

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HASSAS TARIM UYGULAMALARINDA
NESNELERİN İNTERNETİ TEKNOLOJİLERİNİN
KULLANIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Murat GÜCÜK

**Enstitü Anabilim Dalı : BİLGİSAYAR VE BİLİŞİM
MÜHENDİSLİĞİ**
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Celal ÇEKEN

Mayıs 2019

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**HASSAS TARIM UYGULAMALARINDA
NESNELERİN İNTERNETİ TEKNOLOJİLERİNİN
KULLANIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Murat GÜCÜK

Enstitü Anabilim Dalı : **BİLGİSAYAR VE BİLİŞİM
MÜHENDİSLİĞİ**

Bu tez 27/05/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.


Prof. Dr.
Celal ÇEKEN

Jüri Başkanı


Doç. Dr.
Cüneyt BAYILMIŞ

Üye


Doç. Dr.
Akif AKGÜL

Üye

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.



Murat GÜCÜK

16.02.2019

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Prof. Dr. Celal ÇEKEN'e teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim sürecim boyunca desteklerini esirgemeyen ailem ve arkadaşlarıma teşekkür ve minnet duygularımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	iiiv
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLolar LİSTESİ	viii
ÖZET.....	ix
SUMMARY	x
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	
NESNELERİN İNTERNETİ	5
2.1. Nesnelerin İnterneti Tarihsel Gelişimi.....	5
2.2. Benzer Kavramlar	6
2.3. Nesnelerin İnternetini Oluşturan Bileşenler	6
2.4. Nesnelerin İnterneti Referans Modeli	8
2.5. Nesnelerin İnterneti Özellikleri.....	9
2.6. Büyük Veri.....	10
2.7. Bulut Bilişim.....	13
BÖLÜM 3.	
HASSAS TARIM.....	16
3.1. Toprak Nemi Belirlenmesi	21
3.1.1. Direkt Yöntemler.....	21
3.1.1.1. Toprak neminin kütle esasına göre tayini.....	21

3.1.1.2. Toprak neminin hacim esasına göre tayini	22
3.1.2. Endirekt Yöntemler	22
3.1.2.1. Zaman etkili yansıma	23
3.1.2.2. Nötron metreler (NM)	23
3.1.2.3. Tansiyometreler	23
3.1.2.4. Direnç blokları (İletkenlik sensörleri)	23
3.2. Damlama Sulama ve Önemi	24
BÖLÜM 4.	
HASSAS TARIM UYGULAMASI	25
4.1. Kullanılan Teknolojiler	25
4.1.1. Raspberry Pi	25
4.1.2. ESP8266	27
4.1.3. Apache Spark	29
4.1.3.1. Spark Core ve RDD	31
4.1.3.2. Spark SQL	31
4.1.3.3. Spark MLib	32
4.1.3.4. Spark Streaming	32
4.1.4. Apache Kafka	33
4.1.5. MQTT (Message Queue Telemetry Transport)	36
4.1.6. Selenoid vana	38
4.1.7. YL-69 nem sensörü	40
4.1.8. Damla sulama ekipmanları	41
4.2. Uygulamanın Gerçekleştirilmesi	42
BÖLÜM 4.	
TARTIŞMA VE SONUÇ	52
KAYNAKLAR	53
ÖZGEÇMİŞ	58

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

°C	: Santigrat Derece
3G	: 3rd Generation
4G	: 4rd Generation
A	: Amper
ADC	: Analog to Digital Converter
AHB	: Advance High Performance Bus
API	: Application Programming Interface
Atm	: Atmosfer Basıncı
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
DAC	: Digital to Analog Converter
dBm	: Decibel-milliwatt
DDR	: Double Data Rate
DMA	: Direct Memory Access
EEPROM	: Electronically Erasable Programmable Read-Only Memory
FCAPS	: Fault Configuration Accounting Performance Security
g	: Gram
GB	: Gigabayt
GND	: Ground
GPIO	: General-Purpose Input/Output
GPS	: Küresel Konum Belirleme Sistemi
HDMI	: High Definition Multimedia Interface
HTT	: Hassas Tarım Teknolojisi
I/O	: Input/Outout
I2C	: Inter-Integrated Circuit
IaaS	: Infrastructure as a Service

IoE	: Internet Of Everything
IoT	: Internet Of Things
IP	: Internet Protocol Address
ITU	: Uluslararası Telekomünikasyon Birliği
JTAG	: Joint Test Action Group
K2O	: Potasyum Oksit
LCD	: Liquid Crystal Display
LPDDR2	: Low-Power Double Data Rate Synchronous Dynamic RAM
LTE	: Long Term Evolution
LVDS	: Low-voltage differential signaling
M2M	: Machine To Machine
mA	: MiliAmper
ML	: Machine Learning
MQTT	: Message Queue Telemetry Transfer
ms	: Milisecond
mW	: MiliWatt
N	: Azot
NFC	: Near Field Communication
P2O5	: Difosfor pentaoksit
P2P	: Peer-to-peer
PaaS	: Platform as a Service
PCB	: Printed Circuit Board
PSTN	: Kamusal Aktarmalı Telefon Ağı
PWM	: Pulse Width Modulation
QoS	: Quality of Service
RAM	: Random Access Memory
RDD	: Resilient Distributed Dataset
RFID	: Radio Frequency Identification
ROM	: Read-only Memory
SaaS	: Software as a Service – SaaS
SD	: Secure Digital Memory Card
SI	: Serial Interface

SoC	: System on a Chip
SPI	: Serial Peripheral Interface
SQL	: Structured Query Language
TDR	: Time Domain Reflectometry
uA	: Mikro Amper
UART	: Universal Asynchronous Receiver-Transmitter
USB	: Universal Serial Bus
VCC	: Voltage Common Collector
VoIP	: Voice Over Internet Protocol
VRAT	: Variable Rate Application Technology
Wi-Fi	: Wireless Fidelity
WoT	: Web Of Things

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Nesnelerin interneti referans modeli	8
Şekil 2.2. Nesnelerin interneti özellikleri.....	10
Şekil 4.1. Raspberry Pi kart.....	25
Şekil 4.2. ESP8266.....	27
Şekil 4.3. Apache spark mimarisi	30
Şekil 4.4. Apache spark çalışma prensibi.....	31
Şekil 4.5. Spark Streaming mimarisi	32
Şekil 4.6. Apache kafka mimarisi	33
Şekil 4.7. MQTT mimarisi	36
Şekil 4.8. Selenoid vana	39
Şekil 4.9. Pin kontrollü selenoid vana iç yapısı	39
Şekil 4.10. Baskı çubuğu kontrollü selenoid vana iç yapısı.....	40
Şekil 4.11. YL-69 nem sensörü.....	40
Şekil 4.12. YL-69 bacak yapısı ve elektronik bileşen bilgisi.....	41
Şekil 4.13. Damla sulama uygulama borusu	42
Şekil 4.14. Uygulama topolojisi.....	43
Şekil 4.15. Sahadan veri akış diyagramı	44
Şekil 4.16. YL-69 nem sensörü NodeMCU bağlantısı	45
Şekil 4.17. Uygulama blok diyagramı.....	47
Şekil 4.18. Kullanıcıdan sahaya veri akış diyagramı	48
Şekil 4.19. Uygulamada kullanılan selenoid vana	49
Şekil 4.20. Mobil uygulama durum izleme ekranı	50
Şekil 4.21. Mobil uygulama sistem hareketleri izleme ekranı	51

TABLolar LİSTESİ

Tablo 3.1. Yıllara göre tarım alanı istatistikleri	17
Tablo 3.2. Yıllara göre organik tarım istatistikleri.....	18
Tablo 3.3. Yıllara göre kimyasal gübre kullanımı	19

ÖZET

Anahtar kelimeler: Hassas tarım, nesnelerin interneti, iot

Azalan su kaynaklarının korunumu ve denetimli tüketimi gerekliliği, gittikçe artan su ihtiyacının daha planlı karşılanması gerekliliğini ortaya koymuştur. Bunlara bağlı olarak kaynakların azalması insanlık tarihinde büyük sorunlar oluşturmaktadır. Değişen iklimler neticesinde yağışların düzensiz form izlemesi ve hava sıcaklıklarındaki ani artış ve azalış tarımsal faaliyetlerde bitki gelişimi için problem oluşturmaktadır. Bu çalışmada bitki gelişimini, çevreyi ve sağlığı olumsuz etkileyen unsurlar göz önünde tutularak nesnelerin interneti teknolojilerinin tarım faaliyetlerinde kullanılarak hassas ölçüde sürdürülebilmesi amaçlanmıştır. Bu tez kapsamında her geçen gün kullanım alanı artan nesnelerin interneti teknolojilerinin, hassas tarım faaliyetlerinde kullanılmasının gerekliliği ön plana çıkartılmıştır ve bu alanda yapılacak çalışmalara temel olabilecek örnek bir uygulama hazırlanmıştır.

EXPLOITATION OF THE INTERNET OF THINGS TECHNOLOGIES IN PRECISION AGRICULTURE APPLICATIONS

SUMMARY

Keywords: Precision agriculture, Internet of Things, iot

The conservation of reduced water resources and the necessity of supervised consumption have revealed the need for water need to be met more planned. Therefore, the decrease in resources creates serious problems in human history. As a result of changing climates, irregular form monitoring of precipitation and sudden increase and decrease in air temperatures cause problems for plant growth in agricultural activities. In this project, it is aimed to be able to use the internet technologies of the objects in a sensitive manner by taking into account the factors affecting plant development, environment and health negatively. Within the scope of this thesis, the necessity of using the Internet technologies of objects with increasing usage area in sensitive agricultural activities has been put forward and a sample application which can be the basis for the studies to be done in this field has been prepared.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Hızla gelişen teknolojinin getirdiği yenilikler son dönemde gittikçe yaygınlaşan nesnelerin interneti tabanlı uygulamaların gelişmesinde etkili olmuştur. Endüstri 4.0 kavramının temel unsuru olarak öne sürülen nesnelerin interneti ile günlük yaşantımızda zaman ayrılması güç olan işlerin insanlardan bağımsız olarak yapılabilmesi için akıllı sistemlerin geliştirilmesi önem kazanmıştır. Nesnelerin interneti ile geliştirilen teknolojiler, sistemlerin sürekli olarak denetimi ve daha basit yönetimi sayesinde bağımsız parçacıkların birbirleri ile bağlanıp haberleşmelerini sağlayan yapıyı sunmaktadır.

2020 yılına kadar internet erişimine sahip cihaz sayının 50 milyarı [1] aşacak olarak ön görülmesi günümüzde yapılan birçok işlemin artık insanlardan akıllı cihazlara devredeceğinin kaçınılmaz göstergesidir. Geleneksel tarım faaliyetleri tecrübe ve deneyimlere dayanarak yapılmaktadır. Tamamen üretici odaklı olan bu yöntemde hata payı oldukça yüksektir. Yapılan hatalı sulama ya da gübreleme işlemi istenmeyecek sonuçlara neden olmaktadır. Yapılan çalışmalar, tarım faaliyetlerinde bilinçsizce yapılan gübreleme ve ilaçlama faaliyetlerinin bitki, çevre ve dolaylı olarak insan üzerindeki olumsuz etkilerini ortaya koymuştur. Yapılacak olan hatalı gübreleme işlemi sonucu topraklarda tuzlanma, ağır metal birikimi, besin maddesi dengesizliği, mikroorganizma etkinliğinin bozulması ve sularda ötrofikasyon ve nitrat birikimi, havaya azot ve kükürt içeren gazların verilmesi, sera etkisi gibi çeşitli sorunlara neden olmaktadır [2].

Günümüzde birçok kablosuz ya da kablolu sensör üretimi hem düşük maliyet hem de ergonomik tasarım ile yapılabilmektedir. Bu gelişmeler ışığında üretilen sıcaklık, nem, ışık sensörlerinin tarımsal faaliyetlerde de etkin olarak kullanabilme fırsatı elde edilmiştir. Tarım alanlarındaki üretim verimliliğini ve ürün kalitesini arttırmaya

yönelik çalışmalarda toprak su ve gübre oranını ayarlayabilen akıllı sulama sistemleri geliştirilmiştir. Bu çalışmada da tarım faaliyetlerinde toprak isteklerinin belirtilen periyotlarda akıllı sistemler tarafından karşılanıp hem ürün kalitesi ve verimliliğinin en üst seviyeye ulaştırılması hem de hatalı işlemler sonucu oluşabilecek çevre kirliliğinin engellenmesi hedeflenmiştir.

Son zamanlarda hassas tarım uygulamalarında teknolojik yaklaşımlar konusunda literatür taramasına bakıldığında güncel sistemlerin bitki ihtiyaçlarının, parsel geneline yönelik değil parsel üzerindeki alanların farklılık tespiti ile karşılanması çerçevesinde geliştirildiği görülmektedir. [3] numaralı makalede yapılan çalışmada hassas tarım uygulamalarında tarla etkinliği ölçümü GPS tabanlı sistem geliştirilmiştir. Sistem için geliştirilen yazılım sayesinde farklı tarım makinalarının farklı işlemleri için tarla alanı, tarla etkinliği, tarla kapasitesi gibi veriler tespit edilebilmektedir. Sistem tarım aracı üzerine yerleştirilen GPS alıcısı, veri toplamak için kullanılan bilgisayar ve sayısal tuş takımından oluşmaktadır. GPS alıcısı çalışma yapılan noktaların ve tarla alanının belirlenmesinde kullanılmıştır. Sayısal tuş takımı ile materyal yükleme, bekleme gibi işlem verileri girişi yapılmıştır. Bu sayede yazılım ile gerçekleştirilen işlemlerin süreleri belirlenmektedir. Veriler analiz ve raporlamada kullanılmak üzere veri tabanına aktarılmıştır.

[4] numaralı doktora tez çalışmasında, tarla ortamında hareket edebilen, diferansiyel sürüş sistemine sahip bir mobil robot tasarlanmıştır. İki DC motor ile hareket kabiliyeti kazandırılan mobil robot otonom olarak ilettilmesi ve yönlendirilmesi için GPS sistemi kullanılmıştır. GPS sisteminden gelen verilerin değerlendirilmesinde geliştirilen navigasyon yazılımı kullanılmıştır. Mobil robotun ilerleme ve dönüşleri, motorların ileri veya geri aynı ya da farklı hızlarda çalıştırılması ile sağlanmıştır. Kontrol sinyalleri robot üzerine yerleştirilen panel bilgisayardan gönderilmiştir. Çalışmada anız yoğunluğu tespiti için görüntü işleme yazılımı geliştirilmiştir. Mobil robot üzerine yerleştirilen bir fotoğraf makinası ile tarla üzerindeki anız görüntüleri elde edilmiştir. Elde edilen görüntüler grayscale formatına çevrilerek anızı tanımlayan renk değeri belirlenmiştir. Anıza ait renk

değerlerinin toplam görüntü içerisindeki yoğunluğu belirlenerek görüntüdeki anız yoğunluğu hesaplanmıştır.

[5] numaralı makalede değişken oranlı gübre uygulamaları ile geleneksel çiftçi gübre uygulamaları karşılaştırılmış ve bu alanda yapılacak yatırımların arazi büyüklüğüne göre ekonomik açıdan verimi değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında değişken oranlı gübrelemenin çiftçi şartlarına adaptasyonu ve kullanım olanaklarının araştırılması, toprak, bitki ve gübre değişkenliklerinin tespiti, sensör tabanlı gübre uygulamalarının uzaktan algılama uygulamalarının alternatifi olup olamayacağı, farklı azot gübre stratejilerinin karşılaştırılması, yeni teknolojik ve inovatif sistemlerin çevreye etkileri gibi hususlar amaç alınmıştır. Adana'da 38 hektarlık bir alanda yürütülen çalışma ile değişken oranlı fosforlu ve azotlu gübre uygulamaları yapılmıştır. Bu çalışmalar yapılırken bu alan içerisinde alan tanımlayıcı çalışmalardan sonra eş zamanlı çiftçi uygulamaları için 10 hektarlık bir alan ayrıldıktan sonra uygulamalar başlatılmıştır. Grid örnekleme tekniği ile yapılan toprak örneklerinden elde edilen analiz sonuçları esas alınarak hazırlanan fosfor uygulama haritaları çalışma alanına uygulanmıştır. Çalışma alanında 5 farklı uygulama dozu ortaya çıkmıştır. Ekim anında ekim makinası hangi renk bölgesinde ise ona uygun gübre dozu bırakılmıştır. Çiftçiye ayrılan alanda çiftçi serbestçe kendi uygulamasına göre gübreleme yapmıştır. Bu alana herhangi bir müdahalede bulunulmamıştır. Değişken oranlı gübreleme uygulaması sonucu uygulama alanına atılan fosforlu gübre miktarı çiftçi uygulamalarına göre 3 yılın ortalamasında %50 civarında daha az olduğu gözlemlenmiştir. Sensör tabanlı azot gübre uygulamasında ise çiftçi uygulamasına göre 3 yılın ortalamasında %20 daha az gübre kullanıldığı tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda yapılan değerlendirme ile çiftçi uygulamaları ve diğer konvansiyonel uygulamalar değişken oranlı uygulamaların gerisinde kaldığı ortaya koyulmuştur.

Bu çalışma ile hassas tarım uygulamalarına nesnelere interneti teknolojileri kazandırılarak, bitki ihtiyaçlarının akıllı sistemler tarafından sıvı gübreler ile belirlenen oran ve zamanlarda toprak ihtiyaçları doğrultusunda yapılması sağlanmıştır.

Çalışma toprak isteklerinin girişi yapılabilecek olan web uygulama, topraktaki nem değerinin ölçülmesinde kullanılan nem sensörü, sulama zamanları ve nem değerlerinin depolanması için gerçek zamanlı veri tabanı, toprak verilerinin gerçek zamanlı veri analizi, suma durumu ve nem verilerinin izlenebileceği mobil uygulama ve damlama sulama ekipmanlarından oluşmaktadır.

Toprağın besin ihtiyaçları belirlenen oranlarda çiftçi tarafından web uygulama ile sisteme girişi yapılabilmektedir. Web uygulamanın kullanıcı dostu tasarlanmış arayüzü sayesinde kullanımı basite indirgenmiştir. Sisteme girişi yapılan besin ihtiyaçları, sulama esnasında sıvı gübre tanklarından peristaltik pompalar ile sulama suyuna karıştırılabilir şekilde planlanmıştır. Sulama faaliyeti selenoid vana kontrolünde damlama sulama ekipmanları ile gerçekleştirilmiştir. Topraktaki nem verileri, nem sensörü ile okunarak internet üzerinden uygun protokoller ile veri tabanına taşınmıştır. Aynı zamanda nem verileri gerçek zamanlı olarak büyük veri işleme kütüphaneleri ile analiz edilip raporlanabilmektedir. Sensörden okunan bilgilerin ve sulama durumu bilgisinin mobil uygulama ile izlenebilmesi sağlanmıştır.

Bu çalışma dört bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümde neslerinden interneti teknolojileri anlatılmış, mamarisi ve kullanım alanları hakkında deyalı bilgi verilmiştir. Çalışmanın üçüncü bölümünde hassas tarım hakkında bilgi verilmiştir. Tarım faaliyetlerinde teknoloji kullanmanın önemi ön plana çıkartılıp hassas tarım uygulamalarına değinilmiştir. Dördüncü bölümde çalışma kapsamında geliştirilen uygulama anlatılıp mimari ve kullanılan teknolojiler hakkında detaylı bilgi verilmiştir. Ayrıca konular hakkındaki bilgiler şekiller ve tablolar ile desteklenmiştir. Son bölüm olan tartışma ve sonuç bölümünde ise geliştirilen uygulamanın genel bir özetinden bahsedilip, geliştirilebilir özelliklerine değinilmiştir.

BÖLÜM 2. NESNELERİN İNTERNETİ

Üzerinde algılayıcı/eyleyici/denetleyici bulunabilen, haberleşme yeteneğine sahip cihazların/nesnelerin veri toplama, görüntüleme, karar verme, denetim ve süreçlerinin en iyileşmesi amacıyla oluşturdukları, internet alt yapısını kullanan ağlardır [6].

Nesneler fiziksel dünyanın veya bilgi dünyasının nesneleri olarak tanımlanıp, iletişim ağlarına entegre edilebilmektedirler. Statik ve dinamik bilgilere sahiptir. Fiziksel nesneler, fiziksel dünyada var olan ve algılanabilir, harekete geçirilebilir ve bağlantı sağlanabilir nesnelere örnek gösterilmektedir. Endüstriyel robotlar ve elektrikli ekipmanlar fiziksel nesnelere örnek gösterilmektedir. Sanal nesneler ise bilgi dünyasında var olan ve depolanabilir, işlenebilir ve erişilebilir nesnelere örnek gösterilmektedir. Multimedya içerikleri ve uygulama yazılımları örnekleri arasında yer almaktadır [7].

2.1. Nesnelerin İnterneti Tarihsel Gelişimi

Nesnelerin interneti kavramı ilk olarak 1999 yılında Kevin Ashton tarafından bir firma için hazırlanmış olduğu sunumda geçmiştir. Firmanın tedarik zincirinin en iyilenmesinde kullanılmak üzere, Radyo Frekansı ile Tanımlama (Radio Frequency Identification, RFID) teknolojisi önerilmiştir. 2005 yılında Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (ITU)'nun konuya dair ilk raporu yayımlamıştır. ITU, IoT'nin öge tanımlama (nesneleri etiketleme), algılayıcı ve kablosuz algılayıcı ağlar (nesneleri hissetme), gömülü sistemler (nesneleri düşünme) ve nanoteknoloji (nesneleri küçültme) gibi teknolojik geliştirmeleri bir araya getirerek dünyadaki objeleri hem algısal hem de akıllı tarzda bağlayacağını ileri sürmüştür [8].

2.2. Benzer Kavramlar

Machine to Machine (M2M): M2M farklı cihazların kablolu ya da kablosuz haberleşmesini sağlayan teknolojiyi ifade etmektedir. M2M ile içinde insanların olmadığı yalnızca makineler arası bilgi akışının sağlandığı özel iletişim ortamları oluşturulmaktadır [9].

Endüstriyel İnternet: Makineler arası haberleşmenin yanı sıra insan etkileşimi için arayüzler içermektedir. M2M' in daha genişletilmiş kullanımınıdır.

Nesnelerin Webi (WoT): Nesnelerin İnternetinden farklı olarak, nesneler WEB standartları ile iletişim sağlamaktadır. Her şeyin WEB' inde nesneler, makineler ve insanlar birbiri ile iletişimini WEB standartları ile yapmaktadır [10].

Her şeyin İnterneti (IoE): İnsan, uygulama, servis, veri ve nesneleri bir araya getiren yapıdır.

Endüstri 4.0: İnsan gücüne gereksinim duymayan, kendi başına faaliyette bulunan, kendi kendini denetleyen, kendi kendini iyileştiren ve birbirleriyle sürekli iletişim ve koordinasyon halinde olan makine ve üretim sistemlerinin üretim ve dağıtım faaliyetlerini gerçekleştirmesine dayanmaktadır [11].

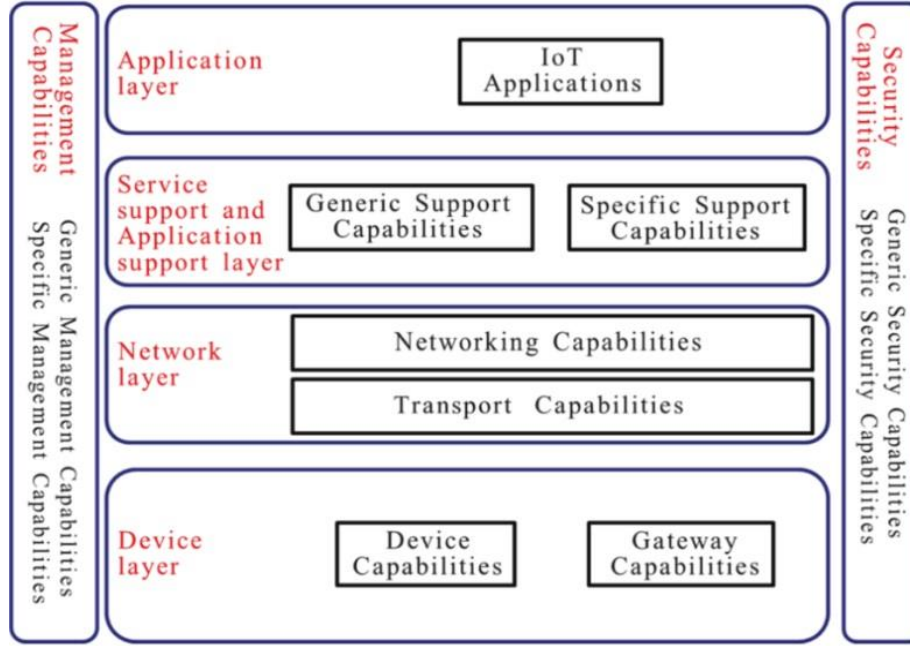
2.3. Nesnelerin İnternetini Oluşturan Bileşenler

- Kablosuz algılayıcı ve eyleyici ağlar: Geniş sahalar üzerinde anlık koşulların uzaktan izlenmesini gerektiren uygulamalarda kablosuz algılayıcı ağlar (KAA) kullanılmaktadır [12].
- RFID, NFC: RFID maddelerin benzersiz radyo dalgaları kullanılarak tespit edildiği bir işlemdir, NFC RFID teknoloji ailesinin içerisinde bulunan özel bir alt kümedir. Ödeme sistemleri, güvenlik, kimlik oluşturma gibi alanlarda kullanılmaktadır [13].

- Wi-Fi: Tablet, telefon, akıllı saat, ses oynatıcıları, televizyon, oyun konsolu ve benzeri cihazların kablosuz olarak birbirlerine bağlanmasından kullanılmaktadır [14].
- Hücresel Sistemler (3G, 4G-LTE, 4.5G): Mobil telefon sistemlerinde, haberleşmenin yapılacağı alan hücre adı verilen küçük alanlara bölünmüştür. Her hücrenin merkezinde bir baz istasyonu bulunur. Mobil telefonlar haberleşmelerini baz istasyonu üzerinden yaparlar. Baz istasyonları birbirlerine bir ağ yapısı şeklinde bağlıdır [15].
- Makine Öğrenimi: İstatistik, matematik ve bilgisayar bilimlerinin kesişim noktasında bulunan, var olan bir veri seti üzerindeki yapıyı, çeşitli algoritmalar kullanarak en iyi şekilde tespit eden ve bu yapının olası sonuçlarını yeni gelecek veriler üzerinde doğrulayarak geleceğe yönelik tahminlerde bulunan yöntemler bütünüdür [16].
- Büyük Veri (Big Data): Birbirlerinden farklı veri kaynaklarından toplanan geniş veri derinliklerinin analizi, işlenmesi ve depolanması olarak tanımlanabilmektedir. Bu veriler, pazarlama, halkla ilişkiler, bankacılık, güvenlik vb. pek çok alanın yanında araştırmacıların yaptıkları araştırmalarda kullanılabilir nitelik taşıyabilmektedir [17].
- Bulut Bilişim: Bulut bilişim; işlem gücünün, veri tabanının, depolama alanının, uygulamaların ve diğer BT kaynaklarının kullandıkça öde modeliyle internet üzerinden isteğe bağlı olarak sunulmasıdır [17].
- IoT Sistemleri Güvenliği (IoT Security): Yetersiz kimlik/izin doğrulama, güvensiz web arayüzü, güvensiz ağ hizmetleri, iletimde şifreleme/bütünlük doğrulama eksikliği, güvensiz bulut arayüzü, yetersiz fiziksel güvenlik gibi unsurların göz önüne alındığı kavramdır [18].

2.4. Nesnelerin İnterneti Referans Modeli

Şekil 2.1.'deki gibi yönetim ve güvenlik yeteneklerine sahip dört katmandan oluşmaktadır.



Şekil 2.1. Nesnelerin interneti referans modeli [19]

Uygulama katmanı, nesnelerin interneti uygulamalarını içermektedir.

Servis destek ve uygulama destek katmanı genel destek yetenekleri ve özel destek yetenekleri olmak üzere iki başlık altında incelenmektedir. Genel destek yetenekleri, veri işleme ve veri depolama gibi farklı IoT uygulamaları tarafından yaygın kullanılan yeteneklerdir. Bu yetenekler ayrıca özel destek yetenekleri tarafından da çağrılabilir. Özel destek yetenekleri ise farklılaştırılmış uygulamaların gereksinimlerini karşılayan belirli yeteneklerdir. Farklı IoT uygulamalarına farklı destek veren fonksiyonları sağlamak için çeşitli detay yetenekler içermektedir [19].

Ağ katmanı ağ yetenekleri ve taşıma yetenekleri olmak üzere iki tipte hizmet vermektedir. Ağ yetenekleri, erişim ve taşıma kontrol işlevleri, mobilite yönetimi veya yetkilendirme, doğrulama gibi kontrol fonksiyonlarını sağlamaktadır. Taşıma

yetenekleri, IoT servislerinin özel veri taşıma yanı sıra kontrol ve yönetim bilgilerinin de taşınması için bağlantı sağlamaktadır [19].

Cihaz katmanı mantıksal olarak cihaz yetenekleri ve ağ geçidi yetenekleri olarak iki çeşit yetenek olarak sınıflandırılmaktadır. Cihaz yeteneklerinde, cihazlar iletişim ağı ile ağ geçidi kullanmadan doğrudan etkileşim ile ya da ağ geçidi kullanarak dolaylı etkileşim ile bilgi toplayabilir ve bilgi yükleyebilmektedir. Artan ölçeklenebilirlik ve hızlı yaygınlaştırma ihtiyacı olan senaryolarda geçici ağlar oluşturabilmektedir. Ayrıca cihaz enerji tasarrufu için uyku ve uyanma mekanizmalarını destekleyebilmektedir. Ağ geçidi yetenekleri, cihaz katmanında veri yolu, ZigBee, Bluetooth veya Wi-Fi gibi kablolu ya da kablosuz teknolojilere bağlanılmasında hizmet vermektedir. Ağ katmanında ise kamusal anahtarlamalı telefon ağı (PSTN), ikinci (2G) veya üçüncü nesil (3G) şebekeler, uzun vadeli gelişim ağları (LTE) gibi çeşitli teknolojiler ile iletişim kurulabilmektedir [19].

IoT yönetim yetenekleri, hata yönetimi, performans ve güvenlik yönetimi gibi geleneksel hata, yapılandırma, muhasebe, performans ve güvenlik (FCAPS) sınıflarını kapsamaktadır [19].

Güvenlik yetenekleri ise uygulama katmanında, yetkilendirme, kimlik doğrulama, uygulama verileri gizliliği; ağ katmanında yetkilendirme, kimlik doğrulama, veri kullanma, veri gizliliği ve sinyal bütünlüğünün korunması, cihaz katmanında yetkilendirme, kimlik doğrulama, cihaz bütünlüğünün korunması ve erişim kontrolü yeteneklerini kapsamaktadır [19].

2.5. Nesnelerin interneti özellikleri

Nesnelerin interneti teknolojilerinin özellikleri, insan-cihaz ya da cihaz-cihaz bağlantısı sağlaması, insan ve cihaz arasındaki fiziksel deneyimlerin geliştirilmesine yardımcı olan akıllı algılama yeteneği, kendi kendine öğrenme yeteneğine sahip akıllı algılayıcılar, hareket sensörü gibi algılayıcılar ile enerji korunumu sağlanması

çevre cihazlar ile konuşabilme yeteneği ile bağlantı ağı ile iletişime geçme, erken uyarı sistemleri ile güvenlik sağlama yeteneği olarak sıralanabilmektedir [2].



Şekil 2.2. Nesnelerin interneti özellikleri

2.6. Büyük Veri

Teknolojinin hızla gelişmesi bilgisayar, sosyal medya paylaşımları, internet sitelerindeki ziyaret verileri, e-ticaret sitelerindeki alışveriş hareketleri, stok takip sistemlerindeki satış hareketleri, borsa ve döviz kurları verileri, kişilerin sağlık verileri ve nesnelerin interneti cihazları ve uygulamaları büyük miktarlarda bilgi üretmeye ve bu büyük ölçekteki bilgileri diskler üzerine kaydetmeye başlamıştır [20].

Verinin bilişim teknolojisi terminolojisindeki anlamı, “sayısal ortamlarda bulunan, işlenen veya taşınan sinyaller”, “anamlı hale dönüştürülmemiş bitler” veya “birbiriyle bağlantısı henüz kurulmamış bilinenler” olarak tanımlanabilmektedir. Bilgi, verinin belli bir anlam ifade edecek şekilde işlenip, belirsizliğinin azaltılmasıyla elde edilir. Elde edilen bilginin tecrübe veya öğrenme anlaşılması öz bilgi olarak ifade edilir. Güvenilir kararlar vermek için öz bilginin nasıl kullanılacağını kavramak bilgelik olarak isimlendirilir. Bilgi, veri içeriğindeki bilinmezliklerin giderilmesi ile, öz bilgi, bilginin anlam ve içeriğinin anlaşılması ile, bilgelik, elde edilen birikimin içselleştirilmesi ile elde edilir. Bilgelik adımıyla oluşan değer belirlenir bir amaca dönüştürülmesi veya dönüştürülmüş haline karar ya da hedef adı verilmektedir [21].

Verilerin anlaşılıp, değerlendirilip, analiz edilerek beklenen hedef veya alınması gereken kararların ortaya konulması gerekmektedir. Karara veya hedefe ulaşılması istenilen bu veriler dört başlık altında sınıflandırılmıştır [21].

- Erişilebilir Veri (Light Data): Herhangi bir zamanda kullanılması için erişime açık ve kullanıma hazır olan veri kümesidir.
- Veri Parçası (Data Spot): Analiz yapılırken dikkate alınan ve erişilebilir verinin alt kümesi olarak sınıflandırılmaktadır.
- Gri Veri (Gray Data): Analiz edilen sistemin bir parçası olan, erişilemeyen ancak nitelikli hipotezler üretmekte kullanılan veri gruplarıdır.
- Karanlık Veri (Dark Data): Bilinmeyen veya bilinmediğinin de farkında olunmayan, herhangi bir gruplandırma yapılamayan veri kümesidir.

Büyük veri, hızlı bir şekilde farklı formatlarda üretilen büyük hacimli verileri olarak adlandırılmaktadır [21]. Veri kümelerinin hızla genişlemesi bunların işlenmesini, saklanmasını ve gerektiğinde taşınmasını zorlaştırmış ve bu işlemler ciddi problem haline gelmiştir. Büyük veri kavramı, bir başka ifade ile verilerin analiz edilmesi ve saklanmasında klasik yöntemlerin yetersiz kaldığı ve klasik yöntemler ile bu işlemlerin yönetilmesinin mümkün olmadığı veri kümeleri için kullanılmaktadır [22].

Dünya üzerinde internete bağlanan insan ve cihaz sayısı her geçen gün hızla artmaktadır. Bu hızlı yükseliş bir o kadar da veriyi beraberinde getirmektedir. 2017 yılında dünya genelinde 3,8 milyar insanın internet kullandığı raporlanmıştır. 2018 yılında, twitter kullanıcıları dakikada 473.400 tweet atarken, instagram kullanıcıları 49.380 fotoğraf paylaşmaktadır. Dakikada 4.333.560 youtube kullanıcısı video izlerken 1,25 yeni bitcoin üretilmektedir [23]. Facebook kullanıcıları dakikada 136.000 fotoğraf paylaşmakta ve 510.000 yorum yapmaktadır ve her ziyaretlerinde

ortalama 20 dakika harcamaktadırlar [24]. Google ise saniyede 40.000 arama yapıp, günlük 3,5 milyar sorguya ulaşmaktadır [25].

Büyük veri, geçmişte oluşturulan bilgileri kullanarak geleceğe yönelik tahminleme fırsatı sağlamaktadır. Örneğin, bir süper market zinciri, hangi bölgede hangi gün ve saatlerde hangi ürünlerin müşterileri tarafından daha sık satın alındığı bilgisini büyük veri ile elde etmektedir. Bu bilgileri kullanarak gelecekteki kampanya ve indirimlerini düzenleyebilir ve mağazalardaki çalışan sayısını verimli bir şekilde tekrar belirleyebilmektedir. Büyük veri çalışmaları ile şimdiye kadar kayıt altına alınmayan verilerin de kullanılarak, çevrimiçi raporlamalar ile iş süreçlerindeki yönetim kabiliyeti ve müşteri memnuniyetinin artırılması ve ekonomik kazanımlar hedeflenmektedir [26].

Büyük veri 5V adı verilen 5 bileşenden oluşmaktadır [21]:

- Çeşitlilik (Variety): Farklı kaynaklardan, farklı formatlar ve farklı karmaşıklık düzeyi ile gelen verilerin saklanabilmesi ve işlenebilmesi ile anlamsal bütünlüğün elde edilmesini içermektedir.
- Hacim (Volume): Büyük veri içeriğindeki veriler tıpkı uzay boşluğu gibi devamlı genişleyerek büyümektedir. Bu bileşen verinin her geçen gün artan büyüklüğünü ifade etmektedir.
- Hız (Velocity): Büyüklüğü devamlı ve hızla artan verinin yönetiminin de bir o kadar hızlı olabilme ihtiyacını belirtmektedir.
- Doğruluk (Veracity): Üretilen verilerin doğruluğunun sağlanabilme problemini belirtmektedir. Üretilen veriler dışarıdan herhangi bir değişime maruz kalmadan güvenli bir biçimde sisteme alınıp değerlendirilmesi ve saklanması gerekmektedir.
- Değer (Value): Sistem içerisindeki verilerin karar verme sürecinde etkili olması anlamına gelmektedir.

Büyük veri analizi veri toplama, veri düzenleme ve veri işleme başlıkları ile 3 adımda oluşmaktadır. Veri toplama işlemi ısı, nem, metin, görsel gibi bilgilerin güvenli bir şekilde internet üzerinden veya sensörlerden alınması anlamına gelmektedir. Veri düzenleme ise alınan verilerin üzerindeki gerekli düzenleme işlemlerinin yapılmasını ifade etmektedir. Verinin yorumlanma kısmı ise Hadoop ve MapReduce gibi açık kaynak kodlu kütüphaneler ile hızlı bir şekilde yorumlanması ve iş zekâsının oluşturulması anlamına gelmektedir [20].

2.7. Bulut Bilişim

Esnek, geliştirilebilir, ölçeklendirilebilir ve en yüksek verimle sanallaştırılabilir kaynakların, internet aracılığıyla erişilebilir bir teknolojik tasarımıdır. Bulut bilişim geniş bir çemberde yaygınlaşmış birbirine bağlı yapıların oluşturduğu büyük ölçekli sunuculardan oluşmaktadır. Veri depolamak ve barındırmak, uygulama koşturmak veya sosyal medya içerikleri üretip bunları yaygınlaştırmak için bu sunuculardan faydalanılmaktadır [27]. Kısaca bulut bilişim kullanıcıların internet üzerindeki işlerini yürütmesinde bilişim sistemlerine ilişkin hizmetlerini üçüncü taraftan alması anlamına gelmektedir [28]. Bu hizmetlerin temel amacı ise, hizmet talep eden kullanıcıları bilişim sistemlerinin alt yapısından soyutlayarak, karmaşık konfigürasyonları basitleştirip yapılandırma ayarlarını sadeleştirmek ve platform bağımsız olarak sürekli erişim imkanı sağlamaktır. En düşük kapasiteli bir cihaz kullanarak dahi herhangi platform, zaman ve erişim kısıtı olmadan istenilen hizmetlere erişimi mümkün kılmaktadır [29]. Erişim kolaylığı basit yönetilebilirlik ve yapılandırılabilme avantajları ile kullanımı yaygınlaşmaktadır.

Klasik bilişim sistemleri yapılandırmasında, kullanıcılar bilgisayar ve diğer cihazlarının yanı sıra uygulama ve servis hizmetlerinin koştuğu sunuculara, depolama birimlerine sahiptir. Bu alt yapıyı barındıran sistem odaları, jeneratör, kesintisiz güç kaynakları, iklimlendirme donanımları, yangın ve güvenlik tedbirleri işlerin sağlıklı yürütülmesi açısından zorunludur. Tüm bu gereksinimler maliyetlerin artmasına sebep olmaktadır. Bu klasik yapılanmadaki olumsuzluklar bulut bilişimin

sahip olduğu avantajlar ile en az seviyeye indirgenmektedir. Bu özellikler şöyle sıralanabilmektedir [30];

- Kullanıcılar yer ve zaman kısıtı olmaksızın sisteme bağlanabilmektedir.
- Sisteme erişim platform bağımsızdır.
- Sistemin kullanım bedeli, hizmetlerin kullanım miktarı ile fiyatlandırılmaktadır.
- Alt yapı temin ve kurulum masraflarını ortadan kaldırarak yapılmak istenilen işe hızlı odaklanmayı sağlamaktadır.

Bulut bilişim hizmetleri temel olarak üç farklı katman halinde sunulmaktadır [31].

- Yazılım Hizmeti (Software as a Service – SaaS): Geleneksel olarak cihazlara kurulan yazılımlara, internet üzerinden bir tarayıcı ile erişiminin ve kullanımının mümkün kılınması anlamına gelmektedir. Kullanıcının erişim için herhangi bir yazılım yükleme ve sunucu bilgilerine ihtiyacı olmamaktadır.
- Platform Hizmeti (Platform as a Service – PaaS): Kullanıcının geliştirdiği uygulamayı bulut sunucu içerisine kurma talebine karşılık ortaya çıkan işletim sistemi, veri tabanı yönetim sistemi ve ağ yapılandırması ihtiyaçlarına bulut içerisindeki sunuculardan cevap verilmesidir.
- Altyapı Hizmeti (Infrastructure as a Service – IaaS): Kullanıcıya işlemci gücü, bellek ve depolama, ağ hizmetleri gibi işletim sistemi ve diğer yazılımlar kurabileceği sanal donanımların temin edilmesidir.

Bulut bilişim mimarisi dört madde altında toplanmıştır.

- Açık Bulut(Public Cloud): İnternet üzerinde genel kullanıma açık olan hizmetlerdir. Bu hizmetlere erişim ücretsizdir veya kullanım adedi kadar ücretlendirilir.
- Özel Bulut (Private Cloud): Bulut bilişim avantajlarından yararlanmak üzere kullanıcıya özel oluşturulmuş yapılardır. Kullanıcılar bulut yapısını kendileri barındırabilir ve bilgi teknolojileri birimleri tarafından yönetilebilmektedir.
- Topluluk Bulutu (Community Cloud): Bulut alt yapısının ortak amaçlarla hareket eden kullanıcılar tarafından paylaşılmasıdır.
- Melez Bulut (Hybrid Cloud): Genel ve özel bulut mimarilerinin birlikte kullanılmasıyla ortaya çıkmaktadır. Kullanıcılar kendi barındırdıkları özel hizmetler ile beraberinde dışarıdan da hizmet alabilmektedirler.

Kullanıcıların bilgi işlem birimleri tarafından sağlanan bilişim hizmetlerini dış hizmet sağlayıcı firmalardan temin etmeleri, bu hizmetlere internet üzerinden erişmeleri, teknik altyapı ve yönetimi sağlayıcı firmalara bırakmaları anlamına gelen bulut bilişim firmaların dikkatle üzerinde durmaları gereken bir yeniliktir [31].

BÖLÜM 3. HASSAS TARIM

Hassas tarım teknolojisi (HTT); bilgi ve teknolojiyi tarımsal üretime dahil ederek tarımsal işletmeciliği tamamıyla değiştirebilecek yeni ve gelişme aşamasında olan bir teknolojidir. Tarımsal devrimin temelini oluşturan Hassas Tarım Teknolojileri; uydu teknolojisi, elektronik ölçüm ve kontrol sistemleri, algılama sistemleri ile bilgisayar yazılımları gibi yüksek teknolojiler ile tarımsal uygulamaları geliştirerek, karlılık ve tarımsal etkinliğin artırılmasını ve çevreyi korumayı amaçlamaktadır [32].

Hassas tarım teknolojileri, elektronik ve kontrol sistemleri ile bilgisayar ve veri tabanı işlemlerini ortak bir yapıda buluşturarak teknoloji tabanlı tarım faaliyeti yaklaşımını ortaya koymaktadır [33]. Hassas tarım uygulamalarının temelinde arazinin şartlarının doğru bir şekilde belirlenip, belirlenen toprak ihtiyaçları doğrultusunda gereken işlemlerin yapılmasını içermektedir [34].

Tarıma uygun en ideal toprak kalitesi için toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri belirlenmelidir [35]. Tarıma uygun en ideal toprak kalitesi için toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri belirlenmelidir. Verimli bir toprakta %45 mineral madde, %5 organik madde, %25 nem (su) ve %25 oksijen bulunmalıdır. Toprağın dokusunu oluşturan mineral madde miktarında kum, silt(mil) ve kil oranları yaklaşık eşit değerlerde olmalıdır. Toprağın su tutması, havalanabilmesi ve kök gelişimi için bu oranlar önemlidir. Toprağın fiziksel özelliklerini iyileştirmek, kum-silt-kil oranlarını düzenlemek, toprak derinliği, eğimi ve taban suyu seviyesini düzenlemek ekonomik olarak çok zor ve pahalı bir işlemdir. Ancak toprağın kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirebilmek ekonomik olarak mümkündür [36].

Tablo 3.1.'de görüldüğü üzere ülkemizdeki tarım arazilerinin alanı her geçen gün azalmaktadır. Hızla artan nüfusun besin ihtiyaçlarının karşılanması bu tarım arazilerinin verimli kullanımını zorunlu hale getirmiştir. Bu zorunluluk göz önüne alındığında tarımsal faaliyetlerde geleneksel tarım yöntemlerin yerini teknolojik alt yapı ve donanımların yer aldığı yöntemleri kullanmak, en yüksek verimi almak için gereksinim haline gelmiştir.

Tablo 3.1. Yıllara göre tarım alanları istatistikleri [37]

	Toplam tarım alanı Total utilized agricultural land	Tahıllar ve diğer bitkisel ürünlerin alanı Area of cereals and other crop products		Sebze bahçeleri Area of vegetable gardens	Süs bitkileri Area of ornamental plants	Meyveler, içecek ve baharat bitkileri alanı Area of fruits, beverage and spice crops	(Bin Hektar - Thousand Hectares) Çayır ve mera arazisi Land under permanent meadows and pastures
		Ekilen alan Sown area	Nadas Fallow land				
2005	41 223	18 005	4 876	894	-	2 831	14 617
2006	40 493	17 440	4 691	850	-	2 895	14 617
2007	39 504	16 945	4 219	815	-	2 909	14 617
2008	39 122	16 460	4 259	836	-	2 950	14 617
2009	38 912	16 217	4 323	811	-	2 943	14 617
2010	39 011	16 333	4 249	802	-	3 011	14 617
2011	38 231	15 692	4 017	810	4	3 091	14 617
2012	38 399	15 463	4 286	827	5	3 201	14 617
2013	38 423	15 613	4 148	808	5	3 232	14 617
2014	38 558	15 782	4 108	804	5	3 243	14 617
2015	38 551	15 723	4 114	808	5	3 284	14 617
2016	38 328	15 575	3 998	804	5	3 329	14 617
2017	38 002	15 536	3 697	798	5	3 348	14 617
2018	37 817	15 436	3 513	784	5	3 462	14 617

Tablo 3.2.'de görüldüğü gibi organik tarım uygulamaları son yıllarda artış göstermiştir. Bu artışın en önemli nedeni kimyasal gübre ve pestisitlerin insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileridir. Ancak kullanılan bu kimyasal gübrelerin insan sağlığına olduğu kadar ekosisteme de zararı vardır. Tarım arazilerinde kimyasal gübre kullanımı çevreye önemli oranda kirletici yayılmasına neden olmaktadır. Bu kirleticiler topraktaki tuzluluk oranının artışına, ağır metal birikimine ve sulardaki plankton ve alg varlığının aşırı şekilde çoğalmasına sebep olmaktadır. Ayrıca gübre yapısındaki maddeye göre atmosfere sera gazı salımı gerçekleştirmektedir. Bunlardan en önemlilerinden biri, karbondioksit oranla 300 kat daha etkili olan nitrozoksitlerdir [38]. Toplam tarım arazilerinde azalış olmasına rağmen Tablo 3.3.'te gösterildiği gibi kimyasal gübre kullanımı artmıştır. Artış gösteren kimyasal gübre kullanımı insan sağlığına olumsuz etkileri, ekosisteme olan zararları ve üreticinin ekonomik maliyetleri açısından değerlendirildiğinde, tarımsal faaliyetlerin hassas tarım teknolojileri ile daha bilinçli ve kontrollü yapılma ihtiyacı ortaya çıkmaktadır.

Tablo 3.2. Yıllara göre organik tarım istatistikleri [37]

	Ürün sayısı Number of crops (Adet - Number)	Çiftçi sayısı Number of holdings (Adet - Number)	Alan - Area ⁽¹⁾ (Hektar - Hectares)	Üretim - Production (Ton - Tonnes)
2005	205	14 401	203 811	421 934
2006	203	14 256	192 789	458 095
2007	201	16 276	174 283	568 128
2008	247	14 926	166 883	530 224
2009	212	35 565	501 641	983 715
2010	216	42 097	510 033	1 343 737
2011	225	42 460	614 618	1 659 543
2012	204	54 635	702 909	1 750 127
2013	213	60 797	769 014	1 620 387
2014	208	71 472	842 216	1 642 235
2015	197	69 967	515 268	1 829 291
2016	238	67 878	523 777	2 473 600
2017	214	75 067	543 033	2 406 606

Tablo 3.3. Yıllara göre kimyasal gübre kullanımı [37]

	(Ton)								
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Kullanılan gübre - Fertilizer used	10	9	9	10	11	10	10	13	13
	278	592	074	148	415	694	777	925	089
	731	752	308	982	756	543	779	448	074
Azotlu (%21 N) - Nitrogen (21% N)	6 730	6	5	6 817	7 542	7 107	7 077	9 028	8 401
	852	397	995	217	247	106	214	793	087
		089	500						
Fosforlu (%17 P ₂ O ₅) - Phosphorous (17% P ₂ O ₅)	3 416	3	2	3 129	3 662	3 353	3 437	4 660	4 438
	978	028	882	299	099	104	368	032	096
		666	296						
Potashlı (%50 K ₂ O) - Potash (50% K ₂ O)	130	166	196	202	211	234	263	236	249
	901	997	512	466	410	333	197	623	891

Hassas tarım döngüsü araziden veri toplama, toplanan verilerin uygun yöntemler ile analiz edilmesi, analiz sonucunda bir karar çıktısı elde etmek ve karar doğrultusunda uygulama gerçekleştirmek üzere sıralanabilmektedir.

Veri toplama işlemi, toprak karakteristik özelliklerinin hızlı ve güvenilir bir biçimde sisteme alınmasını kapsar. Bu adımda gelişmiş konum belirleme sistemleri, verim sensörleri, toprak sensörleri, bitki sensörleri, yabancı ot sensörleri kullanılmaktadır.

Analiz aşaması, veri toplama aşaması ile sisteme alınan verilerin yapılacak uygulamanın belirlenmesi için gerekli olan karar çıktısının üretilmesi amacı ile işleme alınması işlemidir. Bilgiler bir arada değerlendirilip, arazi üzerindeki tarımsal faaliyetleri etkileyen farklılıkların çıkartılıp farklılıkların ilişkisinin çıkartılması bu adımda gerçekleştirilmektedir [39].

Hassas tarım döngüsünün sonuncusu uygulama adımı VRAT olarak isimlendirilen değişken düzeyli uygulama teknolojisidir. Gübreleme, ilaçlama, sulama gibi değişken düzeyli uygulama girdilerinin işlem sırasında etkinliğini arttırmak

hedeflenmektedir. Değişken düzeyli uygulama, tarım faaliyetleri esnasında kullanılan girdileri ihtiyaç kadar kullanılarak geleneksel yöntemlere göre azaltmaktadır. Uygulama ile sonuç olarak hem ekonomik kazanım elde edilirken hem de girdilerin çevreye olan etkileri en az seviyeye indirilmesi sağlanmaktadır.

Tarım faaliyeti yürütülecek arazi farklı karakteristik özelliklere sahip olabilmektedir. Heterojen yapıdaki parsellerin tümüne aynı uygulamayı gerçekleştirmek doğru olmayan bir yaklaşımdır. Örneğin uygulamanın yapılacağı arazideki yüksek bölgeler daha kuru ve nem oranı düşük iken alçak bölgeleri nemli ve besin bakımından zengin olabilmektedir. Bu farklılıklar iki bölgeye de değişken uygulamayı zorunlu kılmaktadır [39].

Araziler üzerindeki değişkenlikler harita tabanlı ve sensör tabanlı olmak üzere iki yöntemle belirlenebilmektedir. Harita tabanlı belirleme yönteminde GPS, uzaktan algılama, verim görüntüleme teknolojileri ile değişken düzeyli uygulamayı gerçekleştirmek mümkündür. Bu yaklaşımda arazi üzerinden alınan örnekler laboratuvarlarda analiz edilmektedir. Analiz sonucunda verim haritası çıkartılıp değişken düzeyli uygulama esnasında bu haritanın kullanılmasına dayanmaktadır. Sensör tabanlı uygulamada ise uygulama aracına yerleştirilen sensör ile toprak ve bitki ile ilgili verileri işlenmek üzere sisteme gönderilmektedir. Verilerin analizi sonucunda uygulanacak girdiler uygulamayı gerçekleştirecek olan uygulama elemanına gönderilerek işlemler gerçekleştirilmektedir.

Sulama faaliyetlerinde hassas tarım teknolojilerinin kullanılması ile hatalı sulama işlemlerinin önüne geçilebilmektedir. Sönmez ve ark. (2008) spektrometre aleti kullanarak yaptıkları farklı düzeylerdeki sulama ile çim bitkisindeki yansıma ve kalite değerlerini ölçmüşlerdir. Yapılan çalışmada günlük buharlaşmanın %100, %75, %50 ve %25 oranlarında sulama yapılmıştır. En iyi çim kalitesi %100 ve %75 oranlarında yapılan sulama ile elde edilmiştir. Sulama suyu miktarındaki azalma çim kalitesini olumsuz yönde etkilediği ortaya koyulmuştur [40]. Arazi üzerinde elde edilen güvenilir veriler ile doğru oran ve zamanda yapılacak sulama faaliyetleri ile su kaynaklarının sürdürülebilir kullanım gereksinimi karşılanmaktadır.

Toprakların su tutma yeteneğinin, toprak-su-bitki ilişkileri dikkate alınarak, değerlendirilmesinde; tarla kapasitesi, devamlı solma noktası ve yarayışlı nem kapasitesi esas alınmaktadır. Sulama zamanı ve sulama suyu miktarının hesaplanmasında tarla kapasitesi ve devamlı solma noktası toprak nem karakteristiğinin belirlenmesinde önemli iki unsurdur [41].

3.1. Toprak Nemi Belirlenmesi

Tarımın var olduğu ilk günden bu yana toprak su ilişkisi ölçülmektedir. Teknolojinin ilerlemesi ile toprak su içeriğinin belirlenmesi farklı teknikler yardımı ile daha doğru ve güvenilir olarak ölçülmeye başlanmıştır. Toprak su içeriğinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler, suyun kütlesinin belirlenmesi prensibine dayanan direkt yöntemler ve toprak su içeriğine bağımlı herhangi bir toprak özelliğinin ölçülmesi prensibine dayanan endirekt yöntemler olmak üzere iki grupta ele alınmaktadır [42].

3.1.1. Direkt yöntemler

Direkt yöntemlerde topraktaki su kurutularak buharlaştırılmaktadır. Buharlaştırılan miktar belirlenerek, toprak içindeki su içeriği belirlenmiş olmaktadır. Bu yöntemin avantajı uygulaması ucuzdur ve hesaplaması kolay bir formüle dayanmaktadır. Fakat yenilebilir olmaması, topraktan alınan örneklerin toprak yapısını bozması gibi dezavantajları da mevcuttur [42].

3.1.1.1. Toprak neminin kütle esasına göre tayini

Yöntem, kurutma ve tartma yöntemi olarak bilinmektedir. Bu yöntem kullanılarak, alınan örnekler tartılarak fırında (105 ± 5) °C’de kurutulmaktadır. Kurutma işlemi, birbirini izleyen iki tartım arasındaki farkın en az % 0,1 “değişmez kütle” ye ulaşana kadar devam edilmesi gerekmektedir. Sabit kütleye ulaşmak için toprakların çoğunu 16 saat ile 24 saat arasında kurutmak yeterlidir [42].

$$W_{H_2O} = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_0} \times 100 \quad (3.1)$$

m_0 : Boş kabın kapağı ile birlikte kütlesi, g

m_1 : Nemli toprak örneği bulunduran kabın kütlesi, g

m_2 : 105 °C de kurutulmuş toprak örneğin kapla birlikte kütlesi, g

3.1.1.2. Toprak neminin hacim esasına göre tayini

Yöntem yukarıdaki metot gibi, yine kurutma, tartma yöntemidir. Burada hacim ve yoğunluk kavramları işin içine girmektedir [42].

3.1.2. Endirekt yöntemler

Endirekt yöntemler toprağın fiziksel ve fizyokimyasal özelliklerinin su oranına bağlı olarak değişimlerini esas almaktadır. Bu yöntemlerde nem oranının belirlenmesi genellikle toprağa yerleştirilen sensörler yardımıyla gerçekleştirilir. Endirekt yöntemlerin en büyük avantajı sensörlerin toprağa bir kez yerleştirildikten sonra toprak tapısına zarar vermeden devamlı ölçüm sağlanabilmesidir. Temel olarak alınan 4 endirekt yöntem şöyledir [42];

- TDR (Time Domain Reflectometry - Zaman Etkili Yansıma Ölçer)
- Nötron Metreler
- Tansiyometreler
- İletkenlik sensörleri (örneğin, taneli matriks sensörleri ve alçı bloklar)

3.1.2.1. Zaman etkili yansıma

Toprağın elektriksel iletkenliği ile toprak nemini ölçemeye dayanmaktadır. Toprağa yerleştirilen belli uzunluklardaki problemlerin arasındaki elektriksel iyonların iletim hızı ve dalga şekillerinin topraktaki bileşenler ve su miktarına bağlılıklarının belirlenmesi ile topraktaki nem oranı belirlenmektedir [42].

3.1.2.2. Nötron metreler (NM)

Yöntem, hızlı nötron saçan bir kaynaktan (nötron probe) çıkan nötronların, toprak suyu tarafından yavaşlatılması ve yavaşlatılmış nötron sayısının özel sayaçlarla ölçülmesi şeklindedir. Bu yöntemin avantajı oldukça sağlıklı toprak nemi ölçümleri elde edilebilmesidir. Fakat radyoaktif maddelerin çevresel açıdan kontrolünün zorluğu ve riski bu cihazların kullanımını kısıtlamaktadır [42].

3.1.2.3. Tansiyometreler

Tansiyometrelerle toprak nemi, negatif basınç ölçme prensibine dayanmaktadır. Bu yöntemde toprak nemi gerilimini ölçme prensibi dikkate alınmaktadır. Bu yöntemin avantajı hızlı ve kolay uygulanabilir olmasıdır. Toprak su akışını engelleyen parametreleri ölçebilmesi diğer bir yeteneğidir. Toprak yapısına bağlı olması, bakım gerektirmesi, belli nem değeri altında okuma yapamaması (0,85 atm) dezavantajlarıdır [42].

3.1.2.4. Direnç blokları (İletkenlik sensörler)

Direnç blokları ile ölçüm yöntemi, metal ileticiler arasındaki elektrik direncinin ölçülmesi ve bu direncin toprak nemi ile ilişkilendirilmesi prensibine dayanmaktadır. Ölçülecek toprak neminin daldırma derinliğine yerleştirilerek göstergesinde basınç veya direnç okuması yapılmaktadır. Daha sonra kalibrasyonu sırasında bulunan fonksiyon kullanılarak toprak nemine geçiş yapılmaktadır. Toprak nem içeriği ile

blok dirençleri arasında, su miktarı arttıkça direncin düşmesi, bir ilişki mevcuttur. Ucuz ve kolay uygulanabilir olması avantajları olarak değerlendirilirken, kaba bünyeli topraklarda hassas ölçüm alınmaması, toprağa gömülürken boşluk kalması kullanım süresi kısalığı dezavantajı olarak değerlendirilmektedir [42].

3.2. Damla Sulama ve Önemi

Tükenen su kaynaklarının korunumu ve tarım arazilerinin verimli kullanımı, bazı bitki türlerinin köklerinin derinde olmaması sebebi ile sık sık sulamaya ihtiyaç duyması, örtü altı yetiştiriciliğin yaygınlaşması geleneksel sulama yöntemlerinin değişimini zorunlu kılmıştır. Bu konuda yapılan çalışmalar az su tüketimi ve bitki gelişimi için uygun koşulların oluşturulması ve bunlar ile birlikte sulama esnasında bitkiye besin maddelerinin de verilebileceği damla sulama yöntemi geliştirilmiştir [43].

Geçmişten günümüze kadar tarımsal sulamada en iyi verimi alabilmek için çeşitli yöntemler denenmiştir. Geleneksel yöntemler ile bitkilere eşit oranda ve aşırı miktarda sulama uygulanmaktadır. Aşırı miktarda yapılan sulama topraktaki tuzluluğu artırır ve bitki köklerin bozulmasına ve çürümesine neden olmaktadır [44]. Tuzluluğu artan ve taban suyu kalitesi düşen toprak tarımdaki çevresel problemin büyük bir bölümünü oluşturmaktadır [45]. Damlama sulama, suyun düşük basınç altında yavaş yavaş fakat sık aralıklar ile toprağa uygulanması tanımlanmaktadır. İlk yatırım masraflarının yüksek olmasına rağmen sağladığı faydalar ve teknolojik gelişmeler ile birlikte kullanımı yaygınlaşmıştır. Suyun az ve pahalı olduğu bölgelerde, toprağın çok geçirgen ve arazi tesviyesinin ekonomik açıdan verimli olmadığı ve pazar değeri yüksek olan bitkilerin yetiştirildiği yerlerde damla sulama kullanımı avantaj sağlamaktadır. Bitkilerin kök bölgesinde yeterli ıslanmayı sağlayabilmek için bitkinin türüne ve yaşına göre, topraktaki yatay ıslanma durumuna bağlı olarak bir veya daha fazla sulama başlığı kullanılabilir [46].

BÖLÜM 4. HASSAS TARIM UYGULAMASI

4.1. Kullanılan Teknolojiler

4.1.1. Raspberry Pi

Raspberry Pi vakfı tarafından okullarda bilgisayar eğitimi verilmesinde kullanılmak amacıyla geliştirilmiş küçük boyutlu tek kartlı bilgisayardır. Debian Wheezy tabanlı Raspbian, Pidora, Snappy Ubuntu Core desteklenen işlemin sistemlerindedir. Çalışmada yapılan uygulamada Raspbian kullanılmıştır [47].



Şekil 4.1. Raspberry Pi kart

Raspberry Pi zaman içinde çeşitli versiyonlarla geliştirilerek kullanıcılara sunulmuştur. Raspberry Pi versiyonları şöyledir;

Raspberry Pi 1 Serisi

- Raspberry Pi 1 Model A
- Raspberry Pi 1 Model A+
- Raspberry Pi 1 Model B
- Raspberry Pi 1 Model B+

Raspberry Pi 2 Serisi

- Pi 2 Model B v1.1
- Pi 2 Model B v1.2

Raspberry Pi Zero Serisi

- Pi Zero v1.2
- Pi Zero v1.3
- Pi Zero W

Raspberry Pi 3 Serisi

- Pi 3 Model B
- Pi 3 Model B+

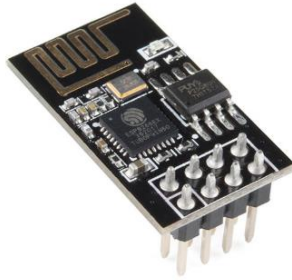
Çalışmada Raspberry Pi 2 Model B v1.1 serisi kart kullanılmıştır. Kartın sahip olduğu özellikler şöyledir;

- 900 MHz saat hızında ARM Cortex-A7 çekirdeğine sahip Broadcom BCM2836 SoC yonga seti barındırır.
- Grafik işlemci olarak Dual Core VideoCore IV® Multimedia Co-Processor kullanır. Grafik işlemci Open GL ES 2.0 destekler ve 1080p30 H.264 video decode özelliği sayesinde HDMI bağlantısı ile monitör veya televizyon bağlantısında yüksek kalite destekler. Doğrudan bellek erişimine sahip DMA ünitesi altyapısına sahiptir.
- 1 GB LPDDR2 bellek ile birçok uygulamayı çalıştırabilir düzeydedir.
- RJ45 jack 10/100 Ethernet
- HDMI video çıkışına ve 3,5mm jack ses çıkışına sahiptir.
- 4 adet USB 2.0 soketleri ile çevre birimleri ile bağlantı imkanı sunar.
- Kart üzerinde 2x20 sıra halinde 40 adet 2,54mm pin bulunur. Pinler lojik seviyesi 3,3V olan 27 adet GPIO, I2C, SPI, UART görevleri içerir. 5V ve 3,3V güç çıkışları ile GND pinleri barındırır.

- İşletim sistemi SD kart üzerine kurulur ve Raspberry Pi kart SD kart üzerindeki işletim sistemi ile çalışır. İşletim sisteminin kurulabilmesi için en az 4GB karta ihtiyaç vardır.
- Boş durumdaki akım tüketimi 350mA' dir. En az 1.8A akım çıkış verebilen bir güç kaynağı ile beslenmesi tavsiye edilir [48].

4.1.2. ESP8266

Hem kablosuz ağa bağlanabilen hem de kablosuz ağ erişim noktası oluşturabilen wifi modüldür. Üzerinde bulundurduğu kendi işlemcisi ile giriş/çıkış pinleri ile elektronik devrelere bağlanabilir ya da mikro kontrolcüler ile de kullanılabilir.



Şekil 4.2. ESP8266

ESP8266 üzerinde barındırdığı işlemci ve depolama yetenekleri ile sensör ve diğer uygulama özel cihazlara GPIO pinleri ile bağlanarak en az geliştirme ve çalışma sırasında en az yükleme maliyeti sunmaktadır. İçerdiği anten, güç yönetimi dönüştürücüleri minimum harici elektronik devre gerektirir. Tüm entegrasyonları minimum PCB alanını kapsayacak şekilde tasarlanmıştır.

Gelişmiş sistem özellikleri, enerji verimliliği yüksek VoIP uygulamaları için hızlı uyku/uyanma, düşük güç kullanımı için uyarlanabilir radyo beslemesi, gelişmiş sinyal işleme ve hücresel, Bluetooth, DDR, LVDS, LCD parazitleri ayıklama birlikte çalışabilirlik yetenekleri sağlamaktadır.

Özellikleri genel olarak şöyledir;

- 802.11 b/g/n desteği

- Wi-Fi Direct (P2P) Desteği
- +19,5dBm çıkış gücü (802.11b modunda)
- Dahili TCP/IP protokol yığını
- Dahili düşük güç tüketimine sahip 32-bit'lik işlemci
- SDIO 1.1/2.0, SPI ve UART desteği
- STBC, 1x1 MIMO, 2x1 MIMO
- 2ms' den daha az uyanma ve veri paketi alma süresi
- 1mW' dan dan daha az bekleme modunda güç tüketimi

ESP8266' da mobil, giyilebilir teknolojiler ve nesnelerin interneti uygulamaları için en düşük güç tüketimini hedefleyerek tasarlanmıştır. Güç tasarrufu mimarisi aktif mod, uyku modu ve derin uyku modu olmak üzere 3 farklı mod içermektedir.

Gelişmiş güç yönetim teknikleri ve güç kesme fonksiyonlarına ihtiyaç duymadan uyku ve aktif modlar arasında geçiş yapabilmektedir. Uyku modunda 12uA ve 1mW' dan dan daha az enerji tüketmektedir. 0.5mW enerji tüketimi ile de bağlantı noktasına bağlı kalabilmektedir. Uyku modunda, yalnızca kalibre edilmiş gerçek zamanlı saat ve watchdog zamanlayıcısı aktif kalır. Gerçek zamanlı saat, cihazı istenen bir aralıkta uyandırmak için programlanabilmektedir.

ESP8266 belirli durumlar tespiti halinde uyanmaya programlanabilmektedir. Minimum uyanma süresi özelliği sayesinde mobil cihazlarda SoC olarak kullanılabilmesini sağlamıştır.

ESP8266' nın uygulama alanları şöyledir:

- Endüstriyel kablosuz kontrol
- IP Kameralar
- Akıllı prizler
- Sensör ağları
- Kablosuz konum tanıyan cihazlar
- Güvenlik kimliği etiketleri

- Kablosuz konum sistemi fenerleri
- Ev otomasyonu
- Giyilebilir teknolojiler

ESP8266 düşük güç tüketimine sahip micro 32-bit işlemci içermektedir. Bu işlemci ile aşağıdaki arabirimler oluşturulabilmektedir.

- Harici flash belleğe erişmek için kullanılabilen, bellek denetleyicisine giden RAM / ROM ara yüzü (iBus)
- Bellek denetleyicisine gitmekte kullanılan veri RAM arayüzü (dBus)
- Register erişimi için AHB arayüzü
- Hata ayıklamak için JTAG arayüzü

Bellek denetleyicisi ROM ve SRAM içermektedir. İşlemci iBus, dBus ve AHB arayüzü kullanarak erişmektedir. Bu arayüzlerden herhangi biri ROM veya RAM modüllerine erişim talep edebilir ve bellek kontrol yöneticisi bu 3 arayüze ilk gelene ilk hizmeti alır esasına göre çalışmaktadır.

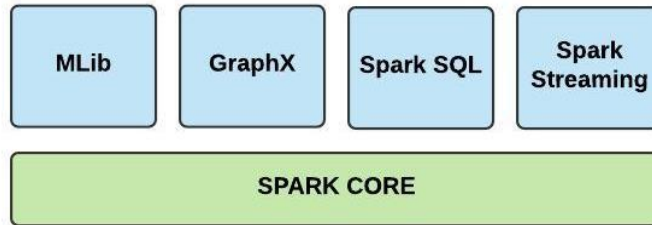
Seri arayüz (SI), EEPROM veya diğer I2C / SPI cihazlarını kontrol etmek için iki, üç veya dört kablolu veri yolu yapılandırmasında çalışmaktadır. 2 kablolu veri yolu paylaşılarak, farklı cihaz adreslerine sahip birden fazla I2C cihazı destekleyebilmektedir.

Donanım yazılımı tarafından çeşitli fonksiyonlar atanabilen GPIO pinleri bulunmaktadır. Her bir pin dahili pull up/pull down, kesme tetikleme girişi, open-drain veya push-pull çıkış sürücüsü, bir register kaydının çıkış kaynağı veya bir sigma-delta PWM DAC olarak konfigure edilebilmektedir [49].

4.1.3. Apache Spark

Büyük veri kümeleri ile paralel çalışarak üzerinde işlem yapılmasını mümkün kılan kütüphanedir. Scala, Python, Java ve R gibi üst seviye programlama dilleri ile

geliştirme imkanı sunmaktadır. SQL sorguları için Spark SQL, makine öğrenmesi (ML) için MLib, graph işlemleri ile çalışmak için de GraphX araç setleri barınmaktadır [50].

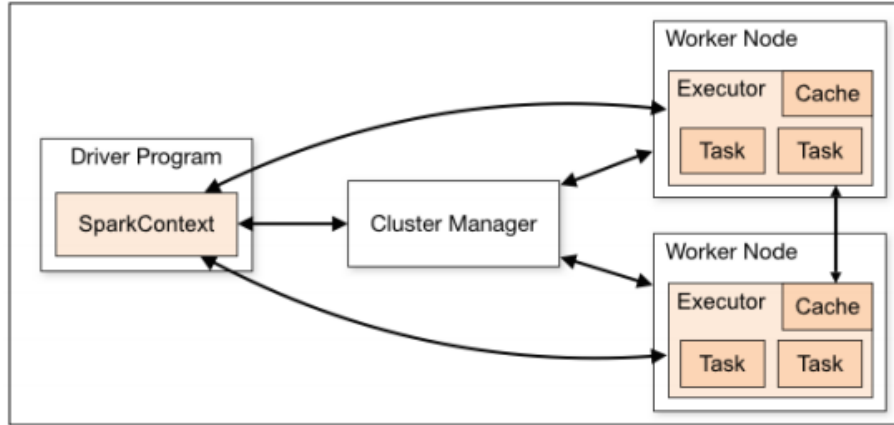


Şekil 4.3. Apache spark mimarisi

Apache spark, 2009 yılında Matei Zaharia tarafından Berkeley Üniversitesi AMPLab laboratuvarında geliştirmeye başlanmıştır [51]. Açık kaynak kodlu olarak geliştirilen apache spark dağıtık sistemlerde veri analizi işlemlerini gerçekleştirmekte kullanılmaktadır. Temel olarak Apache Hadoop' a benzer yapıda bilgisayarlardan oluşan bir küme üzerinde dağıtık olarak hızlı bir şekilde bilgi işleme yapabilmektedir. MapReduce modelinde bulunan disk tabanlı çalışma prensibinin iteratif işlemlerde neden olduğu maliyetlerden dolayı ortaya çıkmıştır [52]. Yığın işleme ve gerçek zamanlı veri işleme yetenekleri oldukça gelişmiştir ve Planla/Küçült (Map/Reduce) modeli üzerine kurgulanmıştır. MapReduce modelinden farklı olarak dağıtık bellek içi veri işleme özelliğine sahiptir. Apache Spark teknolojisi verileri bellek içerisinde saklanmaktadır ve tekrar kullanım sırasında I/O işlemine ihtiyaç duyulmaz. Bellek içi veri işleyebilme yeteneği sayesinde Apache Hadoop' a göre 100 kat daha hızlı olduğu tespit edilmiştir [22][52].

Apache Spark kendisine özel belirli bir dosya sistemine sahip değildir ve Apache Spark, HDFS, Cassandra, Amazon S3 ve Kudu gibi dağıtık dosya sistemlerinden veri okuyabilmektedir. Kendine ait Spark Standalone adında kaynak yöneticisine sahiptir. Kendi kaynak yöneticisinin yanı sıra Apache Mesos, Hadoop YARN ve Amazon EC2 kaynak yöneticilerinin kullanılabilmesini desteklemektedir. Apache Spark dağıtık sistemler üzerinde çalışırken kaynak yönetim uygulamasının karar verdiği düğümlerden birisinde ya da kodun çalıştırıldığı düğüm üzerinde ana düğüm (driver

node) oluşturulmaktadır. Diğer düğümler üzerinde ise işin çalıştırılmasına yönelik çalıştırıcı düğümler (executer node) oluşturulmaktadır [22].



Şekil 4.4. Apache Spark çalışma prensibi [9]

Apache Spark temel bileşenleri aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır.

4.1.3.1. Spark Core ve RDD

Spark Core, Apache Spark' a ait tüm bileşenlerin temel aldığı ve Spark' ın çekirdeği olarak isimlendirilen kütüphanedir. Üzerinde işlem yapılacak yığın parçalarına Esnek Dağıtık Veriseti (Resilient Distributed Dataset – RDD) adı verilmektedir. Her bir RDD değiştirilemeyen, paralel olarak işlenebilen bir veri listesidir [53]. Bellek içi veri işleme üç aşamada gerçekleşmektedir; RDD oluşturulup, dönüştürüp ve aksiyon alınır. Fiziki diskte yer alan veri RDD basamağında geçici belleğe taşınır [52]. RDD' ler herhangi herhangi dosya sisteminden alınan verilerden oluşturulacağı gibi kullanıcılar tarafından spark programında da üretilebilir. Üretilen RDD' ler bölümlenerek çalıştırıcı düğümlerde işlenir. Elde edilen sonuçlar ana düğüme gönderilebilir veya herhangi bir dağıtık dosyalama sistemine yazılabilmektedir [22].

4.1.3.2. Spark SQL

Apache Spark' ın 1.3 versiyonu ile beraber gelmiştir. Spark SQL beraberinde yeni bir veri saklama yöntemi olan DataFrames yapılarının getirmiştir. Spark SQL, yapısal

olmayan verileri bellek içerisinde DataFrames yapıları ile saklamaktadır ve SQL diline benzer bir dil ile sorgulanması sağlamaktadır. Spark SQL ile MySQL, Oracle ve MSSQL gibi ilişkisel veri tabanlarına da okuma ve yazma yapılabilmektedir. Ayrıca HQL (Hive Query Language) desteği de bulunmaktadır.

4.1.3.3. Spark MLlib

Apache Spark bünyesinde veri madenciliği çalışmalarını kolaylaştırmak için MLlib adında makine öğrenmesi kütüphanesi geliştirilmiştir. Sınıflandırma, regresyon, kümeleme gibi veri madenciliği yeteneklerini içermektedir [54].

4.1.3.4. Spark Streaming

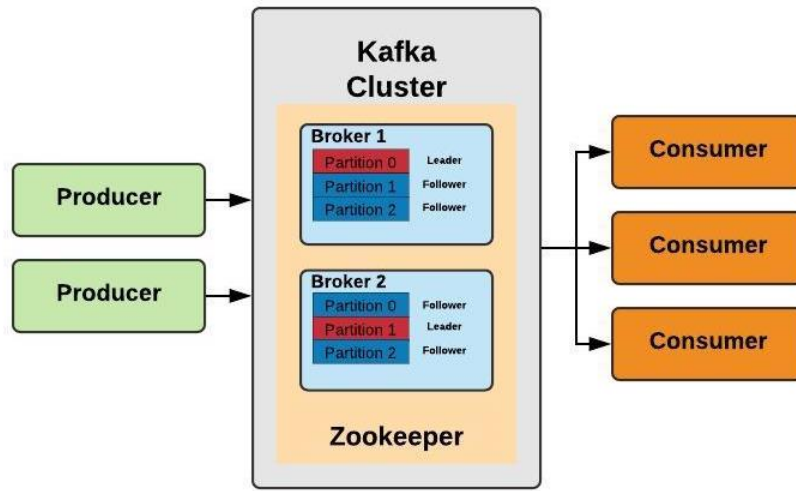
Spark Streaming, canlı veri akışlarının ölçeklenebilir, yüksek verimli, hataya dayanıklı akış işlemlerini sağlayan kütüphanedir. Veriler Kafka, Flume, Kinesis veya TCP soketleri gibi birçok kaynaktan alınabilmektedir. Veriler haritalama, azaltma, birleştirme gibi üst düzey işlemlerle ifade edilen karmaşık algoritmalar kullanılarak işlenebilmektedir. Son olarak, işlenen veriler dosya sistemlerine, veri tabanlarına ve canlı gösterge panolarına aktarılabilir [55]. Spark Streaming ile akan veriler düzenli olarak Spark Core çekirdeğine iletilmektedir. Bu durumda akan veriler Apache Spark tarafından analiz edilmekte olup zaman ve bellek avantajı sağlanmaktadır [22].



Şekil 4.5. Spark Streaming mimarisi

4.1.4. Apache Kafka

Büyük verileri kaynağından alınıp hatasız, hızlı ve ölçeklenebilir bir şekilde işlenecekleri ortamlara transfer eden mesaj kuyruk yapısıdır. Apache kafka büyük boyutlardaki verileri çok küçük bir gecikme ile gerçeğe yakın sürede transfer etmektedir [56]. Zookeeper kütüphanesi sayesinde dağıtık çalışma yeteneği kazanmıştır. Zookeeper cluster ve cluster içindeki broker yapılarının yönetiminden sorumludur.



Şekil 4.6. Apache kafka mimarisi

Mesajların tutulacağı kategoriler konular (topic) olarak adlandırılmaktadır. Konulara mesaj gönderen düğümler üretici (producer), başlığı dinleyerek mesajları alanlara ise tüketici (consumer) adı verilmektedir. Her sunucu içindeki bölümlerden yalnızca birisi lider olarak çalışmaktadır. Lider okuma ve yazma görevlerini yerine getirirken takipçiler pasif durumda lideri kopyalar ve bir mesaj birden fazla makine üzerinde saklanabilmektedir. Böylece lider herhangi bir zamanda görevini yerine getiremezse takipçilerden birisi lider olarak işlemlere devam etmektedir.

Apache Kafka teknolojisi kullanıcılarına 3 önemli özellik sunmaktadır:

- Mesaj kuyruğu ve kurumsal mesajlaşma gibi akışlara abone olmak veya mesaj yayınlamak
- Hataya dayanıklı veri akışı inşa ederek verileri güvenli saklamak

- Akış gerçekleştikçe verileri işleyebilmek

Kafka genellikle sistemler veya uygulamalar arasında güvenilir bir şekilde veri alan gerçek zamanlı veri akış boru hatları oluşturmakta ya da veri akışını dönüştüren veya bu veri akışına tepki veren gerçek zamanlı uygulama oluşturmakta kullanılmaktadır.

Kafka' nın dört temel bileşeni vardır.

Üretici (Producer) API: Bir veya birden fazla kafka konusuna mesaj yayınlamayı sağlayan hizmettir. Sunucuya aktarılmayan kayıtları tutan bir arabellek alanı havuzunun yanı sıra bu kayıtları isteklere dönüştürmek ve kümeye iletmekten sorumlu olan bir arka plan I/O iş parçasından oluşmaktadır. Send() metodu ile mesajlar gönderilmektedir. Send() metodu asenkron çalışmaktadır ve çağrıldığında, kaydı bekleyen bir kayıt arabelleğine ekleyip derhal geri dönmektedir. Acks config, isteklerin tamamlandığı düşünülen kriterlerinin gerçekleşmesini kontrol etmektedir. Talebin başarısız olduğu durumda üretici tekrar deneme yapabilmektedir. Yeniden denemeyi etkinleştirmek, verilerin çoklanma olasılığını da beraberinde getirmektedir [56].

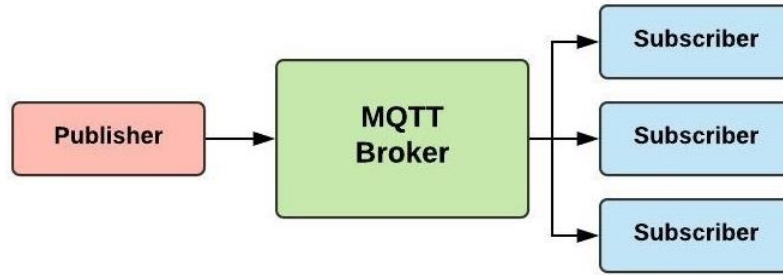
Tüketici (Consumer) API: Uygulamanın bir veya daha fazla konuya abone olmasını ve kendilerine üretilen kayıt akışını işlemesini sağlamaktadır. Tüketici veri toplamak için gerekli brokerlar ile TCP bağlantısını sürdürmektedir. Kullanımdan sonra bağlantının kapatılmaması bu bağlantıları sızdırmaz. Kafka, bir bölümdeki her kayıt için sayısal bir offset değeri tutmaktadır. Bu offset, bu bölüm içindeki bir kaydın benzersiz bir tanımlayıcısı olarak işlev görür ve aynı zamanda tüketicinin bölümdeki konumunu belirtmektedir. Tüketici bir mesaj aldığı anda offset değeri otomatik olarak ilerler ve bir sonraki değeri verilmektedir. Bu offset değeri başarısız işlemlerde veri kaybını engellemek ve geri kazanmak için kullanılmaktadır. Teslim edilen son offset güvenli bir şekilde saklanmaktadır ve işlemin başarısız olma durumunda veya yeniden başlama durumunda buradan geri elde edilebilmektedir. Tüketici periyodik olarak sunucuya kalp atışı göndermektedir. Tüketici çöküyorsa veya belli bir süre kalp atışı göndermezse tüketici ölü olarak kabul edilmektedir [56].

Streams API: Kafka Streams, Kafka'da depolanan verilerin işlenmesi ve analiz edilmesi için bir istemci kütüphanesidir. Olay zamanı ile işlem zamanı arasında düzgün bir şekilde ayırım yapmak ve basit fakat etkili yönetim sunmak ve uygulama durumunun gerçek zamanlı sorgulanması gibi önemli akış işleme kavramları üzerine kurulmuştur. Tek bir makineye küçük ölçekli bir örnek yazılabilir ve çalıştırılabilmektedir. Yüksek hacimli iş yüklerine kadar ölçeklendirmek için yalnızca uygulamanın ek örneklerini birden fazla makinede çalıştırmak gerekmektedir. Kafka Streams, Kafka'nın paralellik modelini kullanarak aynı uygulamanın birden fazla örneğinin yük dengelemesini şeffaf bir şekilde gerçekleştirmektedir [56].

Bağlayıcı (Connector) API: Connect API, Kafka konularını mevcut uygulamalara veya veri sistemlerine bağlayarak yeniden kullanılabilir üreticiler veya tüketiciler oluşturmaya ve çalıştırmaya izin vermektedir. Kafka Connect, Apache Kafka ve diğer sistemler arasında ölçeklenebilir ve güvenilir bir şekilde veri akışı sağlayan bir araçtır. Büyük veri koleksiyonlarını Kafka'nın içine ve dışına taşıyan konektörlerin hızlı bir şekilde tanımlanmasını kolaylaştırmaktadır. Kafka Connect tüm veri tabanlarını alabilir veya tüm uygulama sunucularınızdan ölçümleri Kafka konularına aktarabilir, böylece verileri düşük gecikmeyle akış işleme için kullanılabilir hale getirilmektedir. Kafka Connect, diğer veri sistemlerinin Kafka ile entegrasyonunu standartlaştırarak geliştirme, dağıtım ve yönetimini kolaylaştırmaktadır. Kullanımı kolay REST API'siyle Kafka Connect kümelere bağlantı gönderimi ve yönetimi sağlamaktadır. Kafka'nın mevcut yeteneklerinden yararlanan Kafka Connect, akış ve toplu veri sistemlerini köprülemek için ideal bir çözüm sunmaktadır. Standalone ve distributed modda çalışmayı desteklemektedir. Standalone modda, tüm işler tek bir işlemde gerçekleştirilmektedir. Konfigürasyonun kurulması ve başlatılması daha basittir ve yalnızca bir çalışanın (örneğin günlük dosyalarını toplamak) olduğu durumlarda yararlı olmaktadır, ancak bu durumda Kafka Connect'in hata toleransı gibi bazı özelliklerinden faydalanılamamaktadır. Dağıtılmış modda ise işin otomatik dengelemesi gerçekleştirilmektedir ve dinamik olarak ölçeklemeyi sağlamaktadır [56].

4.1.5. MQTT (Message Queue Telemetry Transport)

Yayınlama ve abone olma yapısı üzerinde inşa edilmiş makinalar arası telemetrik mesaj kuyruk protokolüdür. Hafif yapısı ve düşük kaynak tüketimi avantajları ile kısıtlı kaynaklara sahip istemcilerin ağda mesaj paylaşmalarına ve almalarına imkân sağlamaktadır [57].



Şekil 4.7. MQTT mimarisi

Mesaj gönderildiği ve alındığı kategori konularına topic adı verilmektedir. Publisher, konuda mesaj paylaşan subscriber ise konuyu dinleyerek gönderilen mesajları alanlara verilen isimdir.

MQTT teknolojisi alt yapısında birden fazla bileşen barındırmaktadır [58]:

- Ağ bağlantısı: MQTT tarafından kullanılmaktadır ve temel taşıma protokolü ile sağlanmaktadır. Ağ bağlantısı istemciyi sunucuya bağlayarak her iki yönde sıralı ve kayıpsız bir veri akışı göndermeyi sağlamaktadır.
- Uygulama Mesajı: MQTT protokolü tarafından uygulama için ağ üzerinden taşınan verileri içermektedir. Uygulama Mesajları MQTT tarafından taşındığında, ilişkili bir Hizmet Kalitesi (Quality of Service - QoS) ve Konu Adı (Topic Name) vardır.
- İstemci: Sunucu ile ağ bağlantısı kuran ve MQTT teknolojisini kullanan bir program veya cihazdır. Diğer istemcilerin alabileceği mesaj yayınlabilir veya almak istediği mesaj ile ilgili konulara abone olabilmektedir. Almak istemediği mesajlar için aboneliği iptal edebilir veya sunucu ile bağlantısını sonlandırabilmektedir.

- Sunucu: Mesaj yayınlayan istemci ve abonelik oluşturan istemci arasındaki aracı olarak çalışan bir program veya cihazdır. İstemcilerden gelen ağ bağlantı istediğini ve yayınlanan mesajları kabul etmektedir. İstemcilerden gelen abonelik başlatma ve sonlandırma isteklerini kabul etmektedir. İstemci abonelikleri ile eşleşen mesajları iletmektedir.
- Abone: Bir abonelik bir konu filtresi ve bir maksimum QoS içerir. Bir abonelik, yalnızca tek bir oturum ile ilişkilendirilmektedir. Fakat bir oturum, birden fazla abonelik içerebilmektedir. Bir oturumdaki her bir abonelik farklı bir konu filtresine sahip olmaktadır.
- Konu Adı (Topic): Sunucuda bilinen ve abonelik ile eşleşmiş mesaja eklenen etikettir.
- Konu Filtresi (Topic Filter): Bir veya daha fazla konuya abone olmak için abonelikte kullanılan filtredir.
- Oturum (Session): İstemci ile sunucu arasında durum bilgisi içeren bir etkileşimdir. Bazı oturumlar yalnızca ağ bağlantısı olduğu sürece devam eder, diğerleri ise istemci ile sunucu arasında arka arkaya birden çok ağ bağlantısı ile kullanabilmektedir.
- MQTT Kontrol Paneli (MQTT Control Package): Ağ bağlantısı üzerinden gönderilen bir bilgi paketidir. MQTT spesifikasyonunda mesajları iletme için on dört farklı Kontrol Paketi tipini tanımlanmıştır.

Konu isimleri ve filtreleri belirli kurallar çevresinde oluşturulmaktadır.

Konu seviyesi ayırıcısı: Konu seviyesi ayırıcısı, konu içerisinde kullanılarak konu yapısının tanımlanmasında kullanılmaktadır. Konu seviyesi ayırıcısı, konu adını birden fazla konu seviyesine bölmektedir. Eğik çizgi (/), konu yapılanmasındaki her bir seviyeyi ayırmak ve konu adlarına hiyerarşik bir yapı sağlamak için kullanılmaktadır. Örnek olarak a/b/c verilebilir [58].

Sayı işareti (#): Bir konudaki herhangi bir sayı düzeyiyle eşleşen bir joker karakterdir. Çok seviyeli joker karakter ana seviyeyi veya herhangi bir sayıda alt seviyeyi temsil etmektedir. Çok seviyeli joker karakter, kendi başına veya konu

düzeyinde bir ayırıcı sonrasında belirtilmelidir. Her iki durumda da belirtilen son karakter olmalıdır. Örnek olarak istemci abone olduğu a/b/# ile a/b/c, a/b/d, a/b/c/e konularından mesaj alabilmektedir [58].

Artı işareti (+): Yalnızca bir konu düzeyiyle eşleşen bir joker karakterdir. İşaret, ilk ve son seviyeler dahil olmak üzere Konu filtresinde herhangi bir seviyede kullanılabilir. Kullanıldığı yerde, filtrenin tamamının bir seviyesini doldurması gerekir. Filtrede birden fazla seviyede kullanılabilir ve çok düzeyli joker karakterlerle birlikte kullanılabilir. Örneğin a/b/+ aboneleri a/b/c ve a/b/d seviyelerinden mesaj alabilirken a/b/c/d seviyesinden mesaj alamaz [58].

\$ Sembolüyle Başlayan Konular: \$SYS/, Sunucuya özel bilgiler veya kontrol API'leri içeren konuların öneki olarak geniş çapta kabul edilmiştir. Bu konular farklı bir amaca sahiptir. Müşteriler bu konulara mesaj yayımlayamazlar. Sunucu, istemcilerin diğer istemcilerle mesaj alışverişinde bulunmak için bu konu adlarını kullanmasını önlemektedir [58].

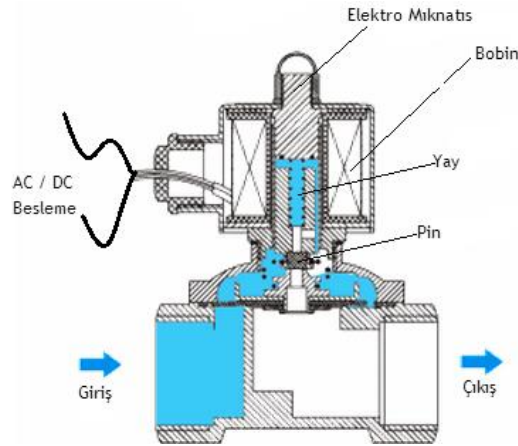
4.1.6. Selenoid vana

Su, hava, buhar, gaz gibi akışkanların kontrol edilmesinde kullanılan elektromanyetik vanalara verilen isimdir. Üzerinde bulunan bobine enerji verildiğinde içinde bulunan pistonun hareket etmesi sonucu akışkan maddenin geçişi sağlamaktadır. Enerji kesildiğinde ise tekrar piston eski haline dönerek akışkanın geçişi engellenmektedir. Şekil 3.8.'de örnek bir selenoid vana gösterilmiştir.



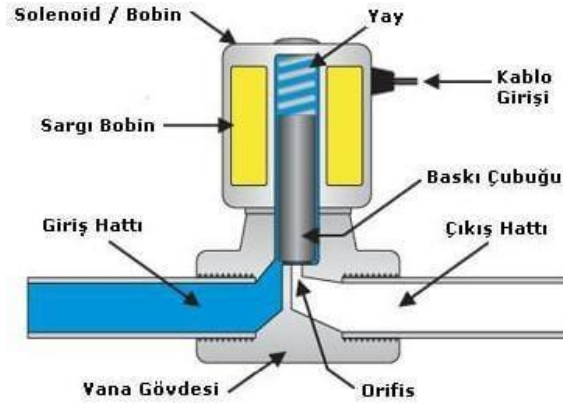
Şekil 4.8. Selenoid vana

Selenoid vana üretimi farklı yapı ve prensiplerde üretilebilmektedir. Şekil 3.9.'da pin kontrollü selenoid vana iç yapısı gösterilmiştir. Vana giriş ve çıkışı bir yaya bağlı pin ile kontrol edilmektedir. Normalde kapalı konumda olan bu vananın bobinlerine enerji kaynağından enerji verildiğinde bobin üzerinden geçen akım manyetik alan oluşturmaktadır. Manyetik alan içinde kalan metal pin manyetik alan etkisiyle yayın kuvvetini yenerek hareket eder. Pinin bu hareketi ile giriş bölümündeki akışkan çıkış bölümüne yönlendirilmektedir [59].



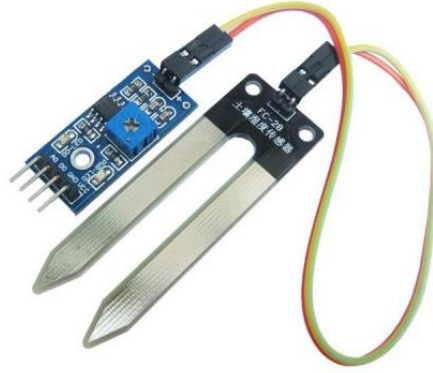
Şekil 4.9. Pin kontrollü selenoid vana iç yapısı

Şekil 3.10.'da bir başka selenoid vana iç yapısı gösterilmiştir. Şekil 3.9.'daki vana yapısına benzemektedir. Vanaya enerji uygulandığında bobin üzerinde oluşan manyetik alan ile baskı çubuğu hareket etmekte ve giriş hattındaki akışkan çıkışa yönlendirilmektedir.



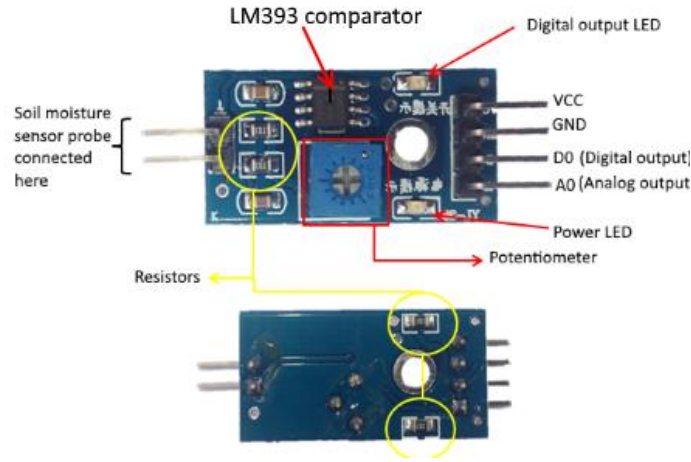
Şekil 4.10. Baskı çubuğu kontrollü selenoid vana iç yapısı

4.1.7. YL-69 nem sensörü



Şekil 4.11. YL-69 nem sensörü [46]

YL-69 nem sensörü, toprakta bulunan su oranının ölçülmesini ve izlenmesini sağlar. Otomatik bir sulama sistemi tasarlanmak istenilen uygulamalarda kullanılmaktadır. Sensör, elektronik devre kartı ve su içeriğini tespit eden iki pedli prob olmak üzere temel iki parçadan oluşmaktadır. Nem sensörleri ile ilgili yaygın bilinen bir konu, nemli bir ortama maruz kaldıklarında kullanım ömürleri kısalmaktadır. Bu durumun etkilerini en aza indirmek için altın kaplama yöntemi tercih edilmiştir. Sensörün kullanım ömrünün uzatılmasının bir diğer yöntemi ise yalnızca sensörden okuma yapılacağı zaman sensöre güç verilmesidir. Arduino geliştirme kartında dijital çıkış olarak ayarlanmış bir pinin okuma yapılacağı zaman High olarak ayarlanıp okuma bitince Low konumuna çekilmesi bu işlem için örnektir [60].



Şekil 4.12. YL-69 bacak yapısı ve elektronik bileşen bilgisi [46]

Şekil 3.12.'de YL-69 nem sensörünün bacak yapısı ve üzerinde bulunan elektronik bileşenler hakkında bilgi verilmiştir. Sensör analog (A0) ve dijital (D0) olarak iki farklı çıkışa sahiptir. Dijital çıkışın hassasiyeti devre üzerinde bulunan dahili bir potansiyometre ile yapılmaktadır. Analog ölçüm okumaları sensörün VCC besleme gerilimi ile ADC pininin çözünürlüğüne bağlıdır. Topraktaki nem oranı yüksek olduğunda iletkenlik seviyesi artıp direnci düşmektedir. Bu durumda sensörden düşük çıkış değeri okunmaktadır. Topraktaki nem oranı düşük olduğunda ise iletkenlik seviyesi düşük olup direnci yüksek olmaktadır. Bu durum da ise sensör çıkışından yüksek değer okunmaktadır [60].

4.1.8. Damlama sulama ekipmanları

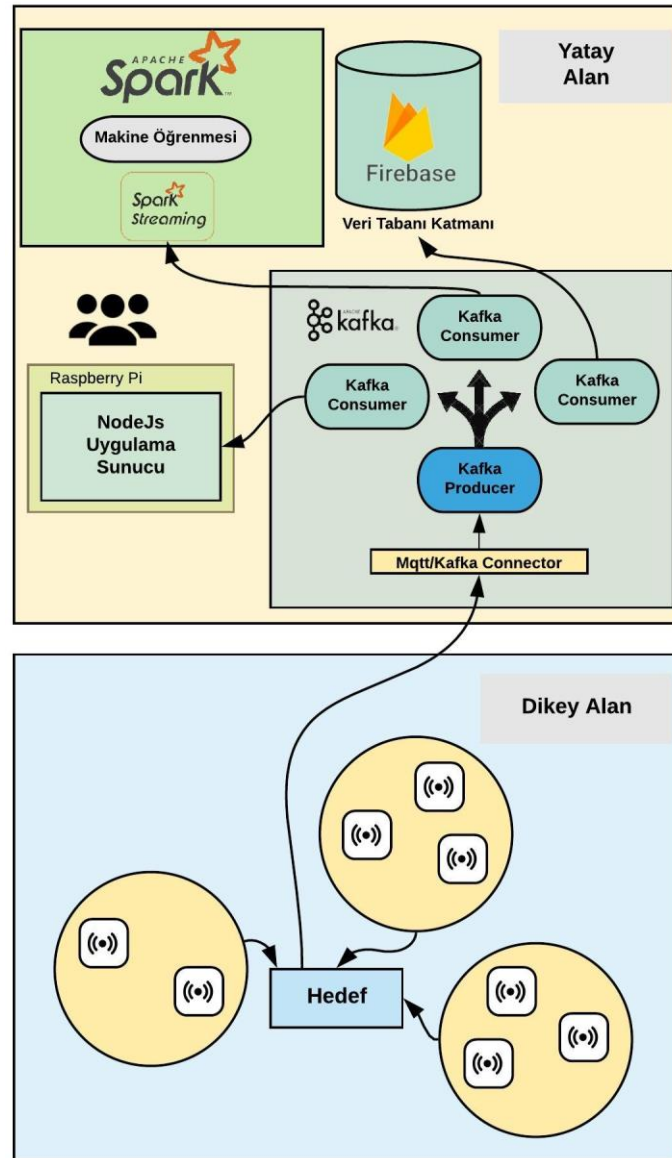
Sulama sisteminde 25mm ana boru ile 50cm aralık delikli 16mm letaral borular kullanılmıştır.



Şekil 4.13. Damla sulama uygulama borusu

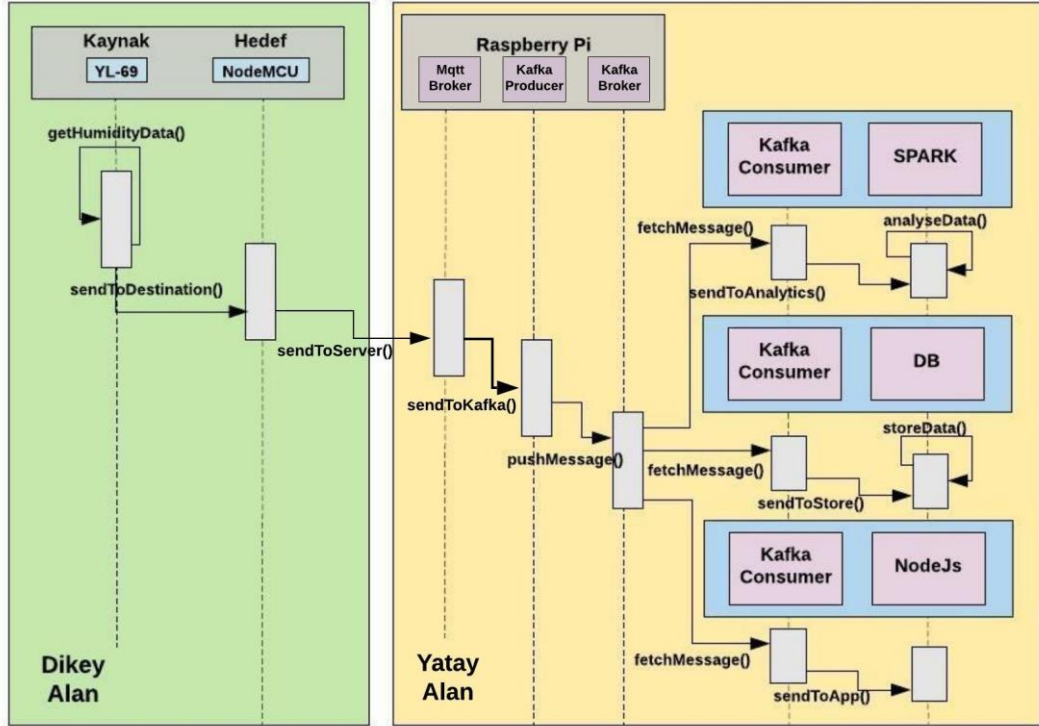
4.2. Uygulamanın Gerçekleştirilmesi

Çalışmada nesnelerin interneti teknolojileri ile yapılan uygulamada sunucu, istemci ve sahada çalışacak kontrol sistemi uygulamaları yer almaktadır.



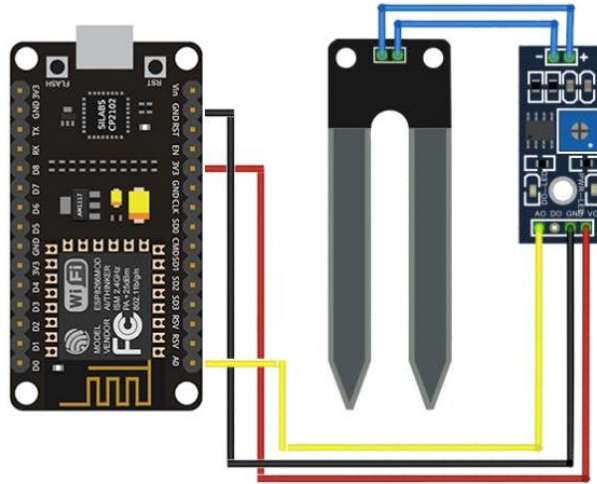
Uygulamada sahadan veri alımı ve alınan verilerin işlenmesinde Şekil 3.14.'de gösterilen topoloji kullanılmıştır. Dikey düzlemde toprak üzerindeki sensörlerden alınan nem ve sıcaklık bilgileri ESP8266 kullanılarak MQTT haberleşme protokolü ile Apache Kafka mesaj üreticisine gönderilmektedir. Yatay düzlemde MQTT ve Kafka haberleşmesi için arada bir bağlantı katmanı kurulabilmektedir. Kafka mesaj üretici ise gelen verileri, kendisine üye olan mesaj tüketici düğümlere göndermektedir.

Raspberry Pi üzerine MQTT protokolünü uygulayan Mosquito Message Broker kurularak MQTT sunucu olarak kullanılması sağlanmıştır.



Şekil 4.15. Sahadan veri akış diyagramı

Toprağın nem seviyesinin belirlenmesi için YL-69 nem sensörü kullanılmıştır. Probları toprağa batırılan sensörün analog çıkışı, üzerinde ESP8266 bulunan NodeMCU geliştirme katının A0 analog girişine bağlanmıştır.



Şekil 4.16. YL-69 nem sensörü NodeMCU bağlantısı

Analog giriş ile alınan veriler `analogRead()` metodu ile okunup, dijital veri olarak elde edilmiştir. Daha anlamlı ve işlevsek olması amacı ile yüzdeye dönüştürülmüştür. Dönüştürme işlemi için `map` fonksiyonu kullanılmıştır. Bu fonksiyon 5 parametre almaktadır. İlk parametre okunan dijital değerdir ve ikinci parametreye sensör problemleri tamamen kuru iken okunan değer girilmiştir, üçüncü parametreye ise sensör problemleri tamamen suya batırılıp ıslak iken okunan değer verilmiştir, dördüncü ve beşinci parametreler haritalama değerleridir ve $0=0\%$, $100=100\%$ aralık değerleri belirlenmiştir. Fonksiyon ilk parametrede verilen değer yüzdelik değerini ikinci ve üçüncü parametrelerde verilen değerlere göre döndürmektedir.

ESP8266 modülünün ağa bağlanması `ESP8266WiFi.h` kütüphanesi ile sağlanmıştır. ESP8266 modülü üzerinde MQTT protokolü için `PubSubClient.h` kütüphanesi kullanılmıştır. `PubSubClient` nesnesi kullanımı için `WiFiClient` nesnesinden bir nesne oluşturularak `PubSubClient` kurucu metoduna gönderilerek yeni bir `MqttClient` nesnesi oluşturulur. `MqttClient` nesnesinin MQTT sunucusuna bağlanabilmesi için `setServer()` metodu sunucu ip ve port bilgileri parametre olarak yazılarak çağırılır. Callback metodu, bağlantısı gerçekleşen sunucudan abone olunan konularda bilgi geldiğinde çağrılacak olan metottur. `setCallback()` metodunun callback parametresine mesaj alındığında çalıştırılmak istenilen metot verilir. Mesaj gönderip almaya başlamak için öncesinde `connect()` metodu çağrılarak bağlantının kurulması gerekmektedir. Bağlantı kurulduktan sonra herhangi bir başlığa abone olmak için

subscribe() metodu kullanılmaktadır. Subscribe() metoduna parametre olarak abone olmak istenilen konu yazılır ve mesaj geldiğinde callback metodu ile yakalanır. Publish() metodu ile parametre olarak konu ve mesaj içeriği yazılarak mesaj paylaşımı yapılabilir. Sensörlerden gelen bilgiler uygun konulara publish() metodu kullanılarak gönderilmektedir.

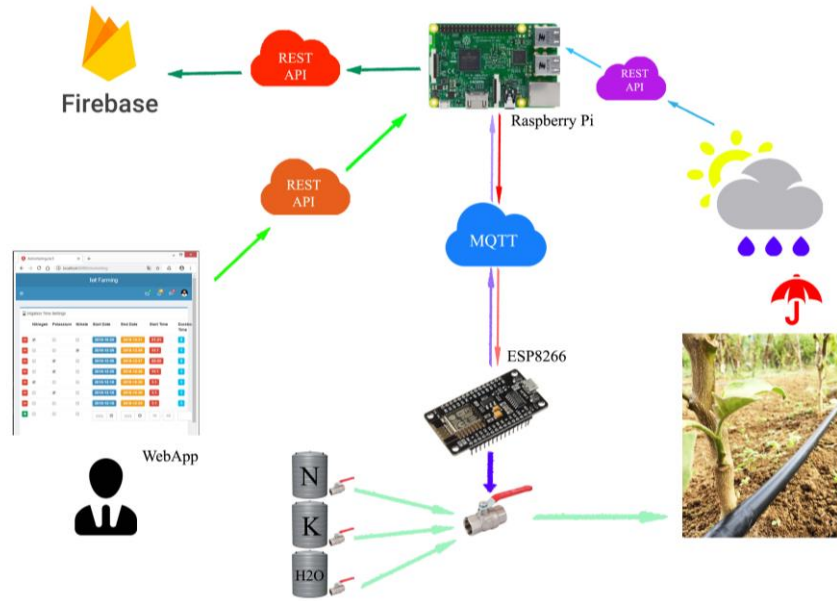
Raspberry Pi üzerine Apache Kafka kurularak dağıtık mesajlaşma kullanılması sağlanmıştır. Kafka sunucusunun çalışmaya başlayabilmesi için Zookeeper sunucusunun ayakta olmasına ihtiyacı vardır. Kafka' nın dağıtık çalışabilme özelliği Zookeeper ile sağlanmaktadır. Bu neden ile öncelikle Zookeeper başlatılması gerekmektedir. `“bin/zookeeper-server-start.sh config/zookeeper.properties”` komutuyla Zookeeper başlatılır ve 2181 numaralı portta hizmet vermeye başlar. Kafka sunucusu `“bin/kafka-server-start.sh config/server.properties”` komutuyla başlatılır ve 9092 numaralı portta hizmet vermeye başlar. Config dizini altındaki `“properties”` dosyaları ile bu ayarlar değiştirilerek farklı port ve özelliklerde broker oluşturulabilir.

Uygulama içerisinde Kafka ve MQTT haberleşmesi için NodeJs ile yazılımsal bir katman oluşturulmuştur. MQTT ile yakalanan veriler bu katmanda Kafka mesaj üreticisine gönderilmiştir. NodeJs için kafka-node kütüphanesi kullanılmıştır. Kafka.Client() nesnesi ile yeni bir client nesnesi oluşturulur. Varsayılan istemci ayarları kullanılmak istenmezse kurucu metoda istemci ayarları gönderilebilir. Mesaj gönderimi için Producer() nesnesinin kurucu metoduna oluşturulan client nesnesi verilerek ile yeni bir kafka mesaj üretici nesne oluşturulur. Producer.send() metodu kullanarak belirtilen konulara mesaj içerikleri gönderimi yapılır. Mesaj tüketici oluşturmak için Consumer nesnesinden yeni bir nesne oluşturulur. Mesaj yakalandığında çalıştırılmak istenilen metot consumer.on() metoduna callback parametresi olarak verilir ve mesaj yakalandığında çalışması sağlanır.

Saha verilerini işleyerek detaylı analiz etmek için SPARK kullanırken ihtiyaç olan veriler sisteme kafka mesaj tüketicisi ile alınmıştır. Verilerin alınarak veri tabanı tablolarına index ile kaydedilip daha sonra sorgular ile işlenerek raporlar üretilen

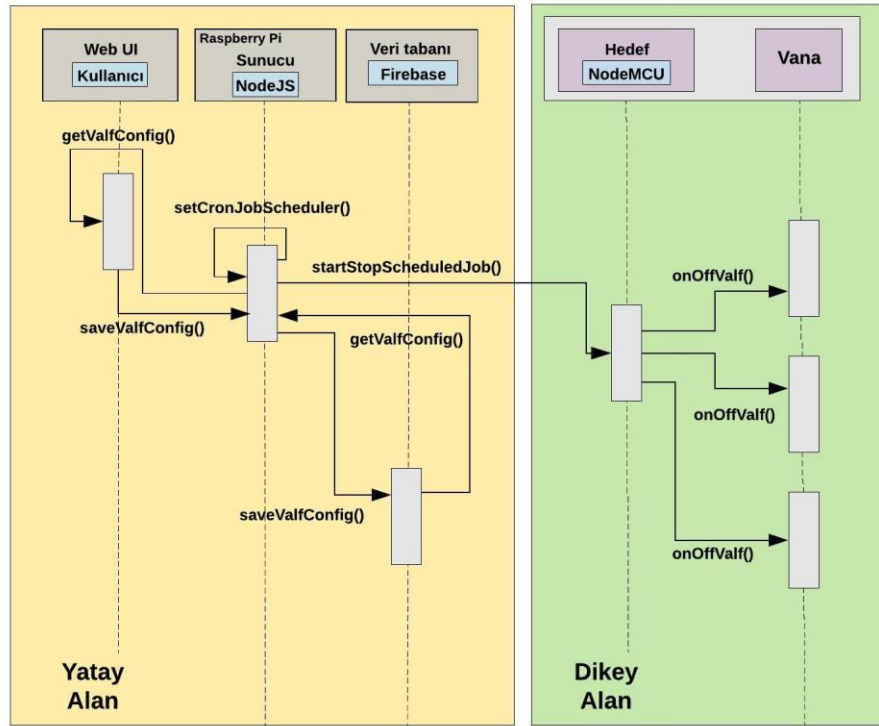
geleneksel yapının aksine, akış işleme yaklaşımında veriler kafka ile istemci makinaya ulaştığında anında işleme alınmaktadır. Spark ve Kafka kullanılırken iki kütüphanedeki Scala versiyonlarının uyumuna dikkat edilmelidir.

İşlenen verilerin ve sonuçlarının saklanması, tekrar sorgulanmak ve işlenmek üzere saklandığı yerden geri çağrılıp tekrar kaydedilmesi ihtiyaçlarında Kafka mesaj tüketicinin veri tabanı bağlantıları kullanılabilir. Uygun konektör kullanılarak MySQL, MongoDB, Cassandra gibi veri tabanları ile iletişime geçilebilir.



Şekil 4.17. Uygulama blok diyagramı

İstemci uygulama olan web arayüzünden kullanıcı sulama ve gübreleme yapılacak olan saat dilimlerini ve sulama süresini seçer. Toprak analizi sonucu gelen verilere dayanarak sulama suyuna karışması gereken miktar sisteme web arayüzü ile girilir.



Şekil 4.18. Kullanıcıdan sahaya veri akış diyagramı

Raspberry Pi üzerinde barındırılan sunucu uygulama ile istemciden gelen sulama ve gübreleme bilgileri gerçek zamanlı bulut veri tabanına yazılmıştır. Aynı zamanda bu bilgiler ile sunucu üzerinde işlemin gerçekleşmesi için planlanmış bir görev oluşturulmaktadır.

Planlanmış görev zamanı geldiğinde ilgili sulama bilgisi NodeMCU modülüne gönderilir. NodeMCU üzerinde bulunan I/O pinleri ile peristaltik pompalar ile sulama suyuna istenilen oranda gübreler karıştırılarak damlama sulama sistemine verilebilmektedir.

Uygulamada Şekil 3.19.'de gösterilen selenoid vana kullanıştır. Vana bobinleri 12V gerilim ile çalışmaktadır. NodeMCU ile vananın kontrol edilebilmesi için 5V tek kontak röle kontrollü devre kartı kullanılmıştır.

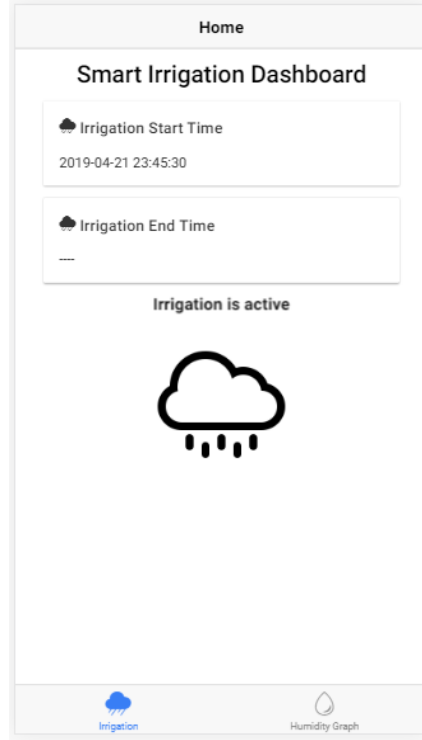


Şekil 4.19. Uygulamada kullanılan selenoid vana

Uygulamada web arayüzü AngularJS ile geliştirilmiştir ve raspberry pi üzerinde barındırmıştır. Web istemci ile sunucu arasındaki haberleşme RestFul web servisler ile sağlanmıştır. Raspberry pi üzerinde Mosquitto mesaj yöneticisi kurularak ESP8266 ile haberleşme MQTT protokolü üzerinden sağlanmıştır. Firebase gerçek zamanlı veri tabanı ile haberleşme RestFul web servisler ile gerçekleştirilmiştir.

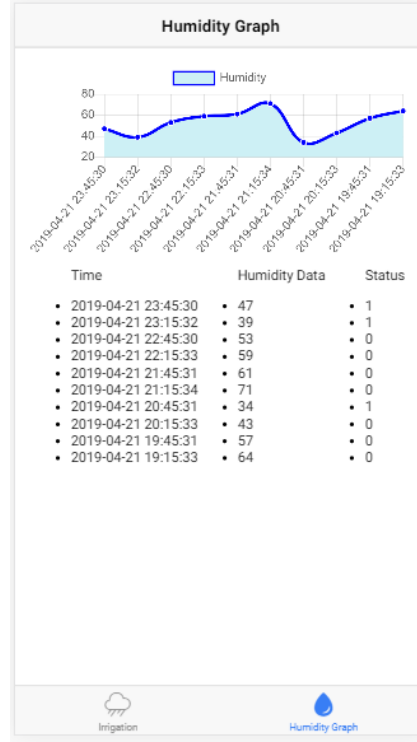
Saha ölçüm verilerinin izlenebilmesi ve denetiminin sağlanabilmesi için mobil uygulama geliştirilmiştir. Mobil uygulama geliştirilmesinde Ionic uygulama çatısı kullanılmıştır. Uygulama temel olarak iki ekrandan oluşmaktadır.

İlk ekranda Şekil 3.20.'de görüldüğü gibi sulama durumu hakkında bilgi verilip kullanıcının sistem üzerinde bilgi sahibi olması sağlanmıştır. Sulamanın başladığı zaman bilgisi verilerek sulamanın aktif olduğuna dair bilgi yağmurlu bulut simgesiyle gösterilmiştir.



Şekil 4.20. Mobil uygulama durum izleme ekranı

Uygulamanın ikinci ekranında ise kullanıcının sistemdeki son hareketleri takip edebilmesi sağlanarak nem verileri Şekil 3.21.'deki gibi grafik üzerinde gösterilmiştir. Sistemdeki son 10 hareket listelenerek kullanıcı bilgilendirilmiştir.



Şekil 4.21. Mobil uygulama sistem hareketleri izleme ekranı

BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada toprak analizi sonrası belirlenen eksik besinlerin toprağa ihtiyaç oranında ve kontrollü olarak nesnelere interneti teknolojileri kullanılarak kazandırılması hedeflenmiştir. Çalışma kapsamında elektronik, yazılım ve zirai sulama ekipmanlarından faydalanılmıştır.

Sulama ve gübreleme faaliyetleri sırasında sıvı gübre olarak Azot, Potasyum ve Nitrat kullanımı ele alınmış ve uygulamada bu elementlere yer verilmiştir. Bu elementlerin su ile karışımı ve sulama süresi oldukça önem arz etmektedir.

Çalışma kapsamına alınabilecek olan nem sensörü ile sulama başlamadan önce topraktaki nem oranı kontrol edilip ihtiyaca göre sulama başlatılabilir. Eğer topraktaki nem yeterli seviyede ise sulama için başlatılacak olan zamanlanmış görevin başlatılmasına gerek duyulmaz.

Hava durumu tarım faaliyetleri açısından önem taşımaktadır. Çalışma kapsamında meteorolojik tahminler uygun web servislerden alınarak konuma dayalı tahmin değerlendirmesi sonucu sulama yapılıp yapılmaması kararı alınabilir. Bulanık mantık çözümlenmeleri ile topraktaki nem oranı, yağış oranı tahmini, bitkinin nem isteği gibi girdiler ile karar çıktıları elde edilebilir.

Hassas tarım faaliyetlerinde küresel konum belirleme sistemi (GPS) ve coğrafi bilgi sistemi (CPS) teknolojileri kullanılarak sisteme eklenebilir ve arazi üzerinde bölgesel değerlendirmeler ile sulama ve gübreleme faaliyetleri yönetilebilir [20].

KAYNAKLAR

- [1] Evans, D., The Internet of Things: How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything (2011). http://www.cisco.com/web/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf.
- [2] Singh, S. Singh, Nirmala., Internet of Things(IoT): Security Challenges, Business Opportunities & Reference Architecture for E-commerce. International Conference on Green Computing and Internet of Things 2015.
- [3] Topakçı, M., Ünal, İ., Hassas Tarımda Değişken Oranlı Uygulamalar, Tarımsal Mekanizasyon 26. Ulusal Kongresi, 22-23 Eylül, Hatay, Türkiye.
- [4] Ünal, İ., GPS Yönlendirmeli Tarımsal Bir Robotun Geliştirilmesi ve Anız Yoğunluğunun Belirlenmesi Örneğinde Kullanımı Üzerine Bir Araştırma. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makineleri Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 2012.
- [5] Türker, Ufuk., Güçdemir, İbrahim., Türkiye’ de Yapılan Hassas Tarım Çalışmalarından Bir Örnek Uygulama. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 9 (4) 257-262, Ağustos 2013.
- [6] Çeken, C., Nesnelerin İnterneti Uygulamaları Ders Tanıtımı, <https://github.com/celalceken/NesnelerinInterneti/blob/master/DersTanitimi.pdf>.
- [7] Unleashing the potential of the Internet of Things (2016). https://www.itu.int/dms_pub/itu-t/opb/tut/T-TUT-SSCIOT-2016-2-PDF-E.pdf.
- [8] Oral, O., Çakır, M., Nesnelerin İnterneti Kavramı ve Örnek Bir Prototipin Oluşturulması. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 8 (Özel (Special) 1), 172-177, 2017.
- [9] Oyucu, S., Polat, H., M2M ve IoT Platformları Üzerinde Prototip Uygulama Geliştirme. Türkiye Bilişim Vakfı Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Dergisi, 9 (2), 11-20, 2017.

- [10] Çamurcu, Y., Burhanettin, C, Ali, N., Orhan, Ö., Ünsal, Kocatepe., Gömülü ve Akıllı Sistemler Öğretimi ve Laboratuvarı, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi Örneği. II. Uluslararası İstanbul Akıllı Şebekeler Kong ve Fuarı, İstanbul 2014.
- [11] Serinikli, N., Endüstri 4.0'ın Özel, Kamu ve Kooperatif Sektörlerine Etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 23 (Endüstri 4.0 ve Örgütsel Değişim Özel Sayısı), 1607-1621, 2018.
- [12] Akyildiz, I. F., Su, W., Sankarasubramaniam, Y., Cayirci, E., "A survey on sensor networks", IEEE Communications Magazine, vol. 40, no. 8, pp. 102–114, 2002.
- [13] http://www.acod.com.tr/makale_detay.asp?id=8 Erişim Tarihi: 21.04.2019.
- [14] <http://teknoselfi.com/wifi-nedir-nasil-calisir/> Erişim Tarihi: 21.04.2019.
- [15] TÜBİTAK Bilgi Teknolojileri ve Elektronik Araştırma Enstitüsü (BİLTEN). Elektromanyetik Dalgalar ve İnsan Sağlığı Sıkça Sorulan Sorular ve Yanıtları, TÜBİTAK Matbaası, Ankara, 20-21, (2001).
- [16] <http://www.uygarist.yildiz.edu.tr/makine-ogrenmesi> Erişim Tarihi: 21.04.2019.
- [17] Doğan, K., Arslantekin, S., Büyük Veri: Önemi, Yapısı ve Günümüzdeki Durum, DTCF Dergisi, 56 (1), 15-36, 2016.
- [18] Angın, P., Nesnelerin İnterneti ve Güvenlik, ODTÜ Kablosuz Ağlar, Ağlar ve Siber Güvenlik Laboratuvarı, 2018.
- [19] International Telecommunication Union Recommendations ITU-T Y.2060 (06.2012).
- [20] Aksoy, B., Bayrakçı, C., Bayrakçı, E., Uğuz, S., Büyük Verinin Kurumlarda Kullanımı. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 22 Kayfor15 Özel Sayısı, 1853-1878, 2018.
- [21] Sağıroğlu Ş. vd., Büyük Veri ve Açık Veri Analitiği: Yöntemler ve Uygulamalar. 1. Baskı, Grafiker Yayınları, 2017.
- [22] Akgün B., Apache Spark Tabanlı Destek Vektör Makineleri İle Akan Büyük Veri Sınıflandırma. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Programı, Yüksek Lisans Tezi, 2016.

- [23] Data Never Sleeps 6.0. <https://www.domo.com/learn/data-never-sleeps-6.>, Erişim Tarihi: 21.04.2019.
- [24] The Top 20 Valuable Facebook Statistics. <https://zephoria.com/top-15-valuable-facebook-statistics/>. Erişim Tarihi. 19.04.2019.
- [25] Google Search Statistics. <http://www.internetlivestats.com/google-search-statistics>. Erişim Tarihi: 21.04.2019.
- [26] Big Data Nedir?, Big Data Pazarlama Fikirleri, Netvent LAB, <https://netvent.com/big-data-nedir.>, Erişim Tarihi: 21.04.2019.
- [27] Karlık, E., Bireysel emeklilik sisteminde bulut teknolojileri kullanımını ve bir model önerisi. İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Programı, Yüksek Lisans Tezi, 2018.
- [28] Yıldız, Özcan Rıza., Bilişim Dünyasının Yeni Modeli: Bulut Bilişim (Cloud Computing) Ve Denetim, Sayıştay Dergisi, Sayı 74-75, 5-23, 2009.
- [29] Bulut, C., Bulut Bilişim (Cloud Computing) Nedir?, <https://www.endustri40.com/bulut-bilisim-cloud-computing-nedir.>, Erişim Tarihi: 20.04.2019.
- [30] Öz, Yaşar., Bulut Bilişim (Cloud Computing) ve Muhasebe., Bartın Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi, 7(13), 63-79, 2016.
- [31] Seyrek, İbrahim Halil . Cloud Computing: Opportunities and Challenges for Businesses. Gaziantep University Journal of Social Sciences 10 (2): 701-713, 2011.
- [32] Morgan, M., ESS, D., The PrecisionFarming Guide for Agriculturalists. Second edition. John Deere Publishing, 117-117, 2003.
- [33] Özgüven, Mehmet Metin, Türker, Ufuk., Hassas Uygulamalı Tarım Teknolojilerinin Üretim Ekonomisi Ve Ülkemizde Pamuk Üretiminde Kullanılabilme Olanakları. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 7 (1), 23-33, 2010.
- [34] Güler, Mustafa., Kara, Tekin., Hassas Uygulamalı Tarım Teknolojisine Genel Bir Bakış. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 20 (3), 110-11, 2005.
- [35] <http://www.neobioplus.com/neden-organik-gubre.>, Erişim Tarihi: 20.04.2019.
- [36] <http://www.orfeteknik.com.tr/orta-kutuphane4.htm.>, Erişim Tarihi: 20.04.2019.

- [37] Türkiye İstatistik Kurumu, <http://www.tuik.gov.tr>.
- [38] Aaçayak T., Kimyasal Gübre Kullanımının evresel Etkileri ve çözüm neriler, EKOIQ Dergisi, 69, 96-98, 2017.
- [39] Türker, Ufuk., Hassas Tarım Teknolojileri ve GPS Uygulamaları, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, Ankara.
- [40] Sönmez, K., Emekli, Y., Sarı, M., Baştuğ, R., Relationship Between Spectral Reflectance and Water Stress Conditions of Bermudagrass (*Cynodon Dactylon L.*). *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 51, 223-263, 2008.
- [41] Canbolat, Mustafa., Bazı Toprak Nem Karakteristiklerinin Tane Büyüklük Dağılımı Ve Organik Karbon İçeriğinden Tahmin Edilmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 30 (2), 2013.
- [42] Uytun A., Pekey B., Kalemci M., Toprak Nemi lmleri. VIII. Ulusal lmbirim Kongresi, Kocaeli, 2013.
- [43] ztrk, T., Peyzaj Alanlarında suyun ekonomik kullanımı: Damlama sulama sistemi, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman İnşaatı ve Transportu Anabilim Dalı, 2004.
- [44] Bingl, O., zkaya, B., Bayram, M., Wireless Sensor Network Based Remote Drip Irrigation System. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi* 6 (4), 554-563, 2018.
- [45] akmak, B., Kendirli, B., Sürdürülebilir Tarımda Sulama ve evre. *Trktarım Dergisi*, 145, 21-23, 2002.
- [46] Hakkren, Feridun., Turunçgillerde Sulama Zamanının Belirlenmesi ve Uygulanan Sulama Yöntemleri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 1 (2), 23-34, 1988.
- [47] <https://www.raspberrypi.org>, Erişim Tarihi: 18.04.2019.
- [48] <https://www.robotistan.com/raspberry-pi-2-1-gb-yeni-versiyon-ingiltere>, Erişim Tarihi: 20.04.2019.
- [49] Espressif Smart Connectivity Platform: ESP8266, <https://www.electroschematics.com>, Erişim Tarihi: 17.04.2019.
- [50] <https://spark.apache.org>, Erişim Tarihi: 21.03.2019.

- [51] Karataş, Ferhat, Korkmaz, Sevcan Aytaç., Big Data: Controlling Fraud by Using Machine Learning Libraries on Spark. International Journal of Applied Mathematics Electronics and Computers, 6 (1), 1-5, 2018.
- [52] Keskin, Mustafa Vahit, Yıldız, Doğan., Büyük Veri Araçları Ve R Kullanarak Amerikan Havayolu Firmalarının Sorunlarının Keşfedilmesi. Uygulamalı Sosyal Bilimler Dergisi, 2 (2), 1-19, 2019.
- [53] Aydemir, Fatih, Çetin, Aydın. Designing a Pipeline with Big Data Technologies for Border Security. Mugla Journal of Science and Technology, 2 (1), 98-101, 2016.
- [54] <http://spark.apache.org/mllib.>, Erişim Tarihi: 21.03.2019.
- [55] <https://spark.apache.org/docs/latest/streaming-programming-guide.html.>, Erişim Tarihi: 21.03.2019.
- [56] <https://kafka.apache.org.>, Erişim Tarihi 21.03.2019.
- [57] <http://mqtt.org.>, Erişim Tarihi 19.03.2019.
- [58] <http://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v3.1.1/mqtt-v3.1.1.html.>, Erişim Tarihi: 19.03.2019.
- [59] <https://www.elektrikce.com/solenoid-valf-yapisi-ve-calisma-sistemi.>, Erişim Tarihi: 19.03.2019.
- [60] <http://acoptex.com.>, Erişim Tarihi: 20.03.2019.

ÖZGEÇMİŞ

Murat Gücük, 15.01.1990' da Sakarya' da doğdu. İlk orta ve lise eğitimini Sakarya' da tamamladı. 2009 yılında başladığı Sakarya Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik Bilgisayar Eğitimi Bölümü Bilgisayar Sistemleri Öğretmenliği lisans eğitiminden 2014 yılında mezun oldu. Lisans eğitimini tamamladığı 2014 yılında özel bir yazılım firmasında yazılım geliştirici olarak çalışmaya başladı akabinde 2015 yılında Sakarya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği bölümünde yüksek lisans eğitimine başladı. Halen özel bir finans kuruluşunda kıdemli yazılım geliştirici olarak görev almaktadır.