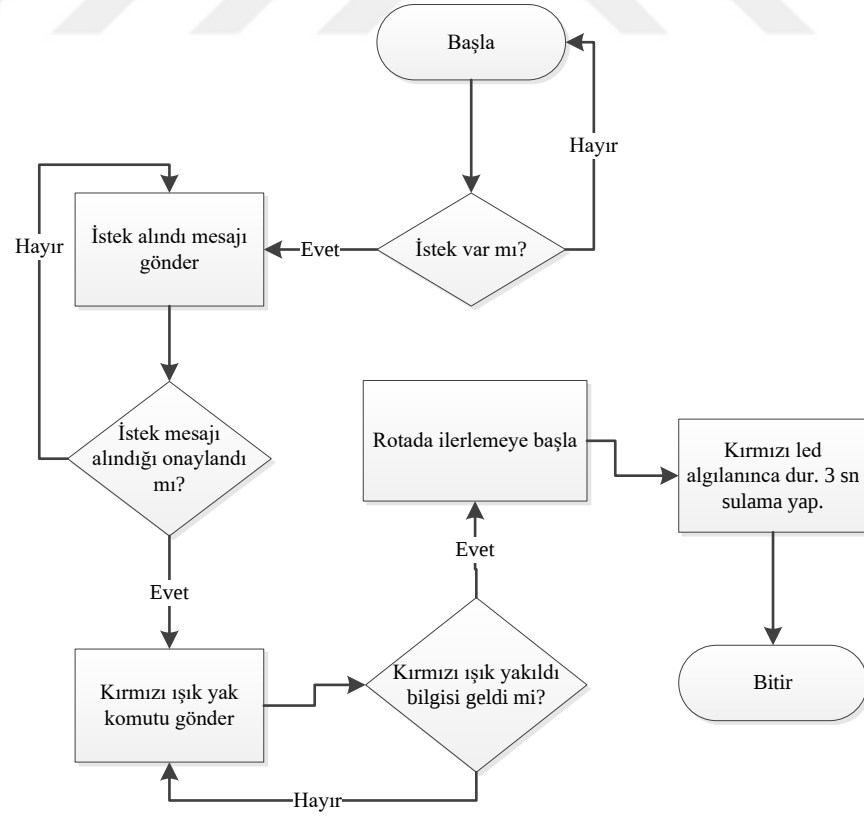
Ancak, araba zaten bir başka saksıyı suluyorsa, saksı mesaj alamama komutunu Serial Monitor üzerinde gösterecek ve 5 dakika boyunca bekleyecektir. Bu bekleme süresi sonunda, nemi %50 'nin altına düşen saksı sulama robotuna tekrar istek yapacaktır.

Sulama robotu, sulama bekleyen saksıya ilerlemekte, renk algılama sensörü TCS3200 kullanarak sulama bekleyen saksıda yanan kırmızı LED renk algılamakta ve durmaktadır. Daha sonra, su pompası yardımıyla 3 saniye boyunca sulama yapmaktadır. Ardından, diğer saksıları dinlemeye devam etmekte ve istek geldiğinde aynı işlemi tekrarlamaktadır.

Çalışmanın saksıda ki donanımın çalışmasının akış şeması Şekil 3.12' de ve sulama robotunun çalışmasının akış şeması ise Şekil 3.13' te gösterilmiştir.



Şekil 3.12 Saksı Akış Şeması



Şekil 3.13 Sulama Robotu Akış Şeması

Çalışmada donanım materyalleri temini sağlandıktan sonra ilk olarak 4WD araç kitinin çizgiyi takip ederek hareket etmesi sağlanmıştır. Bu donanımın yazılımı için Arduino IDE 2.0.3 sürümü kullanılmıştır.

Arduino IDE, açık kaynaklı bir entegre geliştirme ortamıdır. Bu IDE, Arduino platformu için özelleştirilmiş bir yazılım geliştirme ortamıdır. Arduino kartlarını programlamak ve kontrol etmek için kullanılır.

Arduino IDE, C/C++ dilini kullanır ve Arduino kartları üzerindeki mikrodenetleyiciler için önceden yazılmış kütüphaneler içerir. Bu kütüphaneler, kullanıcıların giriş/çıkış, seri haberleşme, sensörler, motor sürücüler ve diğer bileşenleri Arduino kartlarına bağlamalarına olanak tanır. Ayrıca kullanıcıların Arduino kartlarını programlamak için basit bir arayüz sağlar. Bu arayüzde, kullanıcılar kodlarını yazabilir, yükleyebilir, hata ayıklama yapabilir ve Serial Monitor gibi birçok farklı araca erişebilirler. Ayrıca, Arduino IDE, kullanıcıların kendi özel kütüphanelerini ve ek araçlarını oluşturmalarına da olanak tanır.

Arduino IDE, Windows, Mac OS X ve Linux işletim sistemleri için kullanılabilir ve ücretsiz olarak indirilebilir. Ayrıca, Arduino IDE, birçok farklı Arduino kartı modeliyle uyumludur ve geniş bir kullanıcı topluluğu tarafından desteklenir.

3.4. Akıllı Sulama Robotunun Yazılımı

Saksıda nem algılanması, haberleşme ve LED yakılması için Arduino Nano kart kullanılmıştır. Bu sayede daha modüler ve ekonomik bir durum elde edilmiştir. Arduino IDE kullanılırken ilave edilen her donanım için kendi kütüphane dosyasını eklemek gerekmektedir. Bu nedenle haberleşmeyi sağlayacak modül için kütüphane olan "RF24" kütüphanesini indirilip kurulmuştur. Nem algılanmasının haberleşmesinde kullanılan NRF24L01 modülünün CE pini Arduino Nano'nun 9. pini üzerinde, CSN pini 10. pini üzerinde ve kırmızı LED de 2. Pini kullanılacak şekilde tanımlaması yapılmıştır.

```
const int CE_PIN = 9;  
const int CSN_PIN = 10;  
const int LED_PIN = 2;
```

Ardından NRF24L01 modülü başlatılmış, iletişim kanalının adresi için “const uint64_t pipe = 0xE8E8F0F0E1LL;” kullanılmıştır. Bu kanal, 64-bit adresle

belirlenir. Burada iletişim kanalının adresini tanımlar ve bir sabit değişkene atanmaktadır. Bu adres, verici ve alıcı modüller arasındaki iletişim için kullanılacak bir anahtar olarak kullanılmakta bu şekilde, verici ve alıcı modüllerin aynı iletişim kanalını kullanarak birbirleriyle iletişim kurmaları sağlanmaktadır.

```
void setup() {  
  Serial.begin(9600);  
  pinMode(LED_PIN, OUTPUT);  
  radio.begin();  
  radio.openWritingPipe(pipe);  
  radio.setPALevel(RF24_PA_MAX);  
  radio.stopListening();  
}
```

Yukarıdaki kod bloğu, bir Arduino mikrodnetleyicisi üzerinde kablosuz iletişim için kullanılan NRF24L01+ modülünün konfigürasyonunu yapmak için kullanılmaktadır.

“void setup()” fonksiyonu, Arduino mikrodnetleyicisi çalıştırıldığında otomatik olarak çağrılan bir fonksiyondur. Bu fonksiyon, genellikle bir kez çalıştırılacak başlangıç ayarlarını yapmak için kullanılmaktadır.

“Serial.begin(9600)” komutu, seri haberleşme protokolünü başlatır ve mikrodnetleyicinin seri haberleşme bağlantısı üzerinden veri gönderip almasını sağlar. Burada 9600, baud hızı olarak adlandırılan veri hızını belirler ve seri portun hızını 9600 bit/s'e ayarlar. Bu, genellikle hata ayıklama (debug) amaçları için kullanılmaktadır.

“pinMode(LED_PIN, OUTPUT)” komutu, bir LED'in bağlı olduğu pini çıkış olarak tanımlamaktadır. Bu durumda LED_PIN, LED'in bağlı olduğu pinin numarasını belirtmektedir. Bu komut, LED'in bağlı olduğu pini aktif hale getirerek, pinin gerilim seviyesini düzenlemektedir.

“radio.begin()” komutu, NRF24L01+ modülünü başlatmakta ve modülün çalışması için gerekli tüm ayarları yapmaktadır.

“radio.openWritingPipe(pipe)” komutu, iletişim kanalını açmakta ve iletişim için kullanılacak bir 64-bit adresi belirlemektedir.

“radio.setPALevel(RF24_PA_MAX)” komutu, NRF24L01+ modülünün verici güç seviyesini en yüksek seviyeye ayarlamaktadır. Bu, veri iletiminin daha güçlü ve daha uzun menzilli olmasını sağlamaktadır.

“radio.stopListening()” komutu, NRF24L01+ modülünü veri alma modundan veri gönderme moduna geçirmektedir. Bu, mikrodenetleyicinin yalnızca veri göndermesine izin vermektedir..

Nem sensöründen gelen veriyi okumak için “analogRead()” fonksiyonu kullanılmaktadır. Bu fonksiyon, Arduino'nun analog girişlerinden birinden okunan voltajı sayısal bir değere dönüştürmektedir. Nem sensöründen gelen veri A0 analog girişinden okunmakta ve okunan “veri map()” fonksiyonu ile 0-100 aralığındaki nem değerine dönüştürülmektedir. Bu işlem için, sensörün çıkış voltajı 0-1023 aralığındadır. “map()” fonksiyonu, bu girdi aralığındaki bir değeri, 0-100 arasındaki bir çıkış değerine dönüştürmektedir. Aşağıda ki kod bloğu bu durumu sağlamaktadır.

```
void loop() {  
  int sensorValue = analogRead(A0);  
  int nem= map(sensorValue, 1023, 0, 0, 100);
```

Saksı donanımı “nem” %50 nin altına düştüğünde istek olarak ID sini gönderecektir. Gönderilip gönderilmediği bilgisi If-Else yapısı ile sağlanacak ve karşı taraftan “istek_alindi=1” yanıtını alırsa kırmızı LED yanacak ve sulamayı bekleyecek “istek_alinmadi=0” yanıtını alırsa 5 dakika bekledikten sonra tekrar istek gönderecektir. Kod parçası aşağıda ki gibidir:

```
if (receivedData == '1') {  
  istek_alindi = true;  
  digitalWrite(LED_PIN, HIGH);  
  if (!istek_alindi) { /  
    digitalWrite(LED_PIN, LOW);  
    delay(300000);
```

Akıllı sulama robotunun çalışmasında ise Arduino Uno kart kullanılmıştır. Çalışmada öncelikle 4WD araç kiti monte edilmiştir. Bu aracın çizgi algılaması ve çizgi hizasında ilerlemesi için kodlaması yapılmıştır. TCRT5000 modülü kullanılarak

Arduino Uno'nun pinlerinde 2-11 arasında ki pinler tekerlek motorlarının gücünü, ileri/geri hareket etme ve robotun çizgiyi takip edecek şekilde sol, orta ve sağ sensörleri temsil ederek tanımlanmıştır.

```
int sag_enable = 11; // ENABLE A
int sag_ileri = 10; // INPUT 1
int sag_geri = 9; // INPUT 2
int sol_ileri = 8; // INPUT 3
int sol_geri = 7; // INPUT 4
int sol_enable = 6; // ENABLE B
int sol_sensor = 4; // QTL, Sol sensör
int orta_sensor = 3; // QTC, Orta sensör
int sag_sensor = 2; // QTR, Sağ sensör
```

sag_enable (11): Bu pin, sağ motorun hızını kontrol etmek için kullanılmaktadır. PWM sinyali üretir ve bu sinyal, sağ motorun hızını arttırıp azaltmak için kullanılır.

sag_ileri (10) ve sag_geri (9): Bu pinler, sağ motorun ileri veya geri gitmesini sağlamak için kullanılır. İleri gitmek için sag_ileri pinine sinyal gönderilirken, geri gitmek için sag_geri pinine sinyal gönderilmektedir.

sol_ileri (8) ve sol_geri (7): Bu pinler, sol motorun ileri veya geri gitmesini sağlamak için kullanılmaktadır. İleri gitmek için sol_ileri pinine sinyal gönderilmektedirken, geri gitmek için sol_geri pinine sinyal gönderilmektedir.

sol_enable (6): Bu pin, sol motorun hızını kontrol etmek için kullanılmaktadır. PWM sinyali üretir ve bu sinyal, sol motorun hızını arttırıp azaltmak için kullanılmaktadır.

sol_sensor (4): Bu pin, sol sensörden gelen sinyalleri okumak için kullanılmaktadır. Bu sensör, robotun sol tarafındaki engelleri algılamak için kullanılmaktadır.

orta_sensor (3): Bu pin, orta sensörden gelen sinyalleri okumak için kullanılmaktadır. Bu sensör, robotun ortasındaki engelleri algılamak için kullanılmaktadır.

sag_sensor (2): Bu pin, sağ sensörden gelen sinyalleri okumak için kullanılmaktadır. Bu sensör, robotun sağ tarafındaki engelleri algılamak için kullanılmaktadır.

Çizgi izleme durumu stabil hale geldikten sonra mini dalgıç su pompasının montesi ve pin tanımlaması yapılarak çalışması sağlanmıştır. Bunun için 13. Pin kullanılmıştır. Sulama işlemi yapılacaksa 13. pin çıkışı HIGH- 5V durumuna getirilir, su akışı 3 saniye boyunca devam eder ve su pompası akışı durdurur.

```
int su_motoru = 13;
pinMode(su_motoru, OUTPUT);
digitalWrite(13, HIGH);
delay(3000);
```

Haberleşme için NRF24L01 modülünün saksı yazılımında ki gibi benzer şekilde pin tanımlamaları yapılmış ve dinleme başlatılmıştır. “radio.startListening” fonksiyonu ile haberleşmeye hazır hale getirilmiştir. Bu bekleme durumunda saksılardan birinden ID gelirse ve robot sulama durumunda değilse uygunum mesajı olan 1 verisini gönderecektir.

```
if (su_motoru == 0) {
    radio.stopListening();
    bool veri_gonderildi = radio.write(&su_motoru, sizeof(su_motoru));
    if (veri_gonderildi) {
        Serial.println("Uygunum mesajı verisi 1 olarak gonderildi");
    }
}
```

Saksı tarafından mesajın gittiği doğrulanması gerekmektedir. Bunun için saksı tarafından “2” verisi gönderilecektir. “2” verisi alındığında robot kırmızı ışığı yak komutu gönderecektir.

```
#define LED_YAK
veri = LED_YAK;
radio.write(&veri, sizeof(veri));
```

Kırmızı ışık yakıldıysa onay mesajı “3” olarak gelecektir ve bu şart sağlandığında robot çizgi üzerinde ilerlemeye devam edecektir.

```
int onay_mesaji;
```

```
radio.read(&onay_mesaji, sizeof(onay_mesaji));  
if (onay_mesaji == 3) {  
Serial.println("Saksi kirmizi isik yakti");
```

Aşağıda örnek olarak aracın sola ilerlemesi ki kodda gösterilmiştir.

```
if( sol_veri == 0 && orta_veri == 1 && sag_veri == 1 ) {  
digitalWrite(sag_ileri, HIGH);  
digitalWrite(sag_geri, LOW);  
digitalWrite(sol_ileri, LOW);  
digitalWrite(sol_geri, HIGH);  
analogWrite(sag_enable, 200);  
analogWrite(sol_enable, 200);
```

Robot ilerlerken kırmızı LED'i algılayıp durması için TCS3200 renk algılama modülü kullanılmıştır. Bu modül için öncelikle kütüphanesi olan "Adafruit_TCS3200.h" indirilip Arduino IDE'ye eklenmiştir. Ardından pinleri tanımlanmıştır. Arduino Uno da pin tanımlamaları için 8-12 arasında ki pinler kullanılmıştır. TCS3200 renk sensörü için kullanılan pinler:

- S0: frekans bölücüsü ayarlaması için birinci seçenek,
- S1: frekans bölücüsü ayarlaması için ikinci seçenek,
- S2: sensör çıkışının yüksek/düşük seviyesinin ölçüldüğü zaman dilimi için birinci seçenek,
- S3: sensör çıkışının yüksek/düşük seviyesinin ölçüldüğü zaman dilimi için ikinci seçenek olmak üzere 4 adettir.

Pin tanımlamaları:

```
const int s0Pin = 8;  
const int s1Pin = 9;  
const int s2Pin = 10;  
const int s3Pin = 11;  
const int outPin = 12;
```

Kırmızı LED algılanması ve su motorunun 3 saniye boyunca çalışması komutu da aşağıda ki gibidir.

```
digitalWrite(s2, LOW);  
digitalWrite(s3, LOW);  
int r = pulseIn(out, LOW);  
digitalWrite(s2, HIGH);  
digitalWrite(s3, HIGH);  
int b = pulseIn(out, LOW);  
digitalWrite(s2, LOW);  
digitalWrite(s3, HIGH);  
int g = pulseIn(out, LOW);  
if (r > b && r > g && r > 5000) {  
    digitalWrite(su_motoru, HIGH);  
    delay(3000);  
    digitalWrite(su_motoru, LOW);  
}
```

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Günümüzde, tatlı su kaynakları ve enerji alanında yaşanan sorunlar hızla artmaktadır ve bu durum kaçınılmaz bir gerçektir. İklim değişiklikleri ve kaynak sularının bilinçsiz kullanımı gibi nedenler, su ve enerji krizlerinin ciddi boyutlara ulaşmasına yol açmaktadır. Bu artan sorunlar, su kaynaklarının ve enerji maliyetlerinin planlanmasını ve yönetilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle, dünya genelinde tarımsal sulama için kullanılan tatlı su kaynaklarının etkin ve verimli bir şekilde yönetilmesi büyük önem taşımaktadır.

Bu tez çalışması, sınırlı su kaynaklarının maksimum verimlilikle kullanımını sağlamak için arazi koşullarından bağımsız olarak kapalı mekanların farklı noktalarına yerleştirilmiş saksı bitkilerinin yetiştirilmesi ve bakımında kullanılabilecek bir sistem tasarlama çalışması olarak ele alınmıştır. İstemci ve sunucunun birbiriyle iletişim kurabildiği bir sistem, bitkinin su ihtiyacını karşılayacak şekilde tasarlanmıştır. Bu sistemde, akıllı sulama robotu ve farklı amaçlı sensörler kullanılmaktadır. Toprağın nemini nem sensörü ile tespit eden ve veriyi anlamlı bir forma dönüştürmek için işleyen bir devre kullanılmaktadır. Bu sistem, mühendislik eğitiminde, robotik uygulamalarda, otomobil içi veri toplamada, tarımsal yapı kontrollerinde kullanılabilir. Kablosuz iletişim, kablolu ve donanım gereksinimlerinde önemli bir azalma ve basitleştirme sağlar. Geliştirilen sistem, sunucu veya istemciler tarafından talep geldiğinde ilerleyerek nem eşiğini sağlayacak kadar sulama yapmak için kızılötesi algılama sensörlerini kullanır.

Bu çalışma sonucunda, akıllı sulama sistemlerinin bitkilerin su ihtiyaçlarını doğru bir şekilde takip etmek için kullanılabileceği görülmüştür. Ayrıca, sulama işleminin otomatik olarak yapılması bitki bakımını kolaylaştırmakta ve su tasarrufu sağlamaktadır.

4.1. Çalışmada Karşılaşılan Güçlükler

Bununla birlikte, çalışmanın bazı sınırlamaları da vardır. Örneğin, sensörün doğru bir şekilde çalışabilmesi için saksının içinde yerleştirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, saksıların tasarımı sensörün yerleştirilmesine uygun olmalıdır. Ayrıca, sensörün doğru bir şekilde çalışabilmesi için belirli bir sıcaklık aralığında olması gerekmektedir.

Bu çalışmada kullanılan TCS3200 renk algılama sensörü de bazı sınırlamaları vardır. Örneğin, sensörün doğru bir şekilde çalışabilmesi için doğru aydınlatma şartları

sağlanmalıdır. Ayrıca, sensörün doğru bir şekilde çalışabilmesi için uygun renk filtreleri kullanılmalıdır.

Sistemde kullanılan sensörler ve cihazlar düşük güç tüketimli olduğundan, enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Ayrıca, sulama işlemi yalnızca nem seviyesi belirli bir eşik değerin altına düştüğünde gerçekleştirildiği için, gereksiz sulama yapılmamaktadır. Bu da su kaynaklarından tasarruf sağlamak ve suyun verimli kullanımını sağlamaktadır. Bununla birlikte, sistemde kullanılan su pompasının enerji tüketimi dikkate alınmalıdır. Su pompasının enerji tüketimi, sulama işlemi sırasında sadece 3 saniye sürdüğü için, genel olarak düşük bir seviyededir. Ancak, sistemin kullanım sıklığı arttıkça, su pompasının enerji tüketimi de artacaktır.

Sistemde kullanılan kablosuz iletişim teknolojisi de enerji tasarrufu sağlamaktadır. Kablosuz iletişim, kablolu bağlantılar yerine kullanıldığından, donanım maliyetlerini ve enerji tüketimini azaltır. Ayrıca, kablosuz iletişim sayesinde sistem daha esnek hale gelir ve daha geniş bir alana yayılabilir. Tüm bu nedenlerden dolayı, bu akıllı sulama sistemi, düşük enerji tüketimi ile verimli bir sulama yöntemi sağlamaktadır. Ancak, enerji tasarrufu sağlamak için sistemde kullanılan cihazların güç tüketimleri düzenli olarak kontrol edilmeli ve gerektiğinde optimize edilmelidir.

Başka bir yaklaşım olarak güneş enerjisi bu çalışmada kullanılabilir bir enerji kaynağı olarak düşünülebilir. Bu şekilde, sulama sistemi için gerekli olan elektrik enerjisi güneş panelleri aracılığıyla sağlanabilir. Ayrıca, güneş panelleri tarafından sağlanan elektrik enerjisi, elektrik şebekesine bağımlılığı azaltarak, enerji maliyetlerini de düşürebilir. Ancak bu durumda da daha olumsuz durumlar gelişebilir. Bu olumsuz durumlardan bir tanesi güneş enerjisi kullanımının verimliliğiyle ilgili olabilir. Güneş enerjisi, günün belli saatlerinde veya bulutlu havalarda üretimi azalabilir veya durabilir. Bu nedenle, güneş enerjisi kullanımı, yeterli enerji depolama mekanizmaları olmadığı sürece, sulama robotunun güvenilirliğini ve etkinliğini olumsuz yönde etkilenebilir. İkinci olumsuz durum ise güneş enerjisi üretmek için genellikle büyük alanlar gerektiren güneş panellerinin montajı da bir dezavantaj olabilmektedir. Dağıtık istemci kontrollü akıllı sulama robotu mobil yani hareket eden istemciye göre cevap veren bir sistem olduğundan dolayı güneş panelleri ağırlığından dolayı olumsuzluk yaratacak ve hareket etmesini güçleştirecektir. Bir diğer olumsuz yönü ise maliyeti ile ilişkilidir. Akıllı sulama robotunu güneş enerjisi ile çalışacak şekilde tasarlamak, diğer enerji kaynaklarını kullanmaktan daha maliyetli olabilmektedir.

5. SONUÇ

Dünya genelinde su kaynakları ve enerji sektöründe yaşanan sıkıntılar, insan yaşamı gereği öncelikle ele alınması gereken konulardır. Küresel ısınma kaynaklı iklim değişiklikleri ve kaynak sularının düşüncesiz kullanımı, ciddi su ve enerji krizlerine sebebiyet vermektedir. Bu artan sorunlar, su kaynaklarının ve enerji maliyetlerinin titizlikle planlanması ve yönetilmesi gerekliliğini beraberinde getirmektedir. Özellikle tarımsal sulama amacıyla yaygın bir şekilde kullanılan su kaynaklarının etkin ve verimli bir biçimde ele alınması, büyük bir önem arz etmektedir.

Dünya genelinde birçok coğrafi bölgede, ölçüm yapılmadan ve su israfına sebep olan geleneksel sulama yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemler su kaynaklarının verimsiz bir şekilde kullanılmasına yol açmaktadır. Aynı zamanda, tarımsal üründen yeterli hasat elde edilememesine sebep olmaktadır. Ancak daha bilinçli tarımsal sulama yapılan bölgelerde, su yönetimi ölçümleri ve hesaplamalarının yapıldığı bölgelerde, su tüketiminde ciddi avantajlar sağlamaktadır. Tarımsal ekim yapılan bölgelerin coğrafi koşulları, alanında bilgili kişilerin bulunması, donanım maliyetleri vb. hassas sulama yöntemlerinin uygulanmasını zorlaştıran faktörlerdir. Tüm bu olumsuz etkenler ve avantajlar göz önüne alındığında, akıllı sulama sistemleri alanında yapılan çalışmaların önemi artmaktadır.

Yukarıda bahsedilen faktörler göz önüne alınarak bu çalışmada çoklu istemciye cevap verebilen akıllı sulama robotu tasarlanmıştır. Sistemi oluşturan ana öğeler sulama robotu ve nem isteğini sensörler aracılığı ile ileten saksılardan oluşmaktadır. İstemci ve sunucu arasında kablosuz iletişim kurabilen bu sistem istenilen nem düzeyine göre cevap vererek sulama yapmaktadır.

İleriki çalışmalarda bu sistemin geliştirilebilmesi mümkündür. Bu sisteme yapay zeka yöntemlerini kullanarak haritalama yapan bir sistem dahil edilebilir. Ayrıca sulama kapasitesi artırılabilir ve enerji konusunda da avantaj ve dezavantajlarını göz önünde bulundurarak güneş paneli konulabilir. Bu çalışma sadece sulama robotu olarak değil sıvı formda ki bitki besin maddeleri ve yine sıvı formda ki bitki ilaçlarının da verilmesi konusunda kullanılabilir. Bu konularda ise sulama başlığının uygun formda seçilerek bir tasarım yapılabilir. Yapılan bu çalışma iç mekan kullanımına uygun yapılmıştır. Ancak dışı mekan (arazi, tarla, bahçe vb.) şartlarında da çalışabilecek şekilde donanımla desteklenebilir.

KAYNAKLAR

- Adenugba, F., Misra, S., Maskeliūnas, R., Damaševičius, R., & Kazanavičius, E. (2019). Smart irrigation system for environmental sustainability in Africa: An Internet of Everything (IoE) approach. *Mathematical biosciences and engineering*, 16(5), 5490-5503.
- Aher, A., Kasar, J., Ahuja, P., & Jadhav, V. (2018). Smart agriculture using clustering and IOT. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 5(03), 2395-0056.
- Ahsan, A., & Ahmed, B. (2012). Identification of the type of agriculture suited for application of wireless sensor networks. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*, 12(12), 19-36.
- Alm, E., Colliander, N., Lind, F., Stohne, V., Sundström, O., Wilms, M., & Smits, M. (2016). Digitizing the Netherlands: How the Netherlands can drive and benefit from an accelerated digitized economy in Europe. Boston Consulting Group.
- Alves, R. G., Maia, R. F., & Lima, F. (2023). Development of a Digital Twin for smart farming: Irrigation management system for water saving. *Journal of Cleaner Production*, 135920.
- Ascencios, D., Meza, K., Lluen, J., & Simon, G. (2020). Calibración, validación y automatización del sistema de riego por goteo subterráneo usando un microcontrolador Arduino. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 22(1), 95-105.
- Bagyaveereswaran, V., Ghorui, A., & Anitha, R. (2019, March). Automation of Agricultural Tasks with Robotics-Agrobot. In *2019 Innovations in Power and Advanced Computing Technologies (i-PACT)* (Vol. 1, pp. 1-7). IEEE.
- Boursianis, A. D., Papadopoulou, M. S., Gotsis, A., Wan, S., Sarigiannidis, P., Nikolaidis, S., & Goudos, S. K. (2020). Smart irrigation system for precision agriculture—The AREThOU5A IoT platform. *IEEE Sensors Journal*, 21(16), 17539-17547.
- Butorin, S. N. (2016). Regional management companies in the system of agricultural enterprise management (a methodological aspect). *Ekonomika Sel'skokhozyaistvennykh i Pererabatyvayushchikh Predpriyatii*, (2), 23-28.
- Cáceres, G., Millán, P., Pereira, M., & Lozano, D. (2021). Smart farm irrigation: Model predictive control for economic optimal irrigation in agriculture. *Agronomy*, 11(9), 1810.
- Cáceres, R., Casadesús, J., & Marfà, O. (2007). Adaptation of an automatic irrigation-control tray system for outdoor nurseries. *Biosystems engineering*, 96(3), 419-425.
- Cardei, I., Cardei, M., Wang, L., Xu, B., & Du, D. Z. (2006). Optimal relay location for resource-limited energy-efficient wireless communication. *Journal of Global Optimization*, 36(3), 391-399.
- Casadesús, J., Mata, M., Marsal, J., and Girona, J., 2012. A general algorithm for automated scheduling of drip irrigation in tree crops, *Computers and Electronics in Agriculture*, 83:11–20.
- Costa, C., Antonucci, F., Pallottino, F., Aguzzi, J., Sarriá, D., & Menesatti, P. (2013). A review on agri-food supply chain traceability by means of RFID technology. *Food and bioprocess technology*, 6, 353-366.
- Domínguez-Niño, J. M., Oliver-Manera, J., Girona, J., & Casadesús, J. (2020). Differential irrigation scheduling by an automated algorithm of water balance tuned by capacitance-type soil moisture sensors. *Agricultural Water Management*, 228, 105880.

- Du, Y., Mallajosyula, B., Sun, D., Chen, J., Zhao, Z., Rahman, M., ... & Jawed, M. K. (2021, September). A low-cost robot with autonomous recharge and navigation for weed control in fields with narrow row spacing. In 2021 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS) (pp. 3263-3270). IEEE.
- Durmuş, H., & Güneş, E. O. (2019, July). Integration of the mobile robot and internet of things to collect data from the agricultural fields. In 2019 8th International Conference on Agro-Geoinformatics (Agro-Geoinformatics) (pp. 1-5). IEEE.
- Fraga-Lamas, P., Celaya-Echarri, M., Azpilicueta, L., Lopez-Iturri, P., Falcone, F., & Fernández-Caramés, T. M. (2019, November). Design and empirical validation of a LoRaWAN IoT smart irrigation system. In Proceedings (Vol. 42, No. 1, p. 62). MDPI.
- Godsent, E. E., Anamonye, U. G., Oyubu, A. O., Eyenubo, O. J., Okieke, U. J., Ebimene, E. E., ... & Okpeki, K. U. (2023). Development of Smart Irrigation System with Integrated GSM and Wifi Control.
- González, I., Calderón, A. J. (2019). Integration of open source hardware Arduino platform in automation systems applied to Smart Grids/Micro-Grids. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 36, 100557.
- Hassan, A., Abdullah, H. M., Farooq, U., Shahzad, A., Asif, R. M., Haider, F., & Rehman, A. U. (2021). A wirelessly controlled robot-based smart irrigation system by exploiting arduino. Journal of Robotics and Control (JRC), 2(1), 29-34.
- İndap, Ş. (2022). Tarım-gıda tedarik zincirinde izlenebilirlik ve gıda güvenliği için blok zinciri: kiraz ürünü uygulaması (Master's thesis, Maltepe Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü).
- Jain, R. K. (2023). Experimental performance of smart IoT-enabled drip irrigation system using and controlled through web-based applications. Smart Agricultural Technology, 4, 100215.
- Kanade, P., & JP, P. (2021). Arduino based machine learning and IOT Smart Irrigation System. International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE), 10(4), 1-5.
- Karar, M. E., Al-Rasheed, M. F., Al-Rasheed, A. F., & Reyad, O. (2020). IoT and neural network-based water pumping control system for smart irrigation. arXiv preprint arXiv:2005.04158.
- Karpagam, J., Merlin, I. I., Bavithra, P., & Kousalya, J. (2020, March). Smart irrigation system using IoT. In 2020 6th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS) (pp. 1292-1295). IEEE.
- Khan, A. I., Alsolami, F., Alqurashi, F., Abushark, Y. B., & Sarker, I. H. (2022). Novel energy management scheme in IoT enabled smart irrigation system using optimized intelligence methods. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 114, 104996.
- Khanna, A., & Kaur, S. (2019). Evolution of Internet of Things (IoT) and its significant impact in the field of Precision Agriculture. Computers and electronics in agriculture, 157, 218-231. sunar.
- Ko, K. I., Lee, M. H., & Yoe, H. (2023, February). CWSI-based Smart Irrigation System Design. In 2023 International Conference on Artificial Intelligence in Information and Communication (ICAIIIC) (pp. 037-040). IEEE.
- Krishnan, R. S., Julie, E. G., Robinson, Y. H., Raja, S., Kumar, R., & Thong, P. H. (2020). Fuzzy logic based smart irrigation system using internet of things. Journal of Cleaner Production, 252, 119902.
- Kumar, G. S., Nagaraju, G., Rohith, D., & Vasudevarao, A. (2023). Design and Development of Smart Irrigation System Using Internet of Things (IoT)-A Case Study. Nature Environment and Pollution Technology, 22(1), 523-526.

- Leh, N. A. M., Kamaldin, M. S. A. M., Muhammad, Z., & Kamarzaman, N. A. (2019, October). Smart irrigation system using internet of things. In 2019 IEEE 9th International Conference on System Engineering and Technology (ICSET) (pp. 96-101). IEEE.
- Li, H., Luo, J., & Zhou, G. (2022). Application of blockchain technology based on big data analysis in sustainable agriculture. *Agronomy Journal*.
- Mohamed, E. S., Belal, A. A., Abd-Elmabod, S. K., El-Shirbeny, M. A., Gad, A., & Zahran, M. B. (2021). Smart farming for improving agricultural management. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 24(3), 971-981.
- Mousavi, S. K., & Ghaffari, A. (2021). Data cryptography in the Internet of Things using the artificial bee colony algorithm in a smart irrigation system. *Journal of Information Security and Applications*, 61, 102945.
- Munir, M. S., Bajwa, I. S., Ashraf, A., Anwar, W., & Rashid, R. (2021). Intelligent and smart irrigation system using edge computing and IoT. *Complexity*, 2021, 1-16.
- Muñoz-Carpena, R., & Dukes, M. D. (2005). Automatic Irrigation Based on Soil Moisture for Vegetable Crops: ABE356/AE354, 6/2005. *EDIS*, 2005(8).
- Naeem, M. R. H., Gawhar, S., Adib, M. B. H., Sakib, S. A., Ahmed, A., & Chisty, N. A. (2021, January). An IoT based smart irrigation system. In 2021 2nd International Conference on Robotics, Electrical and Signal Processing Techniques (ICREST) (pp. 243-247). IEEE.
- Nandanwar, H., Chauhan, A., Pahl, D., & Meena, H. (2020, July). A survey of application of ML and data mining techniques for smart irrigation system. In 2020 Second International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA) (pp. 205-212). IEEE.
- Nawandar, N. K., & Satpute, V. R. (2019). IoT based low cost and intelligent module for smart irrigation system. *Computers and electronics in agriculture*, 162, 979-990.
- Noerhayati, E., Mustika, S. N., Mardiyani, S. A., Ingsih, I. S., & Afroni, M. Y. (2022). Analysis of chlorophyll and carotenoids content in brassica chinensis plants using IoT-based sprinkle irrigation. *Journal of Ecological Engineering*, 23(9), 25-33.
- Perea, R. G., Poyato, E. C., & Díaz, J. R. (2021). Forecasting of applied irrigation depths at farm level for energy tariff periods using Coactive neuro-genetic fuzzy system. *Agricultural Water Management*, 256, 107068.
- Ragab, M. A. (2022). IoT based smart irrigation system. *International Journal of Industry and Sustainable Development*, 3(1), 76-86.
- Sami, M., Khan, S. Q., Khurram, M., Farooq, M. U., Anjum, R., Aziz, S., ... & Sadak, F. (2022). A deep learning-based sensor modeling for smart irrigation system. *Agronomy*, 12(1), 212.
- Singh, G., Sharma, D., Goap, A., Sehgal, S., Shukla, A. K., & Kumar, S. (2019, October). Machine Learning based soil moisture prediction for Internet of Things based Smart Irrigation System. In 2019 5th International Conference on Signal Processing, Computing and Control (ISPCC) (pp. 175-180). IEEE.
- Sy, J. B., Panganiban, E. B., & Endris, A. S. (2020). A Low-Cost Arduino-based Smart Irrigation System (LCABSIS). *Int. J. Emerg. Trends Eng. Res*, 8(9).
- Tace, Y., Tabaa, M., Elfilali, S., Leghris, C., Bensag, H., & Renault, E. (2022). Smart irrigation system based on IoT and machine learning. *Energy Reports*, 8, 1025-1036.

- Tephila, M. B., Sri, R. A., Abinaya, R., Lakshmi, J. A., & Divya, V. (2022, March). Automated Smart Irrigation System using IoT with Sensor Parameter. In 2022 International Conference on Electronics and Renewable Systems (ICEARS) (pp. 543-549). IEEE.
- Tiglao, N. M., Alipio, M., Balanay, J. V., Saldivar, E., & Tiston, J. L. (2020). Agrinex: A low-cost wireless mesh-based smart irrigation system. *Measurement*, 161, 107874.
- Tomaş, M., Dostoğlu, N. (2020). Smart House with Artificial Intelligence. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (18), 486-493.
- Venkatesh, P. S. S., Singh, P., Sachdeva, A., Kumar, R., & Rawal, S. (2023, February). Smart Irrigation System Uses IoT and Blynk App. In *Macromolecular Symposia* (Vol. 407, No. 1, p. 2200123).
- VinothiniG., HabeebaG., & RajasekarG. (2023). Cloud Based Irrigation System-A Precision Agriculture Technology. *Just Agriculture*, 3(7), 1-5.
- Yin, J., Yang, Y., Cao, H., & Zhang, Z. (2015). Greenhouse environmental monitoring and closed-loop control with crop growth model based on wireless sensors network. *Transactions of the Institute of Measurement and Control*, 37(1), 50-62.
- Yinka-Banjo, C., & Ajayi, O. (2019). Sky-farmers: Applications of unmanned aerial vehicles (UAV) in agriculture. *Autonomous vehicles*, 107-128.
- Zhao, W., Wang, M., & Pham, V. T. (2023). Unmanned Aerial Vehicle and Geospatial Analysis in Smart Irrigation and Crop Monitoring on IoT Platform. *Mobile Information Systems*, 2023.

ÖZ GEÇMİŞ

Dilek Çakır, Samsun Tülay Başaran Anadolu Lisesi'ni bitirdikten sonra Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği bölümünden 24.08.2011 tarihinde mezun oldu. 2021 yılında OMÜ Akıllı Sistemler Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans programına girdi. Mezuniyetinden bu yana Sistem Uzmanı, Bilgisayar Mühendisi olarak görev yapan Dilek Çakır iyi derecede İngilizce bilmektedir.

İletişim Bilgileri

ORCID ID : 0000-0002-7024-8285

Yayınlar:

1. Çakır, D., Odabas, M. S., Kayhan, G., & Oktaş, R. (2022). 5G teknolojilerinin akıllı tarım sistemlerinde kullanımı ve geleceği üzerine değerlendirme. *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 7-8.
2. Çakır, D., Tepe, C., Odabaş, M., S. "Akıllı Ev Sistemlerinde Yapay Zekâ Kullanımı Üzerine Bir Değerlendirme" Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Teknolojisi Dergisi 2(2), Eylül 2022: 185-204
3. Çakır, D., Odabas, M. (2023, Nisan). "Dijital Tarım Uygulamalarına Bir Örnek: Dağınık İstemci Kontrollü Akıllı Sulama Robotu". 3. *International Mediterranean Congress*, Mersin, 17-18 Nisan, 956, 227-234.