



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



NESNELERİN İNTERNETİ KULLANILARAK
BÜYÜKBAŞ HAYVANLARDA DAVRANIŞ VE
BESLEME PARAMETRELERİ KONTROL
SİSTEMİ OLUŞTURULMASI

Kamil Aykutalp GÜNDÜZ

DOKTORA TEZİ

Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Ocak-2023
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Kamil Aykotalp GÜNDÜZ tarafından hazırlanan “*Nesnelerin İnterneti Kullanılarak Büyükbaş Hayvanlarda Davranış ve Besleme Parametreleri Kontrol Sistemi Oluşturulması*” adlı tez çalışması 19/01/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı’nda DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Doç. Dr. Murat SELEK

.....

Danışman

Prof. Dr. Fatih BAŞÇİFTÇİ

.....

Üye

Prof. Dr. Nurettin GÜLŞEN

.....

Üye

Doç. Dr. Humar KAHRAMANLI ÖRNEK

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ÖZKİŞ

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Sait GEZGİN
FBE Müdürü

Bu tez çalışması Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinatörlüğü 19101005 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Kamil Aykutağp GÜNDÜZ

Tarih: 19.01.2023

ÖZET

DOKTORA TEZİ

NESNELERİN İNTERNETİ KULLANILARAK BÜYÜKBAŞ HAYVANLARDA DAVRANIŞ VE BESLEME PARAMETRELERİ KONTROL SİSTEMİ OLUŞTURULMASI

Kamil Aykutalp GÜNDÜZ

**Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Fatih BAŞÇİFTÇİ

2023, 163 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Fatih BAŞÇİFTÇİ

Prof. Dr. Nurettin GÜLŞEN

Doç. Dr. Humar KAHRAMANLI ÖRNEK

Doç. Dr. Murat SELEK

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ÖZKİŞ

Nesnelerin interneti (Internet of Things, IoT), fiziki donanımlara/makinelere birbirleri ile haberleşme, birlikte düşünme ve birbirleri ile iletişim kurma imkânı sağlamaktadır. Tarım ve hayvancılık alanlarında mevcut uygulama alanlarındaki verimi artırmak ve geç teşhis edilen hastalıkları azaltmak amacıyla bilgi iletişim teknolojileri kullanılarak sürekli güncel uygulamalar geliştirilmektedir. Bu tez çalışmasında, büyükbaş hayvanlarda davranış ve besleme parametrelerini izlemek ve sürü takibini kolaylaştırmak amacıyla 3 adet cihaz ve web uygulama geliştirilmiştir. Tasarlanan sistem, yazılım ve cihazlar, büyükbaş hayvan çiftliklerinde, bu parametrelerin takibi konusunda çiftlik çalışanlarının ve veteriner hekimlerin insan gözüyle takip yapmalarını azaltmak ve önceden uyarı almalarını sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. Geliştirilen sistemde cihazlar 3 farklı işlevi yerine getirmektedir. Birinci cihazın işlevi, rumen içerisindeki pH ve sıcaklık değerlerinin kablosuz iletişim yöntemiyle alınarak sunucuya aktarılması ve anlık olarak takibinin sistem üzerinden izlenmesidir. İkinci cihaz; hayvanın çiftlik içindeki veya dışındaki konumunun anlık olarak izlenmesidir. Üçüncü cihazın işlevi ise; hayvanın günlük attığı adım sayısının ortalama olarak hesaplanarak kızgınlık döneminin en doğru şekilde belirlenmesidir. Geliştirilen web tabanlı yazılım sayesinde tüm bu cihazların verileri tek bir web otomasyon sistemi üzerinde toplanmıştır. IoT destekli mikrodenetleyiciler kullanılarak tasarlanan cihazlar sayesinde, veriler direkt olarak internet üzerinden bulut sistemine aktararak kayıtların alınması sağlanmaktadır. Elde edilen verilerin işlenmesi ile hayvanların asidozis rahatsızlığı ve kızgınlık dönemleri, insan gözlemine dayalı kalmadan daha doğru ve erken olarak tespit edilebilir olmaktadır. Cihazların bir diğer özelliği ise istenildiği takdirde internetin olmadığı ortamlarda yerel bir sunucu kullanılarak da yapılandırılabilir olmasıdır.

Cihazların donanımsal özellikleri, büyükbaş hayvanlarda; hayvan sağlığı ve güvenilirliği ile hayvan vücuduna uygunluk durumları göz önüne alınarak tasarlanmıştır. Geliştirilen cihazlar ve veri alışverişi yapılan otomasyon sistemi tez kapsamında yazar tarafından geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Besleme, Büyükbaş, Davranış, Nesnelerin İnterneti, Sürü Takip

ABSTRACT

Ph.D THESIS

ESTABLISHMENT OF BEHAVIOR AND FEEDING PARAMETERS CONTROL SYSTEM IN CATTLES USING INTERNET OF THINGS

Kamil Aykotalp GÜNDÜZ

**The Graduate School of Natural and Applied Science of Selçuk University
The Degree of Doctor of Philosophy in Computer Engineering**

Advisor: Prof. Dr. Fatih BAŞÇİFTÇİ

2023, 163 Pages

Jury

Prof. Dr. Fatih BAŞÇİFTÇİ

Prof. Dr. Nurettin GÜLŞEN

Assoc. Prof. Dr. Humar KAHRAMANLI ÖRNEK

Assoc. Prof. Dr. Murat SELEK

Assist. Prof. Dr. Ahmet ÖZKİŞ

The Internet of Things (IoT) provides physical equipment/machines with the opportunity to communicate with each other, think together and communicate with each other. Up-to-date applications are constantly being developed by using information and communication technologies in order to increase the efficiency in the current application areas in agriculture and animal husbandry fields and to reduce late diagnosed diseases. In this thesis, 3 devices and web applications have been developed in order to monitor behavior and feeding parameters in cattle and facilitate herd follow-up. The designed system, software and devices have been developed in cattle farms in order to reduce the monitoring of these parameters by the farm workers and veterinarians and to provide them with advance warning. The developed devices have 3 different working sections on the animal. The purpose of the first device is to transfer the pH and temperature values in the rumen to the server by wireless communication method and to monitor the instantaneous follow-up on the system. Second device; It is the instant monitoring of the animal's position inside or outside the farm. The third device is; the aim is to calculate the average number of steps taken by the animal per day and to determine the estrus period in the most accurate way. Thanks to the developed web-based software, the data of all these devices were collected on a single web automation system. Since the devices are designed using IoT supported microcontrollers, the data is transferred directly to the cloud system over the internet and records are taken. With the processing of the data obtained, the acidosis discomfort and estrus periods of animals can be detected more accurately and earlier without relying on human observation. Another feature of the devices is that they can be configured using a local server in environments where there is no internet, if desired.

While the devices are being developed, in cattle; it has been designed considering animal health and safety, hardware features and suitability for animal body. The developed devices and data exchange automation system were developed by the author within the scope of the thesis.

Keywords: Cattle, Feed, Internet of Things, Herd Tracking, Nutrition

ÖNSÖZ

Doktora eğitim süresinin tüm aşamaları boyunca göstermiş olduğu sabır, her türlü destek ve yardımından dolayı tez danışmanım, çok değerli hocam Prof. Dr. Fatih BAŞÇİFTÇİ'ye en içten duygularıyla teşekkür ederim.

Uygulama aşamasında desteğini esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. Nurettin GÜLŞEN'e ve projenin geliştirilmesine yardım eden Doç. Dr. Humar KAHRAMANLI ÖRNEK hocama da sonsuz teşekkür ederim.

Devre kaplamaları sürecinde her türlü yardım ve desteği sağlayan ROBOTEM firması Genel Müdürü Saffet ÖGE'ye teşekkür ederim.

Çiftlik uygulamasında, her türlü teknik desteği sağlayan Selçuk Üniversitesi Prof. Dr. Hümeysra ÖZGEN Araştırma ve Uygulama Çiftliği Müdürü sayın Vet. Hek. Mustafa Sedat ARSLAN başta olmak üzere tüm çiftlik çalışanlarına sonsuz teşekkür ederim.

Son olarak hayatım boyunca benden desteklerini esirgemeyen, yalnız bırakmayan ve bu süreçte bana katlanan sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Kamil Aykutaalp GÜNDÜZ

KONYA-2023

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
ÇİZELGELER VE ŞEKİLLER.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Tezin Amacı ve Önemi	7
1.2. Tezin Organizasyonu	8
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	10
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	21
3.1. IoT ve M2M Genel Bilgiler	21
3.2. Makineler Arası İletişim (M2M)	22
3.3. IoT ve M2M Mimarileri	23
3.4. IoT İletişim Şeması	27
3.5. IoT ve M2M'nin Uygulama Alanları.....	28
3.6. Kullanılan İletişim Teknolojileri	31
3.7. IoT Nesneleri	31
3.7.1. PH sensörü	32
3.7.2. Sıcaklık sensörü	33
3.7.3. Mikrodenetleyiciler.....	36
3.7.4. TP4056 Modülü	37
3.7.5. ADXL377 üç eksen yüksek G ivmeölçer	38
3.7.6. MMA8451 üç eksenli ivmeölçer / eğim sensörü	38
3.7.7. GY-NEO6MV2 GPS Modülü.....	39
3.7.8. CD74HC4067 Analog Çoğaltıcı.....	40
3.7.9. Su geçirmez metal anahtar	41
3.7.10. Raspberry Pi 3.....	41
3.7.11. SONY VTC6 18650 3.7V 3000mAh li-ion şarjlı pil.....	42
3.7.12. Dış Cephe CPE Anten.....	43
3.7.13. Ağ geçidi cihazı	43
3.8. Yazılım Materyalleri.....	43
3.8.1. C# programlama dili	43
3.8.2. PHP script dili.....	44
3.8.3. MySQL veri tabanı	44
3.8.4. Arduino IDE	44
3.8.5. Apache web sunucusu.....	44
3.9. Devre Tasarımlarının Kaplanması	45

3.9.1. Boyunluk ve Ayak bileği kemeri	45
3.9.2 PLA Filament.....	46
4. UYGULAMA	47
4.1. Geliştirilen Uygulama.....	52
4.1.1. Rumen içi pH ve sıcaklık bölümü.....	53
4.1.2. Davranış ve konum bölümü.....	68
4.1.3. Adımsayar bölümü.....	74
4.2. Web Tabanlı Otomasyon	79
4.2.1. Kullanıcı yazılımı bölümü	82
4.3. Cihazları Otomasyona Ekleme Bilgileri	94
4.4. Framework Bilgileri.....	97
4.4. Veri Tabanı UML Yapısı	105
4.5. Uygulama Alanı Ağ Yapılandırması	108
4.5. Pil Şarj Ünitesi	113
4.6. Cihazları Kaplama Bölümü	114
5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	118
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	131
6.1. Sonuçlar	131
6.2. Öneriler	137
KAYNAKLAR	139

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

cm	: Santimetre
Gbit/sn	: Gigabit/saniye
GHz	: Giga Hertz
kg	: Kilogram
kHz	: Kilo Hertz
mA	: Miliamper
Mbit	: Megabit
Mbit/sn	: Megabit/saniye
Mbps	: Megabit per second
m	: Metre
mm	: Milimetre
ms	: Milisaniye
mw	: Miliwatt
ns	: Nanosaniye
pH	: Power of Hydrogen
sn	: Saniye
t	: Zaman
μA	: Mikroamper
°C	: Derece santigrat

Kısaltmalar

3G	: 3rd Generation (3. Nesil)
4G	: 4rd Generation (4. Nesil)
6LOWPAN	: IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks (IPv6 üzerinden Düşük güç Kablosuz Kişisel Alan Ağları)
API	: Application Programming Interface (Uygulama Programlama Ara yüzü)
CASAGRAS	: Coordination and Support Action Global RFID-related Activities (Koordinasyon ve Destek Eylemi Global RFID ile İlgili Faaliyetler)
CoaP	: Constrained Application Protocol (Sınırlı Uygulama Protokolü)
DTLS	: Datagram Transport Layer Security (Veri Bloğu Aktarım Katmanı Güvenliği)
EH	: Elektronik Haberleşme (Electronic Communication)
ETOS	: European Technology Platform on Smart Systems Integration (Akıllı Sistem Entegrasyonunda Avrupa Teknoloji Platformu)
GE	: General Electric (General Elektrik)
GSM	: Global System for Mobile Communications (Mobil İletişim İçin Küresel Sistem)
ICMP	: Internet Control Message Protocol (İnternet Kontrol Mesaj Protokolü)
IoT	: Internet of Things (Nesnelerin İnterneti)
IP	: Internet Protocol (İnternet Protokolü)
IPV4	: Internet Protocol Version 4 (İnternet Protokolü Versiyon 4)
IPV6	: Internet Protocol Version 6 (İnternet Protokolü Versiyon 6)
ITU	: International Telecommunication Union (Uluslararası Telekomünikasyon Birliği)
KA	: Kablosuz Algılayıcı Ağlar (Wireless Sensor Networks)
KVAA	: Kablosuz Vücut Alan Ağı (Wireless Body Area Network)
LowPAN	: Low power Wireless Personal Area Networks (Düşük Güç Tüketimli Kişisel Kablosuz Ağ Alanı)
LTE	: Long-Term Evolution (Uzun Vadeli Evrim)
M2M	: Machine to Machine (Makineden Makineye İletişim)
MH	: Moleküler Haberleşme (Molecular Communication)
MRHOF	: Minimum Rank with Hysteresis Objective Function (Histerisiz Amaç Fonksiyonlu Minimum Sıra)

MQ	: Messaging Queue (Mesajlaşma kuyruğu)
NFC	: Near Field Communication (Yakın Alan İletişimi)
NI	: Nesnelerin İnterneti (Internet of Things)
OECD	: Organisation for Economic Co-operation and Development (İktisadi İş birliği ve Gelişme Teşkilatı)
OOP	: Object Oriented Programming (Nesne Yönelimli Programlama)
PAOF	: Parent Aware Objective Function (Kaynak Temelli Amaç Fonksiyonu)
pH	: Power of Hydrogen (Hidrojen Gücü)
PHP	: Personal Hypertext Preprocessor (Kişisel Köprü Metni Ön İşlemcisi)
PLA	: Polylactic Acid (Polilaktik Asit)
REST	: Representational State Transfer (Temsili Durum Aktarımı)
RFID	: Radio Frequency Identification (Radyo Frekansı ile Tanımlama)
RPL	: Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks (Düşük Güç ve Kayıplı Ağlar için Yönlendirme Protokolü)
TCP	: Transmission Control Protocol (Geçiş Kontrol Protokolü)
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu (Turkish Statistical Institute)
UDP	: User Datagram Protocol (Kullanıcı Veri İletisi Protokolü)
VPS	: Virtual Private Server (Sanal Özel Sunucu)
WIMAX	: Worldwide Interoperability for Microwave Access (Mikrodalga Erişimi için Dünya Çapında Çalışabilirlik)
WSN	: Wireless Sensor Network (Kablosuz Sensör Ağı)

ÇİZELGELER VE ŞEKİLLER

Çizelgeler Listesi

Çizelge 1.1. Ülkelere göre fert başına düşen kırmızı et tüketimi	1
Çizelge 3.1. pH sensörü teknik özellikleri	32
Çizelge 3.2. SHT20 su geçirmez sıcaklık sensörü teknik özellikleri.....	34
Çizelge 3.3. DS18B20 su geçirmez sıcaklık sensörü teknik özellikleri	34
Çizelge 3.4. Grove kızılötesi sıcaklık sensörü teknik özellikleri.....	35
Çizelge 3.5. TP4056 modülü teknik özellikleri	38
Çizelge 3.6. 3 eksen yüksek G ivmeölçer ünitesi teknik özellikleri	38
Çizelge 3.7. MMA8451 üç eksenli ivmeölçer/eğim sensörü teknik özellikleri.....	39
Çizelge 3.8. GPS Modülü teknik özellikleri	40
Çizelge 3.9. CD74HC4067 Analog çoğaltıcı teknik özellikleri	40
Çizelge 3.10. Raspberry Pi B+ teknik özellikleri	42
Çizelge 3.11. SONY VTC6 18650 pil teknik özellikleri.....	42
Çizelge 3.12. Kemerlerin teknik özellikleri.....	45
Çizelge 4.1. Geliştirilen prototiplerin boyut farkları	50
Çizelge 4.2. Birinci cihazda kullanılan materyaller ve özellikleri.....	53
Çizelge 4.3. Wemos d1 mikrodenetleyicisi modları çalışma akımları	61
Çizelge 4.4. Mikrodenetleyicinin ortalama harcadığı akım tablosu	61
Çizelge 4.5. Cihazın modlarına göre çalışma süreleri	63
Çizelge 4.6. Farklı uzunluktaki kablolar ile gerçekleştirilen ölçümler	67
Çizelge 4.7. İkinci cihazda kullanılan materyaller ve özellikleri	68
Çizelge 4.8. GPRMC NMEA cümle ayrıştırma	70
Çizelge 4.9. İkinci devreye bağlı cihazların ortalama çalışma akımları	74
Çizelge 4.10. Üçüncü cihazda kullanılan materyaller ve özellikleri	75
Çizelge 4.11. Otomasyon sunucusuna ait teknik özellikler	79
Çizelge 4.12. IoT cihazlarının IP-MAC adresleri eşleme tablosu	109
Çizelge 4.13. Bina dışı uç noktalardaki sinyal kalitesi	111
Çizelge 4.14. Sinyal güçlendirici cihazlar takıldıktan sonraki sinyal kalitesi karşılaştırması	112
Çizelge 5.1. Birinci cihazın uygulandığı hayvanın özellikleri.....	119
Çizelge 5.2. Geviş getirme sürecindeki rumen pH ve sıcaklık verileri	120
Çizelge 5.3. Su içtikten sonraki rumen pH ve sıcaklık değerleri.....	121
Çizelge 5.4. Kuru yem yedikten sonraki rumen pH ve sıcaklık değerleri	121
Çizelge 5.5. Dinlenme anındaki rumen pH ve sıcaklık değerleri	121
Çizelge 5.6. Farklı durumlardaki rumen içi pH ve sıcaklık değerleri karşılaştırması ..	122
Çizelge 5.7. Cihazın rumen içindeki ve dışındaki sinyal kalitesi karşılaştırması.....	122
Çizelge 5.8. Bir defa doğum yapmış 2 yaşındaki hayvanın deri sıcaklığı ve adım sayı çizelgesi	124
Çizelge 5.9. İki defa doğum yapmış 2 yaşındaki hayvanın deri sıcaklığı ve adım sayı çizelgesi	124
Çizelge 6.1. Tespit modülleri karşılaştırması	132
Çizelge 6.2. Tasarlanan sistemin diğer sürü yönetim sistemleriyle karşılaştırması	133

Çizelge 6.3. Piyasada satılan pedometrelerin yaklaşık fiyat ve menşei karşılaştırması	134
Çizelge 6.4. Birinci cihazın piyasadaki endüstriyel cihazlarla fiyat karşılaştırması	135
Çizelge 6.5. Tasarlanan sistemin ülkemizde satılan diğer sürü yönetim sistemleri ile fiyat karşılaştırması.....	135
Çizelge 6.6. Üçüncü cihazın piyasadaki endüstriyel cihazlarla fiyat karşılaştırması ...	136
Çizelge 6.7. Tüm sistemin yaklaşık maliyeti	136
Çizelge 6.8. Pedometrenin farklı ayaklardaki uygulama sonuçları	137
Çizelge 6.9. Pedometrenin farklı ayaklarda uygulama sonuçlarının hata yüzde oranları	137



Şekiller Listesi

Şekil 1.1. Hayvanların durum takibi örneği.....	2
Şekil 1.2. Ruminantların mide yapısı.....	3
Şekil 3.1. Kahve makinesinden farklı zamanlarda alınmış görüntüler ve web kamerası	22
Şekil 3.2. Ülkemizde verilen M2M hizmetleri (BTK, 2013).....	23
Şekil 3.3. Üç katmanlı mimari model (Çavdar ve Öztürk, 2018).....	23
Şekil 3.4. Beş katmanlı mimari model (Çavdar & Öztürk, 2018)	24
Şekil 3.5. Cloudera'nın başlattığı yeni IoT mimarisi (Anonim, 2018a)	25
Şekil 3.6. M2M'nin fonksiyonel mimarisi.....	26
Şekil 3.7. IoT ve M2M arasındaki fark.....	27
Şekil 3.8. IoT'nin iletişim şeması	28
Şekil 3.9. Endüstri 4.0'ın yapısı (Kesayak, 2018)	29
Şekil 3.10. 2022 yılında tahmini internete bağlı M2M bağlantı sayıları	29
Şekil 3.11. 2022 yılında tahmini internete bağlı cihaz çeşitleri ve sayıları	30
Şekil 3.12. 2022 yılında tahmini internet kullanıcı sayısı.....	30
Şekil 3.13. IoT'nin uygulama alanları	31
Şekil 3.14. pH sensörü	32
Şekil 3.15. SHT20 su geçirmez sıcaklık sensörü.....	33
Şekil 3.16. Su Geçirmez Sıcaklık Sensörü (DS18B20).....	34
Şekil 3.17. MLX90614ESF-BAA kızılötesi termometre.....	35
Şekil 3.18. Grove kızılötesi sıcaklık sensörü.....	35
Şekil 3.19. Wemos D1 mini mikrodenetleyici.....	36
Şekil 3.20. NodeMCU ESP8266.....	37
Şekil 3.21. TP4056 Modülü	37
Şekil 3.22. Üç eksen yüksek G ivmeölçer	38
Şekil 3.23. Üç eksenli ivmeölçer / eğim sensörü	39
Şekil 3.24. GY-NEO6MV2 GPS Modülü	40
Şekil 3.25. Analog çoğaltıcı.....	41
Şekil 3.26. Su geçirmez metal anahtar.....	41
Şekil 3.27. Raspberry Pi 3	42
Şekil 3.28. IoT cihazlarının takıldığı kemerler	45
Şekil 4.1. Geliştirilen 1.cihazın prototipleri.....	48
Şekil 4.2. Geliştirilen 2.cihazın prototipleri.....	49
Şekil 4.3. Geliştirilen 3.cihazın prototipleri.....	50
Şekil 4.4. Geliştirilen otomasyonun yazılım ara yüzü	51
Şekil 4.5. Genel işlem adımları.....	52
Şekil 4.6. Birinci cihazın geliştirme aşamaları	54
Şekil 4.7. pH sensörü kalibrasyon devresi ve kalibrasyon uygulama örneği	54
Şekil 4.8. Amplifikatör devresi.....	55
Şekil 4.9. Kalibrasyon yazılımı Windows uygulama	56
Şekil 4.10. Analog çevirici interpolasyon modifikasyonu.....	57
Şekil 4.11. Kalibrasyon yazılımının akış diyagramı.....	58
Şekil 4.12. Birinci cihazın devre ve şematik tasarımları	60
Şekil 4.13. Mikrodenetleyici üzerindeki yazılımın işlem döngüsü	60
Şekil 4.14. Cihazın modlarına göre akım durumları.....	61
Şekil 4.15. Birinci cihaz genel işleyiş.....	64

Şekil 4.16. Birinci cihaz mikrodenetleyici üzerindeki yazılımın akış diyagramı	65
Şekil 4.17. Birinci IoT cihazına bağlı sensörlerin yerel kontrol ekranı	66
Şekil 4.18. pH probu kablo uzunluk karşılaştırması	67
Şekil 4.19. İkinci cihaz geliştirme aşamaları	69
Şekil 4.20. İkinci cihazın devre ve şematik tasarımları	71
Şekil 4.21. İkinci cihaz mikrodenetleyici üzerindeki yazılımın akış diyagramı	72
Şekil 4.22. İkinci cihazın genel çalışma yapısı	73
Şekil 4.23. İkinci IoT cihazına bağlı sensörlerin yerel kontrol ekranı	73
Şekil 4.24. Üçüncü cihaz geliştirme aşamaları	75
Şekil 4.25. Üçüncü cihazın devre ve şematik tasarımları	76
Şekil 4.26. Üçüncü cihazın genel çalışma yapısı	77
Şekil 4.27. Üçüncü cihaz mikrodenetleyici üzerindeki yazılımın akış diyagramı	78
Şekil 4.28. Kullanıcıya sistemi tanıtan ilk web sayfası	80
Şekil 4.29. Otomasyona ait modüller	81
Şekil 4.30. Root (yönetici) ekranı	82
Şekil 4.31. Çiftlik yönetimi bilgileri	83
Şekil 4.32. Kullanıcı yönetimi bilgileri	84
Şekil 4.33. Kullanıcı ve yetki hiyerarşisi	84
Şekil 4.34. Genel çiftlik oluşturma ve kullanıcı yetkilendirme iş akış diyagramı	85
Şekil 4.35. Veteriner hekim çiftlik atama ekranı	86
Şekil 4.36. Veteriner hekim sistem ekranı	86
Şekil 4.37. Kullanıcı yönetimi bilgileri	87
Şekil 4.38. Doğum yönetim bilgileri	88
Şekil 4.39. Grup yönetimi bilgileri	89
Şekil 4.40. Süt takip yönetimi bilgileri	89
Şekil 4.41. Tedarikçi yönetimi bilgileri	90
Şekil 4.42. Aşı yönetimi bilgileri	90
Şekil 4.43. Sağlık uygulamaları bilgileri	91
Şekil 4.44. Depo yem yönetimi bilgileri	92
Şekil 4.45. IoT cihaz yönetimi bilgileri	93
Şekil 4.46. Sensör yönetimi bilgileri	93
Şekil 4.47. Alarm sistemi bilgileri	94
Şekil 4.48. IoT nesnelerinin hayvan üzerindeki fonksiyonları	94
Şekil 4.49. Uygulama aşamaları iş akış diyagramı	96
Şekil 4.50. Otomasyona IoT cihazı ekleme adımları	96
Şekil 4.51. Otomasyona sensör ekleme adımları	96
Şekil 4.52. Zooteknisyen yetkisi otomasyon iş akışı	97
Şekil 4.53. Otomasyon yazılım MVC yapısı	99
Şekil 4.54. Kontroller sayfası alt yapısı	99
Şekil 4.55. API kontroller sayfasında verilerin ayrıldığı dizinin yapısı	101
Şekil 4.56. API kontroller sayfası işlemleri	102
Şekil 4.57. Giriş kontroller sayfası işlemleri	104
Şekil 4.58. Otomasyon kontroller sayfası işlemleri	105
Şekil 4.59. Veri tabanı genel tabloları	105
Şekil 4.60. Çiftlik yem, depo, tedarikçi, bölme ve süt verilerinin tutulduğu tablolar ..	106
Şekil 4.61. Çiftlik kullanıcı yetkileri, kullanıcı bilgileri ve sisteme erişim bilgisi tabloları	106
Şekil 4.62. Hayvan, IoT cihazları ve sensör bilgisi tabloları	107
Şekil 4.63. Hayvanlara uygulanan aşı ve veteriner hekim uygulamaları bilgisi tabloları	107

Şekil 4.64. Hayvanlara ait ırk, tür, grup ve doğum bilgisi tabloları	108
Şekil 4.65. Uygulama ortamının çevre uzunluk bilgileri.....	109
Şekil 4.66. Çiftliğin kapalı ve açık kısımlarının çevre ve alan bilgisi	110
Şekil 4.67. Uygulama ortamındaki sinyal kalitesi ölçüm sonuçları	110
Şekil 4.68. Sinyal güçlendirici antenlerin çiftlikteki konumları	111
Şekil 4.69. Genel ağ diyagramı.....	113
Şekil 4.70. Çiftlik bina içi cihaz konumları	113
Şekil 4.71. Şarj ünitesi devre tasarımı	114
Şekil 4.72. Şarj ünitesi uygulaması.....	114
Şekil 4.73. Birinci cihazın kaplama çizimleri.....	115
Şekil 4.74. 3D yazıcı üretim parametreleri	115
Şekil 4.75. İkinci cihazın kaplama çizimleri.....	116
Şekil 4.76. Üçüncü cihazın kaplama çizimleri	116
Şekil 5.1. Hayvan bilgileri ekranı	118
Şekil 5.2. Hayvanların grup dağılımları.....	118
Şekil 5.3. Birinci cihazın kanül boşluğuna uygunluk testi	119
Şekil 5.4. Birinci cihazın uygulaması	120
Şekil 5.5. pH verilerinin otomasyondaki görüntüsü	122
Şekil 5.6. Pedometrenin çiftlik içindeki uygulama resimleri.....	123
Şekil 5.7. Adımsayardan gelen verilerin otomasyondaki görüntüsü	124
Şekil 5.8. Konum bilgisi gönderen cihazın uygulama resimleri.....	125
Şekil 5.9. Otomasyon ekranında hayvan konumlarının görünümü	125
Şekil 5.10. IoT cihazlarından gelen sensör verilerinin görüntüsü	126
Şekil 5.11. Veteriner hekim uygulama ve aşı bilgileri raporlama çıktısı	127
Şekil 5.12. Hayvan aşı girişi ekranı	127
Şekil 5.13. Alarm sisteminde hayvana özel anormal verilerin görüntüsü	128
Şekil 5.14. IoT cihazına bağlı sensörün alt ve üst limit belirlendiği kısım.....	128
Şekil 5.15. IoT MAC adresi ile küpe numarası eşleme ekranı	129
Şekil 5.16. Uygulamada kullanılan cihazlar	130

1. GİRİŞ

Hayvancılık, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de nüfusun artışına bağlı olarak insanların dengeli beslenmesinde, yeterli gıdayı almalarında ve birçok alanda hem gıda hem de endüstri hammaddesi olarak kullanıldığından önemli bir konuma sahiptir. Büyükbaş hayvancılık ve besicilik, inek, sığır, öküz, manda gibi hayvanların yetiştiriciliği demektir. Besicilik hem süt hem de kırmızı et üretiminde ülkenin gelir kaynaklarına doğrudan etki etmektedir. Günümüzde birçok insan büyükbaş hayvan yetiştiriciliği yapmaktadır. Nüfus artışıyla beraber kişi başına düşen kırmızı et ve süt tüketim miktarlarının azaldığı görülmektedir. Türkiye İstatistik Kurumunun (TÜİK) 12 Şubat 2019 tarihinde yayınladığı 30703 sayılı haber bülten raporuna göre kırmızı et üretimi bir önceki yılın son çeyreğine bakıldığında %12,1, sığır eti üretimi %7,8 oranında azalmıştır (TÜİK, 2019a). TÜİK'in 13 Şubat 2019 tarihinde yayınladığı 30714 sayılı raporunda, süt ve süt ürünleri üretimi bir önceki yıla göre %5,3 oranında azalmıştır (TÜİK, 2019b). Bazı ülkelere kıyasla ülkemizde kişi başına düşen kırmızı et tüketimi daha düşüktür. Çizelge 1.1'de diğer ülkelere göre kişi başına düşen kırmızı et tüketimi gösterilmektedir (OECD, 2021). Et fiyatlarındaki artışlar da bunu destekler niteliktedir. Bu sebeple büyükbaş hayvancılıkla uğraşan insan sayısının artması artık bir ihtiyaç haline geldiği gibi mevcut yetiştirici işletme verimliliklerinin artırılması da oldukça önem ve destek verilmesi gereken bir konudur.

Çizelge 1.1. Ülkelere göre fert başına düşen kırmızı et tüketimi

Ülkeler	Kişi başına düşen kırmızı et tüketimi (kg)
Arjantin	36,0
Amerika Birleşik Devletleri	26,0
Brezilya	24,4
İsrail	24,1
Avusturalya	18,1
Kanada	16,0
OECD Ülkeleri - Ortalama	14,4
Norveç	12,6
İsviçre	12,5
Türkiye	11,1
Rusya	10,1
Mısır	8,0

Kaynak: OECD Agriculture Statistics: OECD-FAO Agricultural Outlook (Edition 2021-2030)

Hamileyim

Süt verimim düştü

Asidozis hastalığı başlıyor

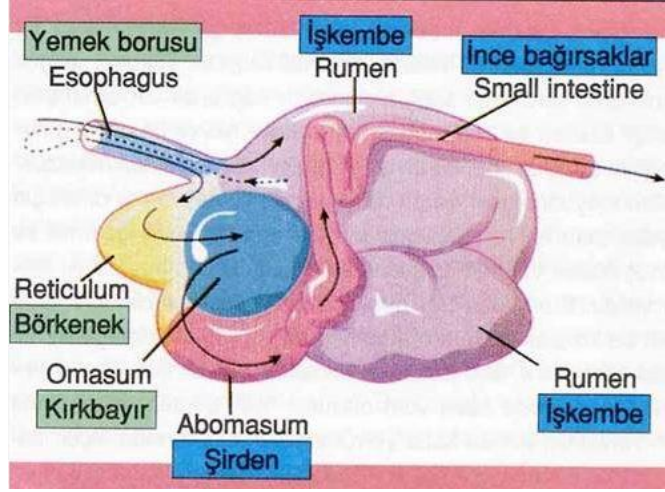
Hastayım

Kızgınlık dönemim geldi
Tohumlanmaya hazırım

Doğumum başlıyor

Geviş getirmeyi bıraktım

Büyükbaş hayvanların süt ve doğurganlık verimliliklerini düşüren bazı hastalıklar mevcut olduğu gibi strese girmeleri de buna sebep olan diğer faktörler arasında olabilir. Örneğin büyükbaş hayvanlarda belli başlı rahatsızlıklar içinde, sindirime bağlı olarak rumen (işkembe) asidozu, kızgınlık döneminin bilinmemesi ve strese bağlı yem yeme isteksizliği gibi durumlar olabilir. Bunlar hayvanın ve sürünün verimini düşüren etkenler arasındadır. Bu rahatsızlıkların tespiti, hayvanın beslenmesinin ve günlük davranışlarının düzenli olarak izlenmesi ile sağlanabilmektedir. Geviş getiren canlılar (ruminantlar) tek midelilerden farklı olarak, rumen (işkembe), retikulum (börkenek), omasum (kırkbayır) ve abomasumdan (şirden) oluşan dört bölmeli bir mide yapısına sahiptirler (Özel ve Sarıçiçek, 2009). Şekil 1.2’de ruminantların mide yapısı gösterilmiştir.



Şekil 1.2. Ruminantların mide yapısı

Büyükbaş hayvanlarda sindirim sistemine bağlı olan hastalıklardan asidozis önemli bir yere sahiptir. Hayvan türlerinin ve genetik yapılarının gelişmesi ve onlardan istenen verimin her geçen gün artması, günlük yem miktarı kullanımını ve tiplerini değiştirerek artırmıştır. Kullanılan kaba yemlerin yem verme rolündeki eksikliği ile birleşince asidozis hastalığına yakalanma durumu artmaktadır. Asidozis hastalığı, karbonhidrat temelli yemlerin hayvan tarafından çok fazla şekilde yenmesi ile oluşabilmektedir. Gereğinden çok bu şekilde yemlenen hayvanın midesinde ortaya çıkan asidik durum, rumen pH değerinin düşmesine sebebiyet verir. Rumen içindeki pH değeri, yemlenme miktarına, sindirilme hızına, genetik yatkınlığa ve rumen içindeki asitlerin çoğalmasına bağlı olarak gün içinde farklı değerlerde görülebilir. Normal sağlığında olan bir hayvanda fonksiyonlarını doğru şekilde gerçekleştiren bir rumen ortamının pH'ı oldukça önemlidir. Çünkü rumen ortamının mikrobiyel çeşitliliği ve fermente neticesinde ortaya çıkan ürünlerin emilimi pH ile doğrudan ilgilidir. Asidozis hastalığının belirtisi, rumen ortamındaki pH değerinin 5,0'ın altına düşmesiyle baş gösterebilir (Anonim, 2014). Toplam protoza sayısının azalmasıyla birlikte rumenin çalışma fonksiyonları bozulur ve yağ asitleri çoğalarak hayvanın ölümü ile sonuçlanabilir. Asidozisi tespit ve kontrol etmek oldukça zor ve önemli bir sürü takip işlemidir.

Rumen bölgesindeki pH değerinin ölçülmesi ve kayıt altında tutularak incelenmesi hayvanın ve sürünün sağlığı için oldukça önemlidir. Ayrıca vücut ısılarının da kayıt altına alınarak takip edilmesi olası bulaşıcı hastalıkların tespitinde göz önünde bulundurulması gereken bir parametredir.

Süt sığırlarının her yıl bir adet buzağı vermesi yetiştiriciler tarafından başarılı ve hedeflenen bir durumdur. Bunun sağlanabilmesi için hayvanın doğru zamanda tohumlanması oldukça önemlidir (Aydınoğlu, 2018). Doğru zamanda tohumlama yapılabilmesi, ineğin kızgınlık anının tam belirlenebilmesine bağlıdır. Kızgınlık durumu, düzenli aralıklarla, gelişmiş ve doğum yapabilir bir sığırın hamile kalıncaya kadarki süre içerisinde eşeyssel üreme isteği gösterdiği veya çiftlikteki çiftleşmeye hazır boğayı kabul ettiği içgüdüsel dönemdir. Ortalama 21 günlük üreme döngüsü içerisinde, esas kızgınlık süresi, kızgınlığın başlamasından sonraki 12. ve 18. saatleri arasındadır. Bu süreç yaz aylarında sıcaklık durumuna bağlı olarak 10 saatten daha az süreye de inebilir (Göncü, 2011). Kızgınlık dönemi hayvanlar arasında bireysel farklılıklar göstermektedir. Kızgınlık dönemi yaşayan hayvanlar genellikle gece saatlerinde daha hareketli davranışlar sergilediği gibi genellikle belirtilerini, etrafta gürültünün olmadığı gece saatleri ile çiftliğin sakin olduğu sabah saatleri esnasında gösterirler. Gece saatlerinde daha çok görülen kızgınlık belirtilerinden dolayı ineklerin doğru zamanda tohumlanamaması mümkündür. Önemli kızgınlık belirtilerinden birisi, bu döneme girmiş hayvanların özellikle ayakta durmaları ve bulundukları yerde uzun süre kalmaları ve zor hareket ettirilmeleridir. Farklı kızgınlık çeşitleri mevcuttur, örneğin gizli kızgınlık gösteren hayvanlarda bazı durumlarda dışarıdan hiçbir kızgınlık belirtisi fark edilemeyebilir (Anonim, 2018). Ayrıca kızgın inekler sürü içerisinde kızgınlığı yaklaştırmakta olan diğer ineklerle beraber yan yana gelerek ayrı bir grup oluşturabilirler (Anonim, 2018).

Tüm bu belirtiler göz önüne alındığında hayvanların beslenme parametrelerinin ve davranışlarının takibi gerekmektedir. Bu belirtileri doğru tespit etmek, erken teşhis ve tedavi açısından önemlidir. Bu da uzun süreli bir takip ve tecrübe istediğinden dolayı fazla insan gücü gerektirmektedir. İnsana bağlı olan kontrol sistemlerinin çoğunda mükemmele yakın bir verim alınması zor olmaktadır. Ruminantların sürüler halinde ve kalabalık olarak yaşadıkları göz önüne alındığında bu takip oldukça zorlaşmaktadır. Bir besi çiftliğinin büyüklüğü ve mevcut hayvan sayısı arttıkça verilerin kontrolü ve doğru zamanda bu verilere ulaşılabilirlik güçleşmektedir.

Büyükbaş hayvan yetiştiriciliği yapan bir işletmenin hem yönetim yapı tasarımının doğru ve geliştirilebilir bir şekilde yapılması, hem de uygun bir sürü yönetim sisteminin kullanılması, gelecekte karşılaşılabilecek olan birçok problemin daha erken önlenmesinde veya oluşabilecek risklerin yok edilmesi için alınması gereken önlemlerin zamanında müdahalesinde önemli rol oynamaktadır.

Modern hayvancılık işletmelerinin olmazsa olmazı olan, sürü yönetim uygulamaları, hayvanların kimliklendirilmesini, verilerin toplanmasını, analizinin yapılmasını ve kayıt altında tutulmasını sağlayan programlardır.

Özellikle süt üretimi yapan işletmelerdeki sığırların bireysel davranışlarının doğru ve sürekli şekilde analizi, süt verimliliğinin ve hayvan refahının geliştirilmesine yardımcı olan önemli bir unsurdur. Hayvan sürülerinin çiftlik içerisinde ve dışında izlenmesinde insan odaklı gözlemi en aza indirmek için farklı teknolojilere yönelme olmuştur. Bu sistemler, çiftlik verimliliğini yükseltmek, bulaşıcı hastalıklara karşı sürüyü korumak, hastalıkların erken teşhis ve müdahalesini sağlamak, sürünün kontrolünü anlık olarak izlemek ve çiftlik işletmesini güçlü bir yapıya ulaştırmak için gereklidir.

Haberleşme teknolojilerinin ve yapay zekânın kuvvetli bir şekilde ilerlemesiyle günlük hayat içerisinde verilerin bulut sisteminde toplanması, yorumlanması, kayıt altına alınarak izlenmesi ve karar verme algoritmalarının oluşturulması büyük önem kazanmaktadır. Nesnelerin İnterneti (Internet of Things, IoT) teknolojisi ile dünyayı gözlemleme yeteneğine sahip, veri işleyebilen, verileri analiz edebilen ve karar verme işlemleri gerçekleştirebilen, kablosuz algılayıcılar yardımıyla canlı cansız nesneleri tanımlayabilen sistemler geliştirilmeye başlanmıştır. IoT teknolojisinin omurgasını Makineden Makineye İletişim (M2M) oluşturur. IoT destekli cihazlar, internet üzerinden birbirleriyle konuşabilir ve böylece kendi aralarında veri aktarımı yapabilirler. Bu özelliğinden dolayı IoT teknolojilerinin verdiği olanaklarla, akıllı şehir, akıllı ev, akıllı trafik, akıllı tarım ve biyomedikal sistemlerinin yanı sıra bu tez çalışmasına da konu olan akıllı çiftlik ve hayvancılık alanlarında da kullanımı günden güne artmaktadır.

IoT, hakkında çok fazla araştırma çalışması olduğundan ve halen gelişmesi devam eden bir teknoloji olması sebebiyle birçok tanımı bulunmaktadır. Casagras'ın final raporunda (Coordination and Support Action Global RFID-related Activities and Standardization), fiziki donanıma sahip nesneler ile sanal nesneler arasında iletişimi kuran, veri üretilmesi ve üretilen verilerin paylaşımını sağlayan küresel bir altyapı olduğuna vurgu yapılmıştır. Nesnelerin ortak çalışma yapabilmesine ve internetin olduğu her ortamda çalışabilme olanağı verdiğine yer verilmiştir (Casagras, 2012).

IoT tanımı ilk defa 1999 yılında Kevin Ashton tarafından Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nün Auto-ID laboratuvarı tarafından geliştirilmiş ve Procter&Gamble firmasının tedarik zincirinde kullanılmaya başlanan Radyo Frekansı

ile Tanımlama (RFID) teknolojisi ile internet ile haberleşen nesnelerin oluşturduğu ağı isimlendirmek amacıyla ortaya konmuştur (Ulaş, 2015). Bu tanım, internete bağlanabilen bilgisayarların ve mobil cihazların dışındaki "şeylerin" internet ortamına girmesinden bahsetmektedir. Birbirleri ile konuşabilen ve haberleşebilen cihazların sadece bilgisayarlardan ibaret olmadığı, yapısında mikrodenetleyici barındıran "her şey" olarak tanımlanmıştır. Sonuçta kavram, Nesnelerin İnterneti şeklinde bir karşılık bulmuş ve bu tanımlama diğer araştırmacılar tarafından da kabul görmüştür. IoT, GE (General Electric) Türkiye tarafından 4. sanayi devrimi olarak tanımlanmıştır. Dijital Devrim'in ülkemiz gibi teknoloji zor üreten ve gelişmiş ülkelere nazaran düşük ekonomik duruma sahip ülkeler açısından günceli yakalamak için faydalı olacağı öngörülebilir. Ülkemiz teknolojik ürünlere çok para ödemek zorunda olan bir ülke olduğundan bu dijital devrim ile teknoloji giderek ucuzlayacağından büyük ve karmaşık yaşamı kolaylaştıran IoT ağları kurulabilir, organizasyonunu sağlanabilir ve bu pazarda söz sahibi olup ekonomiye katkıda bulunulabilir. IoT, insanlar, makineler ve farklı nesneler arasındaki iletişim dünyasını incelemede önemli rol oynamaktadır. Nesnelerin kimliklendirilip internet ağına girmesiyle, anlık olarak izlenmeleri, verilerin toplanıp işlenerek yeni bir bilgi üretmek mümkün olmaktadır.

Kısacası IoT insanlar, hayvanlar, araçlar, cihazlar ve benzeri birçok "şeyin" kendi ve birbiri arasındaki hareketlerini anlamlandırmaya yaramaktadır. IoT'yi bu kadar önemli hale getiren, donanımların hem birbirleri ile hem de sayısal diğer cihazlarla, örneğin bilgisayarlarla ve yazılımlarla haberleşmeyi sağlıyor olmasıdır. Bu olanak cihazların çoklu nokta prensibi ile bulut bilişim sistemleri üzerinden gerçek zamanlı verileri izlenmesine ve yorumlamasına imkân sağlamaktadır.

Bu tez çalışmasında; insan gözlemine bağımlılığını sonlandırmak için bazı büyükbaş hayvan hastalıklarının teşhisinde etkili olabilecek, hayvan besleme parametre ve davranışlarının kayıt altına alınarak, verilerin kontrolünü takip etmeye yardımcı olan bir sistem geliştirilmiştir. Tasarlanan devre ile rumen bölgesinden pH ve sıcaklık değerlerinin kablosuz olarak alınması sağlanmıştır. Mevcut olarak bu işlem, hayvanın rumen bölgesinden kanül içinden kablolu pH ölçerler kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Anlık veri takibinden söz edilmesi mümkün değildir. Hayvanın çiftlik içindeki ve dışındaki mevcut konumunu, deri sıcaklığını ve kızgınlık belirtisi olan adım sayılarının tespiti için yine kablosuz olarak veri almayı sağlayan gömülü bir sistem geliştirilmiştir.

1.1. Tezin Amacı ve Önemi

Günümüzde hayvandan elde edilen gıdalara ihtiyaç, artan nüfus ile doğru orantılı olduğundan hayvan sayısı da artmaktadır. Bununla beraber hayvan sayısının artışına bağlı olarak geniş alana sahip yerleşke ve bu hayvanlarla ilgilenmesi gereken insan gücü ihtiyacı da artmaktadır. Bir çiftlikte yüzlerce hayvan olduğunu varsayarsak her bir hayvanın farklı davranışlarını izlemek için çok fazla insan gücüne ihtiyaç duyulması normaldir.

Endüstride birçok akıllı çiftlik uygulamaları ve sürü yönetim sistemleri bulunmaktadır. Yapılan uygulama ve yazılımların birçoğunda çiftlik ortamının turnike sistemiyle şekillendirilmesi, ahırın fiziksel olarak donatılması gerekliliği vardır. Bu çalışmada ise her türlü çiftlik ortamında çalışabilen, hayvanların üzerine yerleştirilen algılayıcılar ile hayvanın davranış ve besleme durum takibinin yapılması ve uyarı sistemi ile veteriner hekimlere yardımcı olan ve sorumlu kişilerin sürü takibini yapabilmelerini sağlayan bir yapı oluşturulmuştur. Bu suretle, çalışmanın her çiftlik yapısında uygulanabilirliği önemlidir.

Türkiye bir tarım ve hayvancılık ülkesi olduğundan, süt ve et ihtiyacının sürekli artması nedeniyle çiftliklerin teknolojik altyapılarının iyileştirilmesinin verimliliğe etkisi göz önüne alınmış, tez kapsamında IoT tabanlı, gerçek bir sürü yönetim sisteminin hem yazılım hem de donanım olarak geliştirmesi hedeflenmiştir. Geliştirilen bu sistem üzerinde tezde önerilen katkılar şu aşamalarda incelenmiştir: Her türlü çiftlik ortamında kullanılması, verilerin anlık olarak depolanması ve veri bütünlüğünde veteriner hekimlerin müdahale alanlarının arttırılması için yeni metotların geliştirilmesi sağlanmıştır. Çiftlik işletme sahiplerinin de sürülerinin takibinde kolaylık sağlaması hedeflenmiştir. Hayvancılık alanında sürü yönetim sistemi uygulamalarında kullanılmak üzere aşağıdaki maddelerde belirtilen hedeflere ulaşmak için yeni tip akıllı çiftlik, hayvan takip ve izleme yöntemlerinin gerekli olduğu görülmektedir.

- Türkiye’ de fazla sayıda büyükbaş yetiştiren işletmelerde hayvan takibinin sistemsal olarak yapılması,
- Çok çeşitli hastalıkların belirtileri olan, yeme, içme ve hareketlerdeki değişikliklerin sadece insan gözlem yolu ile değil, bu sistemle makinelerden faydalanılarak analizlerin yapılabilmesine imkân vermesi,
- Hayvanların rumen pH ve sıcaklık değerlerinin sürekli kayıt altına alınması ve değerlendirilmesi,

- Hastalıklara erken teşhis önerisi sunması,
- Hayvanların gün içindeki davranışlarının kayıt altına alınması,
- Kızgınlık dönemlerinin doğru tespiti ile döllenme dönemi takibinin sağlanabilmesi,
- Süt verimliliğine olumlu katkıda bulunmaya olanak sağlaması,
- Hayvanların adım sayısı ve sürelerinin gerçek zamanlı takibine olanak sağlaması.

Ülkemizdeki hayvan çiftliklerinde çoğu hayvan hastalıklarının önceden teşhis edilememesinden ve bundan dolayı tedavi uygulanamamasından kaynaklanan ölümler meydana gelmektedir. Kızgınlık dönemlerinin doğru zamanda tespit edilememesi sebebiyle döllenme kalitesi yeterli seviyede sağlanamamaktadır. Bu durum üretilen sütün de kalitesinin düşüklüğüne sebebiyet vermektedir. Bu durum çok fazla hayvan telefne ve ekonomik açıdan kayba sebep olabileceği gibi bu hayvanlardan elde edilen gıdalar da insan sağlığını olumsuz etkilemektedir. Devamında sağlık için artan harcamalar ve ülke ekonomisine yükü de söz konusu olacaktır. Bu tez çalışması ile insan gözünden kaçabilecek, hayvanların gün içerisinde normal olmayan davranışlarının takibi sağlanmıştır. Hem bir sürü yönetimi hem de bir çiftlik yönetiminde olması gereken tüm modülleri otomasyon sisteminde barındıran bir sistem tasarlanmıştır. Sürü yönetim sistemi içinde, tasarlanan cihazlarla verilerin toplanıp, analiz edilerek, gerekli kişilere bildirmesine böylece erken teşhis ve tedavi uygulanmasına yardımcı olan gömülü bir sistem geliştirilmiştir. Çiftlik ortamında çalışan teknik personelin problemlere daha doğru müdahale yapabilmeleri sağlanmıştır. Tüm bunların kapsamında çiftlikler için dinamik bir sürü yönetim sistemi modeli tasarlanmıştır.

1.2. Tezin Organizasyonu

Tez çalışması toplam beş bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde; büyükbaş hayvanların beslenme ve davranışlarına bağlı olarak hastalık belirtilerine genel olarak değinilmiştir. IoT ve M2M teknolojileri hakkında tanımlardan, genel olarak bahsedilmiştir. Tezin önem ve amacı açıklanmıştır.

Kaynak araştırması tez çalışmasının ikinci bölümünü oluşturmaktadır.

Tez çalışmasını oluşturan donanım ve yazılım materyallerinden ve devre elemanlarından, cihazların genel yapısından, cihazlar için oluşturulan elektronik devrelerden materyal ve yöntem bölümü olan üçüncü bölümde değinilmiştir.

Uygulama kısmında tez kapsamında geliştirilen donanımsal cihazlar ve cihazların bağlı olduğu web tabanlı yazılım sisteminden bahsedilmiştir. Kablosuz veri iletimi uygulamasından, uygulama ortamındaki ağ alt yapısından bahsedilmiştir. Araştırma sonuçları ve tartışma kısmında, hayvan üzerinden alınan verilerin sunucuya aktarılması ve verilerin işleme yöntemlerinden bahsedilmiştir.

Beşinci bölümde ise; geliştirilen cihazların performansları, maliyet analizleri, çiftlik ortamındaki hayvanlar üzerindeki testler ve ölçüm sonuçlarına yer verilmiştir.

Son bölümde bu tez çalışması hazırlanırken yararlanılan kaynak listesine yer verilmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Koç Üniversitesi, Oktay Çetinkaya tarafından yapılan “Next-generation Internet of Energy Harvesting Things” doktora tezinde, IoT hizmetlerinin onarım ihtiyacı olmadan çalışmaları için elektronik alana dayalı yeni elektronik haberleşme (EH) tekniklerinin geliştirilmesine değinilmiştir (Çetinkaya, 2018).

Koç Üniversitesi, Ecehan Berk Pehlivanoğlu tarafından yapılan “Yeni Nesil Nesnelerin İnterneti için Enerji ve Spektrum Verimli İletişim Teknikleri” doktora tezinde, MH (moleküler haberleşme) literatürde bulunan bütün kipleme metotları ayrıntılı olarak karşılaştırılmıştır ve yeni bir kipleme metodu geliştirilmiştir (Pehlivanoğlu, 2018).

Koç Üniversitesi, Naveed Ahmed Abbasi tarafından yapılan “Sinir Sisteminin Nano-Bio Nesnelerin İnternetine Yönelik Bilgi ve İletişim Teorik Analizi” doktora tezinde, sinir sistemi ağında meydana gelen haberleşmenin Bilgi iletişim teknolojileri (BİT) bakış açısıyla analiz edilmesi araştırılmıştır. Biyo-Nano Nesnelerin İnterneti (BNNİ) uygulamalarının yapay nano-ağlar için üst bir yapı olabilirliği ortaya konmuştur (Abbasi, 2018).

Kocaeli Üniversitesi, Faruk Aktaş tarafından yapılan “Biyomedikal Uygulamaları İçin Nesnelerin İnterneti Tabanlı Gerçek Zamanlı Veri Toplama Ve İzleme Platformunun Geliştirilmesi” doktora tezinde, sağlık bilgi sistemleri için RFID teknolojileri ve KVAA (Kablosuz Vücut Alan Ağ) ile yeni bir IoT tabanlı veri toplama ve anlık izleme uygulaması geliştirilmiştir (Aktaş, 2018).

İstanbul Üniversitesi, Zeynep Turgut tarafından yapılan “Nesnelerin İnterneti İçin Hareketlilik Yönetimi” doktora tezinde, IoT tabanlı iç mekân ağlarda etkin bir konum belirleme yöntemi önerilmiş ve IoT ekosistemi oluşturulmuştur (Turgut, 2018).

Koç Üniversitesi, Murat Kuşçu tarafından yapılan “Biyo-Nano Nesnelerin İnterneti için Nano Ölçekli ve Biyo-ilhamlı İletişim Teknikleri” doktora tezinde, BNNİ'nin fiziksel katman sorunları araştırılmış ve nano ve makro ölçekli siber ağlar arasında kesintisiz iletişime olanak sağlayan tekniklerinden bahsedilmiştir (Kuşçu, 2017).

Gazi Üniversitesi, Sema Kayapınar tarafından yapılan “Nesnelerin İnterneti ile Kapalı Döngü Tedarik Zincirinde Müşteri Davranışlarının Etkisi” doktora tezinde, IoT tabanlı KDTZ (Kapalı Döngü Tedarik Zinciri) modelinde yeni bir matematiksel yöntem geliştirilmiştir (Kayapınar, 2017).

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Ercüment Öztürk tarafından yapılan “Nesnelerin İnterneti İçin Genel Amaçlı Yeni Bir Mimari Modelin Önerilmesi” yüksek lisans tezinde, mevcut IoT mimarileri araştırılmış ve yeni katmanlı bir IoT mimari model önerilmiştir (Öztürk, 2018).

İstanbul Şehir Üniversitesi, Furkan Yusuf Yavuz tarafından yapılan “Nesnelerin İnterneti için Siber Güvenlikte Derin Öğrenme” yüksek lisans tezinde, siber güvenlik içerisinde yönlendirme saldırılarına karşı hassas verileri koruma ve kayıpları azaltmak için derin öğrenme tabanlı bir güvenlik sistemi geliştirilmiştir (Yavuz, 2018).

Marmara Üniversitesi, Kemal Sedefçi tarafından yapılan “Endüstri 4.0 Bakış Açısıyla Nesnelerin İnterneti ve Müşteri Deneyimi Açısından İncelenmesi” yüksek lisans tezinde, IoT teknolojilerini kabul model olarak alıp ve müşteri deneyimi modeli temel alınarak IoT ve müşteri deneyimi arasındaki ilişkiye farklı metotlarla değinilmiştir (Sedefçi, 2018).

Marmara Üniversitesi, Kerem Aytaç tarafından yapılan “Hızlı Servis Restoranlarında Nesnelerin İnterneti Tabanlı Atık ve Servis Yönetimi” yüksek lisans tezinde, hızlı servis restoranları için IoT mimarisi altında algılayıcıdan gelen veriler işlenerek sistemin çeşitli tahminler, alarmlar ve akıllı kararlar verilebilmesini sağlayan bir çözüm önerilmiştir (Aytaç, 2018).

Kocaeli Üniversitesi, Eray Erken tarafından yapılan “Nesnelerin İnterneti Tabanlı Bebek Uyku Takip Sistemi Tasarımı ve Gerçeklenmesi” yüksek lisans tezinde, IoT kapsamında çalışan bir bebek uyku takip sistemi tasarlanmıştır (Erken, 2018).

İstanbul Bilgi Üniversitesi, Can Erdoğan tarafından yapılan “Nesnelerin İnternetinin Kamu Hizmetlerine İnovatif Etkileri ve Büyük Veri Yönetimi” yüksek lisans tezinde, IoT’nin hukuki zemine oturtulması, hukuki yaklaşımlar, yasal çerçeve ve yönetim şekilleri incelenmiştir (Erdoğan, 2018).

İstanbul Teknik Üniversitesi, Halil Gülaçar tarafından yapılan “Nesnelerin İnterneti Platformları İçin Makine Öğrenmesi Tabanlı Bir Tahmin Modülü” yüksek lisans tezinde, üzerindeki sensörler ile kısa ve uzun süreli hız ölçümleri yapan sensörlerden gelen veriler ile yan sensör özelliğinin olmadığı bir yöntem kullanılarak yeni bir yapı oluşturulmuştur (Gülaçar, 2018).

Necmettin Erbakan Üniversitesi, Salih Berkan Ateş tarafından yapılan “Akıllı Şebekeler Uygulamalarına Yönelik Nesnelerin İnterneti Tabanlı (IoT) Prototip Transformatör Merkezi Tasarımı ve Uygulaması” yüksek lisans tezinde, IoT teknolojisi

kullanılarak akım değerlerinin ölçülmesi ve kayıt altına alınmasını sağlayan bir transformatör merkezinin geliştirilmiştir (Ateş, 2018).

Sakarya Üniversitesi, Hina Jamil tarafından yapılan “Nesnelerin İnterneti İçin Gerçek Zamanlı Akış İşleme” yüksek lisans tezinde, gerçek zamanlı bir akış işlemek amacıyla IoT veri kümelerini işlemek için bir çözüm sunulmuştur (Jamil, 2018).

Ege Üniversitesi, Ahmet Cahit Yaşa tarafından yapılan “Nesnelerin İnterneti İçin Bir Veri Gösterim Modeli Geliştirilmesi ve Bulut Platformunda Saklanması” yüksek lisans tezinde, mevcut IoT uygulama alanlarına özel tasarlanmış veri modelleri incelenmiş ve soyutlama katman modeli oluşturulmuştur ve verilerin merkezi bir yapıda edilerek kontrolü sağlanmıştır (Yaşa, 2018).

Ege Üniversitesi, Engin Deniz Tümer tarafından yapılan, “Nesnelerin İnterneti Ortamındaki Veriler Kullanılarak Makine Öğrenmesi Algoritmaları ile Tahminleme ve Gerçek Zamanlı Veriler Üzerinde Karmaşık Olay İşleme” yüksek lisans tezinde, omur bölgesindeki bel fıtık ve disk kaymaları teşhisinde kullanılabilir WEKA ve Siddhi araçları birleştirilerek bir akıllı sistem geliştirilmiştir (Tümer, 2018).

Çankaya Üniversitesi, “IoT ile Akıllı Ev Tasarımı (Ev Otomasyonu)” yüksek lisans tezinde, IoT teknolojisi kullanılarak akıllı bir ev otomasyon sistemi çalışılmış ve var olan cihazların otomasyonu modern akıllı teknoloji desteği sağlanarak güvenlik algılayıcılarının izlenmesi ve kontrolü için bir uygulama yapılmıştır (Al-Samarraei, 2018).

Maltepe Üniversitesi, Uğur Kantekin tarafından yapılan “Nesnelerin İnternetinde COAP Protokolü ile Kablosuz Algılayıcı Ağların Güvenliğinin Sağlanması” yüksek lisans tezinde, Kablosuz alan ağları düğümleri arasında sağlıklı ve güvenli iletişimi sağlamak için DTLS ile CoAP güvenli protokolleri birlikte kullanılarak CoAPs Modeli tasarlanmıştır (Kantekin, 2018).

Trakya Üniversitesi, Işıl Çetintav tarafından yapılan “Nesnelerin İnterneti Uygulamalarında AES Blok Şifresinin Yazılımsal ve Donanımsal Performanslarının Karşılaştırılması” yüksek lisans tezinde, Bluetooth düşük enerji tabanlı IoT sistemleri üzerinde AES şifreleme metodunun yazılımsal ve donanımsal uygulamalarının karşılaştırılması ile güvenlik analizi yapılmıştır (Çetintav, 2018).

İstanbul Medipol Üniversitesi, Armed Tusha tarafından yapılan “Dar Bant IoT ve MMTC için İndeks Modülasyonlu OFDM” yüksek lisans tezinde, dar 5G bandının IoT üzerinde, az donanım karmaşıklığı, düşük güç tüketimi ve düşük veri oranı sağlayan bir öneri getirilmiştir (Tusha, 2018).

Gaziantep Üniversitesi, Mohamad Muddassır Ghoorun tarafından yapılan “Nesnelerin İnterneti Tabanlı Hibrit Ev Otomasyon Sistemi Android Uygulaması Üzerinden Kontrol” yüksek lisans tezinde, gömülü bir Linux sistemi ile düşük maliyetli Wi-fi yongalarının, özel bir Android uygulamasıyla etkileşimli mikro denetleyici birimleri ile tam TCP / IP yığını ile entegrasyonunun, fiziksel olarak bağlı donanımın gerçek zamanlı verilerinin alınarak akıllı telefon üzerinden anlık verilerin takibinin yapılabildiği bir mobil yazılım geliştirilmiştir (Ghoorun, 2018).

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Kerim Çağlar tarafından yapılan “Nesnelerin İnterneti ile Akıllı Sera Uygulaması” yüksek lisans tezinde, sera ortamında domates ve biber bitkilerinin daha verimli yetiştirmeleri için gerekli değerlerin takibi ve kontrolünü internet üzerinden sağlayan bir mobil uygulama sistemi tasarlanmıştır (Çağlar, 2017).

Boğaziçi Üniversitesi, Hüseyin Anıl Özmen tarafından yapılan “Sis ve Bulut Bilişim Paradigmalarından Yararlanan Nesnelerin İnterneti Tabanlı Ev Otomasyon Sisteminin Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi” yüksek lisans tezinde, ev ortamındaki değerlerin hem yerel hem uzaktan kontrolünü sağlayan bir otomasyon sistemi tasarlanmış ve uygulaması yapılmıştır (Özmen, 2018).

Ege Üniversitesi, Oğuz Aslan tarafından yapılan “Nesnelerin İnterneti Kapsamında Mağazalar İçin Akıllı ve Güvenli Bir Mobil Ödeme Sisteminin Geliştirilmesi” yüksek lisans tezinde, IoT ve bu kapsamda kullanılan RFID teknolojisi araştırılmış ve ticari mağazalarda ödeme işlemlerini daha güvenli hale getirmek için yeni bir mobil ödeme sistem önerisi geliştirilmiştir (Aslan, 2018).

Kocaeli Üniversitesi, Sinan Divarcı tarafından yapılan “Nesnelerin İnterneti İçin Güvenli Ağ Geçidi Tasarımı” yüksek lisans tezinde, şifrelenmiş bir altyapı sahip IoT uygulamalarında veri gizliliği ve bütünlüğü sağlayabilmek için mikrodenetleyici kullanılarak IPsec ve IKEv2 protokolleri gerçekleştirilmiştir (Divarcı, 2018).

İstanbul Ticaret Üniversitesi, Cem Gültunca tarafından yapılan “Nesnelerin İnternetinde Uygulama Katmanı Üzerindeki Haberleşme Protokollerinin İncelenmesi ve Deneysel Karşılaştırılması” yüksek lisans tezinde, IoT’nin uygulama katmanında görev yapan 4 farklı protokol hakkında bilgi verilmiş ve performansları arasında değerlendirme yapılmıştır (Gültunca, 2018).

Fırat Üniversitesi, Nashwan Adnan Othman tarafından yapılan “Güvenlik Uygulamaları İçin Nesnelerin İnternetinde Yüzlerin Tespiti ve Tanınması” yüksek lisans tezinde, düşük güçlü bir yonga ve internetten faydalanarak yüz tespiti, tanıma ve

vücut hareketlerini algılayan, böylece yüz tespiti sağlayan bir güvenlik alarm sistemi geliştirilmiştir (Othman, 2018).

Gazi Üniversitesi, Selma Dilek tarafından yapılan “Nesnelerin İnterneti Tabanlı Uzaktan Sağlık İzleme Uygulaması” yüksek lisans tezinde, IoT teknolojileri kullanılarak solunum, kan basıncı ve nabız gibi hayati bulguları, engelli veya yaşlı hastaların hareket kabiliyetlerini aksatmadan gerçek zamanlı olarak izleme ve uyarı verme imkânı sağlayan sistem önerilmiştir (Dilek, 2017).

Atatürk Üniversitesi, Abdülkerim Aydın tarafından yapılan “Eğitim Ortamlarındaki Fiziksel Değişkenlerin Nesnelerin İnterneti Uygulaması Kullanılarak Öğrenciler Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi” yüksek lisans tezinde, sınıf içerisindeki fiziksel değişkenlerin öğrenciler üzerindeki olumlu veya olumsuz etkilerinin belirlenmesi için gerçek zamanlı izlenmeye olanak sağlayan bir sistem tasarlanmıştır (Aydın, 2017).

Yıldız Teknik Üniversitesi, Erhan Yılmaz tarafından yapılan “Nesnelerin İnterneti Tabanlı Pil Yönetim Sistemleri Uygulamaları” yüksek lisans tezinde, yüksek maliyeti indirmek için IoT ve batarya yönetim sistemleri bir araya getirilip IoT temelli batarya yönetim sistemleri üzerinde bir çalışma gerçekleştirilmiştir (Yılmaz, 2017).

İstanbul Teknik Üniversitesi, Mehmet Can Güleren tarafından yapılan “Nesnelerin İnterneti Konseptinin Benimsenmesini Etkileyen Faktörler: Model Önerisi ve Testi” yüksek lisans tezinde, IoT alanındaki yansımaları inceleyebilmek amacıyla bireylerin yeni teknolojileri benimseme modelleri ve buna etki eden faktörler incelenmiştir (Güleren, 2017).

Düzce Üniversitesi, Ece Pazvant tarafından yapılan “Nesnelerin İnterneti Teknolojisine Sahip Ürünlerin Kullanım Niyetinin Teknoloji Kabul Modeli Kapsamında Değerlendirilmesi” yüksek lisans tezinde, IoT teknolojisine sahip ürünlerin tercih edilmeleri sağlayan temel faktörler anket yapılarak teknoloji kabul modeli ile incelenmiştir (Pazvant, 2017).

Erzincan Üniversitesi, Cansu Bektaş tarafından yapılan “Kablosuz Yerel Alan Ağlarında Nesnelerin İnterneti İçin Düşük Güç Tüketimli ve Güvenli Bir Arabirim Geliştirme Uygulaması” yüksek lisans tezinde kablosuz alan ağları kullanılarak bir nesneden verileri almayı ve uzaktan takip edebilmeyi sağlayan güvenli bir arabirim geliştirilmiştir (Bektaş, 2017).

Çankaya Üniversitesi, Ammar Jameel Hussein Al Byati tarafından yapılan “Nesnelerin İnterneti İçin Ölçeklenebilir, Güvenli ve Birlikte Çalışabilir Tasarım”

yüksek lisans tezinde, IoT için nesneler ve ilgili kişiler arasındaki oluşumları sanallaştırma ve onları son kullanıcıların her yerden kullanımına sunmasını sağlayan yeni bir tasarım önerilmiştir (Al Byati, 2017).

Sakarya Üniversitesi, Dini Abdurrahman tarafından yapılan “IoT Etkin Soğuk Zincir Lojistik Yönetim Sisteminin Modellenmesi ve Simülasyonu” yüksek lisans tezinde, soğuk tedarik zincirdeki sıcaklığa karşı hassas ürünlerin raf ömrünün doğru olarak bilinmesi için gerçek zamanlı veri izlemeye yardımcı olan IoT erişimli bir gömülü sistem geliştirilmiştir (Abdurrahman, 2016).

Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mehmet Bozoklu tarafından yapılan “Çevresel Veriler ile Gerçek Zamanlı Nesnelerin İnterneti Uygulaması” yüksek lisans tezinde, IoT uygulama alanları incelenmiş, meydana gelen güçlükler tartışılmış ve internet olmayan ortamlarda dahi Bilinçli Nesneler oluşturmak adına Bilinç Katmanı yapısı geliştirilmiştir (Bozoklu, 2016).

Selçuk Üniversitesi, Belkız TORĞUL tarafından yapılan “Nesnelerin İnterneti ile Kapalı Döngü Tedarik Zinciri Optimizasyonu: Yeni bir Model Önerisi” yüksek lisans tezinde, kapalı döngü tedarik zincirinde RFID etiketleri kullanılarak sağlanan kontrol yapısının faydaları incelenmiştir (Torğul, 2015).

Düzce Üniversitesi, Zeynep Bozdoğan tarafından yapılan “Nesnelerin İnterneti için Mimari Tasarımı” yüksek lisans tezinde, mevcut IoT katmanları incelenmiş, yeni bir mimari önerilmiş ve diğer modellerle karşılaştırması yapılmıştır (Bozdoğan, 2015).

Gazi Üniversitesi, Safiye Ulaş tarafından yapılan “Nesnelerin İnterneti Ekosisteminde Makineler Arası Özerk İletişim” yüksek lisans tezinde, literatürdeki IoT ve M2M mimarilerinin uygulama alanları ve iler günlerde tahmin edilen gelişme durumlarından bahsedilmiştir (Ulaş, 2015).

İstanbul Teknik Üniversitesi, Görkem Özvural tarafından yapılan “Nesnelerin İnterneti için Sistem Tasarımı ve Kablosuz Kişisel Alan Ağlarında Ağ Kodlama Uygulamaları” yüksek lisans tezinde, düşük güç tüketimli kablosuz CC2530 ZigBee ve WICED Wi-fi kullanılarak uçtan uca bir IoT altyapısı tasarlanmış ve üç düğümlü LR-WPAN test edilmiştir (Özvural, 2015).

İstanbul Şehir Üniversitesi, Ömer Erdem tarafından yapılan “HoneyThing: Nesnelerin İnterneti İçin Tuzak Sistem” yüksek lisans tezinde, TR-069 protokolü ile çalışan cihazlar için tuzak bir yapı geliştirilmiş ve nesnenin kullandığı sistem simule edilerek veriler kayıt altına alınmıştır (Erdem, 2015).

Kang ve ark., (2015) tarafından Kore’de domuz çiftlilerindeki yapılan bir araştırmada mevcut hayvanların kütlelerine göre yemleme yapılması IoT teknolojileri kullanılarak gerçekleştirilmiş ve yavruların benimsenmesi ve doğum kazaları çalışması deneysel olarak gözlemlenmiştir.

Williams ve ark., (2016) tarafından dört ay boyunca otlak alanlarında süt sığırlarından alınan konum verileri ile makine öğrenme algoritmalarından faydalanarak ham konum verilerinin alınması sağlanmıştır.

Huang ve ark., (2015) tarafından yapılan bir çalışmada hayvanları tanımlamak için IoT ile RFID destekli KAA kurulmuş ve veriler gözlenmiştir.

Songtao ve ark., (2015) IoT, hayvanların yaşam alanlarının geliştirilmesine değişik olanaklar sunmasına rağmen, hayvan yaşam alanı refahının doğru anlaşılması için uygun bilimsel çerçevelere uygun farklı yöntemlerle yeni sistemler geliştirilmesi ve uygulanması gerekliliğini belirtmişlerdir.

O. Ayhan ERDEM, (2013) Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisinde yayınlanmış makalesinde, kulak numarası ile kimliklendirilen büyükbaş hayvanların vücutlarına takılan RFID yongaları sayesinde doğru bir şekilde kontrol ve takibinin sağlayan çalışma ortaya koymuştur.

Kevin Mayer ve ark., (2004) “Kablosuz Sensör Ağları Kullanarak Sığır Sağlığı İzleme” makalesinde, hayvan davranışlarını izleme ve vücut sıcaklığının ölçülmesinden bahsetmiştir.

Jianhua Zhang ve ark., (2016) “Açık Hayvancılık Ortamı için Nesnelerin İnterneti İzleme Ekipmanının Tasarımı ve Geliştirilmesi” isimli makalesinde kümes hayvanlarının bulunduğu ortamdaki sıcaklık, nem, ışık yoğunluğu, rüzgâr hızı ve bazı gaz parametrelerinin ölçümünden bahsetmiştir.

Toby Mottram ve ark., (2008) “Süt ineklerinde klinik asidozu izlemek için kablosuz bir telemetrik yöntem” isimli makalesinde süt ineklerinin midesine yerleştirilen bir pH ölçer ile mide sıvısının pH seviyesinin ölçümünden bahsetmiştir.

Burak Yanıçlı ve ark., (2015) “Veterinerler için sensör tabanlı tanı destek sistemi: VET-DEY” isimli makalesinde algılayıcılar aracılığıyla sığır cinsi hayvanlara ait tıbbi verilerin kaydedilmesi ve veteriner hekimlerin bu veriler ışığında teşhis ve tanı yapmalarına destek amaçlı bir çalışmadan bahsedilmiştir.

Oliver Debauche ve ark., (2017) “Mobil cihaz merkezine dayalı web tabanlı sığır davranış hizmeti” isimli makalesinde Mera hayvanlarının konumu, gezinti alanları,

boyun hareketleri ve birden fazla sensörden (bu sensörler için iphone 4S kullanmıştır) veri olarak web tabanlı depolama sisteminden bahsetmişlerdir.

Amruta Awasthi ve ark., (2017) “Süt sığırlarının sağlık durumlarını izleme sisteminin geliştirilmesi için invaziv olmayan sensör teknolojisi” isimli makalesinde süt ineklerinin bir akıllı tasma yardımıyla hayvanın vücut sıcaklığı, ses seviyesi ve boyun hareketlerinin analizi yapılmıştır.

Lalu, K ve ark., (2015) “Importance of Rumen pH Monitoring” isimli makalesinde, rumen bölgesindeki pH değerinin izlenmesinin asidozis hastalığının erken teşhisinde ne derece önemli olduğuna değinmişlerdir.

Santoso, Leo ve ark., (2016) “Gerçek Zamanlı Veri Kaydedici ve pH Kontrol Cihazı için IoT” isimli makalesinde, gerçek zamanlı olarak IoT tabanlı bir pH değeri kontrol sistemi üzerine çalışmıştır.

Zhang ve ark., (2016) çalışmasında rumen ölçümleri için katı tip bir pH sensörü geliştirmişlerdir. Aralık deneyleri ile uzun süreli testler 18 günde tamamlanmıştır ve sonuçlar pH sensörünün, rumen pH ölçümleri için uzun süre istikrarlı bir performansa sahip olduğunu gösterdiklerini belirtmiştir.

Zhang ve ark., (2018) çalışmasında, her ölçüm için ultra düşük güç tüketimi olan ve 0.01 pH'lık hassasiyete sahip, katı tip pH sensörü, inek-rumenin gerçek zamanlı izlenmesi için geliştirmiştir.

Zhang ve ark., (2016) çalışmasında, Süt ineği-rumen ölçümü için katı tip bir pH sensörü geliştirilmiştir. İyi bir paketleme işleminden sonra, katı pH sensörü, rumenin günlük pH değeri aralığını algılayacak şekilde adapte edilmiştir ve geliştirilen sensör, çiftçilerin Wagyu ineklerinin sağlık durumunu verimli bir şekilde izlemelerine yardımcı olabildiği belirtilmiştir.

Zhang ve ark., (2016) 4 mAh güç tüketimine sahip ve ultra düşük bir enerji tüketiminin, gerçek zamanlı olarak izlenmesi için 0.1 pH değerinde oldukça yüksek hassasiyetli katı tipte bir pH sensörü geliştirmiş ve rumen hastalıklarının önlenmesinin yanı sıra gıda üretim verimliliğinin artırılması için önemli olduğunu vurgulamışlardır.

Zhang ve ark., (2017) süt ineklerinde wagyu-rumen ölçümleri için katı tip bir pH sensörü geliştirip pH sensörünün iškembe için uzun süre kararlı bir performans gösterdiğini belirtmişlerdir.

2016 yılında A. K. Yıldız tarafından hazırlanan doktora tezinde; yapay sinir ağları modelleri kullanılarak büyükbaş hayvanlarda kızgınlığın bağlı olduğu faktörlerin etkileri incelenmiştir (Yıldız, 2016).

Hilal ve ark., yapay sinir ağlarının süt sığırcılığı alanındaki uygulama çalışmalarını incelemişlerdir (Hilal ve Şahinli, 2022).

Özgüven ve ark., yaptıkları bir çalışmada piyasada bulunan adımsayar yaklaşımlarında tercih edilmiş kablosuz veri iletim yöntemlerini irdelemişlerdir (Özgüven ve Tan, 2017).

Fernades ve ark., RFID tabanlı IoT uygulamaları için ticari etiketlerin, tersine mühendislik ve güvenlik değerlendirmesini yapmışlardır (Fernandes, 2018).

Ferrari ve ark., hizmet kalitesi parametrelerinin üretim hattından buluta ve tersi yöndeki iletişim gecikmesi üzerindeki etkisini ortaya koymuşlardır. (Ferrari, 2018).

Patil ve ark., arduino ve veri madenciliği kullanarak akıllı tarım üzerine yardımcı olarak otomatik bir bitki sulama sistemi önermişlerdir (Patil, 2016).

Germani ve ark., LoRa LPWAN Kullanarak Kesintisiz Canlı Hayvan İzleme için yeni bir IoT Mimarisi önermişlerdir (Germani, 2019).

Ikhsan ve ark., Canlı hayvanları izleme de akıllı bir mobil Lora ağ geçidi önerisi irdelemişlerdir (Ikhsan, 2018).

Schofield ve ark., adım sayar yaklaşımıyla hareket verilerinin alınmasının daha kolay olduğunu onaylayan bir yaklaşım olduğunu ortaya koymuşlardır (Schofield, 1991).

Maatje ve ark., yaptıkları gözleme dayalı kontrolde, hayvanlar davranışlarını izleyerek kızgınlığı %78 oranında teşhis etmeyi başarmışlardır. (Maatje, 1997).

Firk ve ark., kızgınlığı belirleyebilmek için çok değişkenli istatistikler yaparak analizlerden yararlanmışlardır (Firk, 2003).

De Mol ve ark., en son kızgınlık yaşamış bir hayvanın bu süreden sonraki ilk kızgınlığının tespitinde, bulanık mantık algoritmaları ile davranış hareketlerini birleştirerek, bu uygulamanın çiftçilere daha yardımcı olacağını ele almışlardır. (de Mol, 1997).

Ferreira ve ark., hayvanlardaki takibin, normal davranışların dışına çıktığı durumlarda, son yaşadığı kızgınlıktan itibaren geçen dönemin özelliklerini ele alarak kızgınlık zamanının belirlenmesinde bulanık mantığa dayalı bir sistem kurmuşlardır (Ferreira, 2007).

Tzounis ve ark., tarım sektöründe kullanılan kablosuz sensör ağları ve IoT'nin yayılmasına yönelik zorlukları ve gelecek potansiyeli ortaya koymuşlardır (Tzounis, 2017).

Zervopoulos ve ark., kablosuz sensör ağlarıyla, tarımda sistemli ve senkronize ölçümler elde ederek düşük maliyetli bir sistem sunmuşlardır (Zervopoulos, 2020).

Zhang ve ark., besi hayvanlarının aktivite ve durum bilgilerini toplayan veri iletimi ve analiz sisteminin işletilmesi için bir platform önerisi sunmuşlardır (Zhang, 2018).

Memmedova ve Keskin çalışmalarında ineklerde hareketlilik ölçüsünden yararlanılarak kızgınlığın tespit etmek için bulanık mantık yöntemini kullanmışlardır (Memmedova ve Keskin, 2011).

2014 yılında yapılan bir çalışmada Türkiye'nin Karaman ilinde küçükbaş hayvan çiftliklerindeki sürüler incelenmiş ve sürü yönetim sistemleri alanında bilişim teknolojilerinden faydalanan ve eğitim almış personeller incelenmiştir. (Şahinli, 2014).

Taşkın ve ark., Türkiye'nin İzmir, Çanakkale ve Balıkesir illerindeki 234 adet keçi çiftliğindeki sürü yönetim durumunu incelemişlerdir (Taşkın et. al, 2017).

Özbeyaz ve ark., hayvanların beden dili üzerine yapılan bir araştırmada, sürü yönetiminin hayvanların refahı ve rahatlıkları için nasıl olması gerektiği incelenmiştir (Özbeyaz ve Özbostancı, 2020).

Türkiye'deki bölgelere ait süt sığırlarının robotik sürü yönetim sistemlerine sahip olma durumlarının analizini yapan bir çalışma incelenmiştir (Çıkrıkçı, 2019).

İzmir ilinin Ödemiş ilçesinde bulunan sığırcılık işletmelerinin sürü yönetim teknikleri incelenmiştir (Tatar ve Esenbuğa, 2022).

Türkiye'nin Niğde ili sürü yönetim personeli kurs programında yer alan çiftçilerin, koyun yetiştirme faaliyetleri üzerine yapılan bir araştırmada, sürü yönetim sistemlerinin öneminden bahsedilmiştir (Çınar ve Ceyhan, 2021).

Süt sığırcılığında sürü yönetimi alanında kullanılan çağdaş teknoloji uygulamaları üzerine değerlendirmeler incelenmiştir (Tömek, 2006).

Sığır besi işletmelerinde gözlem sonucu elde edilen yaklaşımlar ve alınabilecek önlemler konularını işlendiği bir araştırma incelenmiştir (Göncü ve Bozkurt, 2019).

Büyükbaş hayvan çiftliklerinde yaygın kullanılan hassas süt çiftliği teknolojileri ve kullanım amaçları incelenmiştir (Kaya ve Örs, 2013).

Çiftlik işletmelerinde ihtiyaç olan teknik ve finansal verilerin tutulmasına ve değerlendirilmesine yönelik bir bilgisayar yazılımı geliştirilmiştir (Aydın ve Günlü, 2009).

Türkiye'de hayvancılıkta kullanılan sürü yönetim sistemleri incelenmiştir (Karakuş, 2019).

Kablosuz sensör ağıları ile sürü yönetim sistemlerinin uygulanması çalışmasında canlı hayvan izleme uygulamaları için WSN tabanlı çözümlerin uygulanabilirliği incelenmiştir (Kwong, 2011).

IoT/M2M etkileşimine odaklanan, sürü yönetim sistem gereksinimlerini karşılayan yeni bir ağ geçidi tasarımı yapılmıştır (Nobrega, 2019).

Batı Avrupa mandıra sürülerinde ketozis ile ilişkili prevalansı, süt sürüsü yönetim sistemlerini ve buzağı klinik koşullarını belirlemek için bir saha çalışması yapılmıştır (Berge ve Vertenten, 2014).

Kuzey Etiyopya'da farklı sürü yönetim sistemleri altında Begait sığırlarının büyüme, üreme ve üretkenlik performansı için dengeli rasyonun sağlanmasının önemine vurgu yapan bir çalışma yapılmıştır (Mezgebe, 2018).



3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde öncelikli olarak IoT ve M2M ile ilgili genel bilgiler verilerek mimari çeşitlerinden bahsedilmiştir. IoT'nin kullanım alanları hakkında açıklayıcı bilgiler sunulmuş ve tez çalışmasında kullanılan materyaller hakkında ayrıntılı bilgiler verilmiştir.

İlk kısımda; ESP8266 destekli kablosuz haberleşme modülü barındıran Wemos D1 mini geliştirme kartı ile pH sensörü ve su geçirmez sıcaklık sensöründen oluşan bir cihazın, web tabanlı otomasyon ile internet üzerinden haberleşmesi sağlanmıştır. IoT cihazlarına takılan algılayıcılar mikroişlemci aracılığıyla web sunucudaki veri tabanına verileri anlık olarak iletmektedir. Geliştirilen cihazlar ve web tabanlı otomasyon, süt sığırlarında muhtelif hastalıkların teşhisine ve davranışların tespit edilebilmesine yardımcı ilave özelliklere sahiptir. Bu şekilde hastalıkların teşhisinde ve tanısında daha hızlı ve daha ekonomik bir süreç sağlanmış olacaktır. Geliştirilen cihazlar ve yazılımın çiftlik ortamında uygulanması ve nihayetinde bu alandaki işletmelere bir ürün olarak sunulması için işletmeler nezdinde girişimler yapılmıştır.

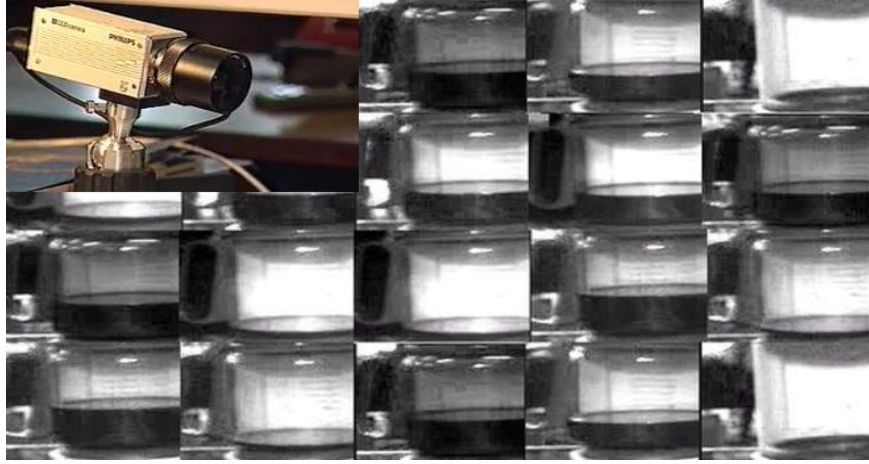
Ahır içerisinde veya açık alanda süt ineklerinin gün içerisindeki davranışlarını gerçek zamanlı kontrol etmeye ve izlemeye yarayan konum bilgilerini alan gömülü sistem ikinci kısımda bahsedilmektedir.

Bölümün üçüncü kısmında; hayvanların hareketleri, adım sayıları ve deri sıcaklığı gibi verilerinin izlenmesini sağlayan materyaller hakkında ayrıntılı bilgi verilmektedir. Hayvanın ayağına bağlanan bir ivmeölçer sensörü ile anlık adım sayılarının kayıt altına alınarak takip edilmesini sağlayan materyallerden bahsedilmektedir.

3.1. IoT ve M2M Genel Bilgiler

IoT'ye örnek sayılan ilk çalışma 1991 yılında Cambridge Üniversitesi'ndeki bir grup çalışan, farklı bir katta konumlanmış kahve makinesine ait görüntüyü basit bir web kamerası yardımıyla yerel alanlarında kurulu olan ağa gönderen küçük bir sistem geliştirmişlerdir. Cambridge Üniversitesi'nde yapılmış kahve makinesi ile ilgili uygulama görseli Şekil 3.1'de verilmiştir. Kurulan sistem dakikada üç defa kamera görüntüsünü alıp, tekrar tekrar güncel görüntüyü yenilemektedir (Kesby, 2012). 1993 yılında internet üzerine verilen bu görüntüler günde milyonlarca kez izlenmeye

başlanmış ve 2001 yılına kadar internet üzerinden bu görüntüler yayınlanmıştır. Daha sonra geliştirilen HTTP protokolü ile daha fazla yaygın hale gelen bu uygulama, araştırma bölümünün farklı bir binaya taşınmasıyla sona ermiştir (Kutup, 2011).



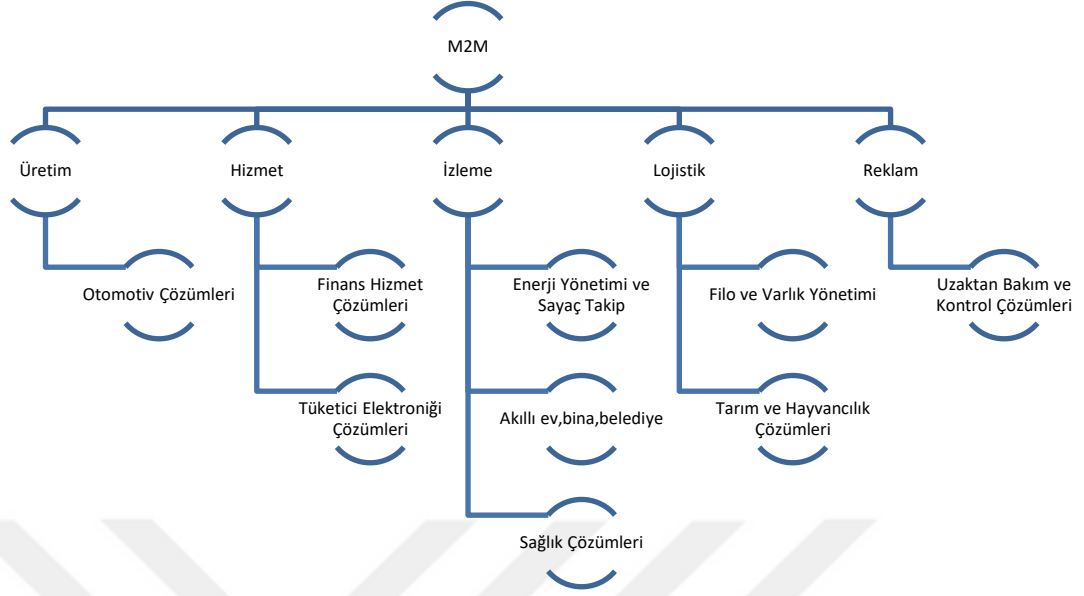
Şekil 3.1. Kahve makinesinden farklı zamanlarda alınmış görüntüler ve web kamerası

Projede bulunanlardan Dr. Stafford-Fraser: “Hayatımda bir daha yer aldığım hiçbir şey bu kadar heyecanlı bir kapsamda olmayacak ve bu sadece bir öğleden sonra için çılgınca bir fikirdi” demiştir (Kesby, 2012).

3.2. Makineler Arası İletişim (M2M)

Makine kavramı olarak, amacı bir işi yapmaya yarayan, haberleşme kabiliyeti kendinden olan ya da sonradan kazandırılabilen cihaz olarak tanımlanabilir. M2M, (Makineden Makineye İletişim) iki veya daha fazla sayıdaki makinenin, birbirleri ile protokoller yardımıyla veri alışverişi yaparak haberleşme kurmalarını sağlayan sistemlerin arasında insan müdahalesi olmaksızın ya da çok sınırlı insan müdahalesi bulunan makine odaklı bir iletişim şeklidir (Yiğitbaşı, 2011).

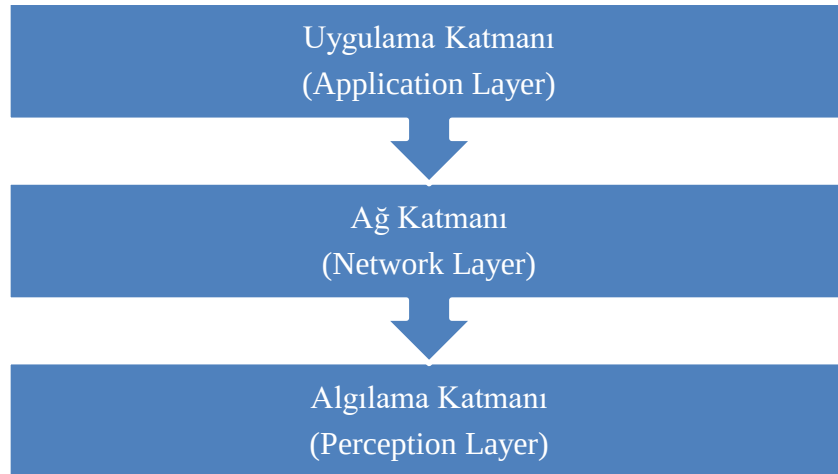
IoT kavramının omurgasını M2M oluşturmaktadır. Sistem, karar mekanizması için ise genel olarak merkezi bir sunucu barındırır. M2M, kablolu ve kablosuz sistemlerin protokoller yardımıyla uygun diğer nesneler ile haberleşmeye olanak sağlar. M2M ile, insan faktörünün tamamen devreden çıkabileceği ve sadece makineler arası veri alışverişinin sağlanabileceği, özel iletişim ortamlarıyla büyük kapasitede veri üretilip aktarılabilmesi düşünülmektedir (Ulaş, 2015). Şekil 3.2’de M2M hizmetlerinin ülkemizdeki yaygın görüldüğü alanlar gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Ülkemizde verilen M2M hizmetleri (BTK, 2013)

3.3. IoT ve M2M Mimarileri

IoT' ye ait çeşitli mimari kavram tanımları olsa da temel kabul edilen ve genel amaçlı mimari yapılardan birisi Şekil 3.3'te gösterilen üç katmanlı mimaridir.



Şekil 3.3. Üç katmanlı mimari model (Çavdar ve Öztürk, 2018)

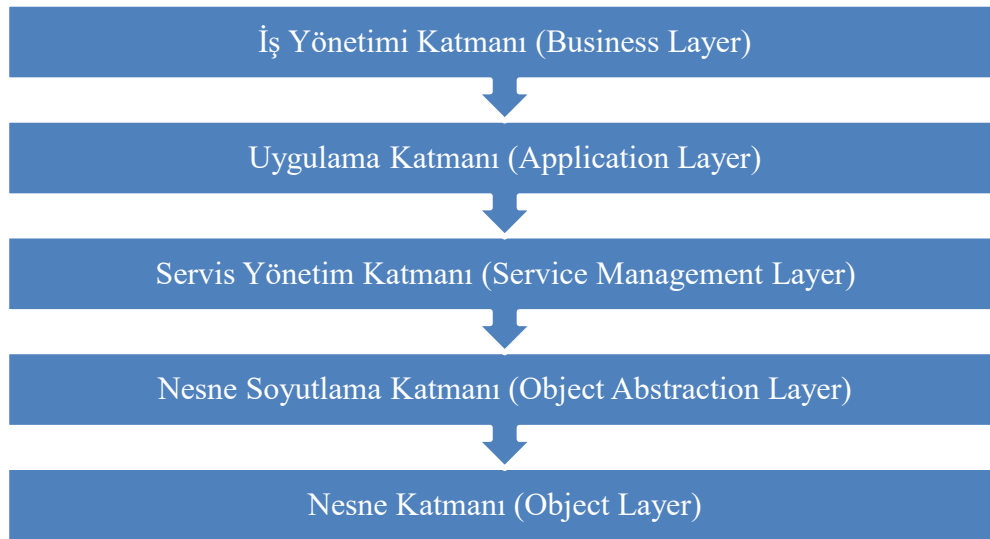
Algılama katmanı (Perception layer): IoT mimarisinin görme, işitme, dokunma gibi algılayıcıları olarak da adlandırılır. Nesnelerin kimliklendirildiği ve verilerin işlenmeden önceki toplanmasında rol oynayan katmandır. Algılayıcılardan

alınan çevresel ölçümler ve verilerin ayrıştırılması veya başka paketlere dönüştürülmesi için algılayıcıların yanında etiketleyiciler kullanılabilir. (Çeltek, 2012). Bu katman nesneleri tanıma ve nesneler hakkında veri toplama işlemlerinin gerçekleştiği katman olarak adlandırılır.

Ağ katmanı (Network layer): Temelde veri işleme ve paket iletiminin gerçekleştiği kısımdır ve sistemin beyni olarak da tanımlanır. İlk katmandan alınan verileri uygulama katmanına iletir. IPv4, IPv6, TCP, IP, LowPAN vb. gibi protokoller bu katmanda yer almaktadır (Z. Yang ve ark., 2011).

Uygulama katmanı (Application layer): Diğer iki katmanı tamamlayıcı, son kullanıcının verileri kontrol etmesini ve izlemesini sağlayan katmandır. (Z. Yang, ve ark., 2011).

IoT’de en fazla örnek gösterilen bir diğer mimari yapı ise Şekil 3.4’te gösterilen Uluslararası Haberleşme Birliği (ITU) tarafından geliştirilmiş 5 katmanlı mimari yapıdır (ITU, 2000). Diğer yapılara kıyasla farkı, en üst katmanda bir yönetim katmanının olmasıdır. Alt katmanlarda oluşan aksaklıklar veya yönlendirmelere müdahale edebilmeyi ve giderilmeyi sağlar. İşlem süreçlerinin ve işlemlerin gözlemlenebilir olduğu katmandır (Çavdar & Öztürk, 2018).



Şekil 3.4. Beş katmanlı mimari model (Çavdar & Öztürk, 2018)

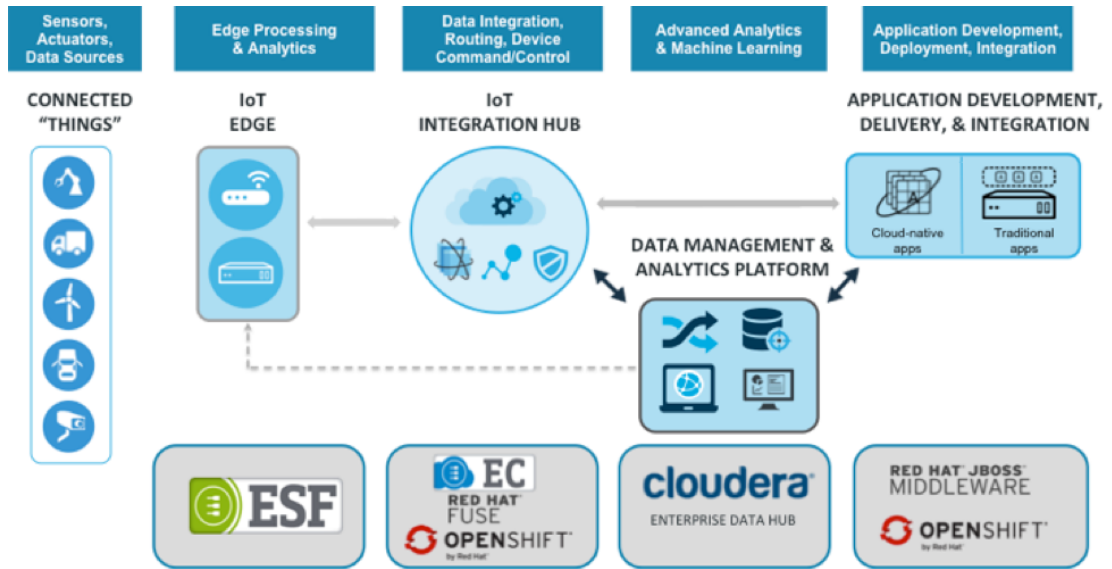
Üç katmanlı mimariden farklı olarak diğer katmanların yapısı incelendiğinde:

Nesne soyutlama katmanı (Object abstraction layer): Bir alt katmanda yer alan nesne katmanından alınan verilere uygun paketleri ekleyerek üst katmanda bulunan servis yönetimi katmanına iletmek için yönlendiren kısımdır (Çavdar & Öztürk, 2018). Veri iletimi, Zigbee, bluetooth, Wi-fi, 3G ve 4G gibi kablosuz teknoloji uygulamaları sayesinde gerçekleşmeye başlanmıştır (Çeltek, 2012).

Servis yönetimi katmanı (Service management layer): Sensörlerden toplanan verilerin isimlerinin istemciden gelen isteğe bağlı olarak bir servis yardımıyla karşılaştırıldığı katmandır (A. Al-Fuqaha ve ark., 2015). Verileri alınır, işlenir ve uygulama katmanına yönlendirilir (Z. Yang ve ark., 2011).

Uygulama katmanı (Application layer): Verilerin son kullanıcıya onların anlayabildiği şekilde sunulduğu katmandır. Başlıca özelliği verilerin kullanıcının istediği şekilde gösterilebileceği uygulama ve ortamların olmasıdır (A. Al-Fuqaha ve ark., 2015).

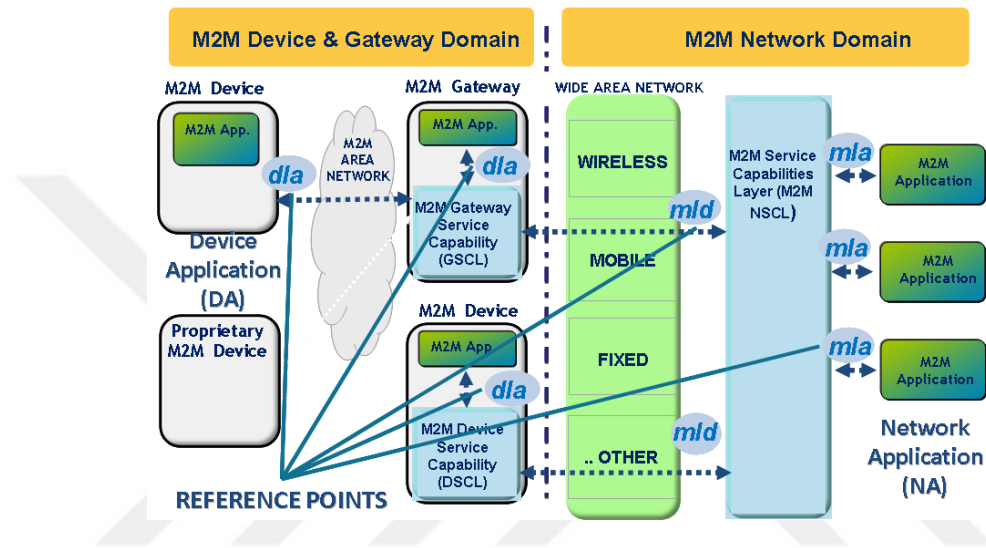
IoT günden güne ilerleyen bir teknoloji olmasından dolayı bulut sistemleri ve makine öğrenimi ortamı sunan Cloudera, Red Hat ve Eurotech ile birlikte Şekil 3.5'te gösterilen yeni, uçtan uca ve açık kaynak bir IoT mimarisi başlatmıştır (Anonim, 2018a).



Şekil 3.5. Cloudera'nın başlattığı yeni IoT mimarisi (Anonim, 2018a)

Endüstri 4.0 standartları üzerine kurulmuş bu IoT mimarisi tamamıyla bütünleşik ve esnek bir yapıya sahip olup hibrit ortamlarda çalışabilir. Kurulan bu mimari, büyük veri kullanan yapıların IoT ihtiyaçlarını güvenli ve hızlı bir şekilde karşılamak için oluşturulmuştur (Anonim, 2018a).

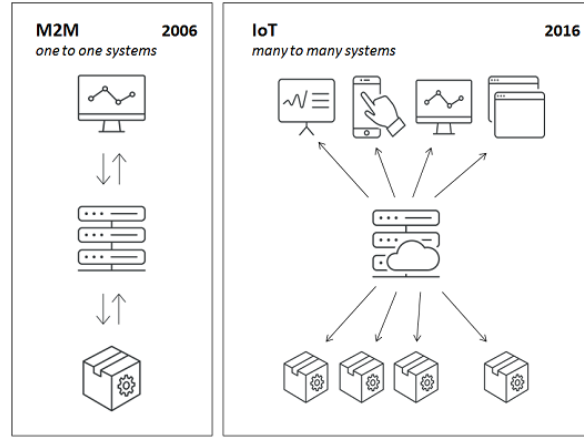
OneM2M standartlarına göre M2M mimarisinde ana yapı cihaz, şebeke ve uygulama alanı olarak üç temel kısımdan oluşmaktadır (OneM2M-TR-0002, 2013). Bu mimari yapı Şekil 3.6’da görülmektedir.



Şekil 3.6. M2M'nin fonksiyonel mimarisi

M2M cihaz alanı ve M2M ağ alanları yapısında ikiye ayrılmış mimari olup kendi içerisinde de alt alanlara bölünmektedir. Üçüncü sıradaki katman olan servis yetenekleri katmanının varlığı ile verilerin ölçeklenmesi arttırılmıştır. Uygulamalardan ve cihazlarından gelen istekler servis yetenekleri katmanında yorumlanır. (Oyuncu & Polat, 2017).

IoT ve M2M arasındaki bağlantı; M2M, farklı iki terminali birbirine bağlayan bir hat gibi düşünülebilir, IoT ise birden çok M2M'lerden oluşan, haberleşme imkânı sunan bir yapıdır. Bu iki kavram arasındaki yapı farkı Şekil 3.7’de gösterilmektedir.



Şekil 3.7. IoT ve M2M arasındaki fark

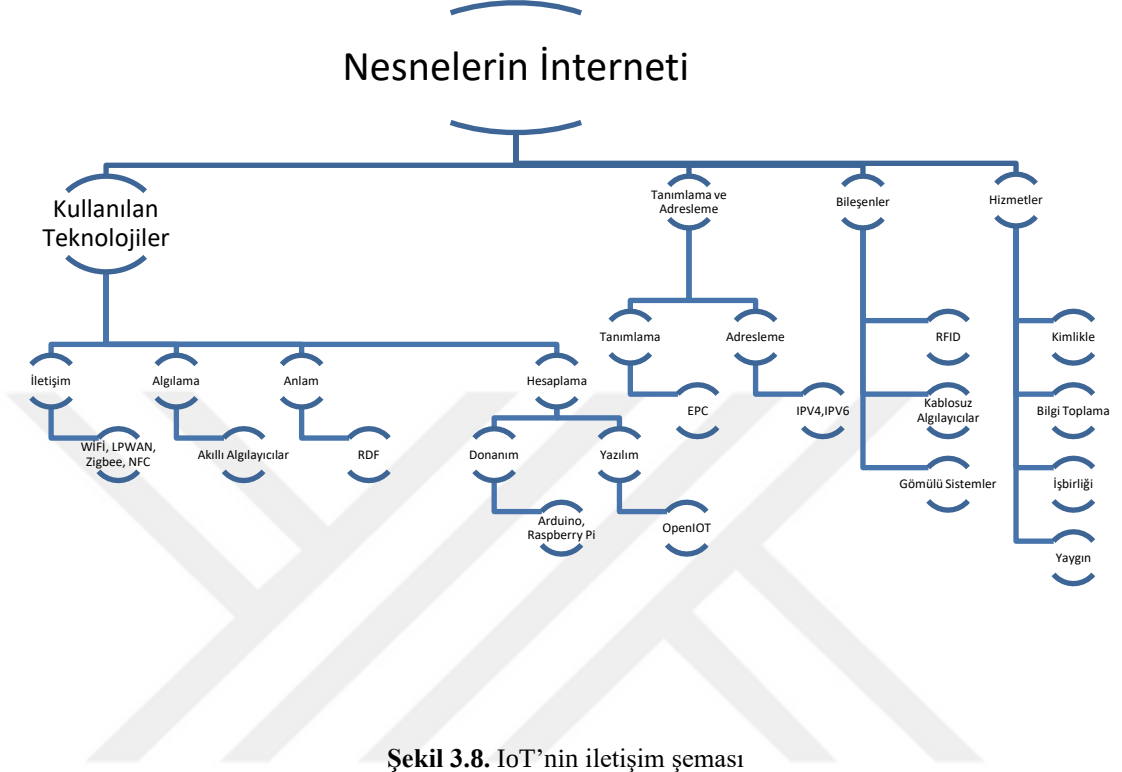
Soupal (2016) yaptığı çalışmada, M2M’den IoT’ye geçiş avantajlarından bahsederken aşağıda belirtilen 8 maddeye dikkat çekmiştir. Bunlar:

- Minyatürleşme; her nesnenin başka bir nesnenin içine girebilmesi durumudur.
- Donanım kullanılabilirliği; nesnelerin küçülmesi ile birlikte maliyetlerin düşmesi durumudur.
- Pil; halen gelişmekte olan bir alandır ve büyümenin temel taşıdır.
- Yeni bağlanma biçimleri; LoPWA, 4.5G ve 5G gibi yeni bağlantı sistemleri geliştirilmiş olmasıdır.
- Bulutlaştırma; büyük verilerin yorumlanması ve işlenmesi için kullanıcılara yardımcı olmasıdır.
- API’ler; farklı sensörleri farklı ortamlarla uygulamalarla bağlamayı sağlamaktadır.
- Akıllı telefonlar ve tabletler; taşınabilir cihazlar aracılığıyla verileri kullanıcıya sunulabilir olması durumudur.
- Büyük veri; artan veri boyutları, hacimleri ve yorumlama yetenekleri açısından geleceğin ve bugünün önemli yapılarından olmasıdır.

3.4. IoT İletişim Şeması

İletişim şeması, IoT ile ilgili bileşenler, kullanılan iletişim, algılama teknolojilerini ve IoT’nin yardımıyla verilen hizmetlerin kapsamını gösterir. Bu tez çalışmasında KAA (Kablosuz Algılayıcı Ağlar) ve gömülü sistemler bileşenleri ile Wi-fi iletişim teknolojisi kullanılarak kimlikle ilgili bilgi toplama ve hayvan sağlığı

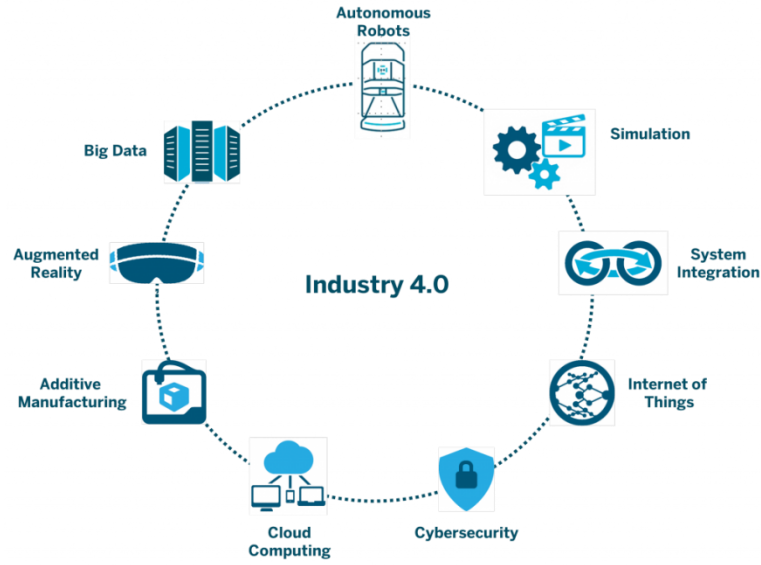
hizmetlerinde akıllı bir ortam uygulaması yapılmıştır. Genel Nİ içerisinde bulunan iletişim ögeleri Şekil 3.8’de gösterilmiştir.



Şekil 3.8. IoT'nin iletişim şeması

3.5. IoT ve M2M'nin Uygulama Alanları

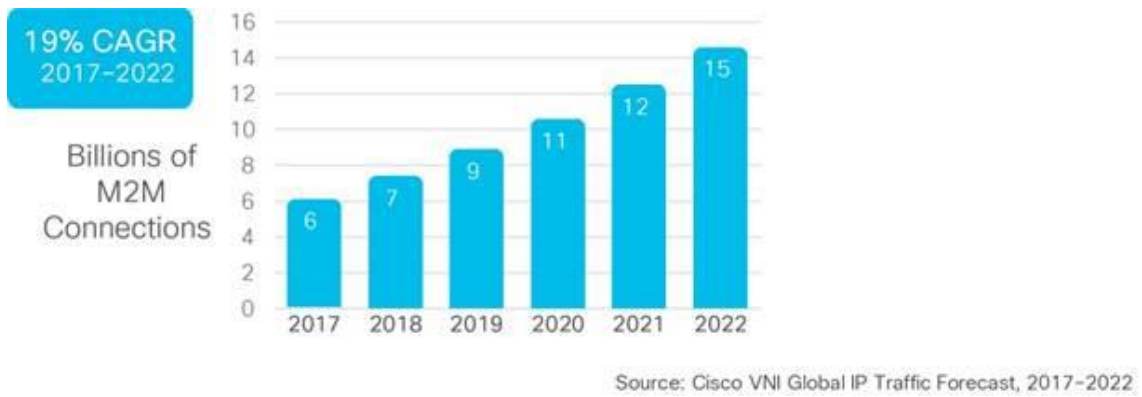
4. Sanayi Devrimi çok sayıdaki modern otomasyon sistemlerini, büyük veri alışverişlerini ve veri işleme teknolojilerini içeren bütünsel bir dönemdir (Kesayak, 2018). Şekil 3.9’da Endüstri 4.0’ın temel yapısı gösterilmiştir. IoT, dünyadaki ağa bağlanma yeteneklerine sahip tüm cihazların birbiriyle veri alışverişinde kullanıldığı, türlü nesnelere bütünleşik, algılayıcılar ve mikroişlemcilerle donatılmış sistemlerdir (Anonim, 2017b).



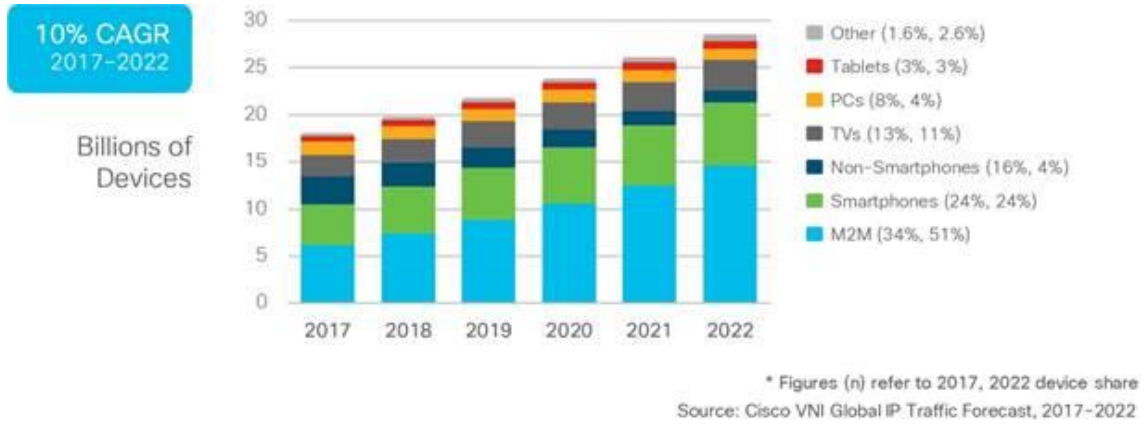
Şekil 3.9. Endüstri 4.0'ın yapısı (Kesayak, 2018)

Endüstri 4.0 ile birlikte ilerleyen teknolojik gelişmeler, internete bağlanan insan ve makine sayısının artmasına neden olmaktadır. CISCO VNI Forecast 2017-2022 yılları için internetin durumuna dair uzman tahminlerini ortaya koyar. Her geçen yıl daha fazla cihaz birbirine bağlanır ve internet trafiği büyümeye devam ederken bazı şaşırtıcı durumlar meydana gelmektedir. Sadece iki yıllık trafiğe bakıldığında, 2021 ile 2022 arasındaki tahmini yıllık IP trafiği artışı 923 exabayttır; bu, bir exabayt'ın bir kentilyonbayt'a eşit olduğu düşünüldüğünde büyük bir veridir (Chan, 2018).

Şekil 3.10'da CISCO verilerine göre internete bağlı M2M bağlantı sayıları tahminleri gösterilmektedir. Şekil 3.11'de ise internete bağlı cihaz sayıları gösterilmektedir (CISCO VNI, 2018).

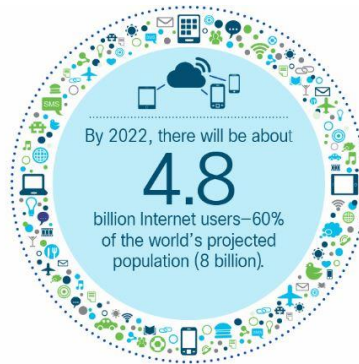


Şekil 3.10. 2022 yılında tahmini internete bağlı M2M bağlantı sayıları



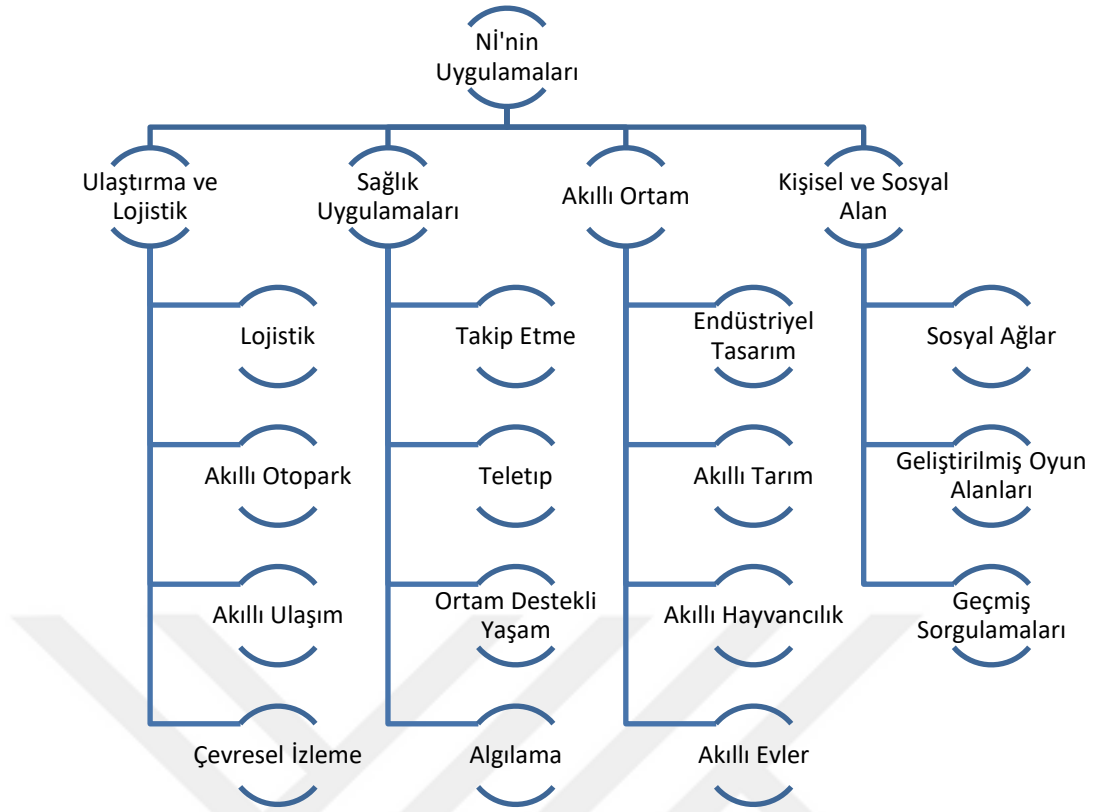
Şekil 3.11. 2022 yılında tahmini internete bağlı cihaz çeşitleri ve sayıları

Bu rakamlara göre, 2022 yılında dünya üzerindeki internete bağlı cihazların %51'ini M2M ve IoT cihazlarının oluşturacağı öngörülmektedir (CISCO VNI, 2018). 2022 yılında internete bağlı kullanıcı sayısının tahmini bilgileri Şekil 3.12'de gösterilmektedir (Chan, 2018). Bu sayı dünya nüfusunun %60'ına denk gelmektedir. 2023 yılının Ocak ayında yayınlanan rapora göre 2022 yılındaki bu rakamın 5,0 milyar olarak gerçekleştiği ve 2023 yılı sonu tahmini rakamı ise 5,3 milyar kullanıcı olarak öngörülmektedir (CISCO VNI, 2023).



Şekil 3.12. 2022 yılında tahmini internet kullanıcı sayısı

IoT, akıllı ev sistemleri, e-sağlık, ekolojik sistemler, tarım, hayvancılık, enerji, şehirler, ölçümler, endüstriyel kontrol, güvenlik ve acil durumlar, alışveriş, lojistik gibi birçok alanda kullanılır (Gökrem, 2016). Şekil 3.13'te IoT'nin uygulama alanları genel olarak gösterilmiştir. Bunların yanı sıra bu teknolojiler yenilenebilir enerji pazarında da kullanılabilmektedir (Khalil & Özdemir, 2018).



Şekil 3.13. IoT'nin uygulama alanları

3.6. Kullanılan İletişim Teknolojileri

IoT çalışmalarında rol alan nesnelerin karmaşık yapıda olması sebebiyle bu cihazların haberleşmesinde de çeşitli iletişim yöntem ve teknolojileri kullanılır. Wi-fi, IEEE 802.15.4, Bluetooth, Z-wave, LTE ve LPWAN bu teknolojilere örnek olarak gösterilebilir (Khalil & Özdemir, 2018). Amaç, sistem gereksinimlerine göre uygun bağlantı türünü seçmek, işlene verilerin etkin halde işletilmesini sağlamaktır (Bozdoğan, 2015).

3.7. IoT Nesneleri

IoT'nin gerçekleşmesi için temelde nesnenin internet ağına bağlanıp, üzerindeki en az bir sensör ile alınan değerlerin sunucu ortamına veya başka bir ağ cihazına aktarılması gerekir. Bunun için gerekli aşamalar; besleme ünitesi, mikroişlemci, sensörler ve internet bağlantısıdır. Örneğin bu tez çalışmasında geliştirilen birinci IoT cihaz içinde, rumen bölgesindeki pH ve sıcaklık verilerinin ölçülmesinde görev alan

materyallerden pH algılayıcısı, su geçirmez sıcaklık algılayıcısı, mikrodenetleyici ve besleme ünitesi bulunmaktadır.

3.7.1. PH sensörü

Sanayide pH ölçümü, ölçümü yapılan çözelti veya katı nesnenin içindeki asit veya bazik değerlerinin ölçülmesinde kullanılan ölçerler tarafından gerçekleştirilir. pH, bir sıvı çözeltisinin asitlik veya baziklik derecesini gösteren bir terimdir. 0'dan 14'e kadar olan bir aralıkta ölçülür. pH terimindeki p harfi, eksi logaritmanın matematiksel gösteriminden, H harfi ise hidrojenin kimyasal formülünden türetilmişlerdir. Saf suyun pH değeri 7,0'dır. Şekil 3.14'te örnek bir analog pH ölçer gösterilmiştir.



Şekil 3.14. pH sensörü

Bir çözeltinin pozitif iyonların çokluğu asidik, tam aksi durumda ise sıvının bazik olduğu anlamına gelir. Çizelge 3.1'de kullanılan pH ölçerin ve fabrika çıkışlı konnektörün teknik özellikleri listelenmiştir.

Çizelge 3.1. pH sensörü teknik özellikleri

Tanım	Teknik Özellik
Güç Modülü	+5,0V
Modül Boyutu	43mm x 32mm
Ölçüm Aralığı	0-14pH
Sıcaklık Ölçüm Aralığı	0-60 derece
Doğruluk:	± 0,1pH (25 santigrat derecede)
BNC konektörü	pH sensörü bağlanır
PH2.0 Arabirimi	(3-pin SMD)
Pot	Kazanç ayarı

3.7.2. Sıcaklık sensörü

a) SHT20 I2C

SHT20 I2C sıcaklık ve nem sensörü su geçirmez bir probdan oluşmaktadır. 4C CMOSens® SHT20 sıcaklık ve nem sensörü çipi ile birlikte gelir ve probu 2 defa su geçirmezlik testinden geçirilmiştir. Bu sensör, sensirion teknolojisini kullanır. Kapasitif tip nem sensörü ve bant aralığının sıcaklık sensörü haricinde, SHT20 bir amplifikatör, A/D dönüştürücü, OTP hafızası ve bir entegre ünite içerir. SHT1x serisi ve SHT7x serisi ile karşılaştırıldığında, SHT20 güçlü bir güvenilirlik ve uzun vadeli istikrar gösterir. Çevredeki ortam sıcaklığını ve bağıl hava nemi tam olarak ölçebilir. Şekil 3.15'te modele ait sensörün görüntüsü gösterilmiştir.



Şekil 3.15. SHT20 su geçirmez sıcaklık sensörü

İç perfüzyon ve kapsülleme korumasına sahiptir ve prob muhafazası, polietilen su geçirmez malzemelerden imal edilmiştir. Bu su damlacıklarının bu bölgeye sızmasını engelleyerek hava moleküllerinin içeri sızmasına izin veren özel su geçirmez hava alabilir malzeme tekniğidir. Bu sensörün teknik özellikleri Çizelge 3.2'de listelenmiştir. Suyu uzun süre batırıldıktan sonra bile sensör hasar görmez. Sensör, Arduino uyumlu mikrodenetleyici ile doğrudan kullanılabilir özelliktedir.

Çizelge 3.2. SHT20 su geçirmez sıcaklık sensörü teknik özellikleri

Tanım	Teknik Özellik
Çalışma Gerilimi	3,3 / 5V
İletişim Arabirimi	I2C / IIC
Koruma Sınıfı	Su geçirmez anti-yoğunlaşma
RH Tepki Süresi	8s
Doğruluk	$\pm 0,3$ Bağıl Nem / $\pm 0,3$
Ölçüm Aralığı	%0-100 Bağıl Nem / -40+125
Boyut	73mmx17mm
Ağırlık	44gr

b) Waterproof (DS18B20) sıcaklık sensörü

DS18B20 sensörünün önceden kablolanmış ve su geçirmez bir versiyonudur. Uzaktaki veya nemli koşullarda bir şeyi ölçmek gerektiğinde kullanışlıdır. Sensör +125°C'ye kadar iyi olsa da kablo PVC ile kaplanmıştır, bu yüzden 100°C'nin altında tutulması önerilmektedir. Dijital oldukları için uzun mesafelerde bile sinyal bozulması görülmez. Şekil 3.16'da görsel olarak, Çizelge 3.3'te ise sensörün teknik özellikleri gösterilmiştir. Bu kablolu dijital sıcaklık sensörleri oldukça hassastır (aralığın çoğunda $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$) ve yerleşik dijital-analog dönüştürücüsünden 12 bit hassasiyet verebilir. 3,0-5,0V sistemlerle kullanılabilir. Sensör kullanılırken DATA pininden, VCC hattına 4,7Kohm'luk bir direnç bağlanmalıdır.



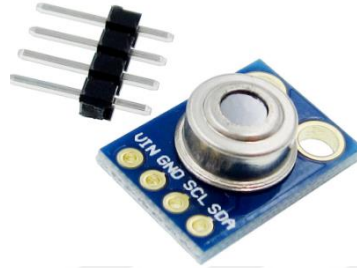
Şekil 3.16. Su Geçirmez Sıcaklık Sensörü (DS18B20)

Çizelge 3.3. DS18B20 su geçirmez sıcaklık sensörü teknik özellikleri

Tanım	Teknik Özellik
Çalışma Gerilimi	3,0V – 5,5V
İletişim Arabirimi	Dijital pin
Tepki Süresi	750ms'den az
Doğruluk	$\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ / -10°C ile $+ 85^{\circ}\text{C}$ arası
Ölçüm Aralığı	-55 / +125 $^{\circ}\text{C}$
Boyut	91cm, 4mm diameter
Ağırlık	34gr

c) MLX90614ESF-BAA kızılötesi termometre

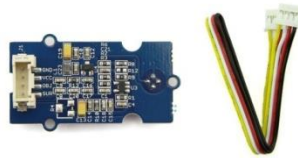
MLX90614ESF-BAA kızılötesi termometre, temassız olarak sıcaklık algılama için tasarlanmış ve yüksek hassasiyete sahip bir sensördür. Vücut ısısı ölçümü ve hareket algılama gibi uygulamalarında büyük bir kolaylık sağlamaktadır. Şekil 3.17’de görseli ve pin isimleri gösterilmiştir.



Şekil 3.17. MLX90614ESF-BAA kızılötesi termometre

d) Grove kızılötesi sıcaklık sensörü

Bu sensör ile sıcaklığını ölçmek istenilen yüzeye dokunmadan ölçüm yapmak mümkündür. Ölçülen sıcaklığa göre verdiği sinyalin gerilimi değişir. Şekil 3.18’de kablo tipi ve görseli, Çizelge 3.4’te ise teknik özellikleri listelenmiştir.



Şekil 3.18. Grove kızılötesi sıcaklık sensörü

Çizelge 3.4. Grove kızılötesi sıcaklık sensörü teknik özellikleri

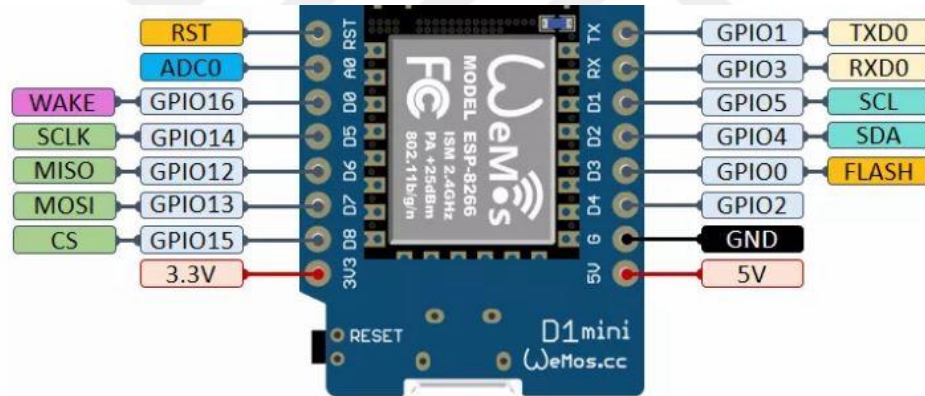
Tanım	Teknik Özellik
Çalışma Gerilimi	3,0V – 5,5V
İletişim Arabirimi	Grove uyumlu bağlantı
Güç tüketimi	0.6mw'tan daha düşük
Ölçüm mesafesi	9cm nominal
Doğruluk	$\pm 2^{\circ}\text{C}$ hassasiyet
Ölçüm Aralığı	-10 ile 100 $^{\circ}\text{C}$ arası
Boyut	20 mm x 40 mm
Ağırlık	18gr

3.7.3. Mikrodenetleyiciler

IoT destekli cihazların geliştirilmesinde yapının temel taşlarından biri, mikroişlemci barındıran bir mikrodenetleyicide olması gereken özellik, iletişim teknolojilerini destekler nitelikte olmasıdır. Çok küçük uygulamalardan çok büyük uygulamalara, birçok alanda kullanılabilen mikrodenetleyici çeşitleri mevcuttur.

a) Wemos D1 mini

IoT nesnesinin rumen kısmında mikrodenetleyici modülü olan Wi-fi 802.11b/g/n standartlarını destekleyen ESP8266EX tabanlı Wemos D1 mini kullanılmıştır. Şekil 3.19’da modelin pin bilgileri ve görseli gösterilmiştir. Küçük boyutlu ve Arduino ile uyumlu olarak çalışabilen, düşük güç tüketen bir mikrodenetleyicidir. Bunların yanı sıra teknik özellikleri; ESP-8266EX modeli, 3,3V çalışma gerilimine, 4MB flash belleğe, 68,6 mm x 53,4 mm boyutlarına ve 25gr ağırlığa sahiptir.



Şekil 3.19. Wemos D1 mini mikrodenetleyici

b) NodeMCU

NodeMCU, üzerinde Wi-fi modülü barındıran minik bir elektronik mikrodenetleyicidir. Şekil 3.20’de MCU’nun görseli gösterilmiştir. Düşük pil gerilimi ile çalışan, açık kaynak, düşük maliyetli, üzerinde birçok bağlantı noktaları barındıran başka elektronik bileşenleri ve sensörleri de yönetmeye olanak sağlayan bir cihazdır.

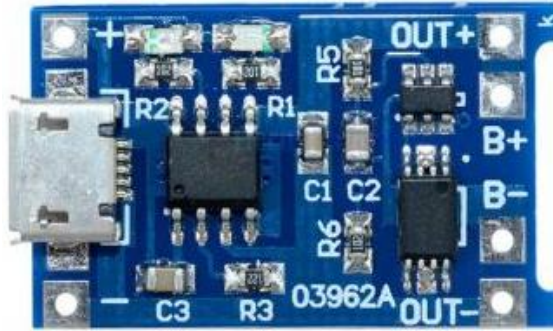


Şekil 3.20. NodeMCU ESP8266

Barındırdığı ESP8266 Wi-fi modülü sayesinde IoT olarak bilinen cihazlar için HTTP kütüphaneleri ve web sorguları yapılabilir durumdadır. Web sunucusu olarak çalışarak internet üzerinden bu cihazla iletişime geçilebilir durumdadır. Programlama dili olarak Lua betiği yanı sıra Arduino IDE ve Arduino'nun programlandığı dille de programlanabilir yapıdadır.

3.7.4. TP4056 Modülü

Bu kart, sabit akım/sabit voltaj şarj yöntemini kullanarak şarj edilebilir lityum pilleri şarj etmek için tasarlanmıştır. Ünite, lityum pili güvenli bir şekilde şarj etmenin yanı sıra lityum pillerin gerektirdiği korumayı da sağlar. Çizelge 3.5'te teknik özellikleri, Şekil 3.21'de ise devrenin görseli gösterilmiştir.



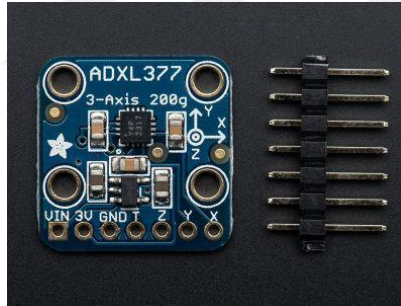
Şekil 3.21. TP4056 Modülü

Çizelge 3.5. TP4056 modülü teknik özellikleri

Tanım	Teknik Özellik
Giriş Voltajı	5 V
Şarj Voltajı	4,2V
Bağlantı şekli	Micro USB Port
Şarj Metodu:	CCCV
Şarj Hassasiyeti	Çıkış geriliminde %1,5
Kart Ölçüleri	25- 19- 10 mm
Ağırlık	0,5 gr

3.7.5. ADXL377 üç eksen yüksek G ivmeölçer

ADXL377 $\pm 200g$ 3 eksenli ivmeölçer 200G kuvveti ölçebilecek şekilde tasarlanmış ve Arduino gibi cihazların 5V lojik değerleri ile çalıştırılabilmesinin yanı sıra 3,3V ile de çalışabilmektedir. Üç eksenli bulunan bu kart her biri için ayrı analog çıkışa sahiptir. Birim saniye başına 500 ölçüm yapabilme kapasitesine sahiptir (500 Hz). Şekil 3.22’de modülün görseli ve pinleri, Çizelge 3.6’da ise teknik özellikleri listelenmiştir.



Şekil 3.22. Üç eksen yüksek G ivmeölçer

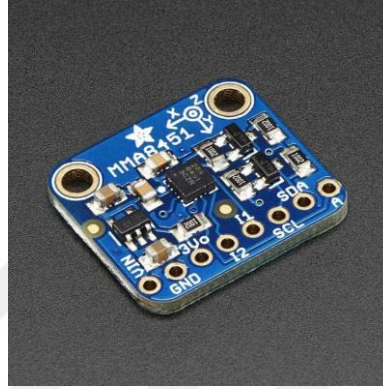
Çizelge 3.6. 3 eksen yüksek G ivmeölçer ünitesi teknik özellikleri

Tanım	Teknik Özellik
Uzunluk	19mm/0,75inç
Genişlik	19mm/0,75inç
Yükseklik	3,14mm/0,12inç
Ağırlık	1,27gr

3.7.6. MMA8451 üç eksenli ivmeölçer / eğim sensörü

MMA8451 dijital ivmeölçerle hareket, eğim ve temel yönlendirme durumları tespit edilebilmektedir. Arduino veya başka bir mikrodenetleyici ile $\pm 2g$ ’den $\pm 8g$ ’ye

kadar geniş bir kullanım aralığı vardır. MMA8451 keskin sonuçlar veren bir ivmeölçerdir. Telefonlar, tabletler, akıllı saatler ve daha pek çok alanda kullanılmak üzere tasarlanmış olup Arduino projelerinde de mükemmel bir uyumla çalışmaktadır. Modelin görseli Şekil 3.23'te ve teknik özellikleri Çizelge 3.7'de gösterilmiştir. İvmeölçer ayrıca yatırma/yönlendirme algılama özelliğine de sahiptir. Böylece cihazın yatay veya dikey modda tutulup tutulmadığını ve ileri veya geri eğilmiş olup olmadığı belirlenebilir.



Şekil 3.23. Üç eksenli ivmeölçer / eğim sensörü

3V'luk bir sensör olduğundan, low-drop bir 3,3V regülatör ve seviye değiştirme devresi mevcuttur. Bu, 3V veya 5V güç ile beslemede kullanım için mükemmel bir güvenlik anlamına gelir.

Çizelge 3.7. MMA8451 üç eksenli ivmeölçer/eğim sensörü teknik özellikleri

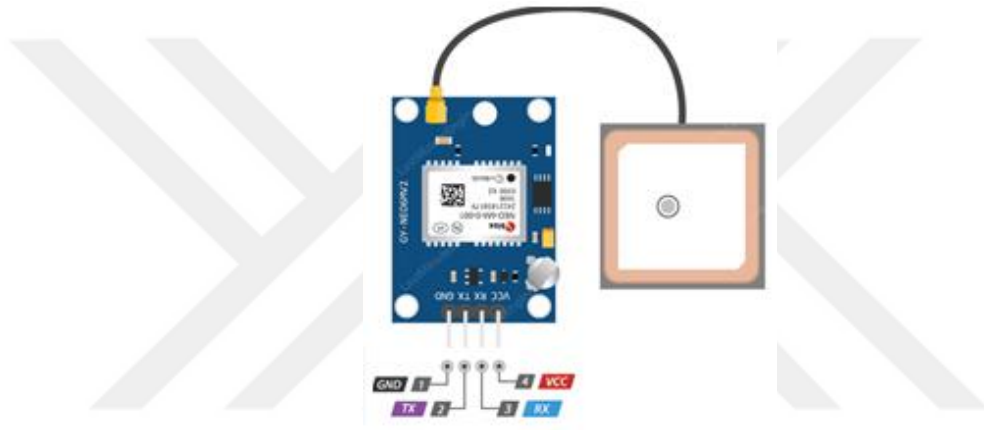
Tanım	Teknik Özellik
Boyutlar	21 mm x 18 mm x 2 mm / 0,83" x 0,71" x 0,08"
Ağırlık	1,3gr
Hassasiyet Aralığı İvme Ölçer	$\pm 2, \pm 4, \pm 8$

3.7.7. GY-NEO6MV2 GPS Modülü

Modülün üzerinde NEO-6M GPS çipi bulunur. Çipin boyutu ve teknik özellikleri Çizelge 3.8'de gösterilmiştir. Elliden fazla kanaldan 22'ye kadar uydu izleyebilir ve 45mA besleme akımı tüketirken, diğer GPS modüllerine kıyasla maliyet olarak düşüktür (Anonim, 2021). Modülün görseli Şekil 3.24'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.8. GPS Modülü teknik özellikleri

Tanım	Teknik Özellik
Alıcı tipi	50 kanal, GPS L1 (1575,42 Mhz)
Yatay Konum Doğruluk	2,5m
Navigasyon Güncelleme Oranı	1Hz (maksimum 5Hz)
Zaman yakalama	Standby Mod: 27s - Aktif Mod: 1s
Gezinme Duyarlılığı	-161dBm
İletişim protokolü	NMEA, UBX İkili, RTCM
Seri Baud Hızı	4800-230400 (varsayılan 9600)
Çalışma sıcaklığı	-40°C ~ 85°C
Çalışma gerilimi	2,7V ~ 3,6V
Çalışma akımı	45mA
TXD / RXD Empedansı	510Ω



Şekil 3.24. GY-NEO6MV2 GPS Modülü

3.7.8. CD74HC4067 Analog Çoğaltıcı

Toplamda 16 adet çıkış kanallı dijital veya analog pin giriş/çıkışları bu kart kullanarak çoklanabilir. UART, I2C ve SPI gibi dijital haberleşme bağlantılarında da kullanılabilir. Cihazın teknik özellikleri Çizelge 3.9’da ve devre görseli Şekil 3.25’te gösterilmiştir.

Çizelge 3.9. CD74HC4067 Analog çoğaltıcı teknik özellikleri

Tanım	Teknik Özellik
Çalışma gerilimi	2-6V
"On" direnci	70Ω
Çalışma sıcaklığı	-55 ile 125°C
Pin Sayısı	16



Şekil 3.25. Analog çoğaltıcı

3.7.9. Su geçirmez metal anahtar

Birinci cihaz rumen bölgesinde kullanıldığı için üzerine bağlanan anahtar tipi olarak su ve sıvı geçirmez yapıda metal materyal kullanılmıştır. Kullanılan metal ve sıvı geçirmez anahtarın mm cinsinden boyutları ve dış kalınlığı görseli Şekil 3.26’da gösterilmiştir.



Şekil 3.26. Su geçirmez metal anahtar

3.7.10. Raspberry Pi 3

Raspberry Pi, içinde Linux tabanlı bellek mikroişlemci ve giriş çıkış birimlerini barındıran küçük bir bilgisayardır. Üzerine kurulan hizmetler sayesinde sunucu görevi de görebilir. Taşınabilir uygulamalar yapmakta oldukça esnek yapıya sahip bir karttır. Kablosuz haberleşme yöntemlerini kullanarak (Wi-fi, bluetooth) ağ geçidi veya sunuculara bağlanabilir ve verileri bulut bilişim sistemlerine internet üzerinden aktarabilir.

Denetleyicinin görseli Şekil 3.27’de, mevcut modelin teknik özellikleri Çizelge 3.10’da listelenmiştir.



Şekil 3.27. Raspberry Pi 3

Masaüstü çalışma bilgisayarı olarak kullanım için pek uygun olmasa da ve daha çok taşınabilir projelerde sunucu olarak ve IoT ürünleri üzerinde testler yapma imkânı sunmaktadır.

Çizelge 3.10. Raspberry Pi B+ teknik özellikleri

Tanım	Teknik Özellik
İşlemci	700MHz, ARM1176JZF-S tabanlı
Bellek	512MB
Ağırlık	45 gr
Güç tüketimi	3,5Watt
Çevre birimleri	8 adet GPIO, UART, I2C bus, 2 adet USB, HDMI
Çalışma gerilimi	+5V DC
Ethernet kartı	10/100 Ethernet

3.7.11. SONY VTC6 18650 3.7V 3000mAh li-ion şarjlı pil

Terminal bataryası, medikal bataryalar, el feneri pili, notebook bataryası, motorlar, mikrodenetleyiciler ve elektronik cihazlar için yüksek amper çekebilme özelliği olmakla birlikte bu pillerden anlık 30 amper akım çekilebilmektedir. Bataryanın teknik özellikleri Çizelge 3.11’de listelenmiştir.

Çizelge 3.11. SONY VTC6 18650 pil teknik özellikleri

Tanım	Teknik Özellik
Model	Sony VTC6
Kimyası	Li-ion Pil, Lityum iyon Pil
Voltaj	3,7V
Kapasite	3000mAh
Anlık Deşarj	30 Amper
Ağırlık	48,50 gr
Ölçüler	18,25 x 65,00 mm

3.7.12. Dış Cephe CPE Anten

Çiftlik ortamında hayvanların dışarıda bulundukları ve kapalı bina içerisinde geçirdikleri süre mevsim şartlarına göre değişiklik göstermektedir. Uygulama ortamında hayvanların yaz mevsimlerinde dışarıda geçirdikleri süre göz önüne alındığında bina dışı sinyal güçlendirici antenler kullanılmaktadır. Çalışmada kullanılan anten tipi, Tp-link markasının 23DBi ve 2,4-5Ghz bantlarını destekleyen 300mbps veri transfer olanağı sağlayan dış cephe uyumlu olanıdır.

3.7.13. Ağ geçidi cihazı

Mikrodenetleyici ve IoT cihazlarından gelen verileri internet üzerinden bulut sistemine yani web tabanlı otomasyon sistemine aktaran, ağ güvenliğinin, IP-MAC eşleşmelerinin, veri trafiğinin kontrol edildiği ve yönlendirme işlemlerinin yapıldığı cihaz için Huawei markasının Wi-fi yönlendirici özelliği barındıran modemi kullanılmıştır. Cihaz mobil şebeke üzerinden internete bağlantıyı sağlar. Ağa bağlanan cihazların bağlantı durumlarının ve veri trafiğinin izlenmesine olanak sağlar.

3.8. Yazılım Materyalleri

Bu bölüm, kullanılan yazılım materyalleri hakkında genel bilgilerin bulunduğu ve tasarlanan cihazların donanımlarını yönetmek için kullanılan yardımcı programların, sunucu tarafında yönetilen yazılımların genel bilgilerini içermektedir.

3.8.1. C# programlama dili

Microsoft firmasının 1990'ların sonlarına doğru geliştirmeye başladığı .NET uygulamaları için geliştirdiği bir programlama dilidir (Oral, 2013). Masaüstü uygulamalar için kullanılan dil MVC tabanlı uygulamalar geliştirmek için de kullanılır. Nesne tabanlı programlamada büyük projelerin yönetimine olanak sağlayan yapılar barındırır. Dilin başka dillerle uyumlu olması o dilde yazılan bir kodun başka bir dil ile aynı program içerisinde çalıştırılabilmesi demektir.

3.8.2. PHP script dili

1995 yılında Rasmus Lerdorf tarafından oluşturulan PHP dilinin günümüzde halen geliştirilmesine devam edilmektedir (Avcı, 2010). PHP kısaca web tabanlı uygulamalar geliştirmeye yarayan dinamik web sayfaları hazırlamaya yarayan, popüler ve ücretsiz scriptleri barındıran piyasadaki birçok veri tabanı sunucusu ile performanslı çalışan bir programlama dilidir. İlk çıktığında isminin açılımı “Personal Home Page” yani Kişisel Ana Sayfa iken günümüzde “PHP: Hypertext Preprocessor” yani Üstün Yazı Ön İşlemcisi olmuştur. Sunucu üzerindeki sabit sayfalara dinamiklik kazandırır. Dinamik web sayfalarını geliştirmeye yarayan dil olan PHP, en iyi veri tabanı bağlantı performansını MySQL ile ve Linux işletim sistemi altında gösterir.

3.8.3. MySQL veri tabanı

MySQL ilişkisel bir veri tabanı yönetim sistemidir. Sunucuda, veri tabanı oluşturmak, kullanmak, değiştirmek ve veri tabanı sistemleri ile ilgili tüm yönetsel gereklilikleri sağlamak amacıyla geliştirilmiştir (İşcan, 2013). Birçok işletim sistemi ile uyumlu çalışmasına rağmen en iyi performansı Linux işletim sistemi altında sergilemektedir. İçerisinde ODBC sürücülerini de barındırdığından farklı farklı yazılım geliştirme platformunda performanslı olarak kullanılabilir.

3.8.4. Arduino IDE

Piyasada bulunan birçok geliştirici kartların bilgisayara bağlanmasını, kodlanmasını ve kodların mikrodenetleyicilere yüklenmesini sağlayan bir yazılımdır. Arduino IDE açık kaynak kodlu ve ücretsiz olarak kullanılabilir. Mevcut geliştirici kartlarına uyumlu, içerisinde temel örnekler ve seri bağlantı ile veri akışlarını izleme olanağı sunan, ücretsiz kütüphaneler ile birçok algılayıcının sistem üzerinde kodlanmasını sağlayan bir platformdur.

3.8.5. Apache web sunucusu

Dünya üzerinde birçok ticari firmanın ve büyük veriye ihtiyaç duyan sunucuların üzerinde kurulu olan bir web servis hizmeti sunmaya yarayan programdır. Yüksek

performanslı ve kararlı bir yapıya sahiptir (Gökalp, 2016). Apache bir web sunucusu olarak adlandırılrsa da donanımsal bir server değildir. Sadece sunucuda çalışan bir hizmettir. İstemcilerle sunucu arasında uygulama katmanında çalışan tarayıcıların (Firefox, Chrome, Safari, vs.) arasında bir köprü oluşturarak dosyaları ileri geri taşır. Apache hem Windows hem de Unix tabanlı işletim sistemlerinde çalışabilir.

3.9. Devre Tasarımlarının Kaplanması

Tez çalışması kapsamında geliştirilen cihazların, hayvanlar üzerinde test edilmesi aşamasında, hayvanların sağlığına zarar vermeyen şekilde kaplanması ve çiftlik ortamındaki koşullara dayanıklı şekilde üretilmesi sağlanmıştır. Bu aşamada üç boyutlu yazıcılarda kullanılan PLA filament materyali kullanılmıştır.

3.9.1. Boyunluk ve Ayak bileği kemeri

Çalışmada geliştirilen ikinci ve üçüncü IoT cihazlarının hayvanın boyun bölgesine ve ayak bileği bölgesine sabitlenmesi için hayvan sağlığına uygun olarak kemerler yaptırılmıştır. Üzerlerindeki kemer tokalarının her bir hayvana uygun olarak takılabilmesi için delik aralıkları ona göre açılmıştır. Kemerlerin görselleri Şekil 3.28’de gösterilmiştir. Teknik özellikleri Çizelge 3.12’de verilmiştir.



Şekil 3.28. IoT cihazlarının takıldığı kemerler

Çizelge 3.12. Kemerlerin teknik özellikleri

Özellikler	Ayak bileği için	Boyunluk için
Uzunluk	60 cm	110 cm
Genişlik	4 cm	3 cm
Yükseklik	4 mm	3 mm
Delik aralığı	2 cm	5 cm

3.9.2 PLA Filament

Tamamen organik bileşenlerden oluşan bu PLA (Polilaktik Asit) plastiğinin içeriğinde mısır nişastası ve şeker kamışı vardır. Organik malzemelerden üretildiği için fark edilmeden yenilse bile insan ve hayvan sağlığına herhangi bir zararı yoktur.

Polipropilen, polistren ve poliüretan gibi geleneksel diğer polimerlere göre gerilme ve basma altındaki yıpranmaya karşı dayanıklılığı, eğilme dayanımı ve üzerine kuvvet veya çekme uygulandığında deformasyona karşı sağlamlığı ile iyi bir mekanik özelliğe sahiptir (Valegra ve ark, 2018).



4. UYGULAMA

Bu bölümde ölçülen değerler sonucuna bakılarak birbirinden ayırt edilmesi güç olan hastalık belirtilerinin erken teşhis ve sınıflandırmasına, büyükbaş hayvan yemleme ve hastalık ayırımı yöntemini kontrol etmeye yardımcı sistemi oluşturan donanım ve yazılım uygulamaları sunulmuştur.

Bu tez çalışması kapsamında büyükbaş hayvan çiftliklerinde veteriner hekimlerin ve çiftlikte çalışan kişilerin hayvanları gözlemlemelerinde insan faktörünü en aza indirmek için 3 adet cihaz ve web tabanlı bir otomasyon sistemi ile birlikte mobil ara yüz geliştirilmiştir. Geliştirilen cihazların genel özellikleri;

- Çiftliklerde çalışan bireylerin ve veteriner hekimlerin insan faktörüne bağlı olarak gözden kaçan hayvan davranışlarından kaynaklı hastalıkların teşhis ve tedavisini erken kontrol edebilmelerini sağlama,
- Çiftlik içerisinde herhangi ekstra bir yatırıma ihtiyaç duymadan sadece hayvanlara giydirilen cihazlar ile verilerin alınabilmesi,
- Hayvanların besleme parametrelerini düzenlemede önemli olan rumen (işkembe) içindeki pH ve sıcaklık verilerinin kablosuz olarak kayıt altına alınabilmesi,
- Adımsayar yöntemi kullanılarak hayvanın tohumlama yapılabilmesi için kızgınlık döneminin doğru şekilde belirlenebilmesi,
- Kızgınlık döneminin belirlenmesinde termal sıcaklık sensörü kullanılarak ortam ve deri sıcaklık verilerinin otomasyon üzerinden izlenebilmesi,
- Hayvanların anlık konum bilgilerinin görülebilmesi,
- Geliştirilen cihazların hayvanlara giydirilebilmesi için vücut sağlıklarına uygun şekilde kaplamalarının tasarlanması,
- Tüm cihazların Wi-fi sinyalleri üzerinden, geliştirilen otomasyon ile iletişim kurabilmesi,
- Cihazların beslenmesi için kullanılan tüm lityum piller için şarj ünitelerinin kullanılabilmesi,

vb. birçok özelliğe sahiptir. 1.cihaz geliştirildikten sonra gerekli iyileştirme çalışmaları yapılarak aynı cihazın 2. ve 3. türleri üretilmiştir. Geliştirilen cihazların kaplanması aşamasında birçok geliştirme yapılmıştır. Geliştirilen 1.cihaza ait prototipler Şekil

4.1’de, 2.cihaza ait prototipler Şekil 4.2’de, 3.cihaza ait prototipler Şekil 4.3’te gösterilmiştir. Otomasyona ait yazılım ara yüzü ise Şekil 4.4’te gösterilmiştir.



a) 1. prototip yuvarlak

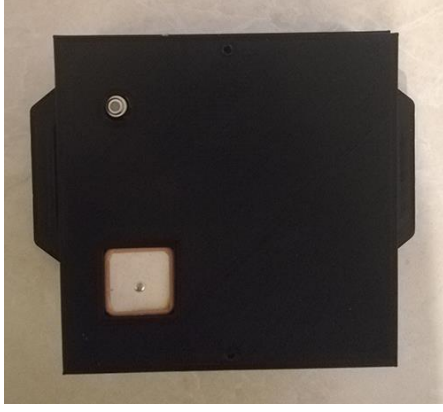


b) 2. prototip altıgen



c) 3. prototip sekizgen

Şekil 4.1. Geliştirilen 1.cihazın prototipleri



a) 1.prototip (kulaklı)



b) 2.prototip (kulaksız)



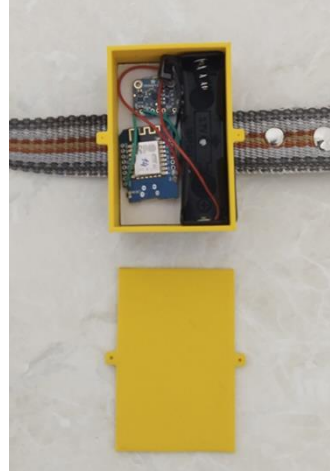
b) 3.prototip (kulaksız) ön yüz ve arka yüz

Şekil 4.2. Geliştirilen 2.cihazın prototipleri

Geliştirilen cihazlar çiftlik hayvanlarına uygulanmadan önce, hayvanlarda herhangi bir yaralanma ve zarar yaşanmaması için kaplanan materyal, zımpara ile kenarları ve hayvan derisine temas eden yüzeyleri yumuşatılmıştır. Boyun bölgesine ve ayak bileğine takılan cihazların köşeleri ve deriye temas eden kısımlar üretim aşamasında yuvarlaklaştırılmıştır. Üretilen cihazlar son aşamada hayvana uygulanmadan tüm çapaklanmaları, kenar ve köşe sivrilikleri detaylı şekilde kontrol edilerek giderilmiş ve cihazlardan kaynaklanan bir yaralanma olmamıştır.



a) 1. prototip



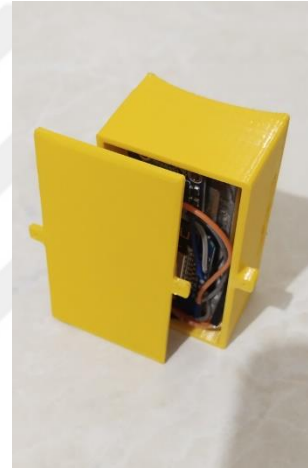
b) 2. prototip ön yüz



c) 2. prototip arka yüz



d) 3. prototip



e) 4. prototip

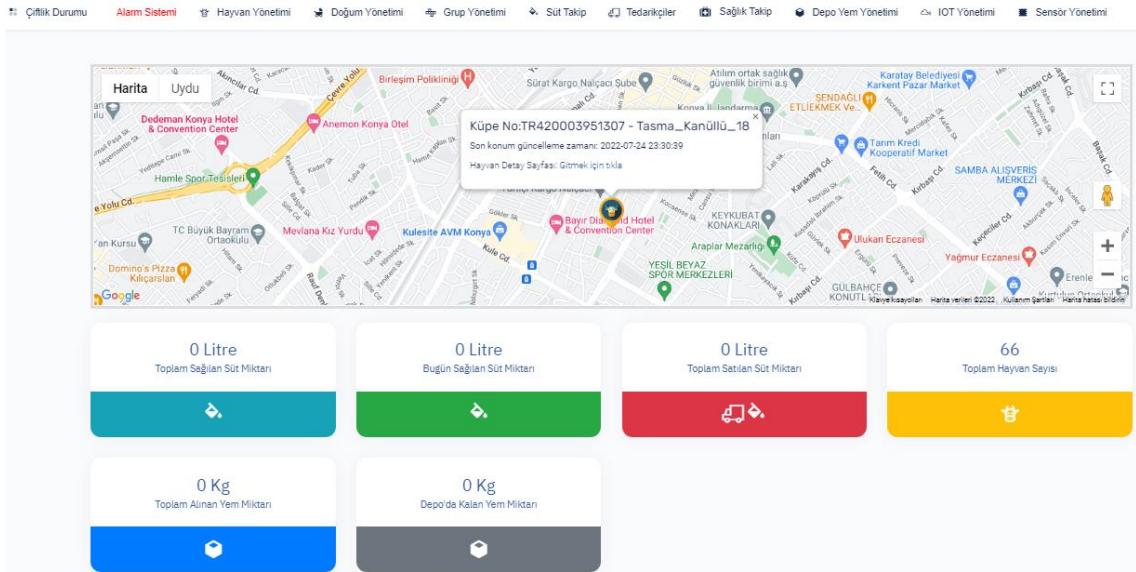
Şekil 4.3. Geliştirilen 3.cihazın prototipleri

Geliştirilen cihazların prototipleri arasındaki boyut ve ağırlık farkları Çizelge 3.13'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Geliştirilen prototiplerin boyut farkları

	1.protoip (cm)	2.prototip (cm)	3.prototip (cm)
Birinci cihaz (çap x yükseklik)	5 x 17	4,5 x 16,5	4 x 15
İkinci cihaz (en x boy x yükseklik)	10 x 10 x 5	4 x 7,5 x 4	3 x 7,5 x 2,5
Üçüncü cihaz (en x boy x yükseklik)*	4 x 7,5 x 4	3,5 x 7,5 x 2,5	2 x 7,5 x 2,5

* Üçüncü cihazın 4. prototipinde farklı bir pil besleme ünitesi kullanılmıştır. Pilin boyutları geliştirilen cihazın boy ve yüksekliğini birebir etkilemektedir. Ölçüleri: 3 x 7 x 2 cm



Şekil 4.4. Geliştirilen otomasyonun yazılım ara yüzü

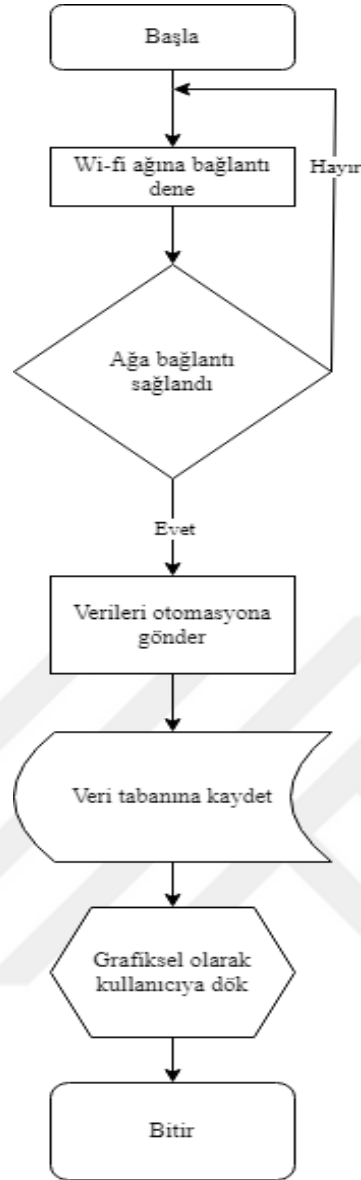
Geliştirilen cihazların çalışmasındaki işlem adımları Şekil 4.5'te gösterilmiştir. Genel olarak işlem adımlarından bahsedilirse;

Wi-fi ağına bağlantı işlemleri; cihazların ağ ile bağlantı kurması IoT destekli mikrodenetleyiciler üzerindeki yazılım ile sağlanmaktadır.

Verileri otomasyona gönderme işlemleri; cihazlar üzerindeki mikrodenetleyici içerisindeki yazılım ile veriler restful servis yönelimli mimariye sahip yapıyla API (Application Programming Interface) hizmeti ile sunucuya gönderilmektedir.

Veri tabanına kaydetme işlemi; veriler otomasyonun bulunduğu web sunucuya geldiğinde veri tabanı sunucusunda ilgili tabloya eklenerek kayıt altına alınması sağlanmaktadır.

Grafiksel olarak kullanıcıya dökme işlemi; verilerin gözlemlenmesi sürecinde grafiksel olarak web otomasyonda son kullanıcının anlık değerleri izlemesine olanak sağlamaktadır.



Şekil 4.5. Genel işlem adımları

4.1. Geliştirilen Uygulama

Geliştirilen 3 ayrı cihazda farklı yazılım ve donanım bölümleri bulunmaktadır. Bunlar kendi aralarında gruplandırıldığında 4 ana bölümden oluştuğu görülmektedir.

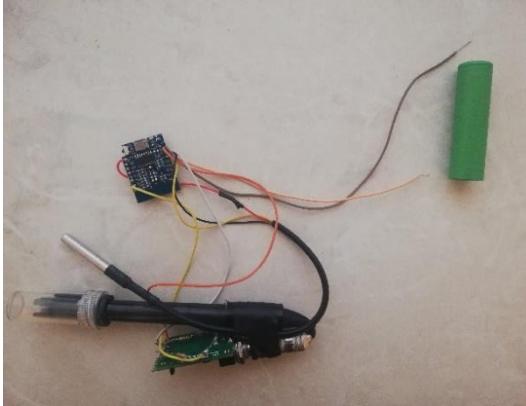
- Rumen içi pH ve sıcaklık verilerinin alındığı bölüm
- Davranış ve konum verilerinin alındığı bölüm
- Adımsayar verilerinin alındığı bölüm
- Tüm verilerin izlendiği web tabanlı otomasyon bölümü

4.1.1. Rumen içi pH ve sıcaklık bölümü

Birinci cihaz, hayvanın rumen bölgesine kanülü üzerinden bırakılarak içerdeki sıvının pH ve sıcaklık bilgisini kablosuz olarak internet bağlantısı üzerinden otomasyona gönderme işlemini gerçekleştirmektedir. İlk tasarımında boyut bakımından ikinci tasarlanan prototipe göre uzunluk ve çap olarak daha büyük bir yapıda olduğu görülmektedir. İkinci prototipe su geçirmez buton eklenerek ve dış kaplamasının et kalınlığı da azaltılarak daha küçük bir hale getirilmiştir. Cihazın kaplanmadan önceki geliştirme aşamaları Şekil 4.6’da gösterilmiştir. Birinci cihazda kullanılan materyaller Çizelge 4.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Birinci cihazda kullanılan materyaller ve özellikleri

Materyal	Özellik ve fonksiyonu
Wemos d1 mini	Mikrodenetleyici / IoT cihazı
pH sensörü	Analog / pH değeri ölçümü
Analog-dijital dönüştürücü	Sinyal dönüştürücü / interpolasyon
DS18B20 sıcaklık sensör	Su geçirmez / sıcaklık ölçümü
Anahtar	Su geçirmez / pil kontrolü
18650 Li-on pil	3000mah / Güç ünitesi



a) 1.aşama bağlantıları



b) 2.aşama bağlantıları



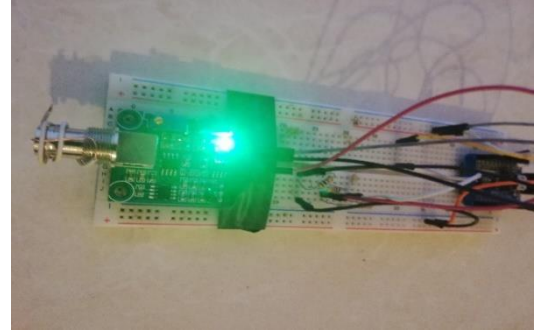
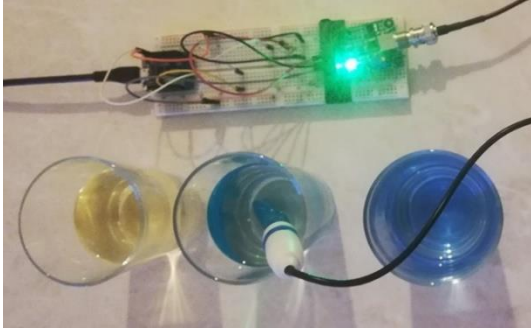
c) 3.aşama bağlantıları



d) 4.aşama bağlantıları

Şekil 4.6. Birinci cihazın geliştirme aşamaları

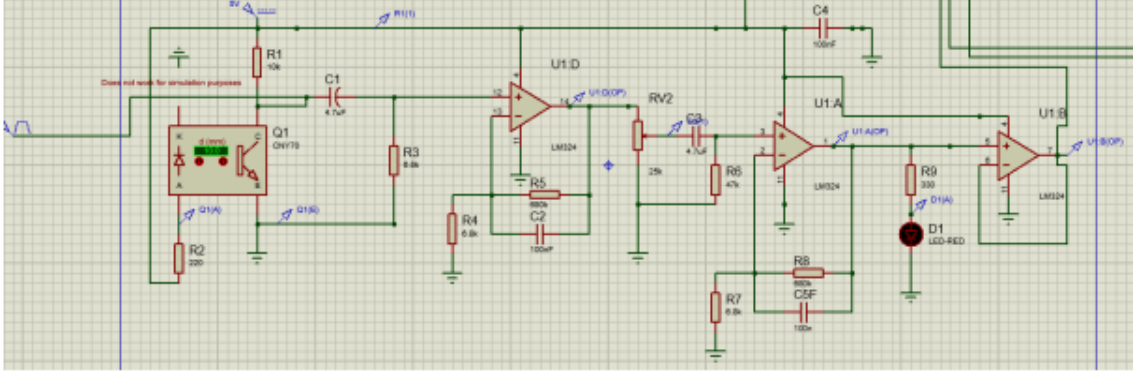
Cihazda kullanılan pH analog sensörünün kalibrasyonu 2,5-3 aylık bir süreçte bozulmaktadır ve bu süreçten sonra her ihtimale karşı kalibrasyonunun yapılması gerekmektedir. Bu kalibrasyon işlemi için ayrıca bir devre ve C# tabanlı bir yazılım hazırlanmıştır. Kalibrasyon devresi Şekil 4.7’de gösterilmiştir.



Şekil 4.7. pH sensörü kalibrasyon devresi ve kalibrasyon uygulama örneği

Kalibrasyon işlemi, pH 4,01 tampon çözeltisi ile pH 7,01 tampon çözeltisi referansı ile gerçekleştirilmektedir. İşleme başlamadan önce BNC konnektörün bağlandığı analog pH sensör kartının kısa devre yapılması gerekmektedir. Bu kısa devre işlemi, analog veri olarak yaklaşık sabit bir şekilde $1023/2=512$ değerini almayı sağlar. Bu değer, 0 ile 14 arasında olan pH değer skalasında 7,0 pH değerine eş bir değer olarak kalibrasyonu sağlamaya olanak sağlar.

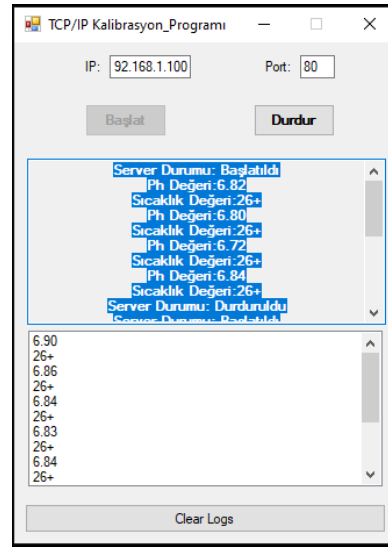
PH sensörü analog çıkış veren bir sensördür. Dijital çıkış veren sensörler de bulunmaktadır ancak sinyal işleme gerektiren kısım üretici tarafından yapıldığından ve hata payları görülemediğinden analog çıkışlı bir pH sensörü tercih edilmiştir. Analog çıkışın çok düşük gerilim değişimlerini de algılayabilmek adına 0-14 pH değerleri için bir amplifikatör devresi tasarlanmıştır. Şekil 4.8’de tasarlanan amplifikatör devresi gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Amplifikatör devresi

Amplifikatör devresinin testi için CNY70 isimli fototransistor sensör kullanılmış ve bir sinüs dalgası verilmiştir. Test sonucunda farklı pH değerleri için eşit frekanslı ve farklı çıkış değerli kare dalgalar elde edilmiştir. Boyutunun küçük olması ve Wi-fi bağlantısı yapılabilmesi sebebi ile D1 Mini model mikroişlemci geliştirme kartı kullanılmıştır. Devrenin güç kaynağı regüle edilmemiş 18650 bir adet VTC 6 model pildir. Bu değer simülasyon sırasında devrenin tükettiği akım miktarı baz alınarak yapılmıştır.

Kalibrasyon devresinin çalışma mantığı analog-to-digital modülü ile analog sinyalin dijitale dönüştürülmesi ve bu değerın aynı ağdaki herhangi bir terminalden IP adresi girilerek gerçekleşir. Bu işlemler için ayrı bir Windows form uygulaması geliştirilmiştir. Kalibrasyon yazılımının bilgisayar tarafındaki ara yüzü Şekil 4.9’da gösterilmiştir. Veri kaydı bu aşamada gerekmediğinden eklenmemiştir.

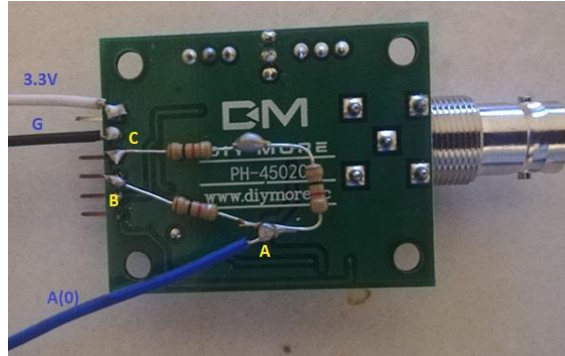


Şekil 4.9. Kalibrasyon yazılımı Windows uygulama

Kalibrasyon işlemi; pH sensör üzerinde 2 adet potansiyometre bulunmaktadır. Bu potansiyometrelerden buffer şeklinde ayar için yararlanılır. Öncelikle USB üzerinden mikrodnetleyiciye güç verilir. Ardından BNC konnektör ve dışındaki metal yüzey, bir kablo yardımıyla kısa devre yaptırılır. Multimetre ile devre kartındaki PO çıkışı ve G çıkışlarından herhangi biri arasındaki gerilime bakılır. Bu gerilim 1,65 V olana kadar BNC konnektöre yakın olan potansiyometrenin ayar vidası döndürülür. Arduino IDE üzerinden serial port açılarak baud rate 115200 e ayarlanır. Probe 4,01 pH değerli bir tampon çözeltisinde en az 2 dakika bekletildikten sonra BNC konnektörde takılıyken serial monitörden gelen veri not edilir. Eğer gelen veri pH değerinden çok farklı ise potansiyometre ile çok hafif bir ayar yapılır. pH probu temizlenerek 7,01 pH değerindeki buffer içinde 2-3 dakika bekletilir ve kalibrasyon yazılımı üzerinden ölçüme bakılır. Değerler, mevcut solisyonla yakın olduğunda kalibrasyon işlemi tamamlanmış olur.

Kalibrasyon işleminde, cihaza besleme yapılan bataryanın kapasitesine göre 7,0 pH skalasına ulaşmak için interpolasyon yapılmıştır. Bu işlem için 3 adet 1kohm'luk direnç kullanılmıştır. Birbirine oranı $\frac{1}{2}$ olarak, 1kohm'luk direnç ile 2kohm'luk direnç lehimlenmiştir. Bu noktaya A noktası, 1kohm'luk direncin lehimlenmemiş bacağına B, 2kohm'luk direncin lehimlenmemiş bacağı da C olarak adlandırılırsa; mikrodnetleyicinin A0 bacağından gelen ve PO pinine bağlanan kablo, A noktasına lehimlenmiştir. B noktası PO pinine, C noktası ise GND (G) pinine lehimlenerek sabitlenmiştir.

Bu yöntemin uygulaması Şekil 4.10'da gösterilmiştir. Böylece devre 5,0 voltla çalışır olsa da 3,3 volt skalasına interpolasyon ile ulaşılır. Bu şekilde, mikrodnetleyici üzerinde analog okunan değer 1,65 volt ya da 512 değeri olarak görülmüştür. Bu değer pH skalasında 7,0 pH değerine tekabül etmektedir.



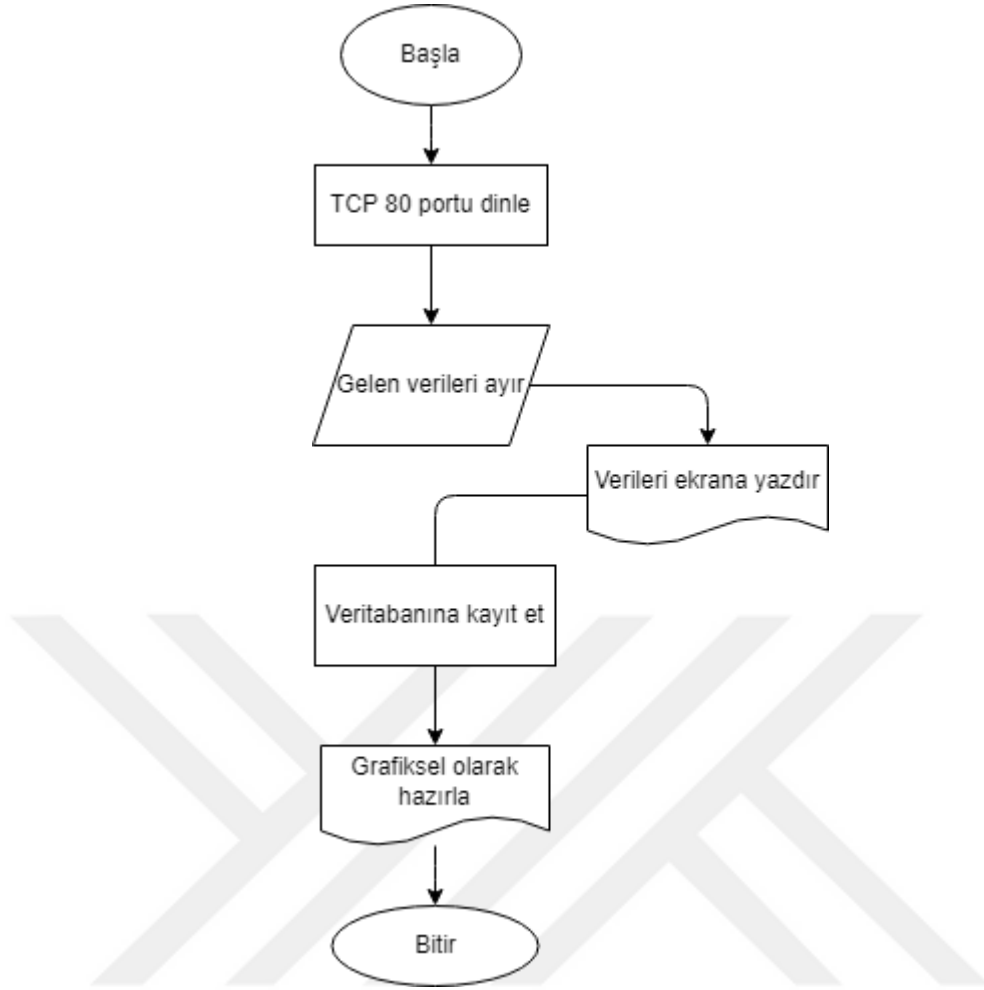
Şekil 4.10. Analog çevirici interpolasyon modifikasyonu

Kalibrasyonda kullanılan mikrodnetleyici üzerindeki kaba kodlar;

```
Wi-fi connection()
{ Wi-fi ağına bağlan
  if (Bağlantı var mı) SSID şifre kontrolü ile ağı bağlan
}

Kalibrasyon ()
{ for()
  { buf[i]=analogoku(analogpini);
  }
  ortamala_değer=0;
  for(analog değeri ölç)
    ortamaladeğer+=buf[i];
  ph_voltaji=ortalama_değer*3.3/1024/6;
  ph_değeri = -5.70 * ph_voltaji + buf;
}
```

Kalibrasyon yazılımının akış diyagramı Şekil 4.11'de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Kalibrasyon yazılımının akış diyagramı

Sensörlerden okunan değerleri kalibrasyon yazılımı üzerine gönderen sahte kodlar;

```
if (Wi-fi-bağlantısı varsa ("Sunucu_ip_adresi":sunucu portu))  
{ http.begin(Wi-fi istemci,httpurl);  
  httpurl = "http:// sunucu_domain ";  
  httpurl+=(ph_değeri);  
  httpurl+='+';  
  httpurl+=(sıcaklık_değeri);  
  http.GET();  
  http.end();  
  Wi-fi_bağlanti.durdur();  
}
```

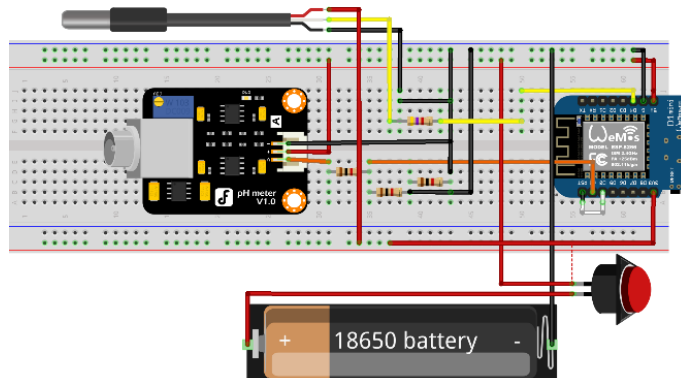
Kalibrasyon programı üzerinde gelen verileri ekrana yazdıran sahte kodlar;

```
TCP/IP server başlat()
{
  Sunucu = new SimpleTcpServer();
  Sunucu.verialışı += server_DataReceived;
}

Sunucu_veri(tcp/ip_paket)
{
  int index = ("HTTP");
  ph_değeri();
  sıcaklık değeri();
}
```

Cihaz kalibrasyonu tamamlandıktan sonra devrenin kaplanma aşamasına geçilir. Bu aşamada cihaz, hayvanın sırt bölgesinde bulunan kanül deliğinden geçebilir boyutta tasarlanmıştır. Cihazın mikrodenetleyicisinden sunucuya veri gönderirken Restful hizmet mimarisi, API ara yüzü kullanılmıştır. Uygulama Programlama Arayüzleri (API'ler), uygulama programları ve veri hizmetleri arasındaki iletişimi otomatikleştirmenin güçlü araçlarıdır. API'nin amacı, kullanıcılarla veya makinelerle etkileşimi kolaylaştırmak için hizmet işlevlerini ve verilerini ortaya çıkarmaktır. Temsili Durum Aktarımı (REST) API'leri, web veri kaynaklarının performansını, güvenilirliğini ve yeniden kullanımını artıran bir dizi durum bilgisi olmayan işlemi web üzerinde sunar (Fielding ve ark., 2000). Cihazın donanım olarak deneysel devre bağlantı ve şematik bağlantıları Şekil 4.12'de gösterilmiştir.

NodeMCU yüksek frekanslı bir devre olduğu için fazla güç tüketmektedir. Bu sebeple mikrodenetleyici üzerindeki yazılım Şekil 4.13'te gösterilen işlem sırasını tekrarlı olarak uygulamaktadır.

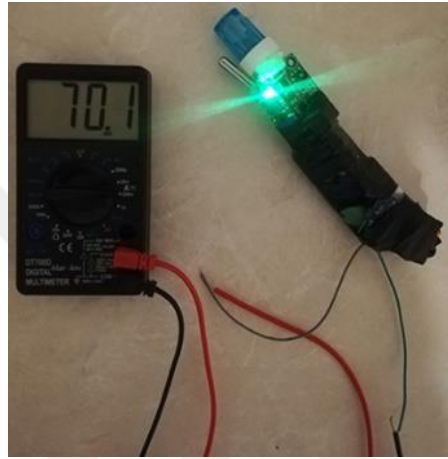


a) Deneysel devre tasarımı

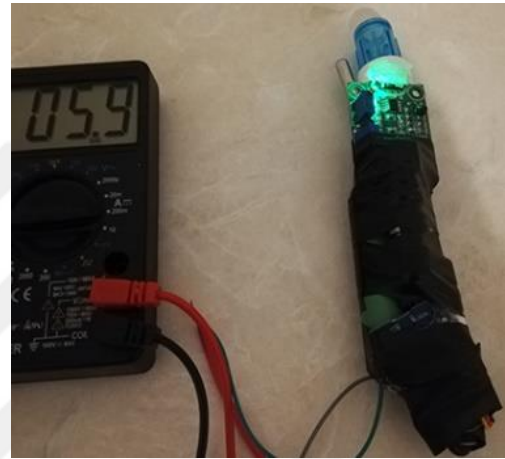
Çizelge 4.3. Wemos d1 mikrodenetleyicisi modları çalışma akımları

Wemos d1 mikrodenetleyici	Ölçülen (mah)
Derin Uyku Mod	5-6mah
Normal Mod	75-80mah

Cihazın bir saat içinde pilden çektiği akımı hesaplamak için hem normal modda iken hem derin uyku modunda iken çektiği akımlar ölçülerek kaydedilmiş, Şekil 4.14'te ölçümler ve Çizelge 4.4'te ortalama akımlar gösterilmiştir.



Normal mod



Derin uyku mod

Şekil 4.14. Cihazın modlarına göre akım durumları

Çizelge 4.4. Mikrodenetleyicinin ortalama harcadığı akım tablosu

	Derin Uyku Mod (mah)	Normal Mod (mah)
24 saat içinde düzenli akım ölçümleri	5,9	75,7
	6,0	74,2
	5,9	73,7
	5,9	73,6
	5,9	70,1
	6,0	70,6
	5,9	69,4
	6,0	69,5
	5,9	70,0
	5,9	69,3
	5,9	72,2
	6,0	69,5
Ortalama	5,93	71,48

Cihazın bir gün içinde pilden çektiği akımı hesaplamak için, çekilen akım ortalamaları formüle dökülür ve yaklaşık olarak pilin ne kadar süre cihazı beslediği hesaplanır.

Öncelikle devrenin 24 saatte ne kadar çalışacağını hesaplamak gerekir;

24 saat, $24 \times 60 \times 60 = 86400$ saniye

Her 15dk'da (900sn) bir 10 saniye normal modda çalıştığına göre,

$86400/900=96$ defa çalışıyor.

Her çalışmada 10 saniye çalıştığına göre; $96 \times 10 = 960$ sn çalışmış olacak demektir. Bu ise 16 dakikaya eşdeğer bir çalışma süresidir. Bunu saate çevirirsek $16/60=0,26$ saat çalışacak demektir. Uyku modundaki çektiği akım göz önüne alınmadığında hesap;

Saat başına ortalama 71,48mah akım tükettiğine göre; $71,48 \times 0,26 = 18,58$ mah akım tüketecek demektir. Bu değer; 24 saatte (1 gün) tükettiği akım değeridir.

Değerler formülde yerine konup hesaplama yapıldığında durum;

$$\text{Pil ömrü} = \frac{\text{Pil kapasitesi}}{\text{Yük akımı}} \times 0,707$$

$$\text{Pil ömrü} = \frac{3000 \text{ mah}}{18,58 \text{ mah}} \times 0,707 = 113 \text{ gün}$$

Bu hesaplama en basit şekilde yapılmaktadır ve çıkan sonuç kesin değildir. Normalde bu hesaplamanın birçok parametresi vardır; çalışma, sıcaklığı, üretim zamanı, malzeme türü, pilin kalitesi de pil ömrünü etkilemektedir.

Uyku modunda çektiği yük akımı da hesaplandığında;

Uyku modunda kalma süresi = toplam süre-normal moddaki süre

Cihaz derin uyku modunda, $86400-960 = 85440$ saniye kalmaktadır. Bu da 23,74 saat olarak hesaplanır. Derin uyku modunda saat başına ortalama 5,93mah olarak alındığında; Bir gün (24 saat) $5,93 \times 23,74 = 140,73$ mah yük çekmektedir.

24 saatte toplam yük miktarı= normal mod+derin uyku mod

Yük akımı= $140,73+18,58 = 159,31$ mah

$$\text{Pil ömrü} = \frac{3000 \text{ mah}}{159,31 \text{ mah}} \times 0,707 = 13 \text{ gün}$$

Cihazın mikrodenetleyici programlama kısmında derin uyku modu kullanılmadığında pil ömrü hesaplanması (Bir dakikada bir verileri sunucuya gönderdiği durumda);

Her 1 dk'da (60sn) bir 10 saniye normal modda çalıştığına göre,

$$86400/60=1440 \text{ defa çalışıyor.}$$

Her çalışmada 10sn çalıştığına göre; $1440 \times 10 = 14400$ saniye çalışmış olacak demektir. Bu ise 240 dakika ya eşdeğer bir çalışma süresidir. Bunu saate çevrildiğinde $240/60 = 4$ saat demektir.

Saat başına ortalama 71,48mah akım tükettiğine göre; $71,48 \times 4 = 285,92$ mah akım tüketir. Bu durumda pil ömrü;

$$\text{Pil ömrü} = \frac{3000 \text{ mah}}{285,92 \text{ mah}} \times 0,707 = 7,41 \text{ gün olmaktadır.}$$

Derin uyku süresi de hesaplamaya dâhil edildiğinde; 20 saat boyunca derin uykuda kalır: $20 \times 5,93 = 118,6$ mah akım çeker.

$$\text{Toplam yük miktarı} = 285,92 + 118,6 = 404,52 \text{mah;}$$

$$\text{Pil ömrü} = \frac{3000 \text{ mah}}{285,92 + 118,6 \text{ mah}} \times 0,707 = 5,24 \text{ gün olmaktadır.}$$

Pil ömrünün mikrodenetleyicinin modlarına göre karşılaştırılması Çizelge 4.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. Cihazın modlarına göre çalışma süreleri

Mod durumları	Pil ömrü (gün)
Normal mod (derin uykusuz)	13
Derin uyku mod (15 dk derin uyku)	7,41
Derin uyku mod (1 dk derin uyku)	5,24

Cihaz, tam dolu bir batarya ile 15dk'da bir veri gönderir şekilde programlanıp pil ömrü hesaplandığında 4,06V kapasitesinin 2,5V kapasitesine düşene kadar sunucuya veri gönderdiği gözlemlenmiştir. Bataryanın gerilimi 2,5 voltun altına düştüğünde ise sunucuyla veri alışverişini kestiği görülmüştür. Bu süreç tarih ve saat olarak kaydedilmiş ve pil ömrünün yaklaşık 78 saat olduğu gözlemlenmiştir.

Mikrodenetleyici üzerindeki yazılımın sahte kodları;

```
#include <Gerekli kütüphaneleri ekle>
Sunucu_bilgileri ();
{"http://surutakipsistemi.com";}

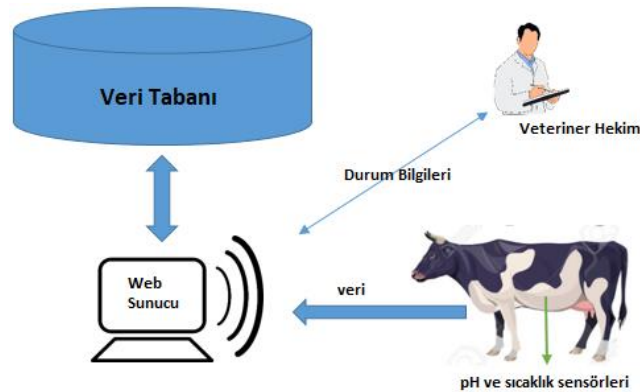
Ph_fonksiyon ();
{ for(int i=0;i<10;i++)
  ortalama değ er hesapla+buf;
}

Sicaklik_fonksiyon();
{ for(i=2;i<8;i++)
  Sıcaklık ölçüm;
}

Webserver_baslat();
{ cevap hazırla += ph_fonksiyon();
  cevap hazırla += sicaklik_fonksiyon();
  cevap hazırla += sunucu_bilgileri_fonksiyonu();
  cevap hazırla += restfulService(istemci, "sensor_ismi",sicaklik);
}

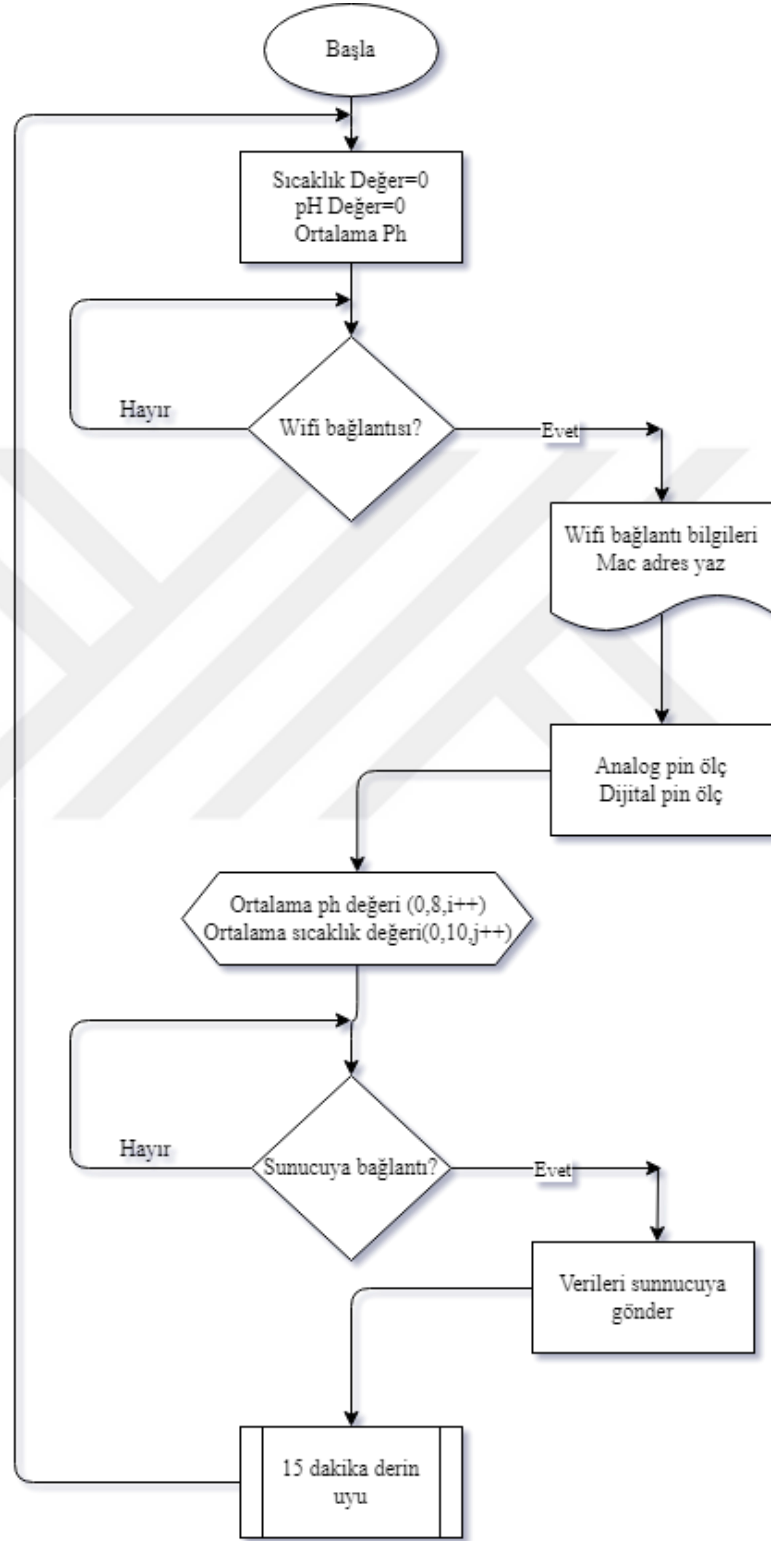
Restful_hizmeti başlat (istemci, sensor_ismi, veri_g nder)
{ if(Wan_sunucu_baglanti_testi)
  { verileri_sunucuya_gonder()
    http.son();
    derin_uyku(15dakika);
  }
}
```

Derin uyku modunu dışarıdan herhangi bir fiziksel müdahale olmadan aktif hale getirebilmek için; D0 ile RESET pinleri birbirlerine bağlanır. Bu bağlantı sayesinde cihaz, derin uyku modundan çıkarken otomatik resetlenir, tekrar ağı bağlanır ve verileri sunucuya gönderir. Bu döngü yazılım üzerinden sağlanmaktadır. Birinci cihazın genel işleyiş yapısı Şekil 4.15’te gösterilmiştir.



Şekil 4.15. Birinci cihaz genel işleyiş

Mikrodenetleyici üzerindeki yazılımın akış diyagramı Şekil 4.16’da gösterilmiştir.



Şekil 4.16. Birinci cihaz mikrodenetleyici üzerindeki yazılımın akış diyagramı

Her bir mikrodnetleyici ađ üzerinde IP-MAC adres eşleşmesi yapılarak, yerel ađ içerisinde sabit IP adres ataması yapılmıştır. Bu yapı sayesinde internet bağlantısı olmasa dahi sensörlerden okunan verilerin doğru olup olmadığı ve mikrodnetleyicinin web sunucu ile bağlantı durumları yerel ađ üzerinden kontrol edilebilir.

Örnek olarak 3 numaralı cihazın kontrol ekranına ulaşmak için aynı ađ içerisinde konumlandırılmış herhangi bir cihazın web tarayıcısında adres kısmına: <http://192.168.1.103:81> yazılarak ulaşılabilir.

İstemcilerin verileri yerel ağdan izlemesini sağlayan kontrol ekranı sayfası Şekil 4.17’de gösterilmiştir. Bu kontrol ekranına ulaşmak için mikrodnetleyicinin yerel ağıdaki ip adresi bilinmelidir. Bu bilgiler cihazların kaplanan dış yüzeylerine yerleştirilmiştir. Bu hizmet mikrodnetleyicinin içerisinde konumlandırılmış bir web sunucusu aracılığıyla sunulur. Sayfada gösterilen bilgiler:

- IoT cihazının fiziksel adres bilgisi (MAC adresi)
- Sensörlerden okunan değerler
- Web otomasyonu ile bağlantı testi ve durumu

Suru Takip Sistemi v1

Sensor Bilgileri

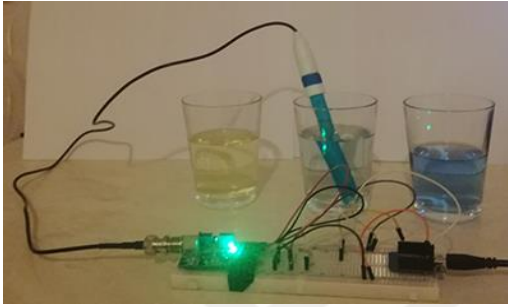
Kontrol_Ekran	PH	6.76
	Sicaklik	26.44
	Sistem Bilgileri	
	Wifi Mac Adress: B4:E6:2D:67:AD:3D	
	Web Otomasyon ve IOT Sensor Baglanti	
	Sensor ismi: 18rumensicaklik Durum: Basarili	
	Web Otomasyon ve IOT Sensor Baglanti	
	Sensor ismi: 18rumenph Durum: Basarili	

Şekil 4.17. Birinci IoT cihazına bağlı sensörlerin yerel kontrol ekranı

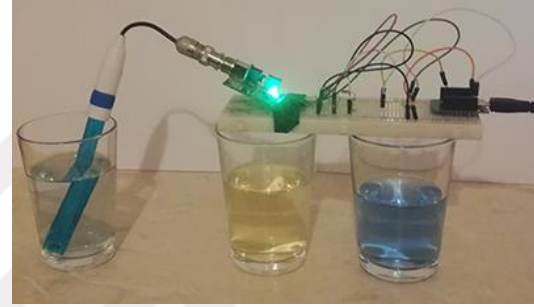
Yerel ađ üzerinde IoT cihazına bağlı olan sensör değerleri kontrol ekranından takip edilebilir. Sensör-otomasyon bağlantı durumu kontrol algoritması mikrodnetleyici üzerindeki kod üzerinden sağlanmaktadır. Sensörler gelen değerin 0 olması durumunda bağlantının olduğu ancak verilerin standartlara uygun olarak

gönderilmediği bu kontrol ekranı üzerinden takip edilir. Ayrıca cihaz üzerindeki izlenebilirlik, sensör isimlerinin belirlenmesinde ve takibinde kolaylık sağlamaktadır.

Kullanılan pH sensöründen BNC konnektörüne kadar olan sinyali taşıyan kablo uzunluğunun ölçüm sonuçlarına olan etkisi de ölçümler yapılarak gözlemlenmiştir. İki aynı marka ve model pH probunun, kablo uzunluğu değiştirilerek, aynı mikrodenetleyici ve besleme üniteleriyle birlikte tasarlanmış, gönderdiği veriler kayıt altına alınmıştır. Farklı kablo uzunluklarına sahip cihazların solüsyon üzerindeki testleri Şekil 4.18’de gösterilmiştir.



a) Kablo uzunluğu = 30cm



b) Kablo uzunluğu = 3 cm

Şekil 4.18. pH probu kablo uzunluk karşılaştırması

Tüm diğer özellikleri aynı tutulan iki ayrı devrede sadece pH probundan çeviriciye gelen kablonun uzunluklarının değiştirilmesi ile gerçekleştirilen ölçümler Çizelge 4.6’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.6. Farklı uzunluktaki kablolar ile gerçekleştirilen ölçümler

Ölçüm sayısı	Kablo uzunluğu 30cm (ölçülen pH)	Kablo uzunluğu 3cm (ölçülen pH)
1	6,84	6,87
2	6,85	6,85
3	6,84	6,85
4	6,89	6,81
5	6,89	6,89
6	6,84	6,84
7	6,87	6,87
8	6,87	6,89
9	6,89	6,85
10	6,85	6,87
Ortalama	6,863	6,859

*Ölçümler 150dk boyunca her 15dk’da bir yapılmıştır.

7,01 pH değeriindeki bir solisyonun her 15dk'da bir yaklaşık olarak 3 saatlik bir sürede alınan 10 ölçüm sonucunda pH probuna ait olan fabrika çıkışlı kablo uzunluğu ile alınan ölçümler ile kablonun 10 kat kısaltılması sonucunda alınan ölçümler karşılaştırılıp sonuçları incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda kablonun kısaltılmış olması ölçüm doğruluğu açısından hata kabul edilebilir bir farkın oluşmadığını göstermektedir. Ölçümler oda sıcaklığında ($\approx 26^{\circ}\text{C}$) ölçülmüş olup eşit şartlarda ölçüm ortamı sağlanmıştır. Kablonun kısaltılması aşamasında kesilen uca yine aynı kalitede başka bir BNC konnektörü bağlanarak ölçümler gerçekleştirilmiştir. BNC konnektörünün yanlış veya hatalı bağlanması durumunda ise tutarsız pH değerlerinin alındığı gözlenmiş, ayrıca dijital çevirici üzerinde bulunan buffer ışığının yeşil ışık yerine kırmızı yandığı gözlenmiştir. Bu da devrenin kısa devre oluşturduğunu gösterir. Hatasız bağlantı sağlandığında ise ölçümlerin tutarlı olduğu görülmüştür.

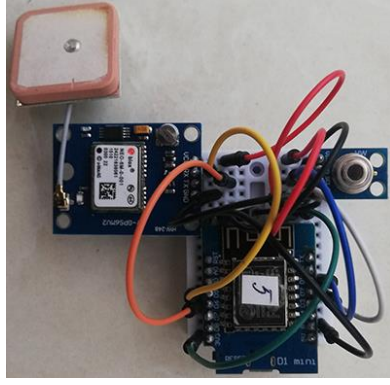
4.1.2. Davranış ve konum bölümü

Hayvanların çiftlik içerisinde ve dışarısında bulundukları konumların takibinin yapılabilmesi ve ortam sıcaklığı ile deri sıcaklık bilgileri ışığında kızgınlık belirtilerini anlamak için bu cihaz geliştirilmiştir. Hayvanın boyun bölgesine yerleştirilen bu cihazın içerisinde konum bilgilerinin alındığı modülün yanında, kızılötesi termal sıcaklık sensörü de bulunmaktadır. İkinci cihazda kullanılan materyaller Çizelge 4.7'de gösterilmiştir.

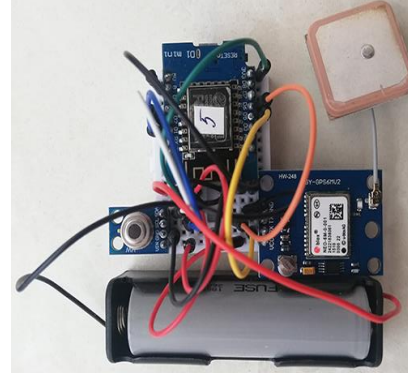
Çizelge 4.7. İkinci cihazda kullanılan materyaller ve özellikleri

Materyal	Özellik ve fonksiyonu
Wemos d1 mini	Mikrodenetleyici / IoT cihazı
GY-Neo6mv2 GPS modülü	Konum modülü
MLX90614	Termal sensör / Sıcaklık ölçümü
Anahtar	Plastik 12 mm / pil kontrolü
18650 Li-on pil	3000mah / Güç ünitesi

GPS modülü ile konum bilgileri, termal sıcaklık sensörü ile hem bulundukları ortam sıcaklığı hem de boyun bölgesindeki deri sıcaklığı bilgileri alınmıştır. Cihazın kaplanmadan önceki geliştirme aşamaları Şekil 4.19'da gösterilmiştir.



a) 1.aşama



b) pil beslemeli 2.aşama

Şekil 4.19. İkinci cihaz geliştirme aşamaları

Cihazda kullanılan GPS sensörü pil beslemesi verildikten sonra yaklaşık 3-4 dakika içerisinde uydularla iletişim haline geçmeye başlar.

Mikrodenetleyici tarafında kullanılan sahte kodlar:

```
#include <GPS_kütüphanesi_ekle>
#include <termal_kütüphane_ekle>
wan_sunucu_adresi = "http://surutakipsistemi.com";
gps_hizmeti_baslat();
termal_sicaklik_hizmeti_baslat();

while (network_baglanti_sagla);
{
    Yazdir("Wi-fi baglandi.");
}

bekle(10000ms);
Gps_fonksiyonu()
{
    while (GPS_gelen_veriler() > 0)
    {
        if (GPS_kodu_cöz(GPS.oku()))
        {
            enlem_bilgisi();
            boylam_bilgisi();
        }
    }
}

termal_sicaklik_fonksiyonu()
{
    ortamsicaklik = mlx.oku_ortamderece();
    derisicaklik = mlx.oku_deriderece();
    istemciye_cevap_hazirla()
    olustur_html (konum, ortam_derisicaklik);
}

http.baslat(istemci, sunucuya_kayit());
http.bitir();
```

Cihazda kullanılan GPS sensöründen gelen verilerin ayrıştırılması mikrodnetleyici üzerinde yapılmıştır. Çalışmada olan bütün işlemler anlık izlenebilir şekilde tasarlanmıştır. Konum bilgilerini uydularla haberleşerek alan GPS modülü Wemos D1 mini mikrodnetleyicisine monte edilmiştir. GLONASS uyduları ile haberleşen GPS modülü kendisine uydulardan gönderilen verileri alır ve bunları mikrodnetleyici üzerinden otomasyona gönderir.

GLONASS GPS sistemi 1976 yılında Sovyetler Birliği'nin başlattığı ve 1995 yılında tamamlanan Rus ikinci kuşak bir küresel uydu konumlandırma sistemi ve 7 adet uydudan ibarettir. Sistem, 2011 yılından itibaren 24 adet uydudan oluşan ve küresel kapsama alanına tam yerleştirilerek AB'nin GALILEO küresel konumlandırma sistemi ile Amerika Birleşik Devletleri'nin NAVSTAR GPS sisteminin eşiti durumuna geldiği bilinmektedir (Akagündüz ve ark., 2021).

GPS modülünden okunan veriler:

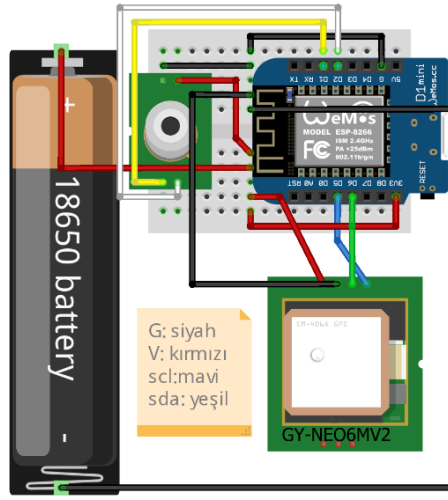
\$ GPRMC 123519, A, 3789.0827, N, 3249.9943, E, 022.4, 084.4, 210622, 003, 1, W * 6A olup verinin analiz sonucu Çizelge 4.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.8. GPRMC NMEA cümle ayrıştırma

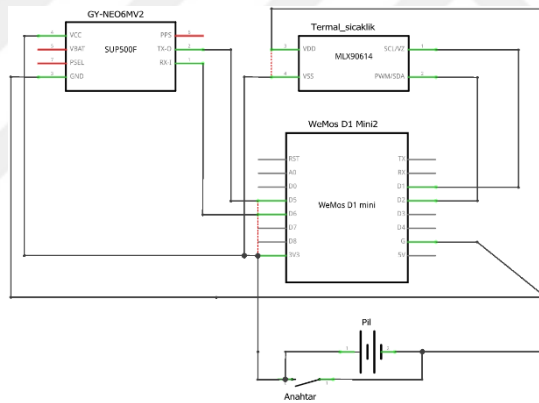
Alınan veri	Anlamı
\$	Her NMEA cümlesi \$ karakteriyle başlar.
GPRMC	Küresel Konumlandırma Önerilen Asgari Koordinatlar
123519	UTC geçerli saati – 12:35:19
A	Durum A = aktif veya V = Boş.
3789.0827, N	Enlem 37 derece 89.0827' Kuzey
3249.9943 E	Boylam 32 derece 49.9943' Doğu
022,4	Düğümelerde zeminden hız
084,4	Derece cinsinden iz açısı
210622	Güncel Tarih – 21 Haziran 2022
003,1, W	Manyetik Değişim
* 6A	Sağlama toplamı verileri her zaman * ile başlar

Cihaz donanımsal olarak, Wemos D1 mini mikrodnetleyicisi, GY-neo6mv2 GPS modülü, MLX90614 termal sıcaklık sensörü, Sony V6 18650 3000mah batarya ve anahtardan oluşturulmuştur. Devre oluşturulduktan sonra 3D yazıcı ile kaplanıp hayvanın boyun bölgesine takılmıştır. Konum modülü sayesinde anlık olarak çiftlik içerisinde mi dışında mı olduğu tespiti sağlanmıştır. Termal sıcaklık sensörü ile bulunduğu ortam ve deri sıcaklık bilgilerinin toplanması sağlanır.

Cihazın donanım olarak deneysel devre bağlantı şeması ve şematik bağlantısı Şekil 4.20’de gösterilmiştir.



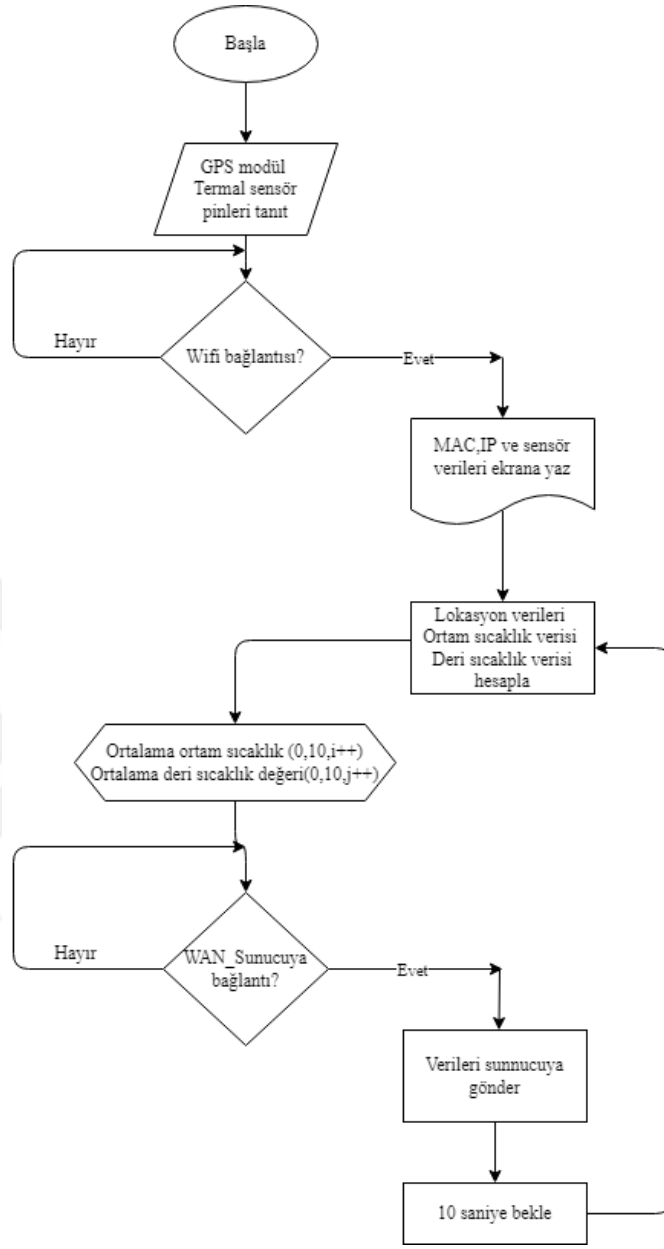
a) Deneysel devre tasarımı



b) Şematik devre tasarımı

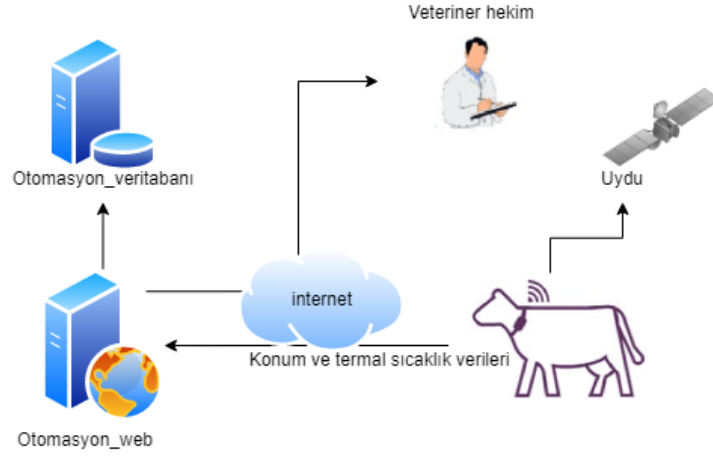
Şekil 4.20. İkinci cihazın devre ve şematik tasarımları

İkinci cihazın mikrodenetleyicisi üzerindeki yazılımın akış diyagramı Şekil 4.21’de gösterilmiştir.



Şekil 4.21. İkinci cihaz mikrodnetleyici üzerindeki yazılımın akış diyagramı

Boyun bölgesindeki cihaz, hayvan su içerken veya ıslak bir zemine boynu değdiğinde, sudan etkilenmemesi için su geçirmez malzeme ile kaplanmıştır. Ayrıca besleme ünitesine batarya yatağı konularak pilin değiştirebilmesi sağlanmıştır. İkinci cihazın genel çalışma yapısı Şekil 4.22’de gösterilmiştir.



Şekil 4.22. İkinci cihazın genel çalışma yapısı

Bu cihazda da birinci cihazda olduğu gibi mikrodenetleyici üzerinde verileri kontrol etmek amaçlı yerel web sunucu hizmeti yapılandırılmıştır. Yine aynı ağa bağlı herhangi bir terminalden ikinci cihazın IP adresi tarayıcıya yazılarak ulaşılabilir. İkinci cihazın genel kontrol ekranı Şekil 4.23'te gösterilmiştir. Görüldüğü gibi anlık konum bilgileri ve termal sıcaklık verileri izlenebilir durumdadır.

Sensor Bilgileri

Enlem	37.890827
Boylam	32.499943
Tarih	27 / 07 / 2022
Saat	16 : 40 : 31
Deri Sıcaklık	29.35
Ortam Sıcaklık	33.03

Sistem Bilgileri

Wifi Mac Adress: B4:E6:2D:67:B0:12

Web Otomasyon ve IOT Sensor Bağlantısı

Sensor ismi: 5map Durum: **Basarili**

Web Otomasyon ve IOT Sensor Bağlantısı

Sensor ismi: 5derisicaklik Durum: **Basarili**

Web Otomasyon ve IOT Sensor Bağlantısı

Sensor ismi: 5ortamsicaklik Durum: **Basarili**

Şekil 4.23. İkinci IoT cihazına bağlı sensörlerin yerel kontrol ekranı

Cihazın bir gün içinde pilden çektiği akımı hesaplamak için çekilen akım ortalamaları formüle döküldüğünde yaklaşık olarak pilin kaç gün boyunca cihazı beslediği hesaplanmıştır. Devreye bağlı cihazların ölçülen çalışma akımları Çizelge 4.9’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.9. İkinci devreye bağlı cihazların ortalama çalışma akımları

Devreye bağlı cihaz	Ortalama çalışma akımı (mah)
Wemos d1 mini	71,48
GY-Neo6mv2 GPS modülü	44,80
Mlx.90614 termal sensör	2,10
Toplam	118,38

Saat başına ortalama 118,38mah akım tükettiğine göre; her 10 saniyede bir çalıştığı için $118,38 \times 0,6 = 71,02$ mah akım tüketecek demektir. Bu değer; 1 saatte tükettiği akım değeridir. Değerler formülde yerine konup hesaplama yapıldığında durum;

$$\text{Pil ömrü} = \frac{3000 \text{ mah}}{71,02 \text{ mah}} \times 0,707 = 29,86 \text{ saat}$$

Wemos D1 mini ile NodeMCU versiyon3 mikrodnetleyicisi arasında, devre elemanları aynı şekilde bağlanıp cihazlar çalışırken çektikleri akımlar karşılaştırılmış ve D1 mini modelinin daha az akım çektiği gözlemlenmiştir. Bu sebeple ikinci cihaz tasarımında bu model kullanılmıştır. Bu mikrodnetleyici ile alınan anlık veriler ayrıştırılarak, hayvan hareketlerine ait enlem, boylam ve diğer tarih bilgileri sunucudaki veri tabanına eş zamanlı olarak kaydedilir. Veri tabanında kayıt altına alınan gerçek zamanlı veriler, geliştirilen otomasyonun hayvan bilgileri sayfasında görüntülenir. Belirlenen süre ile anlık olarak tüm konumlar harita üzerinde gösterilir ve bu işlem, veri var olduğu sürece devam eder. Sistem birden fazla hayvan için konum takibi yapar şekilde tasarlanmıştır.

4.1.3. Adımsayar bölümü

Kızgınlık döneminin belirlenmesinde en etkili yöntemlerden biri hayvanların günlük, haftalık olarak attıkları adım sayılarının takibidir. Kızgınlık dönemine yaklaşan ve bu dönemin içerisinde bulunan bir hayvan gün içerisinde normal diğer günlerden

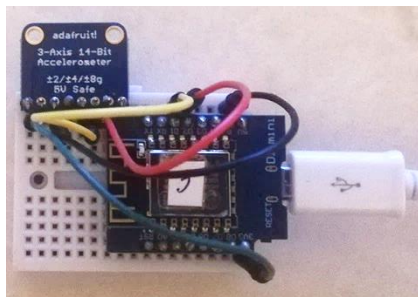
daha hareketli bir tutum sergilemektedir. Geliştirilen üçüncü cihaz hayvanın ayak bileği kısmına yerleştirilir şekilde tasarlanmıştır. Çalışmada kullanılan mikrodnetleyicilerin tek bir analog çıkış pinleri mevcut olduğundan ilk prototipte sadece tek boyutlu X ekseninde veriler alınabilmiş ve adımları bu şekilde izlenmiş olup 2.prototipte ise devreye ekstra bir analog çoğaltıcı modül eklenmiştir. Böylelikle X, Y ve Z koordinatları alınarak hayvanların hem adım sayıları hem de davranış durumları izlenmesi sağlanmıştır.

Hayvanın ayak bileği kısmına yerleştirilen bu cihazın içerisinde X, Y ve Z koordinat bilgilerinin alındığı MMA8451 modülü bulunmaktadır. Üçüncü cihazda kullanılan materyaller Çizelge 4.10’da gösterilmiştir.

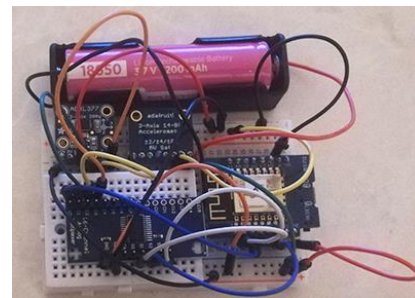
Çizelge 4.10. Üçüncü cihazda kullanılan materyaller ve özellikleri

Materyal	Özellik ve fonksiyonu
Wemos D1 mini	Mikrodnetleyici / IoT cihazı
Mma8451	Koordinat hesaplayıcı / Modül
Adxl377	Koordinat hesaplayıcı / Modül2
CD74HC4067 Multiplexer	16 Kanal Analog Dijital / Çoğaltıcı
Anahtar	Plastik 12 mm / pil kontrolü
18650 Li-on pil	3000mah / Güç ünitesi

MMA8451 modülü ile hayvanın ayak bileğindeki koordinat değişimleri ile adım sayısı hesabı, ADXL3377 modülü ile eksenlerin verisi ile anlık davranış durum bilgisi hesaplanmış ve otomasyon sistemine aktarılmıştır. Cihazın kaplanmadan önceki geliştirme aşamaları Şekil 4.24’te gösterilmiştir.



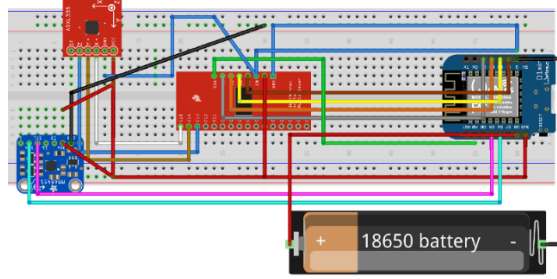
a) 1.aşama



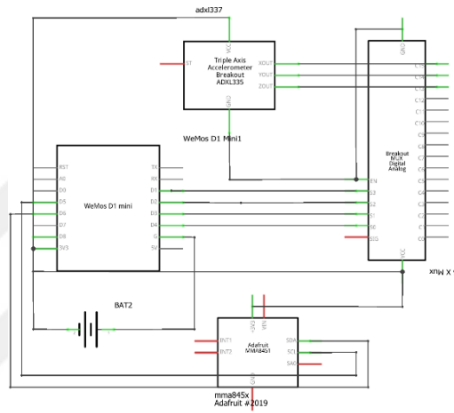
b) pil beslemeli 2.aşama

Şekil 4.24. Üçüncü cihaz geliştirme aşamaları

Cihazın donanım olarak deneysel devre bağlantı şeması ve şematik bağlantısı Şekil 4.25'te gösterilmiştir.



a) Deneysel devre tasarımı



b) Şematik devre tasarımı

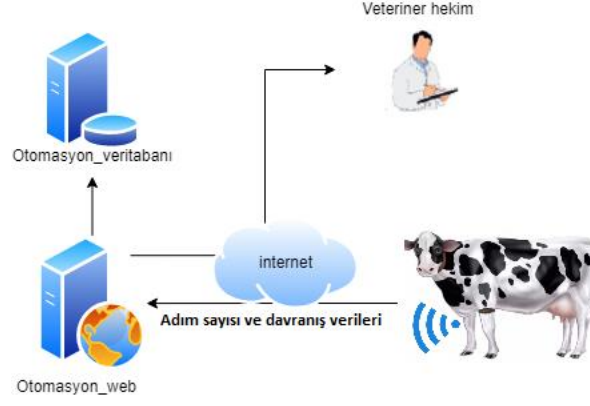
Şekil 4.25. Üçüncü cihazın devre ve şematik tasarımları

Mikrodenetleyicide çalışan ve otomasyona veri gönderen kaba kodlar:

```
#include <gerekli kütüphaneleri ekle>
Network_bilgileri_tanımla()
{
    wan_sunucu_adresi = "http://surutakipsistemi.com";
    Zaman_istemci_adresi ("europe.pool.ntp.org");
}

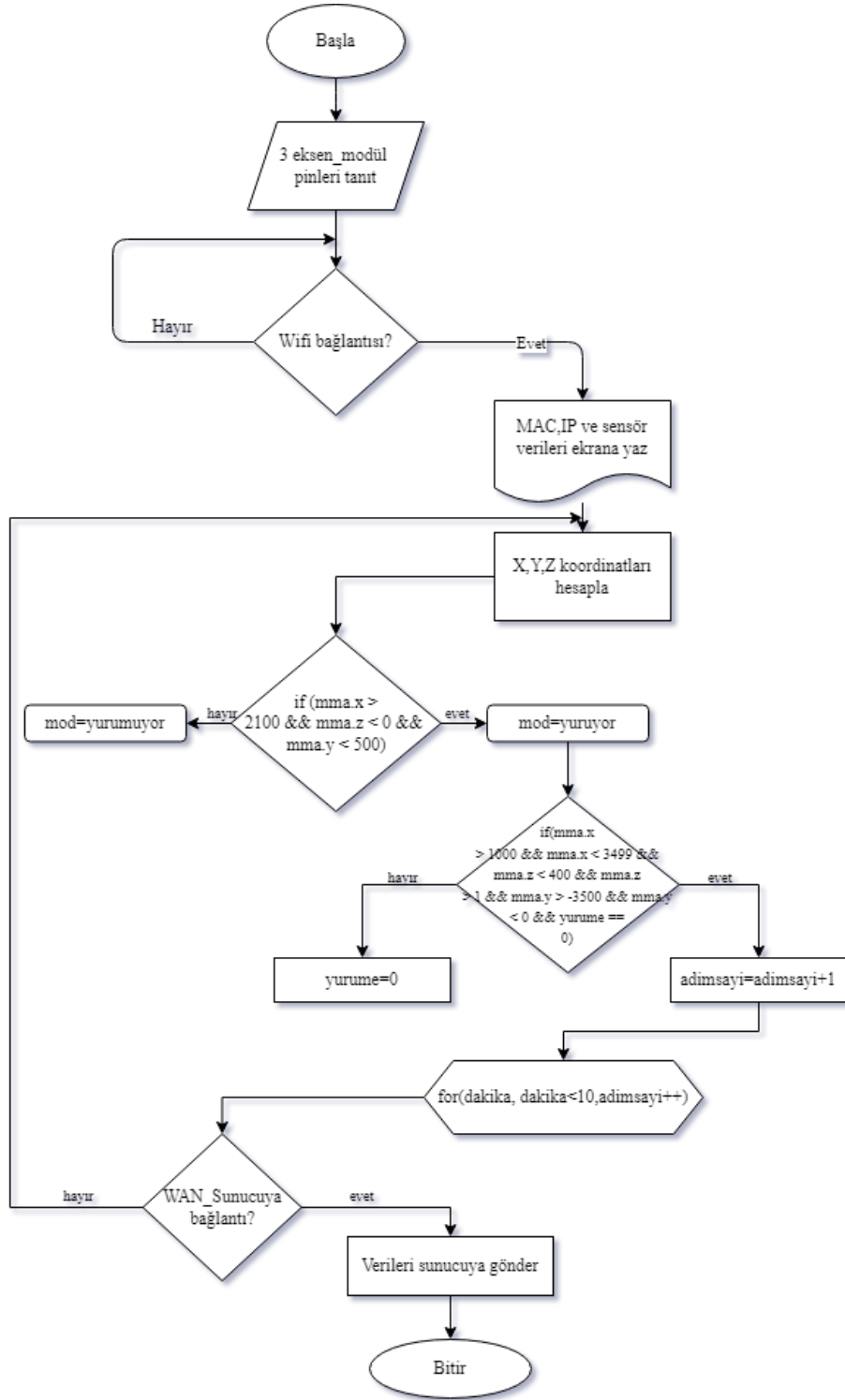
3eksen_sensor.oku();
3eksen_sensor.getEvent(&event);
3eksen_sensor_yon_alma_fonk();
{
    uint8_t o = mma.getOrientation();
    adimsayi = adimsayi + 1;
    timeClient.update(zaman_guncelle);
}
restfulService("adimsayaraykut", adimsayi, 0, 0);
{ Restful_hizmeti_baslat(Wi-fiClient_istemci, sensor_ismi, veri, X,Y,Z);
  if(Sensor_baglanti_durumu=1)
    verileri_gonder(wan_sunucu,sensor_ismi, X,Y,Z,adimsayi);
}
http.bitir();
```

Üçüncü cihazın hayvan üzerindeki genel çalışma yapısı Şekil 4.26’da gösterilmiştir.



Şekil 4.26. Üçüncü cihazın genel çalışma yapısı

Üçüncü cihazın mikrodenetleyicisi üzerinde çalışan kodların akış diyagramı ise Şekil 4.27’de gösterilmiştir.



Şekil 4.27. Üçüncü cihaz mikrodnetleyici üzerindeki yazılımın akış diyagramı

4.2. Web Tabanlı Otomasyon

Tüm cihazların ortak olarak bağlandıkları web tabanlı otomasyon bölümü PHP script dili ile kodlanmıştır. Sensörlerden gelen verilerin kayıt altına alındığı veri tabanı sunucusu ise MySQL veri tabanı ile oluşturulmuştur. Alan adı ve host kiralanarak sistem, internet üzerinden erişilebilir hale getirilmiş ve tüm aşamalarda sunucunun durumu izlenebilmektedir. Sistemin oluşturulduğu alan adı: <http://surutakipsistemi.com> olarak belirlenmiştir. Öncelikle bir tanıtım sayfası tasarlanmıştır. Bu tanıtım sayfasında otomasyonda bulunan modüller ile ilgili temel bilgiler verilmiştir

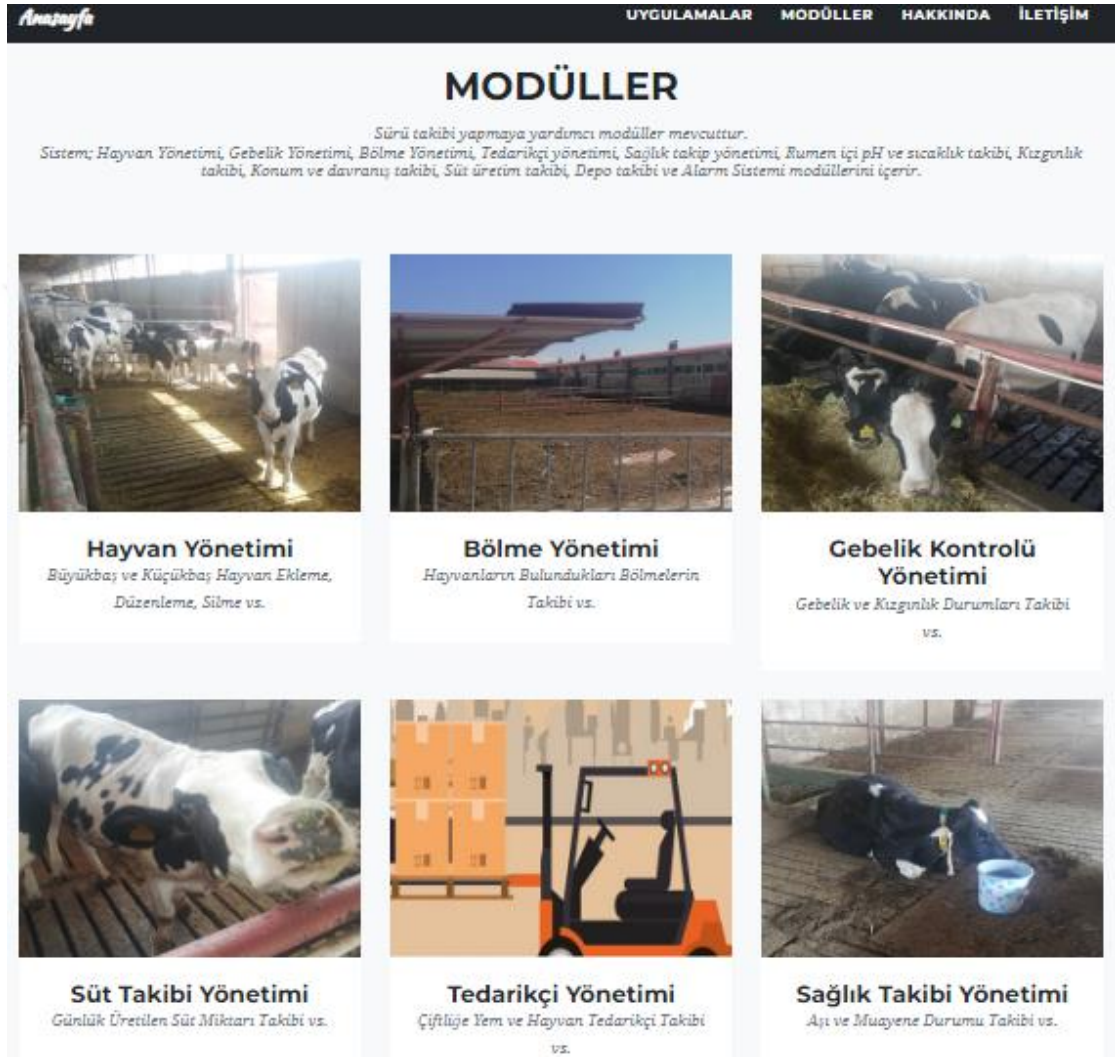
Web tabanlı bu yazılım PHP MVC (Model-View-Kontroller) yapısı ile oluşturulmuştur. Kullanılan framework mantığı MVC mimarisinin en istikrarlı çalışanlarından. Duyarlı web tasarımı (responsive), web sayfalarının çeşitli cihazlarda ve farklı ekran boyutlarında en iyi görüntülenmesini sağlayan web tasarımı yaklaşımı olarak bilinmektedir. Bu sebeple web uygulama yapısında kullanılan yöntem olarak bu yapı tercih edilmiş olup tek uygulama ile çok yönlü çıkış alınması sağlanmıştır. Uygulamaya dâhil edilen CSS ve JavaScript altyapısı ile yazılım zenginleştirilerek mobil, tablet ve masaüstünde tam uyumlu, kullanımı kolay ve günümüz teknolojisine hitap eden bütün cihazlarda sorunsuz çalışan bir yapıya kavuşturulmuştur.

Otomasyonun konumlandırıldığı sunucu alt yapı özellikleri Çizelge 4.11’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.11. Otomasyon sunucusuna ait teknik özellikler

Özellikler	Ayrıntılar
İşlemci	Intel™ Core™ i9-9900K CPU @ 3,60GHz
Sunucu tipi	VPS (Sanal Özel Sunucu)
Bellek	8 GB
İşletim sistemi	CentOS / Linux
Sabit disk	1 TeraBayt
Programlama dili	PHP 7.4.30
Veri tabanı sunucu	MariaDB 10.3.35
Sunucu yönetim sistemi	Plesk Obsidian 18.0.44

Otomasyon sistemine giriş yapmadan önce kullanıcıları karşılayan ve sistem hakkında ön bilgiler veren bir web sayfası tasarlanmıştır. Bu sayfanın tasarımında html5.0, CSS ve bootstrap teknolojileri kullanılmıştır. Site tüm cihazların ekran çözünürlüklerine göre şekil alarak tam ekrana sığacak şekilde kodlanmıştır. Sistemin ilk tanıtımının yapıldığı web sayfasının görseli Şekil 4.28’de gösterilmiştir.



Şekil 4.28. Kullanıcıya sistemi tanıtan ilk web sayfası

Sistemin içerisinde barındırdığı temel bilgiler, karşılama sayfasında modüller bağlantı kısmında bulunmaktadır. Otomasyonda bulunan modüller Şekil 4.29’da gösterilmiştir.



Şekil 4.29. Otomasyona ait modüller

Uygulamalar başlığı; bu başlık altında otomasyon sistemine Android işletim sistemine ait bir mobil cihazdan ulaşılabilmesi için basit bir uygulama geliştirilmiş ve indirme linki yerleştirilmiştir.

Modüller başlığı; sistemin içerisinde barındırdığı modüllerin tanıtımının ve açıklamalarının bulunduğu kısımdır. Bu modüller sırasıyla:

- Hayvan yönetimi
- Grup (bölme) yönetimi
- Gebelik ve tohumlama kontrol yönetimi
- Süt takibi yönetimi
- Tedarikçi yönetimi
- Sağlık takibi yönetimi
- Depo takibi yönetimi
- Uyarı sistemi (alarm)
- Besleme parametreleri yönetimi
- Konum takibi yönetimi
- Kızgınlık takibi yönetimi olarak temel bilgilerin bulunduğu başlıktır.

Hakkında başlığı; sistemin sahip olduğu modüllerin genel olarak bir çiftlik içerisinde hangi fonksiyonları gerçekleştirdiği bilgisinin bulunduğu başlıktır.

İletişim başlığı; Otomasyon sistemi ile ilgili soruların ve bilgi alma gerekliliği olması durumunda iletişim bilgilerinin bulunduğu başlıktır. Sistemin ticari bir altyapısı

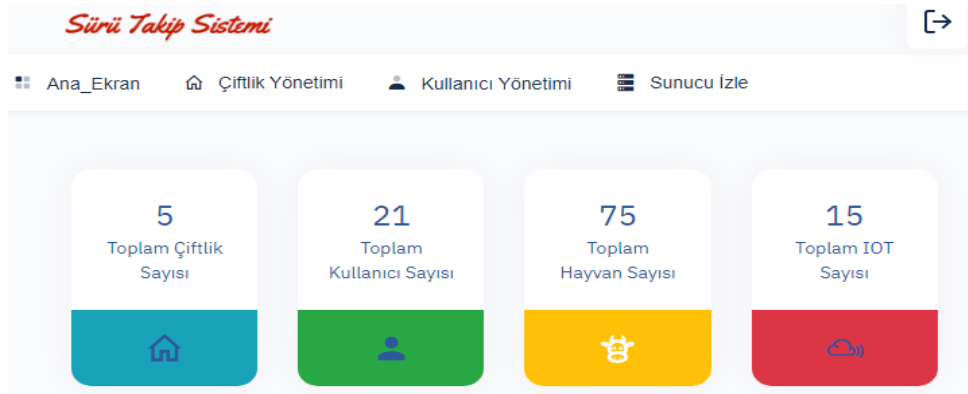
olmadığı için bu bölümde şahsi bilgiler mevcuttur. Ancak herhangi bir ticari uygulama olduğunda kurumsal mail sunucu ve mail hizmeti alt yapı olarak hazırlanmış durumdadır.

4.2.1. Kullanıcı yazılımı bölümü

Otomasyon sistemine giriş yapılabilmesi için sistem tarafından sağlanan bir kullanıcı adı ve şifre oluşturulması gerekmektedir. Bu erişim bilgileri, sistem yöneticisi tarafından sağlanmaktadır. Sistemde 4 adet kullanıcı yetkilendirilmesi mevcuttur. Bunlar;

- root (yönetici) yetkisi
- Veteriner hekim yetkisi
- Zooteknisyen yetkisi
- Kullanıcı yetkisi

Root yetkisi, sistemin veri tabanı kısmında oluşturulmuş ve tüm çiftliklerin tüm kullanıcı yetkisi sahipliğinin üzerinde bir yetkidir. Root kullanıcı yetkisiyle sisteme giriş yapıldığında kullanıcıyı karşılayan ekran Şekil 4.30'da gösterilmiştir.

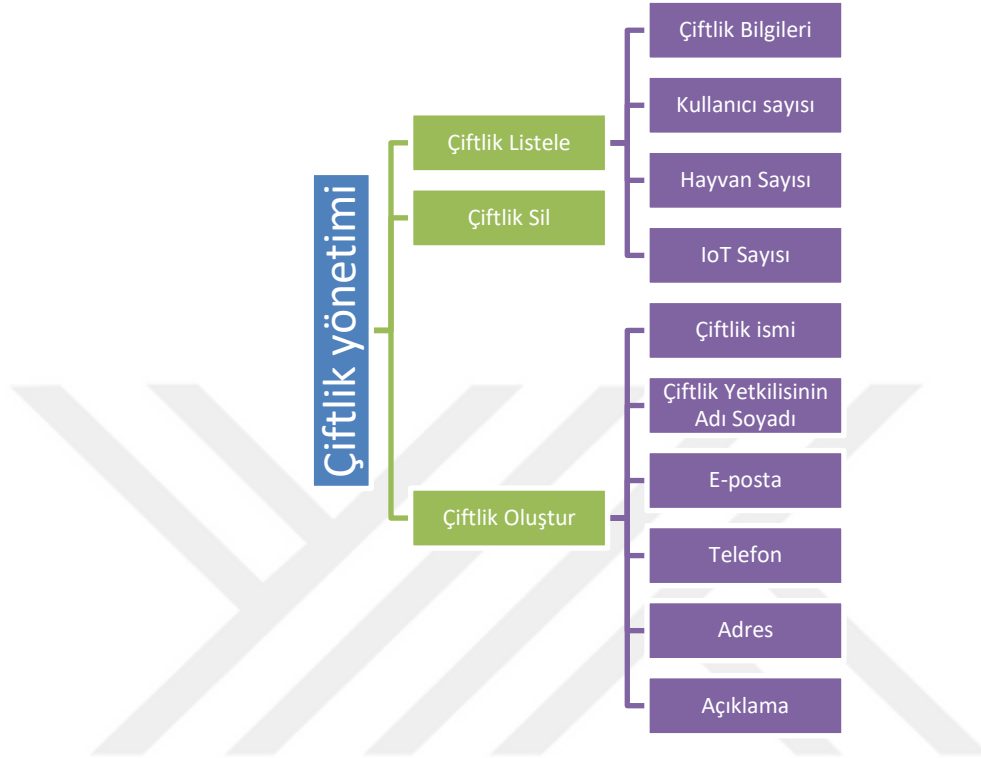


Şekil 4.30. Root (yönetici) ekranı

Root (yönetici) ana sayfasında 4 ana menü ve bu menülere ait alt menüler mevcuttur. Bunlar:

Ana_ekran; bu menü sistem içerisinde kayıtlı toplam çiftlik sayısını, mevcut çiftliklere ait toplam kullanıcı sayısını, sistem üzerindeki toplam hayvan sayısını ve hayvanlarda tanımlı toplam IoT cihaz sayısını göstermektedir.

Çiftlik yönetimi; sistem üzerinde kayıtlı çiftliklerin listesini, yeni çiftlik oluşturma ve çiftlik silme işlemlerinin yapıldığı kısımdır. Şekil 4.31’de çiftlik yönetimi kısmında girilen ve listelenen bilgiler gösterilmiştir.

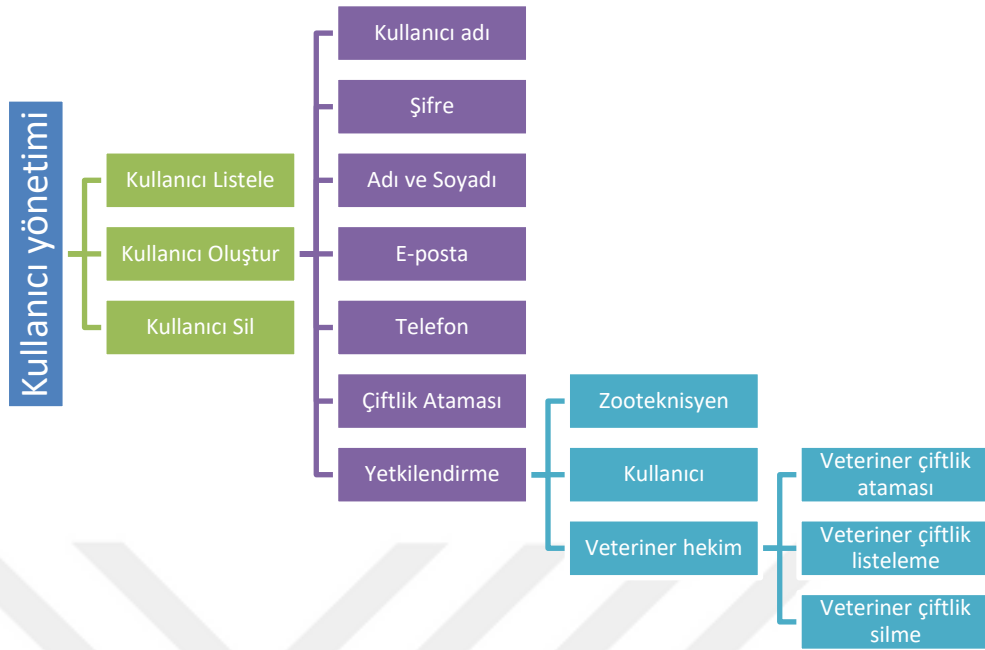


Şekil 4.31. Çiftlik yönetimi bilgileri

Kullanıcı yönetimi; sistem içerisinde mevcut kullanıcıların listelenmesi, kullanıcı oluşturma, kullanıcı silme ve yetki ataması yapılan kısımdır. Bunlar:

- a) Kullanıcı listele; çiftliklere ait kullanıcıları listeler.
- b) Kullanıcı oluşturun; çiftliklere yeni bir kullanıcı oluşturun.
- c) Kullanıcı sil; kullanıcıyı siler.
- d) Veteriner hekim çiftlik ataması
- e) Veteriner hekim çiftlik listeleme
- f) Veteriner hekim çiftlik silme

Veteriner hekimlerin çiftliklere ataması da bu bölümde yapılmaktadır. Sistem, bir veterinerin birçok çiftlikte aynı anda görevlendirilmesine olanak sağlar. Veteriner hekim üzerine atanmış bir çiftliğin yetki sonlandırılması da yapılır. Şekil 4.32’de kullanıcı yönetimi kısmında girilen ve listelenen bilgiler gösterilmiştir.



Şekil 4.32. Kullanıcı yönetimi bilgileri

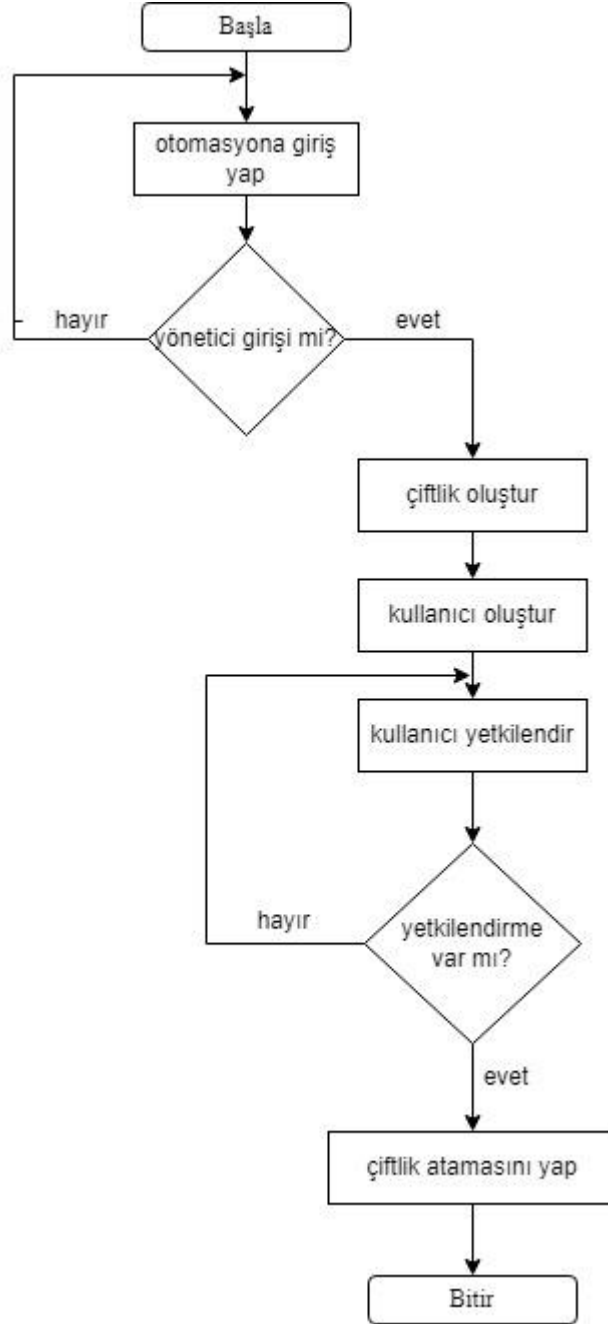
Sunucu izle; otomasyon sisteminin yapılandırıldığı ve çalıştığı sunucuya ait bilgilerin, mevcut işlemci (CPU), bellek (RAM) kullanım durumlarının, mevcut veri tabanı tablolarının kullandığı sabit disk durumunun izlendiği kısımdır.

Sistem içerisinde oluşturulan ve yetkilendirilen kullanıcı çeşitleri ve yetki durumları Şekil 4.33'te gösterilmiştir.

root (yönetici)	Çiftlik oluşturma, listeleme, silme yetkisi	
	Veteriner hekim atama, silme yetkisi	*Sunucu durumu izleme
	Kullanıcı oluşturma, silme ve yetkilendirme	
Veteriner hekim	Ait olduğu çiftlikte tüm kullanıcı işlemleri yetkisi	*Ait olduğu çiftlikte tüm sağlık işlemleri yetkisi
	Ait olduğu çiftlikte tüm doğum yönetimi yetkisi	*Ait olduğu çiftlikte tüm hayvan işlemleri yetkisi
Zooteknisyen	Ait olduğu çiftlikte tüm depo yönetimi yetkisi	*Ait olduğu çiftlikte tüm tedarikçi yönetim yetkisi
	Ait olduğu çiftlikte tüm süt takibi yönetim yetkisi	*Ait olduğu çiftlikte tüm grup yönetimi yetkisi
Kullanıcı	Ait olduğu çiftlikte modülleri sadece listeleme ve görüntüleme yetkisi	

Şekil 4.33. Kullanıcı ve yetki hiyerarşisi

Sistemde kullanıcı yetkilendirmesi ve çiftlik ataması yapmak için öncelikle çiftlik oluşturulması gerekmektedir. Sisteme kullanıcı ekleme ve yetkilendirme iş akış diyagramı Şekil 4.34’te gösterilmiştir.



Şekil 4.34. Genel çiftlik oluşturma ve kullanıcı yetkilendirme iş akış diyagramı

Ayrıca istenildiğinde yeni bir kullanıcı ve görev ataması yapılarak istenilen yetki sınırlaması çiftliğin kendi yöneticisinin tanımlaması ile gerçekleştirilebilir. Herhangi bir veteriner hekimin birçok farklı çiftlikte yetkilendirmesi yapılabilmektedir. Sistem, her

bir çiftliğe ait bir veteriner hekim atandığı gibi aynı veteriner hekim farklı çiftliklerde de görev alabilir durumda oluşturulmuştur. Veteriner hekim atamasının yapıldığı kısım Şekil 4.35'te gösterilmiştir. Bu kısım kullanıcı yönetimi altında bulunan alt menüde veteriner çiftlik atama bölümündedir.

Veteriner Çiftlik Atama

Veteriner yetkisine sahip birini birden fazla çiftliği yönetmesi için atayabilirsiniz.

Veteriner:

Kamil Aykurtalp GÜNDÜZ kaydutalp Gunduz@hotmail.com

Atanacak Çiftlik:

Selçuk Ün. Uygulama Çiftliği

Veteriner Çiftlik Ata

Şekil 4.35. Veteriner hekim çiftlik atama ekranı

Belirli bir çiftlik yönetimine yetki ataması yapılan veteriner hekim sisteme girdiğinde, eğer birden fazla çiftlik ataması yapıldı ise çiftlik seçim sayfası karşısına gelir. Tek bir çiftlik ataması yapıldı ise yetkilisi olduğu çiftlik otomasyonuna giriş yapabilir. Veteriner hekim yetkisiyle sisteme dâhil edilen kullanıcının otomasyon ara yüzü Şekil 4.36'da gösterilmiştir.

Süresi Takip Sistemi

Çiftlik Durumu Alarm Sistemi Hayvan Yönetimi Doğum Yönetimi Grup Yönetimi Süt Takip Tedarikçiler Sağlık Takip Depo Yem Yönetimi IoT Yönetimi Sensor Yönetimi

Harita Uydur

0 Litre Toplam Sağılan Süt Miktarı

0 Litre Bugün Sağılan Süt Miktarı

0 Litre Toplam Satılan Süt Miktarı

66 Toplam Hayvan Sayısı

Şekil 4.36. Veteriner hekim sistem ekranı

Veteriner hekim sisteme giriş yaptıktan sonra atandığı çiftlik üzerinde mesleki yetkileri dışında başka kullanıcılara yetki genişletmesi de yapılabilmektedir.

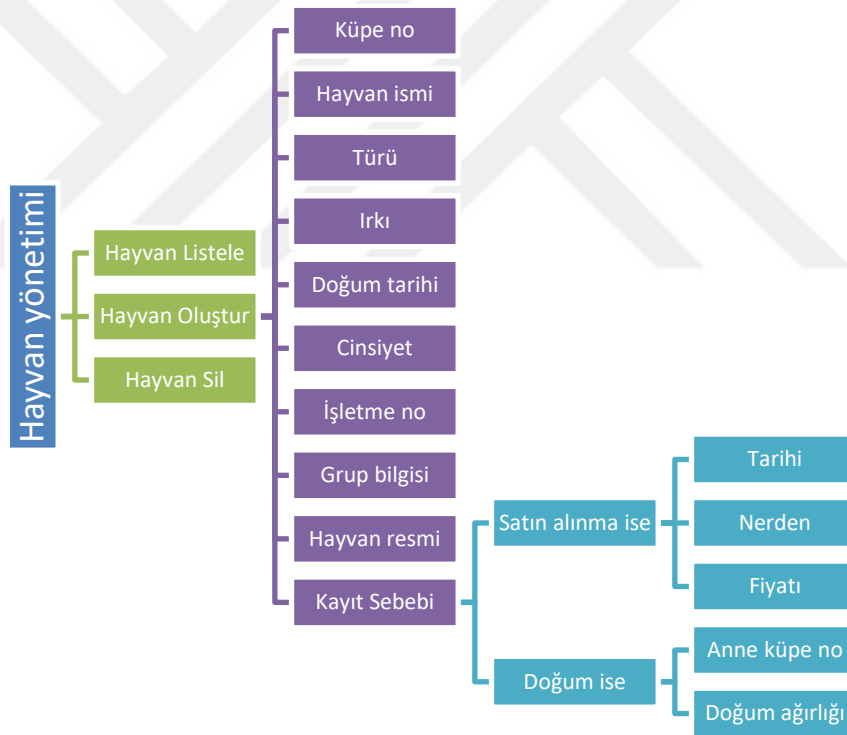
Sisteme ait tüm modüller ve içerikleri şunlardır;

Çiftlik durumu; çiftliğe ait hızlı bir şekilde genel bilgilerin görüntülendiği kısımdır. Çiftlikte bulunan ve IoT cihazı takılmış tüm hayvanların mevcut konumlarının toplu olarak izlenebildiği bölüm ve toplam hayvan sayısının, güncel depo durumunun takip edildiği ekrandır.

Hayvan yönetimi; hayvanlarla ilgili tüm işlemlerin yapıldığı kısımdır. Bunlar:

- a) Hayvan listele; çiftliğe eklenmiş hayvanları listelemeye yarar.
- b) Hayvan oluştur; çiftliğe yeni bir hayvan oluşturmaya yarar.
- c) Hayvan sil; çiftlikten hayvan silmeye yarar.

Hayvan oluşturma kısmında girilen bilgiler Şekil 4.37’de gösterilmiştir.

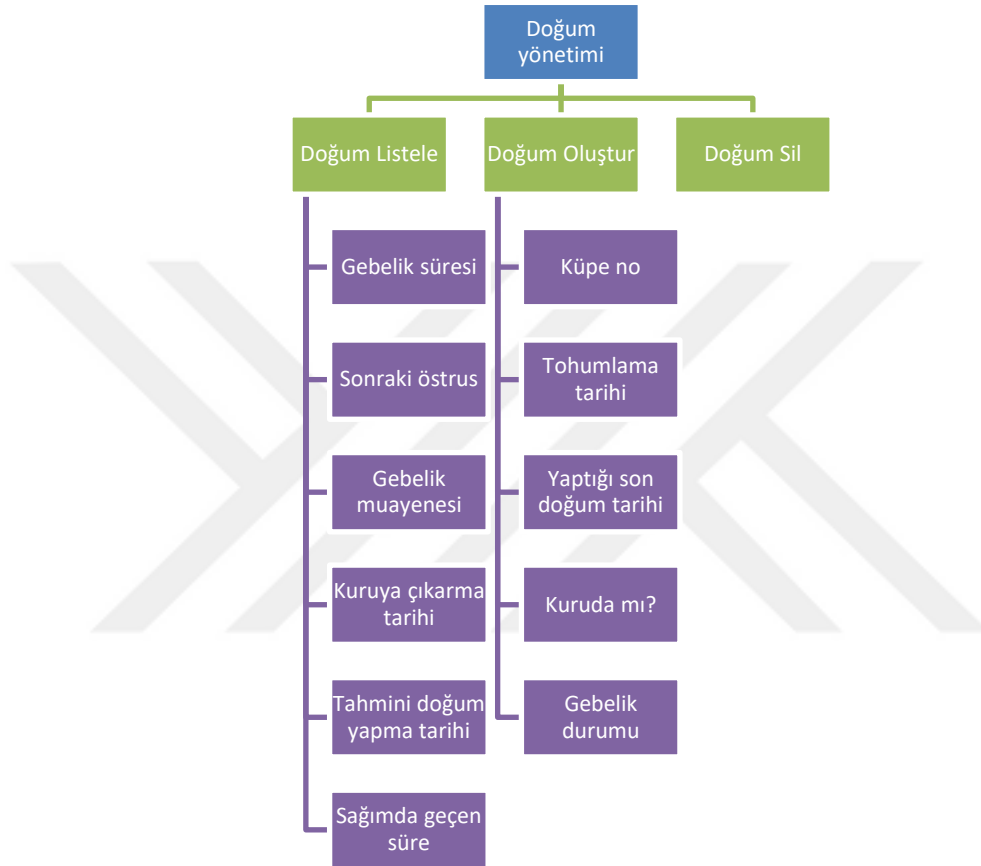


Şekil 4.37. Kullanıcı yönetimi bilgileri

Doğum yönetimi; çiftlikte doğum yapan hayvanların yönetiminin yapıldığı kısımdır. Bunlar:

- a) Doğum listele; doğum yapan hayvanları listelemeye yarar.
- b) Doğum oluştur; yeni bir doğum oluşturmaya yarar.
- c) Doğum sil; gerçekleşen doğumu silmeye yarar.

Hayvanların tohumlanma ve son yaptığı doğum tarihleri kayıt altına alınır. Bu tarih bilgilerine bağlı olarak sağımda geçirdikleri gün sayısı, bir sonraki östrus (kızgınlık) tarihi, gebelik süresi, gebelik muayenesi tarihi, kuruya çıkarılma tarihi, tahmini doğum yapma tarihi belirlenir. Doğum yönetim kısmında girilen ve listelenen bilgiler Şekil 4.38’de gösterilmiştir.

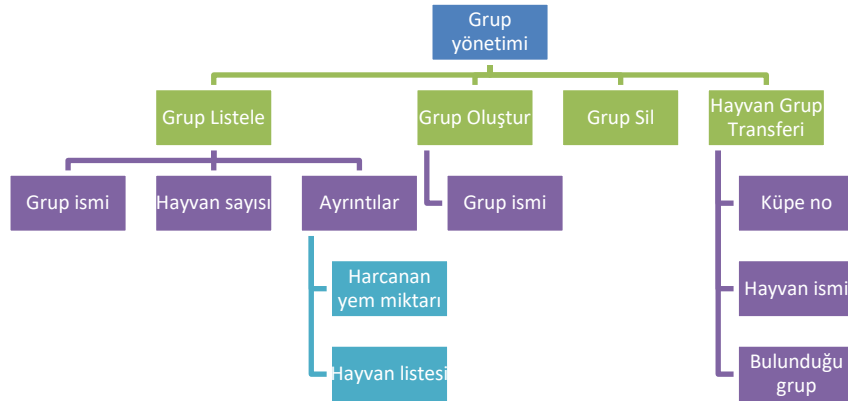


Şekil 4.38. Doğum yönetim bilgileri

Grup yönetimi; çiftlikteki hayvanların bulundukları bölümlerin yönetildiği kısımdır. Bunlar:

- Grup listele; tüm grupların listelendiği kısımdır. Gruplarda hangi hayvanların ve verilen yem miktarları da görüntülenir.
- Grup oluştur; yeni bir bölüm oluşturmaya yarar.
- Grup sil; mevcut grubu silmeye yarar.
- Hayvan grup transferi; hayvanlar belirli sürelerde ve sağlık durumlarına göre bölüm değişikliğine uğradıklarında kullanılan kısımdır. Hayvanların gruplar arası yer değişikliğini yapmaya yarar.

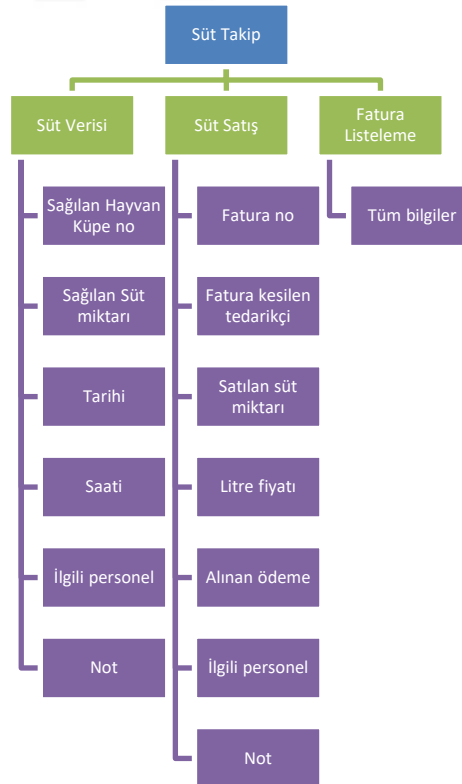
Grup yönetim kısmında girilen ve listelenen bilgiler Şekil 4.39’da gösterilmiştir.



Şekil 4.39. Grup yönetimi bilgileri

Süt takip; çiftlikte günlük olarak sağılan süt miktarı ve eğer varsa süt satışlarının kayıtları tutulur. Ayrıca faturalandırma servisi de içermektedir. Süt takip kısmında girilen ve listelenen bilgiler Şekil 4.40’ta gösterilmiştir.

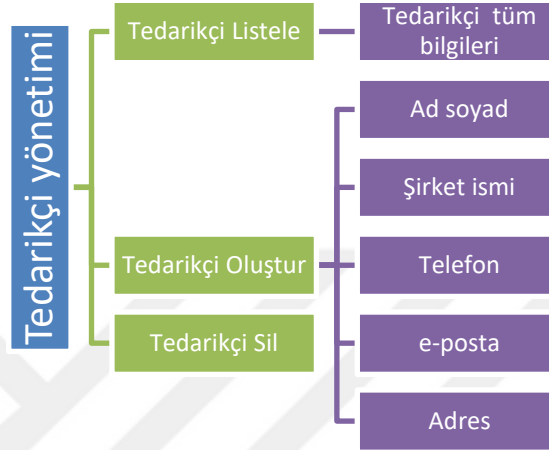
- Süt verisi; hayvan bazlı günlük süt sağım bilgisi girildiği kısımdır.
- Süt satışı; tedarikçi bazlı günlük süt satış bilgisi kayıt altına alınır.
- Fatura listele; satılan süt miktarının faturalandırması yapılır.



Şekil 4.40. Süt takip yönetimi bilgileri

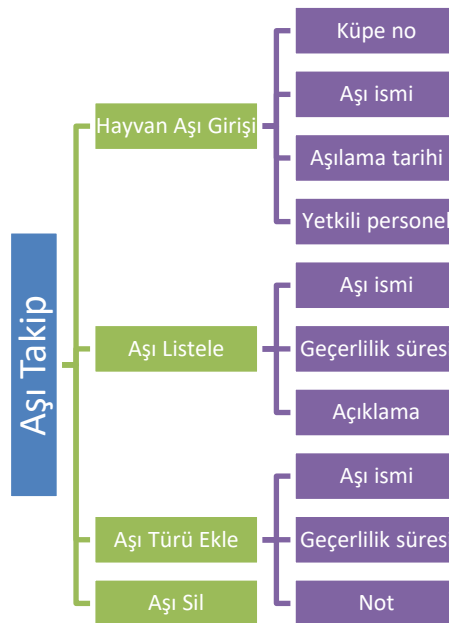
Tedarikçiler; çiftliğe malzeme, yem, sarf malzeme vb. tedariki sağlayan kişilerin ve kurumların tüm kaydının tutulduğu kısımdır. Tedarikçi yönetim kısmında girilen ve listelenen bilgiler Şekil 4.41’de gösterilmiştir. Bunlar:

- Tedarikçi listele; mevcut tedarikçilerin listelendiği kısımdır.
- Tedarikçi oluştur; yeni tedarikçi kaydı oluşturulur.
- Tedarikçi sil; mevcut tedarikçinin silindiği kısımdır.



Şekil 4.41. Tedarikçi yönetimi bilgileri

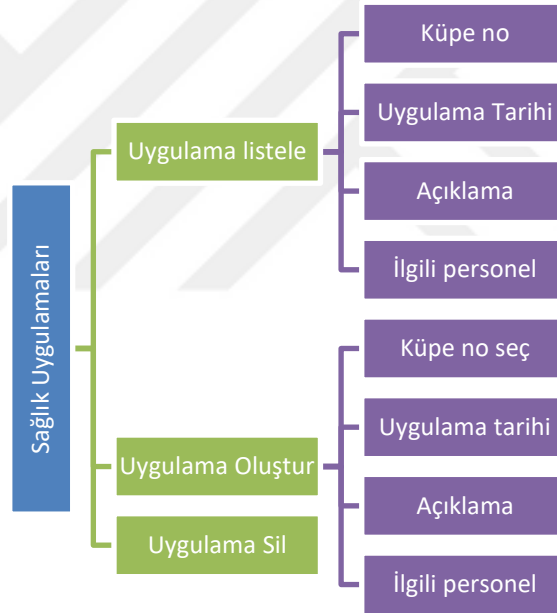
Sağlık takip yönetimi; veteriner hekim tarafından hayvanlara uygulanan sağlık uygulamalarının, müdahalelerin ve aşı bilgilerinin yönetildiği kısımdır. Sağlık takip yönetim kısmı altındaki aşı yönetiminde girilen ve listelenen bilgiler Şekil 4.42’de gösterilmiştir.



Şekil 4.42. Aşı yönetimi bilgileri

Sağlık takip yönetim kısmı altındaki sağlık uygulamalarında girilen ve listelenen bilgiler Şekil 4.43'te gösterilmiştir. Bunlar:

- a) Hayvan aşı girişi; hayvana özel aşı enjekte bilgilerinin girildiği kısımdır. Ayrıca toplu olarak yapılan aşılarda bilgisi de tutulur.
- b) Aşı listele; çiftlikte uygulanan aşı çeşitlerinin listelendiği kısımdır.
- c) Aşı oluştur; yeni bir aşı çeşidinin bilgileri girilir.
- d) Aşı sil; mevcut aşı bilgisinin silindiği kısımdır.
- e) Sağlık uygulaması listele; veteriner hekim tarafından hayvan bazlı uygulanan tedavi bilgilerinin listelendiği kısımdır.
- f) Sağlık uygulaması oluştur; yeni bir tedavi veya sağlık uygulaması oluşturmaya yarar.
- g) Sağlık uygulaması sil; mevcut sağlık uygulamasını silmeye yarar.



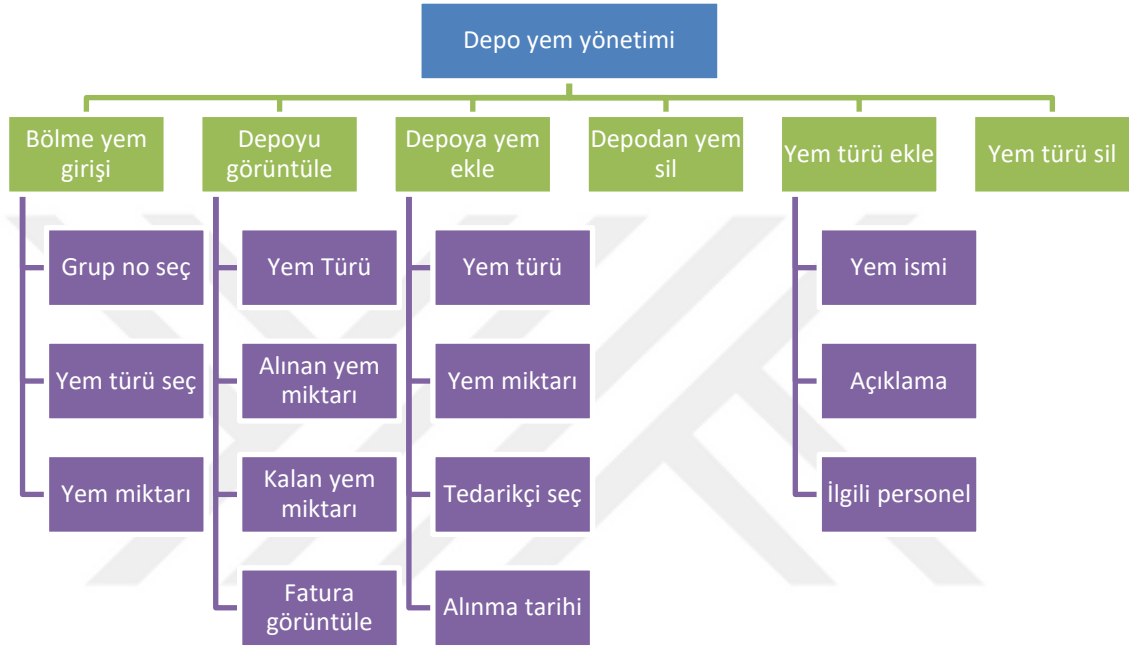
Şekil 4.43. Sağlık uygulamaları bilgileri

Depo yem yönetimi; çiftlikte bulunan yem deposunun tüm yönetiminin yapıldığı kısımdır. Bunlar:

- a) Bölme yem girişi; gruplara özel hayvanların bulundukları bölmelere göre depodan kullanılan yem bilgisinin girildiği kısımdır.
- b) Depoyu görüntüle; depoda bulunan mevcut yem türleri, kullanılan ve kalan yem miktarları görüntülenir.
- c) Depoya yem ekle; depoya yeni bir yem alındığında kullanılır.
- d) Depo yem sil; mevcut depodan silinen yemlerin kaydı tutulur.

- e) Depoya yem türü ekle; yeni bir yem türü eklemeye yarar.
- f) Depo yem türü sil; mevcut yem türünü silmeye yarar.

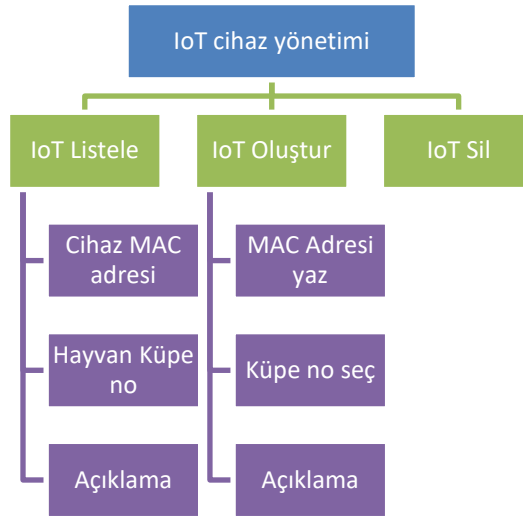
Depo yem yönetim kısmında girilen ve listelenen bilgiler Şekil 4.44'te gösterilmiştir. Ayrıca depoya alınan yemlerin hangi tedarikçiden alındığı ve fiyat bilgilerinin de kayıt altına alındığı, temel faturalandırma yapılan kısımdır.



Şekil 4.44. Depo yem yönetimi bilgileri

IoT yönetimi; hayvanlara takılan cihazların tüm yönetiminin yapıldığı kısımdır. IoT cihaz yönetim kısmında girilen ve listelenen bilgiler Şekil 4.45'te gösterilmiştir. Bunlar:

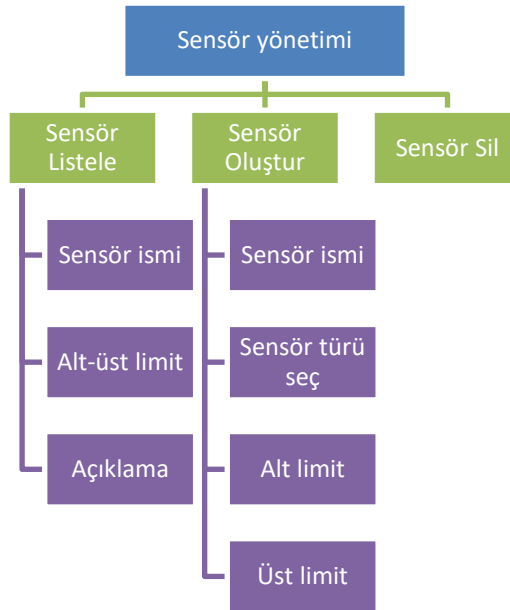
- a) IoT listele; mevcut IoT cihazlarının listelendiği kısımdır.
- b) IoT oluştur; yeni IoT cihazı eklemeye yarar.
- c) IoT sil; mevcut IoT cihazını silmeye yarar.



Şekil 4.45. IoT cihaz yönetimi bilgileri

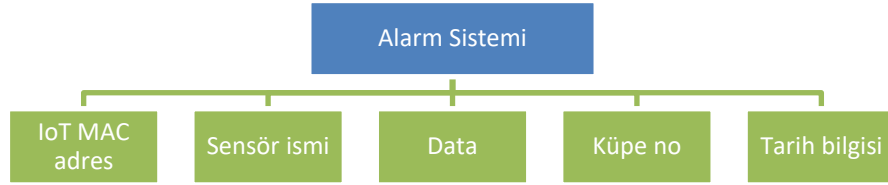
Sensör yönetimi; hayvanlara takılan IoT cihazlarına bağlı olan algılayıcıların tüm yönetiminin yapıldığı kısımdır. Sensör yönetim kısmında girilen ve listelenen bilgiler Şekil 4.46’da gösterilmiştir. Bunlar:

- Sensör listele; mevcut IoT cihazlarına bağlı sensörlerin listelendiği kısımdır.
- Sensör oluştur; yeni bir sensör bilgisi eklemeye yarar.
- Sensör sil; mevcut IoT cihazına bağlı sensörü silmeye yarar.



Şekil 4.46. Sensör yönetimi bilgileri

Alarm (uyarı) sistemi; cihaz takılı olan hayvanlardan gelen sensör verilerine göre, normal olmayan verilerin listelendiği kısımdır. Hayvan bazlı filtreleme yapılabilir. Alarm sistemi kısmında listelenen bilgiler Şekil 4.47’de gösterilmiştir.

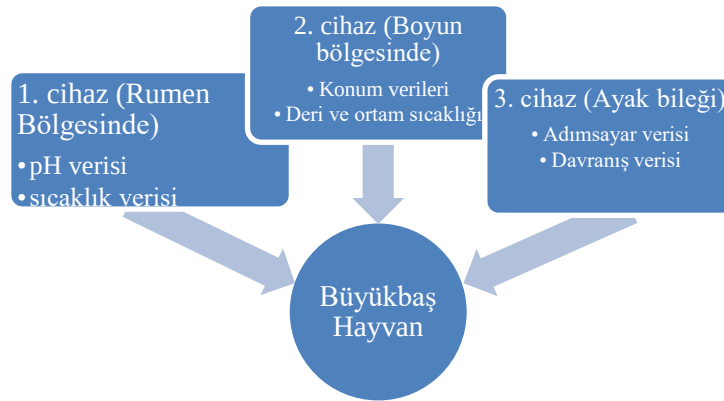


Şekil 4.47. Alarm sistemi bilgileri

Alarm sistemi, sayfaya düşen veriler listelendiğinde hayvanın küpe numarasına tıklanarak hayvan bilgilerine ulaşılabilir durumda tasarlanmıştır.

4.3. Cihazları Otomasyona Ekleme Bilgileri

Uygulama aşamasında; bir hayvana geliştirilen üç cihazın aynı anda uygulanabilirliği mümkündür. Şekil 4.48’de hayvana bağlı IoT nesneleri ve bağlı sensörleri gösterilmiştir.



Şekil 4.48. IoT nesnelerinin hayvan üzerindeki fonksiyonları

Bu cihazların her birinde bir IoT nesnesi bulunmaktadır. Genel olarak IoT nesnelerini hayvana uygulama aşama kuralları:

- Bir IoT cihazı aynı anda bir veya birden fazla sensör verisi yollayabilir ve otomasyonda herhangi bir kısıtlama yoktur.
- Bir hayvana birden fazla IoT cihaz bağlanabilir.

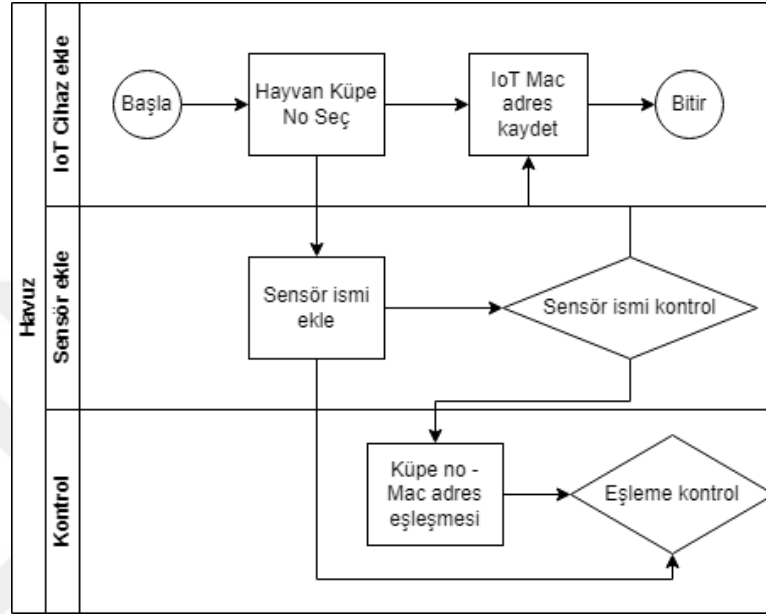
- Aynı sensör verisini ileten birden fazla IoT nesnesi hayvana bağlanabilir. Örneğin sıcaklık verisini ileten 2 farklı IoT cihazı tek hayvana bağlanabilir. Böylece bir sensör bozulduğunda diğer sensördeki verilere bakılabilir.
- IoT cihazı sistemden silinirse o cihazdan gelen anlık sensör verileri sistem tarafından tutulmaz.
- Küpe No ve IoT-MAC adresi arasında eşleme yapılırken doğru Küpe No ile eşlendiği kesinleştirilmelidir. Başka bir küpe numarasına sahip hayvana eşleme yapılmaya çalışıldığında sistem buna izin vermez ve uyarı mesajı verir.

Genel uygulama aşamaları yapılırken dikkat edilmesi gereken yerlerden biri de sensör bilgilerinin doğru olarak otomasyona eklenmesidir. Sensörler otomasyona eklenirken dikkat edilmesi gereken kuralları:

- IoT cihazları kodlanırken; alınan sensör verilerini otomasyon sistemine HTTP REQUEST (GET, POST) metodu ile gönderirken sensör isimleri önemlidir. Bu isimlerin hem IoT cihazı kodlanırken hem de otomasyona eklenirken aynı olması gerekmektedir. Bu sayede sunucu gelen sensörü tanır ve verileri kaydeder.
- IoT cihazların API'ye gönderdiği sensör isimlerinin önceden sisteme tanımlanması gerekmektedir.
- Bu sayede otomasyon sistemi ilgili sensör isminden gelen veriyi sisteme kaydeder.
- Aynı sensör isminden yalnızca bir tane olmalıdır.
- Bütün IoT cihazları otomasyondaki sensör isimlerini kullanabilir. Sistemde tanımlı olmayan isimler ile gelen sensör verileri yok sayılır ve kaydedilmez.
- Sensor isimlerinde küçük harf olmalı ve Türkçe karakter içermemelidir.
- Eğer tanımlanmayan sensör ismine veri yollanırsa sistem gelen veriyi yok sayar.
- IoT cihazları 7/24 sürekli veri yolladıkları için eğer sensör isimleri silinir ise ve IoT cihazlarında ilgili sensör isim güncellemesi yapılmaz ise; sensör ismi sistemde kayıtlı olmadığı için IoT cihazın yolladığı sensör verilerini yok sayar. Örneğin *abc* adında bir sensör ismi olsun ve IoT cihazı otomasyona *abc* ismi ile sıcaklık verisi yollasın. Eğer sistemden eşleştirilen IoT Cihazı

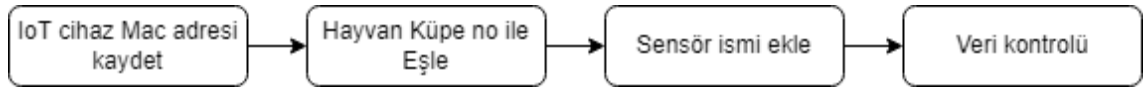
veya *abc* sensörü silinir ise; IoT cihazının gönderdiği sıcaklık verisi otomasyon tarafından yok sayılır ve kaydedilmez.

Genel uygulama aşamaları yapılırken dikkat edilmesi gereken kuralların iş akış diyagramı Şekil 4.49’da gösterilmiştir.



Şekil 4.49. Uygulama aşamaları iş akış diyagramı

Otomasyona IoT cihaz eklenirken izlenmesi gereken adımlar Şekil 4.50’de gösterilmiştir.



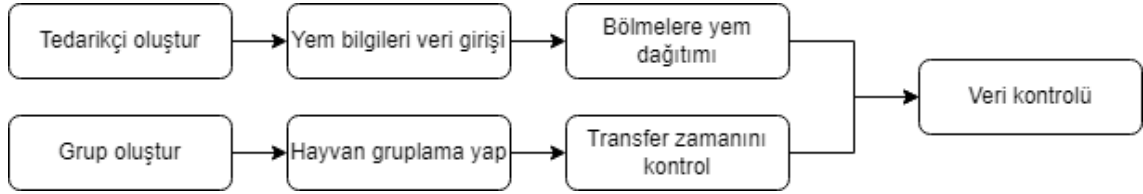
Şekil 4.50. Otomasyona IoT cihazı ekleme adımları

Veteriner hekim olarak sisteme giriş yapıldığında sisteme eklenen bir cihazın sensör verilerinin kontrolü sağlanabilir. Otomasyona sensör eklenirken izlenmesi gereken adımlar Şekil 4.51’de gösterilmiştir.



Şekil 4.51. Otomasyona sensör ekleme adımları

Zooteknisyen olarak sisteme giriş yapıldığında; çiftlik yem deposuna ait bilgileri güncellemenin yanında, çiftliğe malzeme tedariki sağlayan kurumların ve kişilerin kayıtları tutulabilir durumdadır. Zooteknisyen yetkisinin işlem adımları Şekil 4.52’de gösterilmiştir.



Şekil 4.52. Zooteknisyen yetkisi otomasyon iş akışı

4.4. Framework Bilgileri

Otomasyon, sürü takip sistemi framework v1.0.1 şeklinde isimlendirilmiştir. Framework’ ün yapısı hızlı bir şekilde, nesne tabanlı, okunabilirliği yüksek projeler geliştirmek için tasarlanmıştır. Framework geliştirilirken dotNetCore MVC yapısından esinlenilmiştir.

Desteklenen özellikler;

- Veri tabanı Kontrolü
- MySQL (MariaDB)
- Postgresql
- Router Yapısı
- MVC (Model, View, Kontroller) Yapısı
- Token Desteği
- Kullanıcı Kontrolü
- API Desteği
- ErrorHandler Kontrolü
- 404 Yönlendirmesi
- config.php (İstenilen özellikleri aktif/pasif hale getirebilme)

Kurulum ve router (yönlendirme) yapısı; framework router yapısı gereği “.htaccess” dosyasını desteklemektedir. Sistem Apache web sunucu tabanlı sistemlerde

kullanılabilir. Eğer Apache haricinde başka bir web sunucuda çalıştırılmak istenirse sunucuya gelen bütün istekler "index.php" dosyasına yönlendirilmelidir.

Örnek config.php dosyası; site ile ilgili temel özellikler bu dosyada tanımlanmıştır. Site ismi, site URL gibi bilgiler burada tutulur.

Eğer site root klasörde ise;

SITE_URL = "/" olarak tanımlanır.

Eğer site kök klasör altında (yani subdomain) ise;

SITE_URL = '/subdomain_folder_name/' şeklinde tanımlama yapılmalıdır.

Eğer sisteme veri tabanı entegre edilecekse;

DATABASE_ENABLE = "1" özelliği aktif edilmelidir.

const HOSTNAME = "localhost";

const PORT = "3306";

const USER = "root";

const PASSWORD = "root";

const DBNAME = "db_name"; veri tabanı bilgileri düzenlendiği satırdır.

Kullanılacak veri tabanına göre;

DATABASE_NAME = "MYSQL"

DATABASE_NAME = "POSTGRESQL" şeklinde veri tabanı ismi düzenlenir.

pages.php kullanımı; sitede kullanılacak bütün sayfaların tanımlanması burada yapılmıştır. Router burada olan sayfaları sisteme ekler ve burada tanımlanmayan sayfalar 404 sayfasına yönlendirilir.

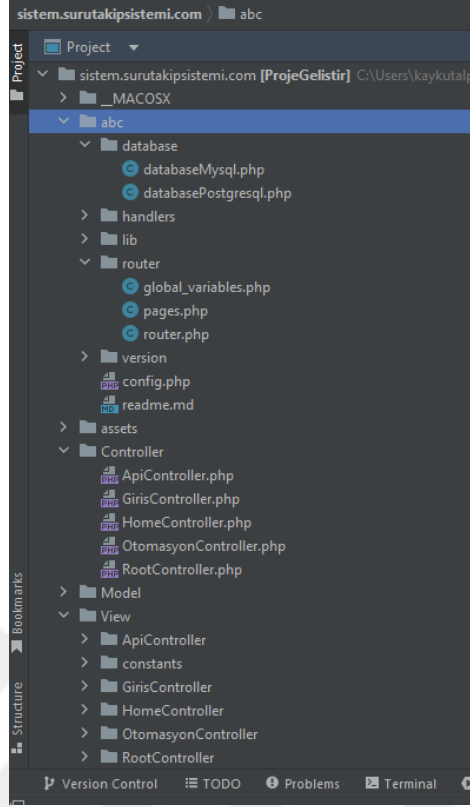
0.index; daima Ana sayfa (karşılama sayfası) olmak zorundadır. Site ismi (www.surutakipsistemi.com) çağrıldığı zaman. *index.php* dosyası *pages.php* dosyasındaki *0.index* dosyasına yönlendirme yapmaktadır. Bu özellik istenirse index.php dosyasından değiştirilebilir ve istenilen index numarası karşılama sayfası olarak atanabilir.

MVC (Model, View, Kontroller); MVC yapısına göre her sayfanın, bir adet view (html tasarımlarının olduğu), kontroller (PHP kodlarının, veri tabanı işlemlerinin yapıldığı) dosyasına sahip olması gerekir.

Bir kontrolcüye birden fazla view bağlanabilir. Her kontrolcünün view altında aynı isimde bir klasörü vardır. Eğer bu şekilde dizinleme yapılmaz ise; yönlendirici, ilgili view dosyasını bulamaz.

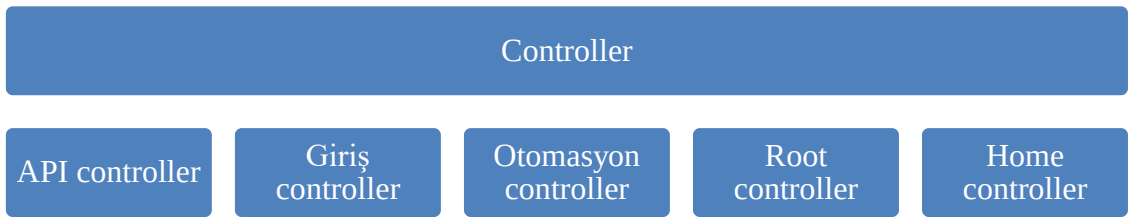
/wwwroot; bu klasörde CSS, JS, IMG gibi dosyalar tutulmaktadır.

Otomasyona ait genel yapı Şekil 4.53'te gösterilmiştir.



Şekil 4.53. Otomasyon yazılım MVC yapısı

Kontroller kısmının altında otomasyonun yönetildiği 5 ayrı alt kontroller sayfası bulunmaktadır. Şekil 4.54'te ana kontroller sayfası altındaki kısımlar gösterilmiştir.



Şekil 4.54. Kontroller sayfası alt yapı

API Kontroller; cihazlardan gelen veriler ilk olarak bu kontrol sayfasında karşılanır, kategorilenir ve veri tabanına kaydedilir. Apicontroller.php sayfasında bulunan ve IoT cihazları ile otomasyon arasındaki bağlantıyı sağlayan bölümün kaba kodları;

```
Gelen_veri();
{ $GET["MAC_adresi, sensor_ismi, veri"];
  $lat = $GET["enlem"];
  $lng = $GET["boylam"];
}
```

Gelen IoT cihazının MAC adresi kontrol edilir ve sistemde kayıtlı olup olmadığının testi yapılır, eğer kayıtlı ise herhangi bir hayvana ile eşlenip eşlenmediğinin kontrolü yapılır.

Daha sonra gelen sensör ismi kontrol edilir ve sistemde IoT cihazının mikrodnetleyicisinde aynı sensör ismi yazılı ise veriler sisteme eklenir ve geriye "tamam" mesajı yollanır.

Eğer şartlar sağlanmaz ise geriye "not" mesajı yollanır. IoT cihaz tarafında "tamam" haricinde dönen bütün mesajlar "not" olarak kabul edilir.

Otomasyona gelen MAC adresinin bilgilerini alan ve IoT tablosundan küpe numarasının alıp, hayvanlar tablosundan çiftlik ID değerinin çekildiği ve şartlar sağlandığında verileri veri tabanına kaydeden kaba kodlar;

```
$sonuc1 = $Database->one_row("MAC=KUPENO_Seç");
$sonuc2 = $Database->n_row(CiflikID_Seç);
foreach ($result3 as $item)
{ if($item[0] == $sensor_veri)
  { $Veritabani (tabloya ekle, MAC, sensor, veri);
  }
}
```

OtomasyonHayvanBilgileri.php sayfasındaki hayvana ait her IoT cihaz için bütün sensör verilerini geriye döndürür.

Burada ilgili hayvana ait bütün IoT cihazlar ve o cihazların gönderdiği bütün sensör verileri API'den alınır. Daha sonrasında her IoT cihazın her sensörü kadar grafik yaratılır ve ilgili veriler grafiklere yüklenir. Grafiklerin get, post işlemleri kaba kodları;

```
if($GET)
{ $kupeNo = $GET["grafikKupeNo"];
}
Else
{ $kupeNo = $POST["grafikKupeNo"];
}
```

Bir hayvana tanımlı kaç adet IoT cihazı var ise bunun sayısı alınır ve Orderby ile MAC adreslerine göre küçükten büyüğe sıralama yapılır. Sıralanması önemlidir çünkü

başka for döngüsünde tekrardan bu veri tabanı sorgusu çağrıldığında aynı IoT cihazının çağrılmasını engellenir. İndisleri sabit bırakılmıştır.

Burada geriye dönen IoT cihaz adedi kadar büyüklükte bir 3 boyutlu dizi oluşturulmuştur.

Bu dizinin 1.indisi IoT cihazları temsil eder,

2.indisi sensörleri,

3.indisi verileri temsil etmektedir.

Bu 3 boyutlu dizinin içinde IoT cihazları ve o IoT cihazlarına ait sensörler ve o sensörlere ait veriler diziye eklenir. Bu kısmın kaba kodları;

```
$matrix=dizi();  
if($kacAdetIoTVar>0)  
{   for ($i = 0; $i<$kacAdetIoTVar;$i++)  
}
```

API kontroller sayfasında verilerin ayrıldığı dizinin yapısı Şekil 4.55'te gösterilmiştir.



Şekil 4.55. API kontroller sayfasında verilerin ayrıldığı dizinin yapısı

IoT_data tablosundan IoT cihazına ait kaç adet sensor ile veri gönderilmiş onu tespit etmek için, yani mevcut IoT ile kaç adet sensör kullanılıyor onun sayısını bulmak için kullanılan kaba kodlar;

```
$Mevcut_IoT_MACAdresi = $IoT [$i][0];  
$Sensor_sayısı=$Veritabanı (SAYAC(MAC=$suAnKiIoTMACAdresi);
```

Eğer bu IoT cihazına bağlı bir veya daha fazla sensör ile veri yollanmış ise, o IoT cihazı ve sensörlerini listelemek için:

```

if($Sensor_sayisi>0)
{
    $matrix[$i]["IoTMACadress"] = $suAnKiIoTMACAdresi;
    $matrix[$i]["kacadetsensorvar"] = $kacAdetSensorVar;
    Listele(sensor_sayisi);
}

```

Sensör sistemde tanımlı olabilir ama hiç aynı IoT içinde o sensör ile veri gönderilmemiş olabilir o yüzden veriler sensörler tablosundan alınmamıştır. Bağlı IoT cihazına ait bütün sensörleri listeleyip ve sensör ismine göre küçükten büyüğe sıralamak için:

```

$IoTSensorler = $Veritabani (SIRALA (sensor)_IoT_verisinden_çek);
$SensorIsmi = $IoTSensorler[$k][0];

```

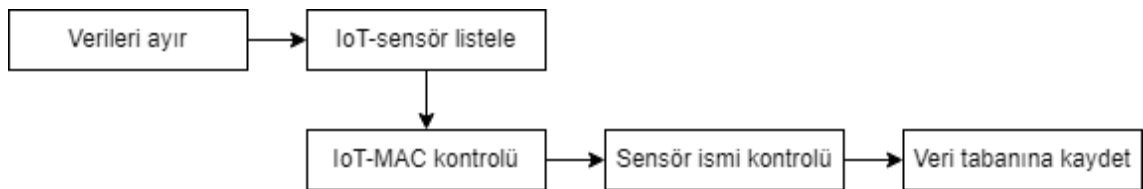
İlgili sensör ve IoT-MAC adresine ait bütün dataları tarihe göre küçükten büyüğe sıralayıp data değişkenine atamak için:

```

$Sensorverisi = $Veritabani (SIRALA (tarih), _IoT_verisinden_çek);
$matrix[$i]["sensorler"][$k]["data"] = $sensorData;
if($GET["CiftlikHayvanSonKonumları"])
{
    $CiftlikId = $GET["CiftlikHayvanSonKonumları"];
}

```

Sensörlerden gelen verilerin, otomasyon üzerinde hangi hayvana ait olduğu eşleşmesinin kontrolü sağlanır ve son olarak hayvanın bilgilerinin bulunduğu sayfada grafiksel olarak sensör değerleri kullanıcıya gösterilir. API kontroller sayfasındaki gerçekleşen işlemler Şekil 4.56’da gösterilmiştir.



Şekil 4.56. API kontroller sayfası işlemleri

Giriş kontroller; bu bölüm yönetici tarafından sisteme kaydedilen ve kullanıcı adı ile şifre bilgisi sağlanan kullanıcıların otomasyona giriş yapmalarını sağlayan kısımdır.

Gelen kullanıcı bilgilerini veri tabanında sorgulayan kaba kodlar:

```
$sorgu = $Veritabani (SEÇ_Kullanıcılar tablosundan=kadi,sifre);
if ($sorgu != null)
{
    * Yetkilendirme;
    * 3.kolon root
    * 4.kolon veteriner
    * 5.kolon teknisyen
    * 6.kolon kullanıcı
}
```

Değişkenin içindeki, 3. ile 6. kolonlar kontrol edilir, giriş yapan kişinin hangi kullanıcı yetkisine sahip olduğunu belirleyen kaba kodlar;

```
for ($i = 3; $i <= 6; $i++)
{
    if ($soru[$i] == 1)
    {
        if ($i == 3)
        {
            yaz "root";
        } elseif ($i == 4)
        {
            yaz "veteriner";
        } elseif ($i == 5)
        {
            yaz "teknisyen";
        } elseif ($i == 6)
        {
            yaz "kullanici";
        }
    }
}
```

Bir tokenin veri tabanına kayıt işleminde kullanıcının hangi cihazlarda oturum açtığını gösteren kaba kodlar;

```
$Veritabani (TOKEN_EKLE (token, kullanıcıId, tarayıcı);
{
    echo Uyarı_ver("Kullanıcı adı veya şifre hatalı.");
    echo Uyarı_ver("Lütfen tüm alanları doldurun.");
}
```

Eğer istemciye token veri tabanında var ise kullanıcı bilgilerini veri tabanından alıp, kullanıcıyı yönetim paneline göndermek için kullanılan kaba kodlar;

```
$kullanıcıBilgileri = $Veritabani (SEÇ_Kullanıcılar tablosundan= $sonuç[0]);
if($kullanıcıBilgileri != null)
{
    Veritabani(GÜNCELLE_sonGiris=tarih);
}
```

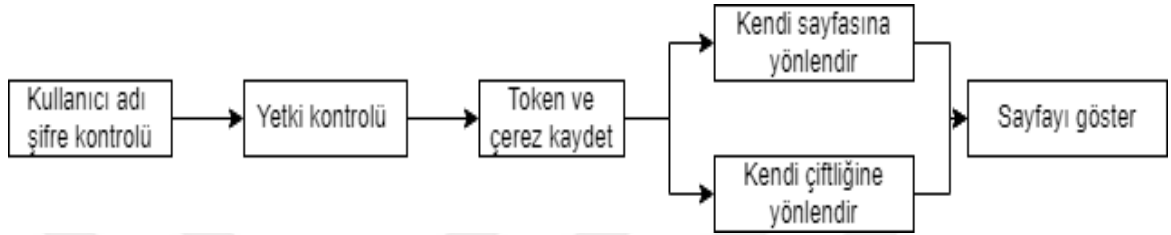
Yetkisi veteriner ise, giriş sayfası olan çiftlik seçme sayfasına yönlendirmek için kullanılan kaba kodlar;

```

if($kullaniciBilgileri=veteriner)
{
    if( $_SERVER['REQUEST_URI'] == "/giris")
    {
        header("Location: ".SITE_URL."giris-ciftlik-secimi");
    }else if($_SERVER['REQUEST_URI'] == "/giris-ciftlik-secimi")
    {
    }
}

```

Giriş kontroller sayfasındaki gerçekleşen işlemler Şekil 4.57’de gösterilmiştir.



Şekil 4.57. Giriş kontroller sayfası işlemleri

Otomasyon kontroller; bu bölüm yönetici tarafından yetkilendirme yapılan ve üzerine çiftlik atanan bir kullanıcının kendi yetkisi içerisinde tüm işlemleri yapabildiği kısımır.

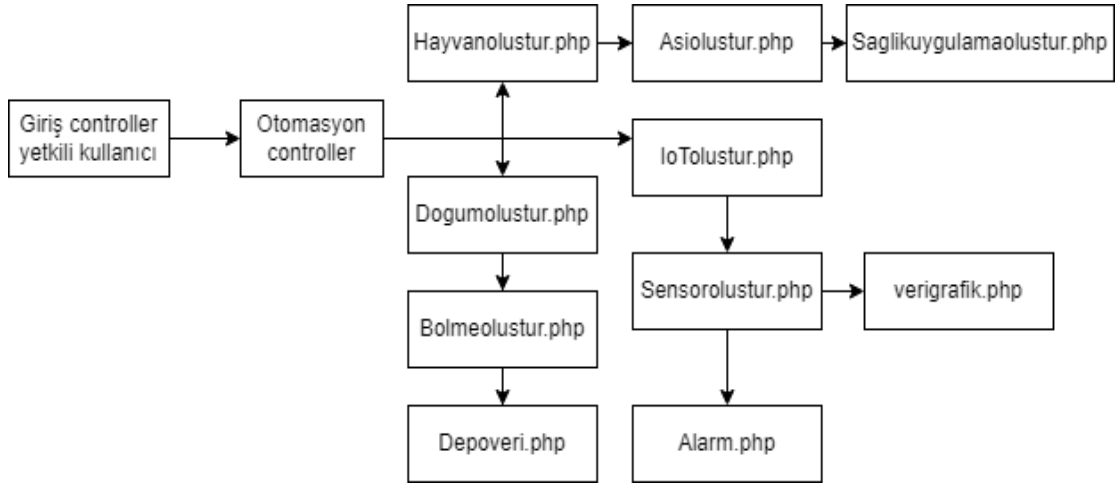
Yetkilendirme sonrası hayvan oluşturma sayfasında çalışan kaba kodlar;

```

$User = Yeni kullanıcı();
$User->kullaniciKontrol();
$çiftlik = $Veritabani (SEÇ_çiftliklertablosundan ID=$kullaniciBilgileri);

```

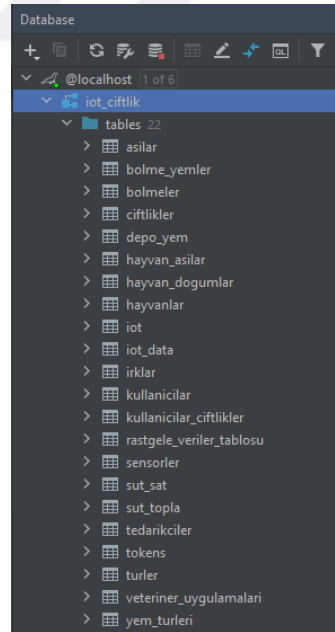
Bu bölümde 39 adet veri girişi yapılan sınıf ve view sayfalarında çalışan kontrol fonksiyonları bulunmaktadır. Otomasyon kontroller sayfasında gerçekleşen işlemler Şekil 4.58’de gösterilmiştir.



Şekil 4.58. Otomasyon kontroller sayfası işlemleri

4.4. Veri Tabanı UML Yapısı

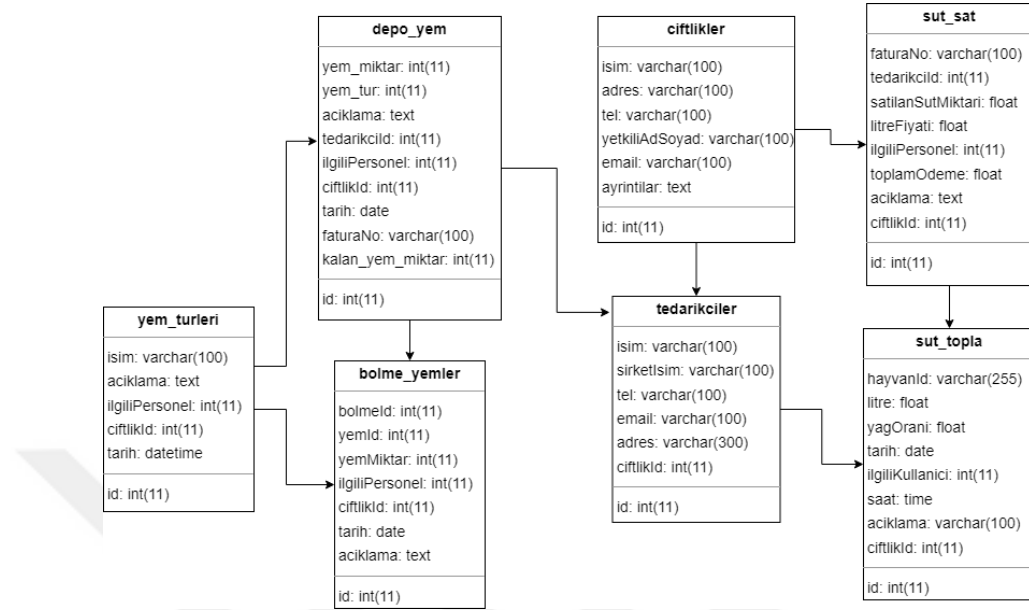
Web tabanlı otomasyona ait veri tabanı MySQL sunucu üzerinde yapılandırılmış olup 22 adet tablodan oluşmaktadır. Veri tabanına ait tablolar Şekil 4.59’da gösterilmiştir.



Şekil 4.59. Veri tabanı genel tabloları

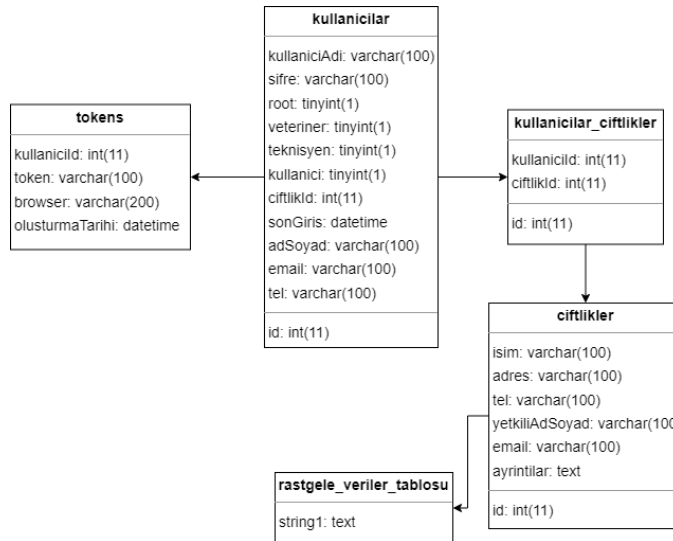
Oluşturulan çiftlik üzerinde depodaki ürün ve yem miktarları, türleri, çiftlikte üretilen süt verileri, çiftliğe ürün tedariki sağlayan şirket veya şahısların bilgileri, çiftliği

oluşturan bölme ve grup verilerinin tutulduğu tabloların yapısı Şekil 4.60’da gösterilmiştir.



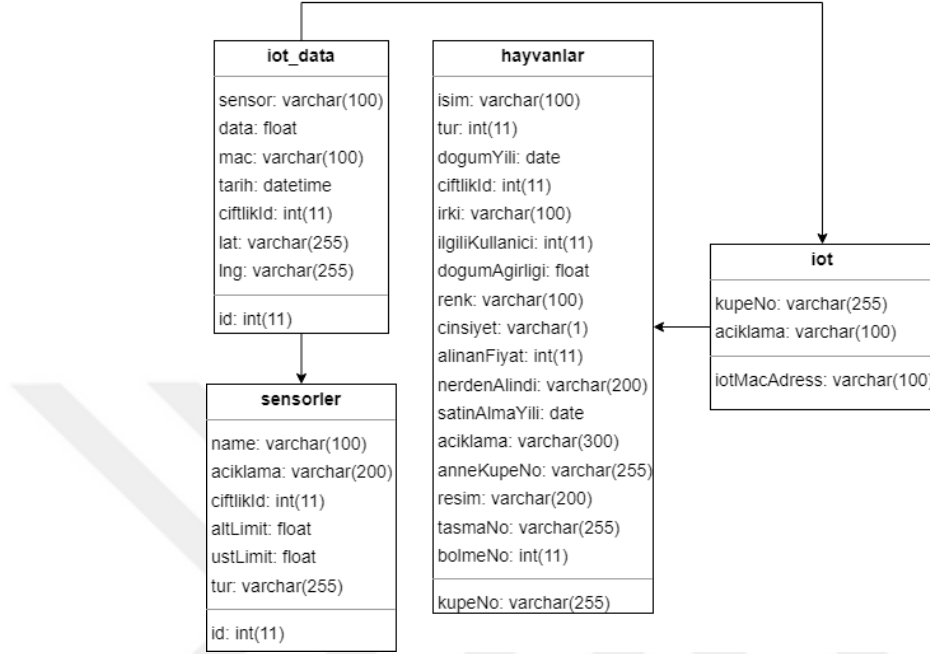
Şekil 4.60. Çiftlik yem, depo, tedarikçi, bölme ve süt verilerinin tutulduğu tablolar

Oluşturulan çiftlik üzerindeki yetkili kullanıcı bilgilerinin, çiftliklere atanan veteriner hekim bilgilerinin ve otomasyon sistemine giriş token bilgilerinin tutulduğu tabloların UML yapısı Şekil 4.61’de gösterilmiştir.



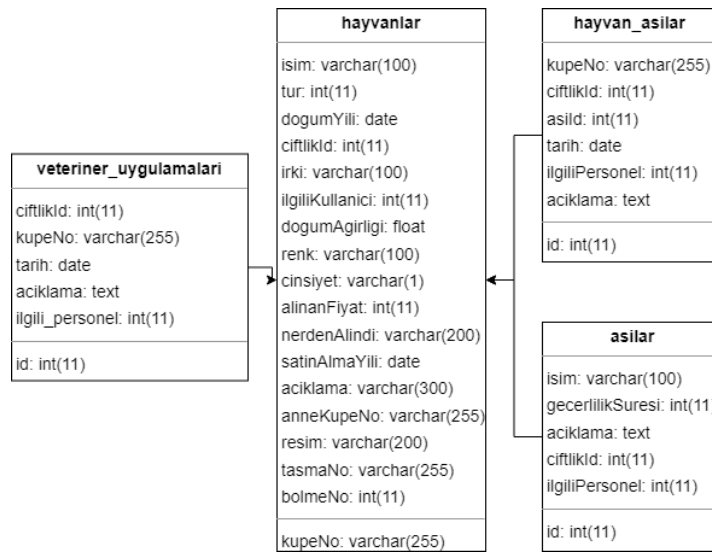
Şekil 4.61. Çiftlik kullanıcı yetkileri, kullanıcı bilgileri ve sisteme erişim bilgisi tabloları

Çiftlik içerisinde kaydedilmiş tüm hayvan bilgileri, hayvanlara atanmış IoT cihazları ve bu cihazlara ait sensör bilgilerinin tutulduğu tabloların UML yapısı Şekil 4.62’de gösterilmiştir.



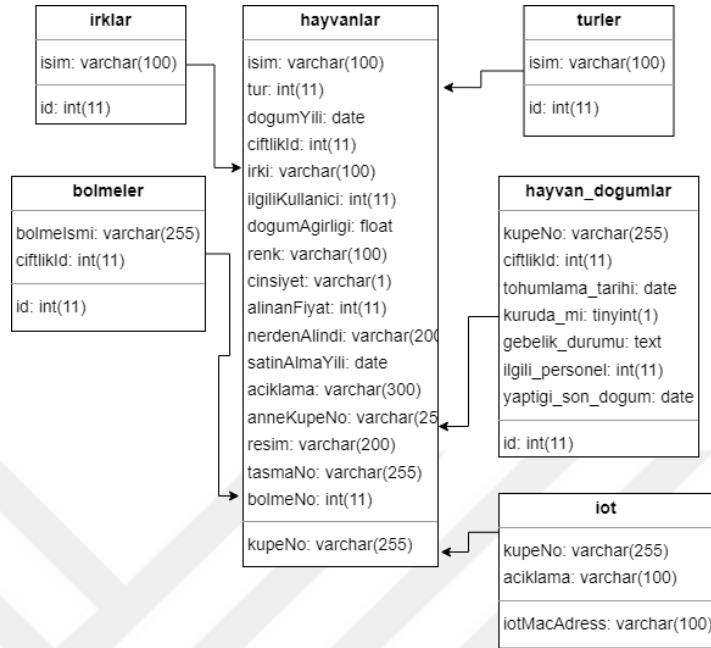
Şekil 4.62. Hayvan, IoT cihazları ve sensör bilgisi tabloları

Çiftlik içerisine eklenen tüm hayvanlara uygulanan aşı bilgileri, uygulanan veteriner hekim müdahale bilgilerinin tutulduğu tabloların UML yapısı Şekil 4.63’te gösterilmiştir.



Şekil 4.63. Hayvanlara uygulanan aşı ve veteriner hekim uygulamaları bilgisi tabloları

Çiftlik içerisinde kaydedilmiş tüm hayvan bilgilerinin ırk, tür, bulundukları grup ve doğum bilgilerinin tutulduğu tabloların UML yapısı Şekil 4.64’te gösterilmiştir.



Şekil 4.64. Hayvanlara ait ırk, tür, grup ve doğum bilgisi tabloları

Veri tabanı içerisinde hayvanlara ait benzersiz olarak kulak küpe numaraları ile çiftlik tarafından atanabilen, her bir kurum içinde özel olarak değiştirilebilen tasma veya işletme numaraları tanımlanmıştır.

4.5. Uygulama Alanı Ağ Yapılandırması

Tez kapsamında tasarlanan cihazların ağ alt yapısı hazırlanırken Wi-fi ağ geçidi cihazı ve harici antenlerin konumları, hayvanların çiftlik içerisinde ya da dışarda dolaşmaları göz önüne alarak uç mesafelerdeki Wi-fi sinyal güçleri ölçülerek güçlü sinyalleri alabildikleri şekliyle yerleştirilmişlerdir.

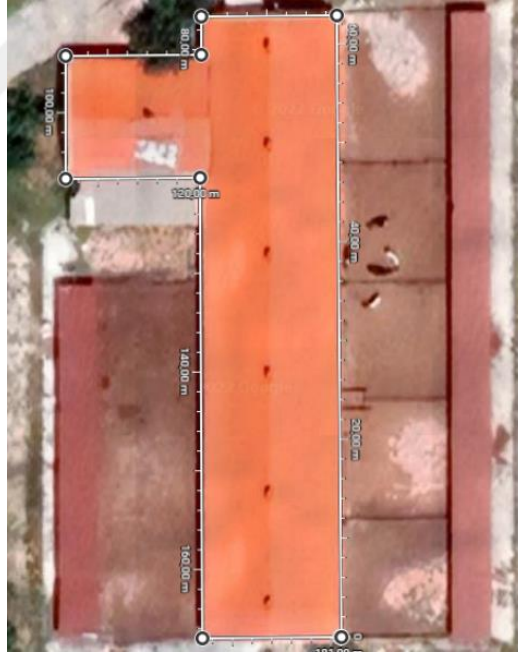
Cihazlar ağ geçidine tanımlanırken MAC-IP eşleştirmeleri yapılmıştır. Örneğin her bir IoT cihazına ID numaralandırma yapılmış ve kendi numaralarına benzer şekilde IPv4 numaraları DHCP sunucu üzerine eklenmiştir. Eklenen cihazların IP-MAC adresleri eşleşmeleri Çizelge 4.12’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.12. IoT cihazlarının IP-MAC adresleri eşleme tablosu

Cihaz ID	MAC Adresi	IP numarası	Takılı sensörler	Sensör isimleri
1	A0:20:A6:16:A2:89	192.168.1.101	pH(A0)	18rumenph
2	B4:E6:2D:67:AD:3D	192.168.1.102	pH (a0), sıcaklık (d4)	18rumensicaklik, 18rumenph
3	B4:E6:2D:67:B2:98	192.168.1.103	pH (A0)	24rumenph
4	DC:4F:22:61:12:26	192.168.1.104	GPS+termal	map3,deri3,ortam3
5	DC:4F:22:5E:A0:5E	192.168.1.105	GPS+termal	map4,deri4,ortam4
6	44:17:93:1F:9B:55	192.168.1.106	pH (a0), sıcaklık (d1)	24rumensicaklik, 24rumenph
7	44:17:93:1F:CE:4F	192.168.1.107	sda(d2),scl(d1)	adimsayar0
8	A8:48:FA:DC:A5:B2	192.168.1.108	sda(d2),scl(d1)	adimsayar1
9	44:17:93:1F:6C:F5	192.168.1.109	sda(d2),scl(d1)	adimsayar2
10	44:17:93:1F:DB:8D	192.168.1.110	GPS	map0
11	44:17:93:1E:29:14	192.168.1.111	GPS	map1
12	44:17:93:1F:7B:72	192.168.1.112	sda(d2),scl(d1)	adimsayar3
13	44:17:93:1F:6E:E6	192.168.1.113	GPS	map2

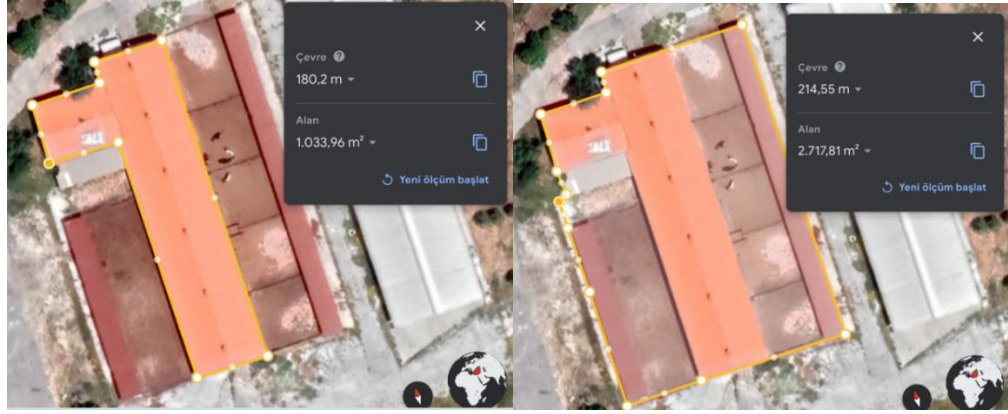
Ağ geçidi olarak Türkcell firmasına ait Huawei marka Superbox, 2,4 ve 5,0 Ghz bant destekli kablosuz Wi-fi özellikli modem cihazı tercih edilmiştir.

Uygulama materyali olarak Selçuk Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Çiftliğinin sığırcılık ünitesinin çiftlik içi çevre bilgileri Şekil 4.65'te gösterilmiştir.



Şekil 4.65. Uygulama ortamının çevre uzunluk bilgileri

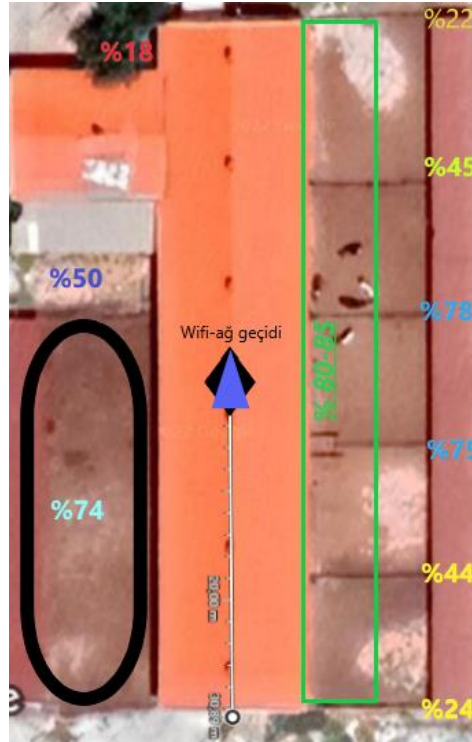
Uygulama ortamının kapalı iç kısmının çevresi: 180m, alanı: 1033m²'dir. Hayvanların giriş-çıkış yaptıkları ve gezinme ortamlarının tamamı ölçüldüğünde çevresi: 215m, alanı: 2717m²'dir. Uygulama ortamının ölçümleri Şekil 4.66'da gösterilmiştir.



Şekil 4.66. Çiftliğin kapalı ve açık kısımlarının çevre ve alan bilgisi

Ağ geçidi cihazı, çiftliğin kapalı kısmının tam ortasına tavana yerleştirilmiştir. Dış mekân antenleri ise çiftliğin iki ayrı ucuna yerleştirilerek uç kısımlardaki düşük güçteki sinyal alanları iyileştirilmiştir.

Uygulama alanının en uç köşesindeki sinyal güçleri, tasarlanan bir Wi-fi sinyal gücü ölçer devresi ile ölçülmüştür. Güçlendirici anten kullanmadan önceki ve kullandıktan sonraki sinyal güçleri not edilmiştir. Ağ geçidi konumu ve sinyal gücünün ölçüm sonuçları Şekil 4.67’de görsel üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 4.67. Uygulama ortamındaki sinyal kalitesi ölçüm sonuçları

Ortamdaki bina dışı bölgelerdeki uç noktaların ağ geçidine uzaklıklarına göre sinyal kalite yüzdeleri Çizelge 4.13'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.13. Bina dışı uç noktalardaki sinyal kalitesi

Ağ geçidine olan uzaklığı (metre)	Sinyal kalitesi yüzdesi (%1-2 yanlış)
30 metre kuzey	%50-52
39-40 metre (kuzey doğu köşesi)	%21-22
28-29 metre (doğu)	%45-47
18-22 metre (doğu)	%75-78
28-29 metre (doğu)	%44-47
38-40 metre (güney doğu köşesi)	%22-24
30 metre (güney)	%50-52
38-40 metre (güney batı köşesi)	%25-30
26-29 metre (batı)	%45-50
18-20 metre (batı)	%76-79
35-40 metre (kuzeybatı)	%18-22

Ortamdaki bina dışı bölgelerdeki en uzak uç noktalardaki sinyal kalitesinin %18 ile %25 oranı arasında olduğu görülmektedir. Hayvanların bu bölgelerden çıkmaları durumu göz önüne alınıp ek olarak bina içine ve dışına sinyal güçlendirici antenler takılmıştır. Antenlerin takıldığı noktalar Şekil 4.68'de gösterilmiştir.



Şekil 4.68. Sinyal güçlendirici antenlerin çiftlikteki konumları

Hayvanların günlük yemlenme ve su ihtiyaçlarını çiftliğin içindeki kapalı ortamda giderdikleri görülmüştür. Günlük vakitlerinin çoğunu kapalı alanda geçirdiklerinden ağ geçidi bina içerisine yerleştirilmiştir. Sinyal güçlendirici antenlerin birisi bridge (köprü) modunda diğeri ise repeater (tekrarlayıcı) modunda kullanılmıştır. Ek antenler takıldıktan sonraki sinyal kalite farkları Çizelge 4.14'te gösterilmiştir.

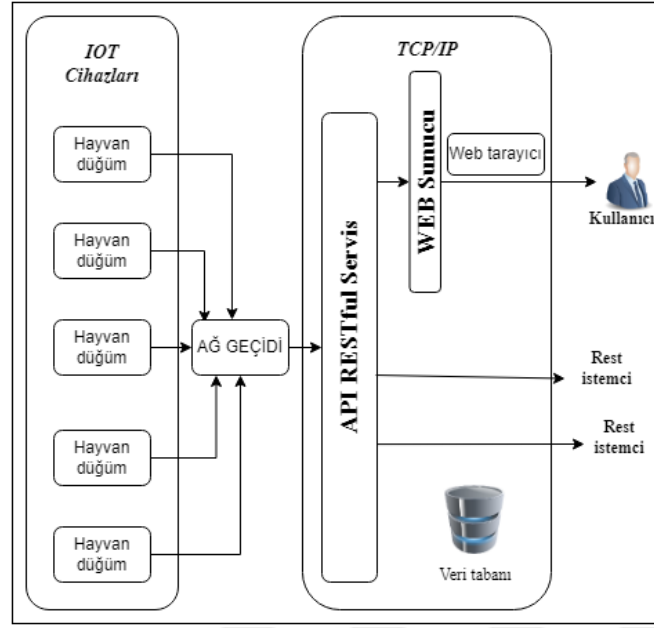
Çizelge 4.14. Sinyal güçlendirici cihazlar takıldıktan sonraki sinyal kalitesi karşılaştırması

Ağ geçidine olan uzaklığı (metre)	Ek cihazsız Sinyal kalitesi	Yardımcı cihazlar takıldıktan sonra Sinyal kalitesi
30 metre kuzey	%50-52	%73-82
39-40 metre (kuzey doğu köşesi)	%21-22	%41-42
28-29 metre(doğu)	%45-47	%75-77
18-22 metre (doğu)	%75-78	%95-98
28-29 metre (doğu)	%44-47	%74-77
38-40 metre (güney doğu köşesi)	%22-24	%42-54
30 metre (güney)	%50-52	%80-82
38-40 metre (güney batı köşesi)	%25-30	%45-50
26-29 metre(batı)	%45-50	%75-80
18-20 metre (batı)	%76-79	%96-99
35-40 metre (kuzeybatı)	%18-22	%38-42

Sinyal kaliteleri farkları incelendiğinde, bina dışındaki en uç noktalardaki kalitenin yaklaşık olarak %20-30 oranında arttığı görülmektedir. Kapalı alan içerisindeki herhangi bir duvar veya cam bölme olmadığı için sinyal kalitesinin her noktada yaklaşık olarak %80-100 oranında olduğu görülmüştür.

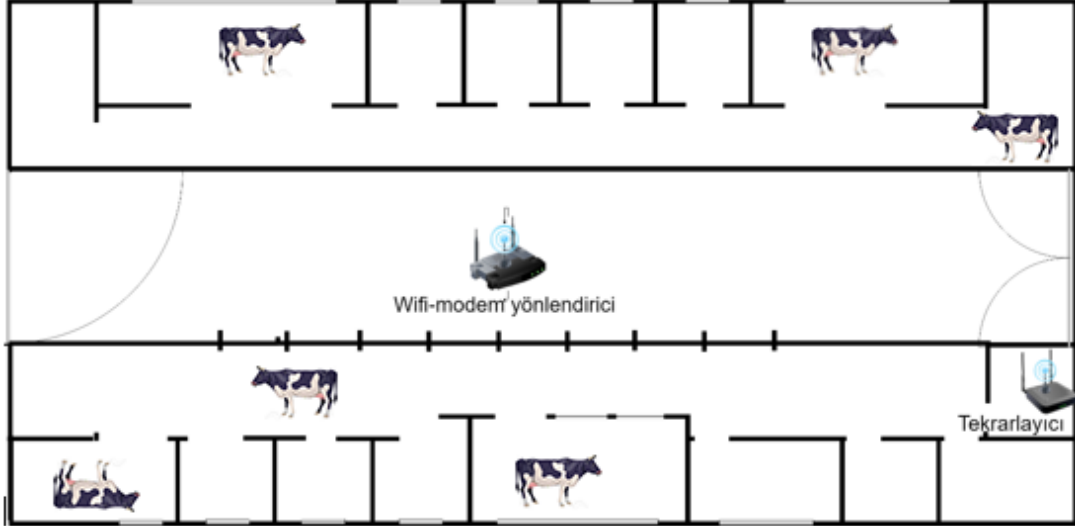
Sinyal kalitesi ölçümü yapılırken IoT cihazlarında kullanılan aynı mikrodnetleyici kullanılmıştır. Başka cihazla ya da telefonla ölçüm yapılmamıştır. Her cihazın anten yapısı ve sinyal alım gücü farklı olduğu için uygulamada kullanılan aynı mikrodnetleyici ile ölçümler gerçekleştirilmiştir. Cihaz kaplanması da düşünülerek ölçümler yapılmıştır. Böylelikle bağlantı problemi ihtimali olan uç noktalar güvence altına alınmıştır.

Tasarlanan cihazların IP-MAC eşlemesi yapıldıktan sonra sensör isimleri ve limitleri otomasyona girilmiştir. Mikrodnetleyiciler üzerinde çalışan yazılımlarda Restfull hizmeti kullanılarak otomasyon üzerindeki API kontroller üzerinden veri tabanına kayıt işlemi gerçekleştirilmektedir. Mikrodnetleyiciden başlayarak otomasyon API'ye kadar gelen sürecin genel diyagramı Şekil 4.69'da gösterilmiştir.



Şekil 4.69. Genel ağ diyagramı

Yapı içindeki yönlendirici ağ geçidi ve tekrarlayıcı olarak çalışan sinyal güçlendirici cihazların konumları Şekil 4.70’te gösterilmiştir.

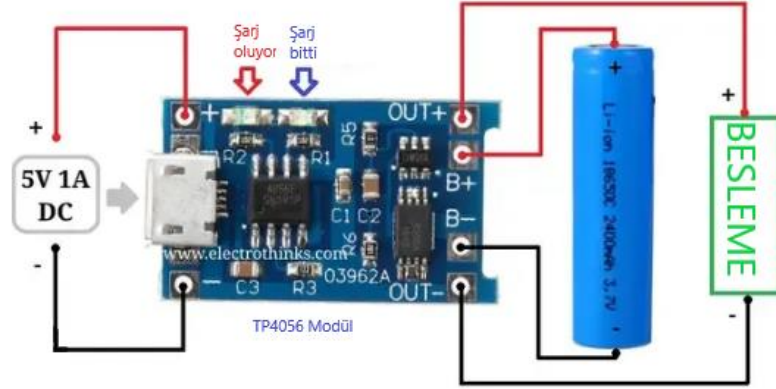


Şekil 4.70. Çiftlik bina içi cihaz konumları

4.5. Pil Şarj Ünitesi

Çiftlik içinde kullanılan cihazlarda Lityum-iyon piller kullanılmıştır. Devreler tasarlanırken sürekli olarak kullanım durumlarının yanı sıra belirli aralıklarla kullanılabilirliği göz önüne alınarak devre anahtarlı olarak tasarlanmıştır. Cihazların

kullanılmadığı durumlarda veya değişiklik yapılması gereken anlarda pillerin tekrar şarj edilmesi için bir devre geliştirilmiştir. İki çeşit pil şarj ünitesi tasarlanmıştır. Devre tasarımı Şekil 4.71’de gösterilmiştir.



Şekil 4.71. Şarj ünitesi devre tasarımı

Devre çıkışları direk USB bağlantılı olarak geliştirilmiş, bu sayede hem bilgisayardan hem de piyasadaki mevcut telefon şarj cihazlarının adaptörleri ile şarj edilmeleri mümkündür. Pil şarjı ünite uygulaması Şekil 4.72’de gösterilmiştir.



Şekil 4.72. Şarj ünitesi uygulaması

4.6. Cihazları Kaplama Bölümü

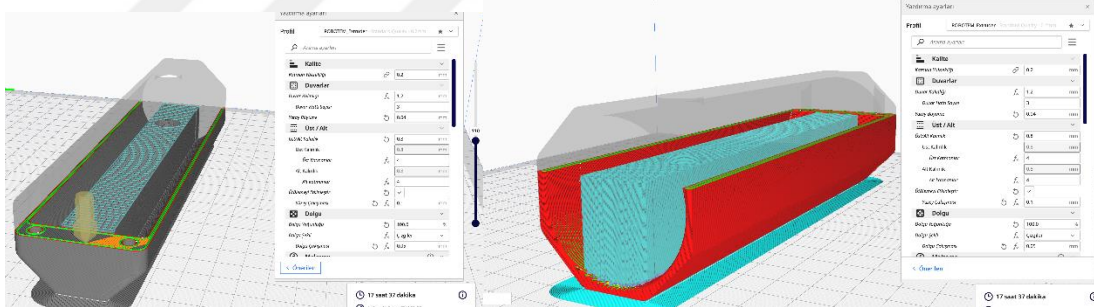
Geliştirilen cihazların kaplama tasarımlarında Fusion 360 programı kullanılmıştır. Tasarlanan modellerin çizimleri tamamlandıktan sonra dilimlenerek PLA filament materyali ile üç boyutlu yazıcıda yazdırılmıştır. Üretilen modellerin hayvan sağlığına zararlı bir etki vermemesi için, yazdırma işleminden sonra zımparalama yapılmıştır. Yazıcıdan ham olarak çıkan modellerde çapaklar ve sivri noktalar olduğu gözlemlenmiştir. Modellerin dilimlenme şekline göre sağlamlığı ve dayanıklılığı

değişiklik gösterebilmektedir. Hayvanın rumen bölgesine uygulanan cihazın çizimleri Şekil 4.73'te gösterilmiştir.



Şekil 4.73. Birinci cihazın kaplama çizimleri

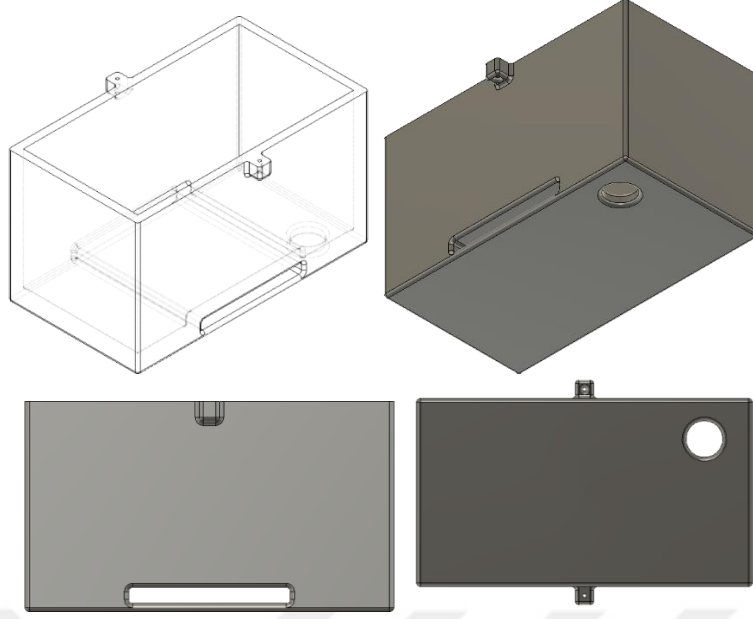
Üretim parametrelerinin teknik özellikleri ve dilimleme görselleri Şekil 4.74'te gösterilmiştir.



Şekil 4.74. 3D yazıcı üretim parametreleri

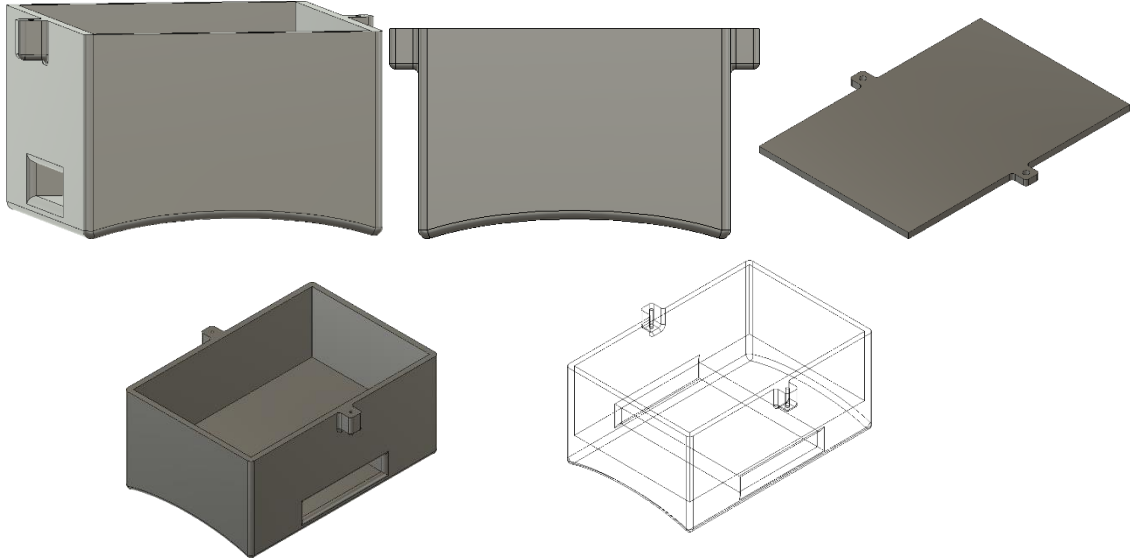
Birinci cihaz ilk olarak yuvarlak şekilde modellenmiştir. Fakat tasarlanan bu modelin rumen bölgesinden geri çıkartılırken kulp kısmının dayanıklı olmadığı görülmüştür. 3 boyutlu yazıcılar dilimleme yaparken, örme işleminde yatay olarak materyali örmektedir. Bu da geri doğru çekme işlemi uygulandığında kopmalara sebebiyet vermektedir. Bu sorun, modelin altıgen ve sekizgen şeklinde tasarlanmasıyla giderilmiştir.

Konum ve deri sıcaklıkları için geliştirilen ikinci cihazın kaplama modelleri Şekil 4.75'te gösterilmiştir.



Şekil 4.75. İkinci cihazın kaplama çizimleri

Adımsayar olarak tasarlanan üçüncü cihazın kaplanması 3 farklı sürüm geliştirilmiştir. Üç boyutlu tasarımlarında ise sadece boyut farklılıkları mevcuttur. Teknik olarak dilimlenme açısından bir fark bulunmamaktadır. Üçüncü cihazın teknik çizimleri Şekil 4.76’da gösterilmiştir. Hayvanın ayak bileği kısmına oturacak şekilde alt kısımları oval şekilde tasarlanmıştır.



Şekil 4.76. Üçüncü cihazın kaplama çizimleri

Çizimlerin ham halleri, geliştirilip revize edilebilir. Birinci cihazın yazdırılma süresi yaklaşık 8-12 saat aralığında sürmektedir. İkinci ve üçüncü cihazların yazdırılma

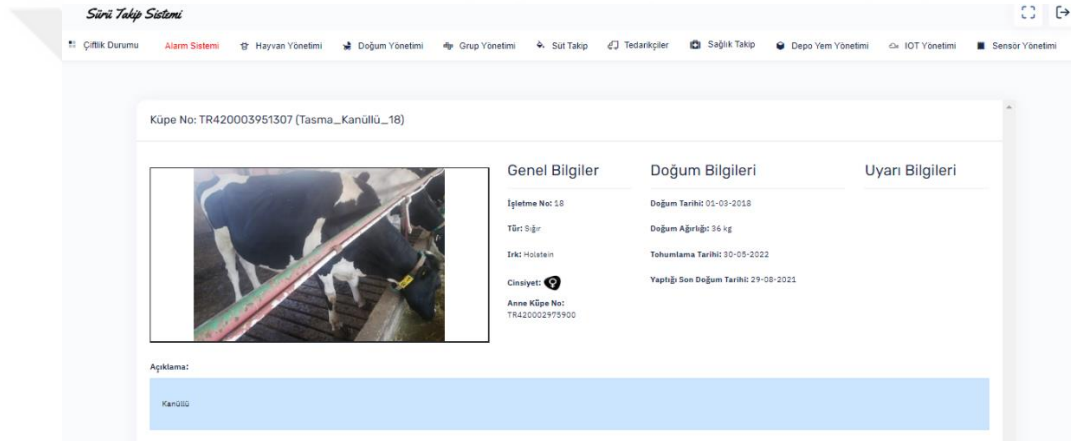
süresi ise 4-6 saat aralığındadır. Tasarımların boşluklarında et kalınlığından dolayı örme artıkları meydana gelmektedir. Bu artıklar yine zımpara ile temizlenmiştir.



5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

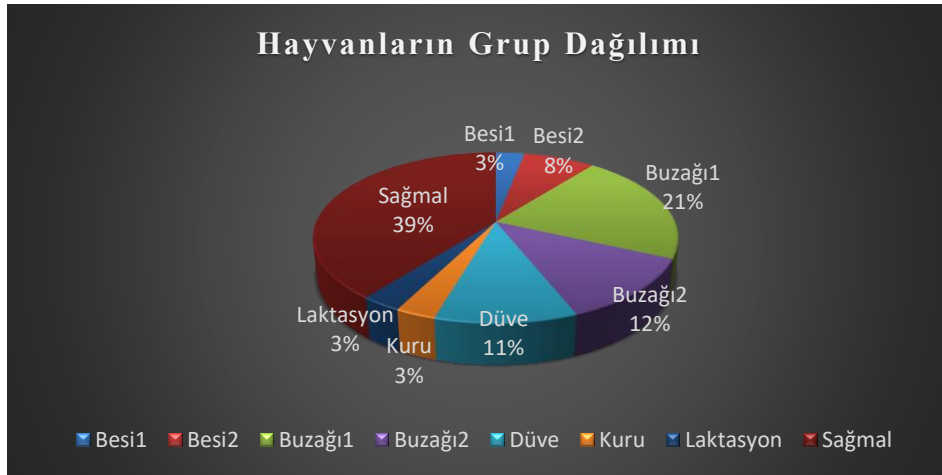
Bu bölümde ölçülen değerlere bakılarak birbirinden ayırt edilmesi güç olan hastalık belirtilerinin erken teşhisi, sınıflandırması ve büyükbaş hayvan yemleme yöntemini destekleyici uygulamalara yer verilmiştir.

Selçuk Üniversitesi Uygulama Çiftliğine ait 66 adet büyükbaş hayvan otomasyon sistemine kayıt edilmiştir. Hayvanların tüm bilgileri, ırk, tür, doğum tarihleri, nerden alındığı, cinsiyeti, küpe numaraları, işletme numaraları, gebelik durumları, bulunduğu grup vb. sistem üzerinden görüntülenir. Hayvan bilgileri ara yüzü Şekil 5.1’de gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Hayvan bilgileri ekranı

Mevcut uygulama ortamında bulunan hayvanların gruplarına göre grafiksel gösterimi Şekil 5.2’de görülmektedir.



Şekil 5.2. Hayvanların grup dağılımları

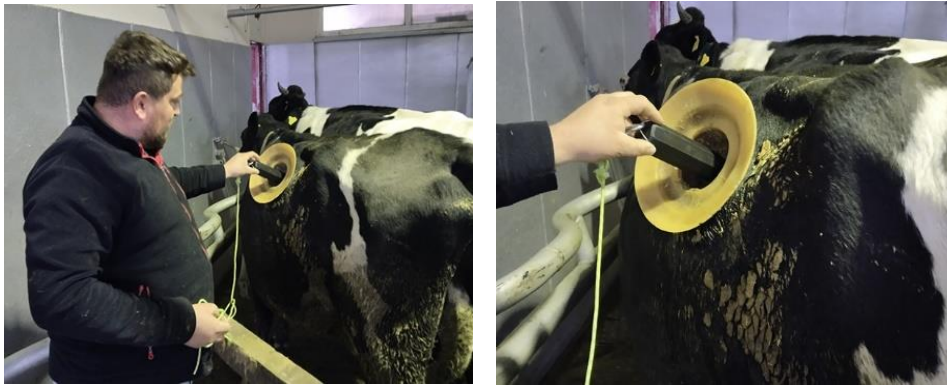
Geliştirilen birinci cihaz hayvanların rumen bölgesindeki pH ve sıcaklık verilerini almaya yarayan bir devredir. Uygulamada çiftlik içinde kanüllü hayvan üzerinde bu cihaz denenmiştir. Uygulanan hayvanın bilgileri Çizelge 5.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1. Birinci cihazın uygulandığı hayvanın özellikleri

Küpe no	İşletme no	İrki	Türü	Doğum Tarihi	Gebelik Durumu	Cinsiyet	Kanüllü
TR420003860849	24	Holstein	Sığır	22.01.2018	Hayır	Dişi	Evet

Asidozis hastalığının teşhis edilebilmesinde kullanılan yöntemlerden biri rumen bölgesindeki pH değerlerinin gözlemlenmesidir. Rumen bölgesindeki pH değeri yaklaşık 5,5 saatten yani 330 dakikadan fazla bir süre boyunca 5,4 pH değerinin altında seyrettiği gözlemlenirse, bu veri asidozis rahatsızlığının bir belirtisi olarak kabul edilebilir. Bunun dışında ağız bölgesinde bir köpüklenme gözlemlenmesi bu rahatsızlığın ileri seviyede olduğuna işaret ettiğini gösterir. 24 tasma numaralı gebe olmayan kanüllü hayvanın rumen içinden 2 saat süresince her 15 dakikada bir alınan veriler Çizelge 5.2’de gösterilmiştir.

Tez kapsamında tasarlanan birinci cihazın kanül boşluğuna uygunluğu Şekil 5.3’te gösterilmiştir.



Şekil 5.3. Birinci cihazın kanül boşluğuna uygunluk testi

Birinci cihazın çiftlik içerisinde uygulama aşamaları Şekil 5.4'te gösterilmiştir.



Şekil 5.4. Birinci cihazın uygulaması

Çizelge 5.2. Geviş getirme sürecindeki rumen pH ve sıcaklık verileri

Tarih ve zaman	Sıcaklık değeri	pH değeri
2021-03-12 12:00:34	39,5	6,91
2021-03-12 12:15:44	39,5	6,91
2021-03-12 12:30:35	39,6	6,9
2021-03-12 12:45:34	39,6	6,84
2021-03-12 13:00:53	39,5	6,85
2021-03-12 13:15:55	39,6	6,92
2021-03-12 13:30:56	39,6	6,98
2021-03-12 13:45:23	39,5	6,96

Aynı kanüllü hayvan üzerinde sırasıyla su içtikten hemen sonraki, kuru yem yedikten sonraki ve dinlenme esnasındaki rumen içerisinde sıvıdan ölçülen pH ve sıcaklık değerleri Çizelge 5.3'te, Çizelge 5.4'te ve Çizelge 5.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.3. Su içtikten sonraki rumen pH ve sıcaklık değerleri

Tarih ve zaman	Sıcaklık değeri	pH değeri
2021-03-12 14:00:13	39,2	6,24
2021-03-12 14:15:17	38,8	6,35
2021-03-12 14:30:31	38,6	6,36
2021-03-12 14:45:14	38,2	6,14
2021-03-12 15:00:27	38,3	5,93
2021-03-12 15:15:47	38,4	5,91
2021-03-12 15:30:11	38,0	6,19
2021-03-12 15:45:40	38,4	6,21

Çizelge 5.4. Kuru yem yedikten sonraki rumen pH ve sıcaklık değerleri

Tarih ve zaman	Sıcaklık değeri	pH değeri
2021-03-13 12:00:25	38,9	5,39
2021-03-13 12:15:49	39,7	5,41
2021-03-13 12:30:56	39,9	5,75
2021-03-13 12:45:23	40,6	5,84
2021-03-13 12:00:17	40,9	5,27
2021-03-13 12:15:31	40,6	5,31
2021-03-13 12:30:14	40,6	5,30
2021-03-13 12:45:27	40,8	5,22

Çizelge 5.5. Dinlenme anındaki rumen pH ve sıcaklık değerleri

Tarih ve zaman	Sıcaklık değeri	pH değeri
2021-03-13 18:00:47	39,8	7,15
2021-03-13 18:15:11	39,6	6,82
2021-03-13 18:30:40	39,7	6,74
2021-03-13 18:45:25	39,8	6,73
2021-03-13 19:00:49	39,6	6,71
2021-03-13 19:15:34	39,6	6,79
2021-03-13 19:30:47	39,8	6,71
2021-03-13 19:45:05	39,9	6,72

Belirtilen durumlarda rumen içindeki pH ve sıcaklık ortalama değerlerinin karşılaştırması Çizelge 5.6’da gösterilmiştir.

Çizelge 5.6. Farklı durumlardaki rumen içi pH ve sıcaklık değerleri karşılaştırması

Durum	Ortalama sıcaklık değeri	Ortalama pH değeri
Geviş getirme anındaki değerler	39,55	6,90
Su içtikten sonraki değerler	38,48	6,16
Kuru yem yedikten sonraki değerler	40,25	5,43
Dinlenme anındaki değerler	39,72	6,79

Geliştirilen cihazın rumen dışındaki ve rumen içindeki sinyal kaliteleri Çizelge 5.7’de gösterilmiştir.

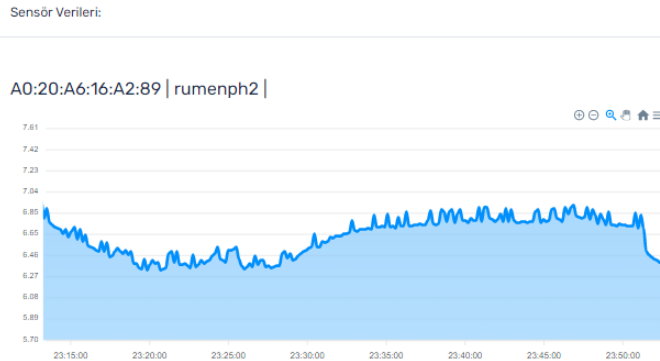
Çizelge 5.7. Cihazın rumen içindeki ve dışındaki sinyal kalitesi karşılaştırması

Sinyal kalitesi		
Rumen içindeki kalma süresi	Rumen içinde	Rumen dışında
15 dk boyunca	%32-33	%98-100
30 dk boyunca	%30-31	%98-100
45 dk boyunca	%25-28	%98-100
60 dk boyunca	%25-28	%98-100

* Antenin uygulama alanına olan uzaklığı 10 metre olarak ölçülmüştür.

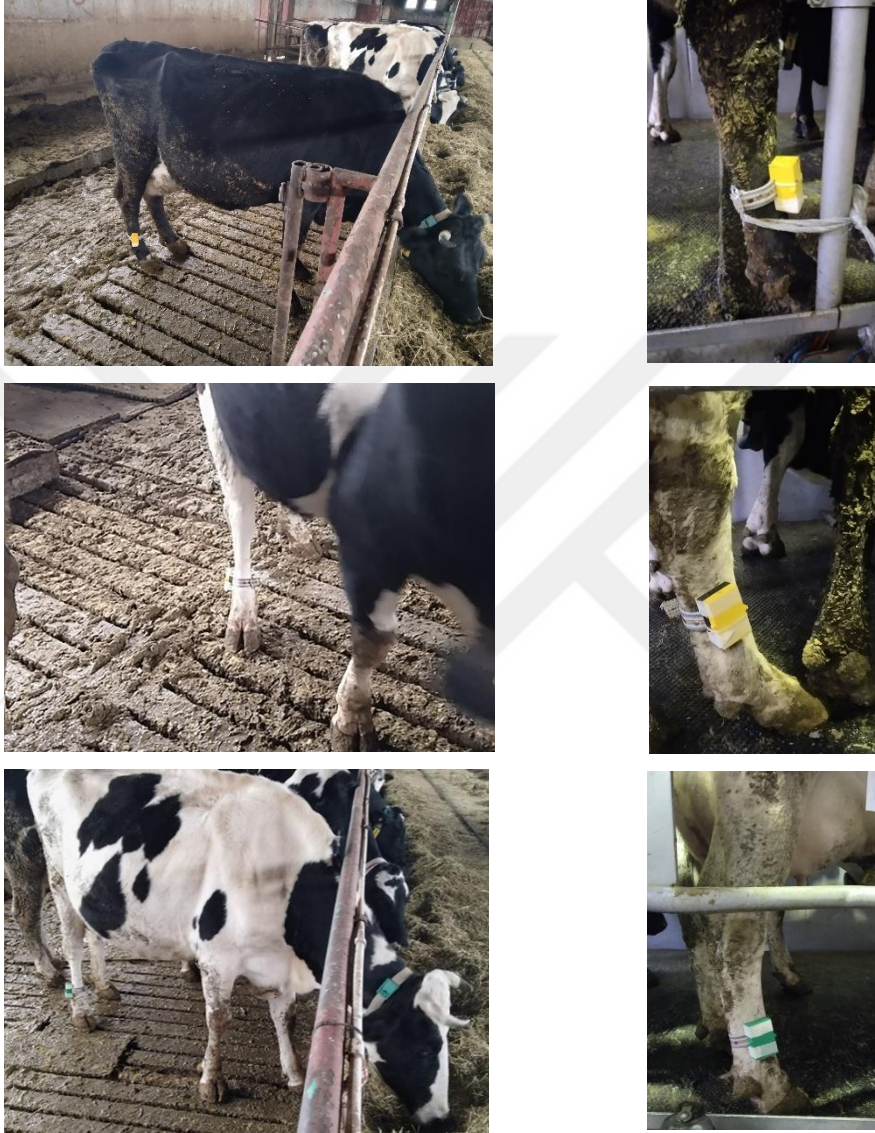
Rumen içi yaklaşık olarak 140-150m³’lük bir hacme sahip ve sürekli hareket eden bir yapısı olduğundan cihazın rumen içinde geçirdiği süre arttıkça sinyal kalitesinin düştüğü gözlemlenmiştir.

Rumen ortamı ve hayvanın deri kalınlığı göz önüne alındığında sinyal kalitesinin yaklaşık %66-75 oranında düştüğü gözlemlenmiştir. Buna rağmen cihaz sağlıklı bir şekilde ağ geçidine bağlanmış ve verileri otomasyona göndermiştir. Gelen verilerin otomasyondaki grafiksel olarak gösterimi Şekil 5.5’te gösterilmiştir.



Şekil 5.5. pH verilerinin otomasyondaki görüntüsü

Tez kapsamında tasarlanan ikinci cihaz, hayvanların ayak bileklerine uygulanmıştır. Adım sayılarının belirlenmesi, dinlenme durumları, yani hiç adım atmadıkları anlardaki verileri alarak otomasyona gönderir. Cihaz uygulaması Şekil 5.6’da gösterilmiştir.



Şekil 5.6. Pedometrenin çiftlik içindeki uygulama resimleri

Uygulama çiftlik içerisinde bulunan farklı hayvanlar üzerinde hem adım sayıları hem de deri sıcaklıkları verileri kaydedilerek yapılmıştır. İki hayvan da en az bir kere doğum yapmış sığırlardan seçilmiştir. Tohumlama süresinden 14 gün geçtikten sonra 7 gün boyunca hayvanların deri sıcaklıkları ve adım sayıları kayıt altında tutulmuştur. Bu veriler Çizelge 5.8’de ve 5.9’da gösterilmiştir.

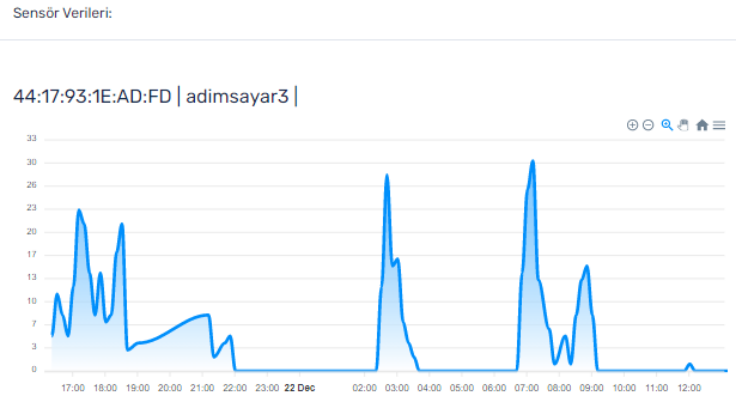
Çizelge 5.8. Bir defa doğum yapmış 2 yaşındaki hayvanın deri sıcaklığı ve adım sayı çizelgesi

Gün Sayısı	Ortalama Deri sıcaklığı	Ortalama Adım sayısı
1. Gün	38,6	212
2. Gün	38,5	287
3. Gün	38,5	216
4. Gün	38,2	223
5. Gün	38,4	225
6. Gün	38,8	322
7. Gün	38,9	356

Çizelge 5.9. İki defa doğum yapmış 2 yaşındaki hayvanın deri sıcaklığı ve adım sayı çizelgesi

Gün Sayısı	Ortalama Deri sıcaklığı	Ortalama Adım sayısı
1. Gün	38,6	234
2. Gün	38,5	196
3. Gün	38,5	224
4. Gün	38,6	213
5. Gün	38,6	235
6. Gün	38,6	197
7. Gün	38,6	219

Kızgınlıkla bağlantılı olarak sığırlarda genel vücut sıcaklığının arttığı gözlemlenmektedir. Büyükbaş hayvanlarda genel olarak sağlıklı durumlarda vücut sıcaklığı 38,5-38,6°C civarındadır. Kızgınlıktan önceki iki gün sürecinde vücut sıcaklıkları normalden düşük seviyede ilerler. Kızgınlık sırasında ise hayvanların %84'ünde de ısı 0,1 ile 0,5°C artma göstermektedir. Çiftliklerde rektumdan ısı ölçümü pratik değildir. Bunun yerine termal termometre kullanılarak deri sıcaklığını anlık olarak gerçek zamanlı yapılması oldukça pratik bulunmuştur. Gelen verilerin otomasyondaki grafiksel olarak gösterimi Şekil 5.7'de gösterilmiştir.



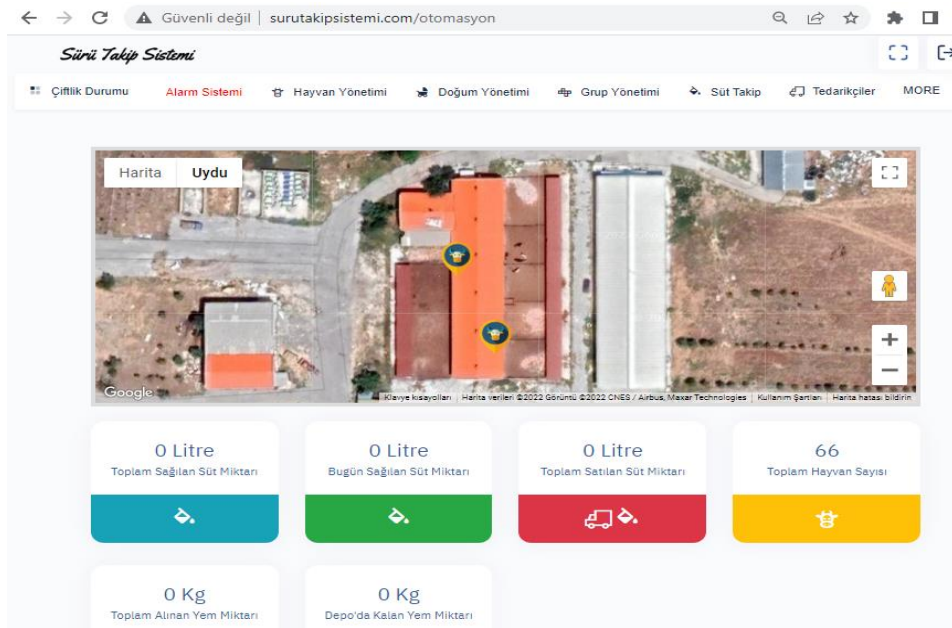
Şekil 5.7. Adımsayardan gelen verilerin otomasyondaki görüntüsü

Tez kapsamında tasarlanan konum verilerini gönderen üçüncü cihazın çiftlik içerisindeki uygulama aşamaları Şekil 5.8’de gösterilmiştir.



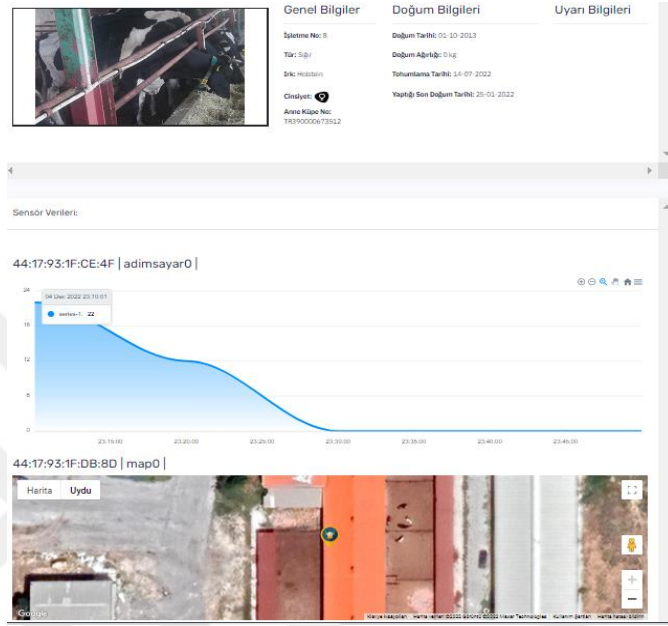
Şekil 5.8. Konum bilgisi gönderen cihazın uygulama resimleri

Otomasyon kısmında konumların görüntüleri Şekil 5.9’da gösterilmiştir.



Şekil 5.9. Otomasyon ekranında hayvan konumlarının görünümü

Tez kapsamında tasarlanan konum bilgilerini gönderen cihazların verileri, genel çiftlik durumunun gözlemlendiği ekranda, küçük bir inek resmi ile belirlenmiştir. Resmin üzerine tıklandığında ise IoT cihazı hangi hayvana bağlı ise o hayvanın genel bilgilerine ulaşmayı sağlamaktadır. Sensörlerden gelen verilerin görüntülediği sayfa Şekil 5.10’da gösterilmiştir.



Şekil 5.10. IoT cihazlarından gelen sensör verilerinin görüntüsü

Sistem, bir hayvana farklı IoT cihazları tanımlanabilir olduğu gibi farklı sayıda sensör sayısı tanımlanabilir şekilde geliştirilmiştir. Tek bir hayvana sınırsız sayıda IoT cihazı takılabileceği gibi yine sınırsız sayıda sensör eklenmesi de yapılabilir. Eklenen sensörler yine tek bir ekranda görünür ve izlenebilir. Hayvan bilgileri ekranında görünen bilgiler:

- Genel bilgiler
- Doğum bilgileri
- Uyarı bilgileri
- Sensörlerden gelen veriler
- Veteriner hekim uygulamaları
- Aşı bilgileri
- Doğum bilgileri (Tohumlama, tahmini gebelik tarihi vb.)
- Günlük süt sağım bilgileri

Veteriner hekim uygulamaları ve aşı bilgilerinin rapor olarak takibinin yapıldığı ekran görüntüsü Şekil 5.11’de gösterilmiştir.

Tarih	Açıklama	İlgili Kişi
2019-10-22	Dişi doğum.	Vet.Hek.Mustafa Sedat ARSLAN
2020-01-16	Suni Tohumlama (Collude)	Vet.Hek.Mustafa Sedat ARSLAN
2020-02-11	Miknatis atıldı.	Vet.Hek.Mustafa Sedat ARSLAN
2020-02-13	PGF2a	Vet.Hek.Mustafa Sedat ARSLAN
2020-02-24	Suni Tohumlama (earthsheker) çok iyi	Vet.Hek.Mustafa Sedat ARSLAN
2020-04-15	Gebelik onayı.	Vet.Hek.Mustafa Sedat ARSLAN
2020-09-10	Kuruya ayrıldı Ubrostor+dectomax+yeldif	Vet.Hek.Mustafa Sedat ARSLAN
2020-10-17	Doğum erkek.	Vet.Hek.Mustafa Sedat ARSLAN
2020-12-01	Ademin	Vet.Hek.Mustafa Sedat ARSLAN
2020-12-02	Suni Tohumlama (Collude)	Vet.Hek.Mustafa Sedat ARSLAN
2020-12-25	Suni Tohumlama (earthsheker)	Vet.Hek.Mustafa Sedat ARSLAN
2021-04-23	Diynolitic	Vet.Hek.Mustafa Sedat ARSLAN
2021-04-28	Suni Tohumlama (western)	Vet.Hek.Mustafa Sedat ARSLAN
2021-06-01	Tırnak Kesimi	Vet.Hek.Mustafa Sedat ARSLAN
2021-08-01	Tohumlama	Vet.Hek.Mustafa Sedat ARSLAN

Şekil 5.11. Veteriner hekim uygulama ve aşı bilgileri raporlama çıktısı

Uygulama kapsamında çiftlikte bulunan 66 adet hayvanın bir yıl geriye dönük olarak tüm veteriner hekim uygulamaları ve aşı bilgileri sisteme eklenmiştir. Aşı bilgisi girilirken bazı aşılardan özel olarak tek bir hayvana uygulanırken bazı aşılardan ise tüm sürüye uygulandığı gözlenmiştir. Otomasyon bu iş akışına uygun olarak tasarlanmış, aşı bilgilerinin girildiği kısım, özellikle olarak tek bir hayvan seçilebilir olması yanında tüm hayvanların seçilebilmesi de sağlanmıştır. Aşı bilgilerinin girildiği otomasyon ekranı Şekil 5.12’de gösterilmiştir.

Hayvan Aşı Girişi

Aşı İsmi:

ŞAP AŞISI

Hayvan Küpe No:

☒ TR420002689703 - Tasma_8

☒ TR420002689704 - Tasma_15

☐ TR420002689722 - Tasma_6

☐ TR420003195969 - Tasma_20

Aşı Yapılan Tarih:

gg.aa.yyyy

İlgili Personel:

Kamil Aykutalp GÜNDÜZ - Veteriner

Açıklama:

☐

Açıklama

Oluştur

Şekil 5.12. Hayvan aşı girişi ekranı

Uyarı bilgilerinin olduğu kısımda, otomasyonda alarm sistemi başlığı altında sensör verilerinden gelen anormal verilerin hangi hayvana ait ise kontrolü ve izlenmesi sağlanmıştır. Anormal veriler olarak tanımlanan veriler, hayvan üzerine takılan IoT cihazına bağlı ilgili sensörün sisteme eklenirken alt limit ve üst limit bilgileri girilerek belirlenir. Kızgınlık döneminde adım sayısının ve deri sıcaklığının belirli bir seviyenin üzerinde seyrettiği dönemlerdeki durum buna örnektir. Alarm sisteminin otomasyondaki sayfası Şekil 5. 13’de gösterilmiştir.

ALARM SİSTEMİ

Copy CSV Excel Print PDF Search:

IOT MAC Adress	Sensor	Data	Küpe No	Tarih
DC:4F:22:5E:A0:5E	deri1	23.57	TR420002689704 (Tasma_15)	2022-12-10 19:49:00
DC:4F:22:5E:A0:5E	ortam1	23.93	TR420002689704 (Tasma_15)	2022-12-10 19:49:00
DC:4F:22:5E:A0:5E	ortam1	23.93	TR420002689704 (Tasma_15)	2022-12-10 19:48:10
DC:4F:22:5E:A0:5E	deri1	23.71	TR420002689704 (Tasma_15)	2022-12-10 19:48:09
DC:4F:22:5E:A0:5E	deri1	23.75	TR420002689704 (Tasma_15)	2022-12-10 19:47:19
DC:4F:22:5E:A0:5E	ortam1	23.91	TR420002689704 (Tasma_15)	2022-12-10 19:47:19

Şekil 5.13. Alarm sisteminde hayvana özel anormal verilerin görüntüsü

Eklenen IoT cihazına bağlı sensör ise direkt olarak hayvanın küpe numarası ile ilişkili hayvan bilgileri sayfasında görüntülenir. IoT cihazına bağlı sensörün alt limit ve üst limit değerlerinin belirlendiği kısım Şekil 5.14’te gösterilmiştir.

Sensör İsmi:

Sensör Türü:

Alt Limit:

Üst Limit:

Açıklama:

Şekil 5.14. IoT cihazına bağlı sensörün alt ve üst limit belirlendiği kısım

IoT-MAC adres eşlemesinin yapıldığı sayfa Şekil 5.15'te gösterilmiştir.

Yeni IOT Oluştur

Kurallar:

- Bir IOT cihaz aynı anda birden fazla sensör verisi yollayabilir yada sadece bir tanede yollayabilir. Bir kısıtlama yoktur.
- Bir hayvana birden fazla IOT cihaz bağlanabilir
- Aynı sensör verisini ileten birden fazla IOT cihaz bağlanabilir. Örneğin Sıcaklık verisini ileten 2 ayrı IOT cihaz bir hayvana bağlanabilir.(Böylece bir sensör bozulduğunda diğer sensördeki verilere bakılabilir)

- IOT cihaz silinirse o cihazdan gelen anlık sensör verileri sistem tarafından tutulmaz!
- Küpe No ve IOT Mac Adress arasında eşleme yapılırken doğru Küpe No ile eşlendiğinden emin olun. Başka bir Küpe Numarasına sahip hayvana eşleme yapmamaya dikkat edin!

IOT Mac Adres:

Küpe No:

Açıklama:

Oluştur

Şekil 5.15. IoT MAC adresi ile küpe numarası eşleme ekranı

Uygulamada, araştırma çiftliğindeki 66 adet büyükbaş hayvana ait genel bilgilerin yanında veteriner hekim uygulamaları, aşı bilgileri ve doğum bilgileri otomasyona eklenmiş ve kontrol sistemi oluşturulmuştur.

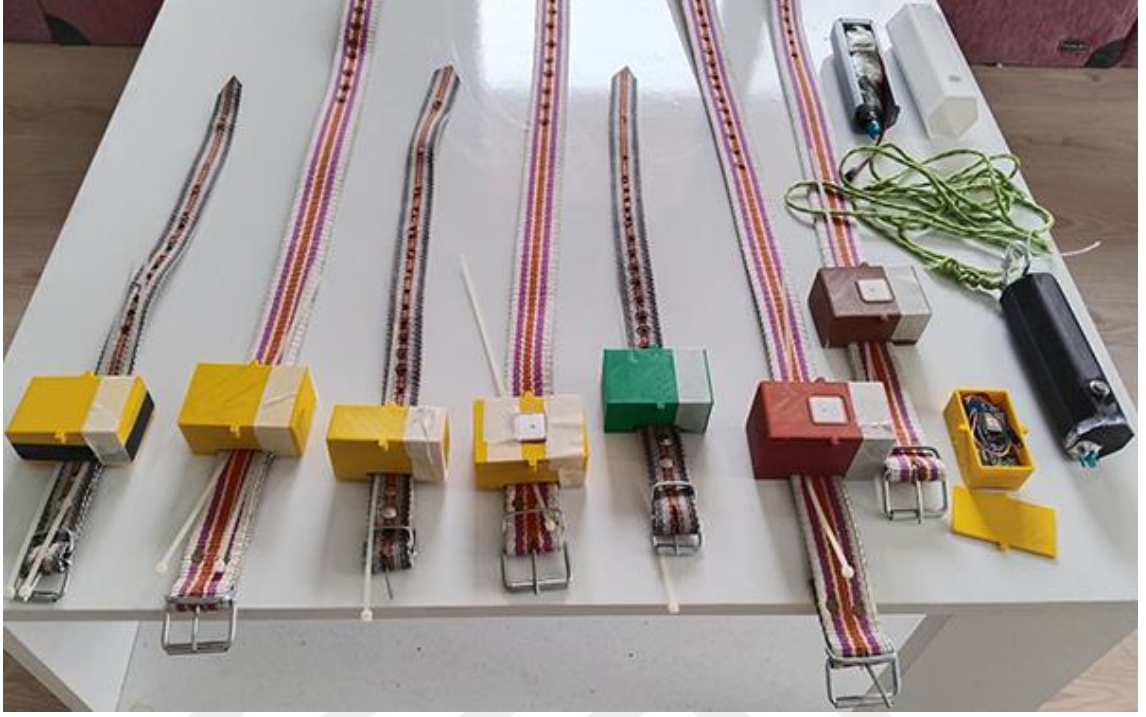
Toplamda 4 adet birinci IoT cihazı tasarlanmış ve kanüllü hayvanın rumen içi pH ve sıcaklık verilerinin anlık olarak takibi uygulanması yapılmıştır.

4 adet pedometre cihazı tasarlanarak uygulanan hayvanlara ait adım sayıları gözlemlenerek, kayıt altına alınmış ve grafiksel olarak izlenebilmesi sağlanmıştır. 4 adet konum ve deri sıcaklıkları verilerini alan üçüncü cihaz tasarlanmış ve veriler yine grafiksel olarak gözlemlenmiştir.

Uygulama aşamasında cihazlar farklı farklı hayvanlarda da teker teker aynı hayvan üzerinde 3 ayrı IoT cihazı takılarak da denenmiştir.

Cihazların pil beslemelerinin ucuza yapılabilmesi için lityum-iyon piller için şarj cihazı tasarlanmış ve çiftliğe bırakılmıştır.

Uygulamada kullanılan cihazların kaplanmış ve kemerleri takılmış görselleri Şekil 5.16’da gösterilmiştir.



Şekil 5.16. Uygulamada kullanılan cihazlar

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1. Sonuçlar

Bu çalışmada geliştirilen üç adet nesnelerin interneti cihazı ve otomasyon sayesinde büyükbaş hayvan çiftliklerinde bulunan hayvanların besleme ve davranış bilgileri, veteriner hekimler, çiftlik zootechnisyenleri tarafından web tabanlı olarak izlenmesi, kontrol edilmesi ve takibi sağlanmıştır. Geliştirilen otomasyon yazılımı genel olarak bir çiftlik içerisinde gerekli olan ve piyasada bulunan diğer sürü takip yazılımlarının sahip olduğu tüm modüllere sahip olarak tasarlanmıştır. Hayvanların besleme parametrelerinin kontrolünde rumen içi pH ve sıcaklık değerinin elde edilebilmesi için gerekli olan uygun boyutlarda bir cihaz tasarlanmış, sensörlerden alınan değerleri otomasyona veri gönderim işlemi ise geliştirilen yazılım sayesinde sağlanmıştır. Hayvanların davranış bilgileri içerisinde en önemli verilerden biri olan kızgınlık tespitinde kullanılan adımsayar cihazı hayvanların diz bölgelerine takılarak tasarlanmış ve veri gönderimi otomasyona gönderilmesi geliştirilen yazılım sayesinde sağlanmıştır. Yine konum bilgisi ve deri sıcaklık bilgilerini okuyan cihaz, hayvanın boyun bölgesine uygun olarak tasarlanmış ve veri iletimi yazılım sayesinde sağlanmıştır. Cihazlarla otomasyon sunucusu arasındaki haberleşmesini sağlamak için temel bağlanma şekli olarak Wireless 802.11b tercih edilmiştir. Piyasada satılan çoğu sürü takip sistemleri ve cihazları çiftlik içerisinde bir sunucu barındırırken, bu çalışmada kurulan sistemde çiftlik içerisinde herhangi fiziksel bir değişiklik yapılmasına gerek olmayan şekilde tasarlanmıştır. Geliştirilen cihazlar hayvanlar üzerinde taşınabilir durumda uygulanmıştır.

Piyasada bulunan hali hazırda hizmet veren web tabanlı sürü yönetim sistemleri ile karşılaştırıldığında oluşturulan mevcut sistemin IoT cihazlara uyumlu olma özelliğinin ön plana çıktığı görülmektedir.

Piyasada mevcut olan sürü yönetim sistemlerinin bazılarında kendi sistemlerine tümleşik olarak çalışan IoT cihazlarının mevcut olduğu görülmektedir. Bu karşılaştırma Çizelge 6.1’de gösterilmektedir.

Çizelge 6.1. Tespit modülleri karşılaştırması

Sürü Yönetim Sistemleri	Tespit modülleri						
	<i>Kızgınlık Tespiti Adımsayar</i>	<i>Konum Tespiti GPS</i>	<i>Davranış Tespiti</i>	<i>Geviş Sayısı Tespiti</i>	<i>Deri Sıcaklığı Tespiti</i>	<i>Kistik Tespiti</i>	<i>Rumen pH ve sıcaklık tespiti</i>
EcoHerd	+	-	-	-	-	+	-
Afimilk	+	-	+	+	-	-	-
CowMaster	-	-	-	-	-	-	-
ciftlikyönetimi.com	-	-	-	-	-	-	-
Delaval	+	+	+	-	-	+	-
MetfarmGEA	+	+	+	+	-	-	-
MiligramTR	-	-	-	-	-	-	-
Nedapvelos	+	+	+	+	-	-	-
Sezer sürü	-	-	-	-	-	-	-
Dataflow II	+	+	+	+	-	-	-
TASARLANAN SİSTEM	+	+	+	-	+	-	+

Piyasadaki sürü yönetim sistemleri ile karşılaştırması Çizelge 6.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.2. Tasarlanan sistemin diğer sürü yönetim sistemleriyle karşılaştırması

Sürü Yönetim Sistemleri	Sahip olunan özellikler											
	Hayvan Yönetimi	Doğum Yönetimi	Grup Yönetimi	Süt Yönetimi	Tedarikçi Yönetimi	Sağlık Takibi	Aşı Takibi	Yem ve Depo Yönetimi	IoT Yönetimi	Sensör Yönetimi	Uyarı Sistemi	Muhasebe ve Raporlama
EcoHerd	+	+	-	+	-	+	+	-	-	-	+	-
Afimilk	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-
CowMaster	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-	+	+
ciftlikyönetimi.com	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	+	+
Delaval	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
MetfarmGEA	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
MiligramTR	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-	+	+
Nedapvelos	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-
Uniformagro	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+
Sezer sürü	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-
Dataflow II	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-
AfiFarm	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-
AfiACT	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+	-
TASARLANAN SİSTEM	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Çalışmada tasarlanan otomasyon sistemi Selçuk Üniversitesi Veteriner Fakültesi Uygulama Çiftliği üzerinde denenmiştir. Çiftlikte bulunan 66 adet hayvan sisteme tüm bilgileri ile web tabanlı otomasyona eklenmiştir. Bir adet kanüllü hayvan üzerinde 5 gün boyunca rumen içi pH ve sıcaklık verileri kayıt altına alınmış ve gözlemlenmiştir.

Yem stok durumu 4 ay boyunca takip altına alınmıştır. Uyarı sistemi sayesinde buzağılar için azalan proteinli yem miktarı erkenden teşhis edilmiş ve yem bitmeden depoya sağlanmasına yardımcı olmuştur.

Tüm hayvanlara uygulanan veteriner hekim müdahaleleri ve aşılar bir sene geriye dönük olarak kayıt altına alınmıştır.

Kızgınlık durumları adımsayar yaklaşımı ile takip edilen iki adet hayvandan birinin kızgın olabilir uyarısı izlenmiş ve tohumlanması başarılı bir şekilde sağlanmıştır.

Çiftlik içerisindeki hayvanların hem sağlık hem de gebelik durumları daha önce bir excel dosyası üzerinde tutulduğu ve uzaktan masaüstü bağlantısı ile kontrol edildiği gözlemlenmiştir. Bu sistemin kullanılmasıyla birlikte tüm hayvanların durumları ve bilgileri internet üzerinden çevrimiçi olarak kontrol edilebilir hale getirilmiştir.

Bu çalışma ile mevcut piyasada hizmet veren diğer sürü yönetim sistemlerine alternatif olarak tamamen tek bir platform üzerinde gerekli olan modülleri barındıran, aktif bir çiftlik üzerinde sisteme uyumlu IoT cihazlarının kullanılabildiği bir platform oluşturulmuştur.

Piyasada bulunan ve ticari olarak pazarlanan sistemlerde kızgınlık ve davranış bilgileri takibinin oldukça yaygın olduğu görülmüştür. Ülkemizde satılan ürünlerin çoğunun yabancı firma menşeli oldukları gözlemlenmiştir. Çizelge 6.3'te piyasada kızgınlık takibi için satılan pedometre ürünlerinin menşeleri ve yaklaşık fiyatları listelenmiş ve tasarlanan sistem ile karşılaştırılması yapılmıştır.

Çizelge 6.3. Piyasada satılan pedometrelerin yaklaşık fiyat ve menşei karşılaştırması

Marka	Özellik	Menşei	Yaklaşık fiyat (USD\$)
EcoHerd	Pedometre	İsrail	122
Actimoo	Pedometre	Türkiye	66
Afimilk	Pedometre	İsrail	80
MetfarmGEA	Pedometre	Almanya	75
Nedapvelos	Pedometre	Hollanda	100
Antag	Pedometre	Türkiye	50
Tasarlanan sistem	Pedometre	Türkiye	23

Çalışma kapsamında geliştirilen birinci cihazın dünyadaki benzer cihazlarla fiyat karşılaştırması Çizelge 6.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 6.4. Birinci cihazın piyasadaki endüstriyel cihazlarla fiyat karşılaştırması

Cihaz ismi	Fiyat (USD\$)	Pil Ömrü
NCD, Industrial IoT Long Range Wireless pH and Temperature Sensor	665-690	7 gün
Atlas Scientific, IoT pH Meter	400-425	10 gün
G7-AD-SP Lora IoT module Wireless pH sensor	265-345	5 ay
Tasarlanan birinci cihaz	60-80	8 gün

Tez kapsamında geliştirilen cihazlara bağlı sensörlerden alınan veriler Wi-fi haberleşme teknoloji ile internet bağlantısı üzerinden hem otomasyona aktarılmakta hem de grafiksel olarak okunabilmektedir. Piyasada satışı yapılan bu tür sistemlerde öncelikle fiyatlandırmayı değiştiren özellik, çiftlikte bulunan hayvan sayısıdır. Hayvan sayısı arttıkça fiyatta artmaktadır. Çizelge 6.5'te ülkemizde satılan sürü yönetim sistemlerinin menşeleri ve fiyatlarının, tasarlanan sistemle karşılaştırılması gösterilmiştir.

Çizelge 6.5. Tasarlanan sistemin ülkemizde satılan diğer sürü yönetim sistemleri ile fiyat karşılaştırması

Sürü Yönetim Sistem Adı	Çiftlik Sayısı	Hayvan Sayısı	Kullanıcı Sayısı	Menşei	Yıllık yaklaşık fiyat (USD\$)
EcoHerd (Web)	1	100	1	İsrail	300
suru-yonetimi.com (Web)	1	100	1	Türkiye	65
Afimilk (Desktop)	1	50	1	İsrail	360
ciftlikyonetimi.com (Web)	1	Sınırsız	1	Türkiye	60
Delaval (Desktop)	1	100	2	Hollanda	300
MetfarmGEA (Desktop)	1	100	1	Almanya	313
MlgramTR (Web)	Sınırsız	Sınırsız	Sınırsız	Türkiye	35
Nedapvelos (Desktop)	1	100	1	Hollanda	335
Mobilciftlik.com (Web)	1	100	1	Türkiye	30
EnterSYS (Web)	1	100	1	Türkiye	70
*Tasarlanan Sistem (Web)	Sınırsız	Sınırsız	Sınırsız	Türkiye	20

*Tasarlanan sistemin yıllık fiyatı, hosting ve domain hizmetinin yıllık maliyetidir.

Piyasadaki sistemlerin birçoğunda kullanıcı sayısına göre de fiyat değişikliği olduğu gözlenmiştir. Bu çalışmada tasarlanan sistem sınırsız sayıda kullanıcı oluşturma ve yetkilendirme olanağı sunmaktadır. Rumen içi pH ve sıcaklık veren cihaz ise piyasada satılan bir ürün değildir. Burada geliştirilen sistemde daha fazla sayıda hayvana uygulanabilmesi ve çiftliklerde fiziksel herhangi bir değişiklik yapılması

gerektirmedüğinden, tüm yazılım ve donanımsal arabirimler tarafımızca yapıldığından dolayı maliyet daha da düşmüştür.

Çalışma kapsamında geliştirilen üçüncü cihazın dünyadaki benzer cihazlarla fiyat karşılaştırması Çizelge 6.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 6.6. Üçüncü cihazın piyasadaki endüstriyel cihazlarla fiyat karşılaştırması

Cihaz ismi	Fiyat (TL) (USD\$)
Neck Collar Gps Tracking	255 (14 \$)
Buyfun Mini Gps Tracker	135 (7,3\$)
Solar Animal Gps Tracker	130 (7\$)
GPS collar Majlo 2	300 (16\$)
Invoxia GPS Pet Tracker	160 (9\$)
Tasarlanan üçüncü cihaz	40 (2,2\$)

Bu tez çalışmasında 3 adet cihaz geliştirilmiş olup geliştirilen birinci cihaz ülkemizde hayvan üzerinde denenmiş örnek cihazdır. Geliştirilen ikinci adımsayar cihazı piyasadaki diğer adımsayar cihazlarına göre yaklaşık %60 daha az maliyetli olarak üretilmiştir. Geliştirilen üçüncü cihaz ise kızgınlık belirlenmesinde adımsayarın yanında deri sıcaklığını da alınmasını sağlamıştır. Üçüncü cihaz yine konum verilerinin alınmasını sağlar. Üçüncü cihaz, endüstriyel olarak satılan benzer ürünlere göre yaklaşık %75 oranında daha az maliyetlidir. Tüm sistemin yaklaşık maliyeti Çizelge 6.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.7. Tüm sistemin yaklaşık maliyeti

Geliştirilen Ürün	Yaklaşık maliyeti (USD\$)
Birinci cihaz (Rumen için)	60-80
İkinci cihaz (Adımsayar)	25-30
Üçüncü cihaz (Konum ve deri sıcaklık)	35-40
Web hosting ve domain hizmeti (1 yıllık)	20-25
Toplam	140-175

* Uygulanabilir hayvan sayısı arttıkça, maliyet fiyatı cihazlardan dolayı artış gösterebilir. Hosting hizmeti ise sabittir. 3D yazıcı ve kemerler maliyete dâhil edilerek hesaplanmıştır.

Uygulama çiftliğinde gerçekleşen denemede hayvanlardan alınan veriler ve gözlemler sonucunda, spesifik olarak kızgınlığı yakın olan 8 işletme numaralı hayvanın tohumlanması gerçekleştirilmiştir. Hayvandan alınan deri sıcaklık ve adım sayıları izlenerek bu eylem gerçekleştirilmiştir. İkinci cihazdan gelen deri sıcaklığı verileri ve üçüncü cihazın 4.prototipi kullanılarak sağ arka ve sağ ön ayak bileğinden alınan adım sayıları hayvanın verimli ve doğru zamanda tohumlanmasını sağlamaya yardımcı

olduğu görülmüştür. Çizelge 6.8’de üçüncü cihazdan alınan verilerin karşılaştırması yapılmış ve ortalama hata payı hesaplandığında %92,8 oranında başarı sağladığı görülmüştür.

Çizelge 6.8. Pedometrenin farklı ayaklardaki uygulama sonuçları

Ölçüm sürekliliği (Her 10dk)	Arka ayaktaki pedometre verileri	Ön ayaktaki pedometre verileri	Gözle izlenen adım sayısı
1. ölçüm	12 adım	15 adım	16 adım
2. ölçüm	35 adım	38 adım	41 adım
3. ölçüm	22 adım	25 adım	26 adım
4. ölçüm	13 adım	14 adım	15 adım
5. ölçüm	10 adım	12 adım	13 adım
6. ölçüm	19 adım	21 adım	23 adım
Toplam	111 adım	125 adım	134 adım

* Ölçümler 60-80 metrelik bir alanda ve her ölçüm 10 dakikalık periyod içinde hayvanın attığı adım sayıları toplanarak hesaplanmıştır.

Gözle gözlemlenen adım sayısını gerçek değer olarak kabul edildiğinde hata payları Çizelge 6.9’da gösterilmiştir.

Çizelge 6.9. Pedometrenin farklı ayaklarda uygulama sonuçlarının hata yüzde oranları

Ölçüm sürekliliği (Her 10dk)	Arka ayaktaki pedometre hata payı	Ön ayaktaki pedometre hata payı
1. ölçüm	%33,3	%6
2. ölçüm	%17,1	%7,89
3. ölçüm	%18,1	%4
4. ölçüm	%15,3	%7,1
5. ölçüm	%30	%8,3
6. ölçüm	%21,05	%9,5
Toplam	%20,72	%7,2

Ön ayak bileği bölgesine uygulanan pedometreden gelen verilerin hata paylarının daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bir suni tohumlama bedelinin yaklaşık olarak 70-80 USD civarında olduğu bilinmektedir. Bu sistemin kullanılması ile bu tür maliyetlerin uzun dönemde azaltılabileceği öngörülmektedir.

6.2. Öneriler

Bu tez çalışmasında geliştirilen birinci cihazın pH sensörü daha küçük boyutta bir sensör ile değiştirildiğinde cihazın boyutu daha küçük ve kanülsüz hayvanlara da

uygulanabilir hale getirilebilir. Birinci cihazın pil besleme ünitesinde daha küçük boyutta bir pil kullanılıp çap küçültülebilir.

Geliştirilen ikinci cihazda daha hassas ivme ve açı sensörü kullanılarak hareket ve adım davranışları daha doğru şekilde çözümlenebilir hale getirilebilir. Geliştirilen üçüncü cihazda da konum bilgisini almak için daha hassas ve gelişmiş bir GPS sensörü kullanılarak daha doğru ve hata payı düşük veriler elde edilebilir.

Birinci cihazda kullanılan buton daha da küçültülerek rumen içinden veri alan bu cihazın içerisine sıvı alma riski daha aza indirgenebilir. Devrenin kaplanmasıyla kullanılan üç boyutlu yazıcı materyali değiştirilerek sıvı alma durumu daha güvenli hale getirilebilir.

Çiftlik içerisinde daha geniş bir sinyal gücünü sağlamak amacıyla daha güçlü bina içi ve bina dışı antenler kullanılarak çiftlik etrafından uzaklaşan hayvanların takibi daha geniş alanlarda yapılabilir.

İkinci cihazda kullanılan IoT cihazlarının mikrodnetleyicileri kendinden ivme ve açı sensörü barındıran modeller kullanılabilir. Bu durumda farklı bir sensör kullanma gereksinimi ortadan kaldırılabilir. Bu sayede boyun bölgesine takılan cihazda tek bir mikrodnetleyici üzerinden hem adımsayar hem davranış hareketleri izlenebilir hem pil hem de cihaz sayısı azaltılabilir. Kullanılan mikrodnetleyicilerin sahip oldukları bütünleşmiş antenleri yerine, harici anten takılan modelleri kullanılarak daha uzak mesafelerdeki sinyal gücü artırılabilir. Otomasyon ile ilgili farklı dil destekleri oluşturulabilir. Özellikle sürü takip sistemi modülleri barındıran yazılım kısmında farklı dil seçenekleri kullanılarak hayvancılığın ön planda olduğu ülkelerde rahatlıkla kullanılması sağlanabilir.

KAYNAKLAR

- Abbasi, N. A. (2018), “An information and communication the oretical analysis of the nervous system towards internet of nano-bio things by”, Doktora tezi, *Koç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Abdurrahman, D. (2016), “Modeling and simulation of an IOT enabled cold chain logistics management system”, Yüksek lisans tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya.
- Akagündüz, E., Aydılek, İ.B. (2021), Gerçek zamanlı nesne takibi için düşük hata konum ve hız değerlerine sahip bir sistemin önerilmesi, *Anatolian Journal of Computer Sciences*, 6(2), 56-71.
- Aktaş, F. (2018), “Biyomedikal uygulamaları için nesnelerin interneti tabanlı gerçek zamanlı veri toplama ve izleme platformunun geliştirilmesi”, Doktora tezi, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli.
- Al Byati, A. J. H. (2016), “Scalable, secure and interoperable design for the internet of things”, Yüksek lisans tezi, *Çankaya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Al-Samarraei, Y. S. H. (2018), “Smart home design with IoT (home automation)”, Yüksek lisans tezi, *Çankaya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Anonim, 2014, Rumen asidozu nedir? [online], <http://www.manisasutbirligi.org/7652/Haberler/RUMEN-ASIDOZU-NEDIR.aspx> [Ziyaret Tarihi: 4 Kasım 2018].
- Anonim, 2017a, Büyükbaş hayvancılıkta hayvan takip cihazının önemi [online], <https://www.sailguvenlik.com/blog2/138-buyukbas-hayvancilikta-hayvan-takip-cihazinin-onemi.html> [Ziyaret Tarihi: 14 Şubat 2019].
- Anonim, 2017b, Endüstri 4.0 nedir? [online], <http://makina.dpu.edu.tr/tr/index/slide/2691/endustri-40-nedir> [Ziyaret Tarihi: 12 Mart 2018].
- Anonim, 2018a, Cloudera uçtan uca açık kaynak IoT mimarisi için Red hat ve Eurotech ile işbirliği yapıyor [online], <https://IoTurkiye.com/2018/09/cloudera-uctan-uca-acik-kaynak-IoT-mimarisi-icin-red-hat-ve-eurotech-ile-isbirligi-yapiyor/> [Ziyaret Tarihi: 14 Nisan 2018].
- Anonim, 2018b, İneklerde kızgınlık nedir? Nasıl tespit edilir? [online], <https://vetrehberi.com/ineklerde-kizginlik-nedir-nasil-tespit-edilir/> [Ziyaret Tarihi: 20 Şubat 2019].
- Anonim, 2021, NEO-6M GPS Modülünün Donanım Genel Bilgisi <https://www.robocombo.com/blog/icerik/arduino-gps-modulu-kullanimi> [Ziyaret Tarihi: 21 Mart 2021].
- Ashton K., 2009, That “Internet of Things” Thing. *RFID Journal*, 4986.

- Aslan, O. (2018), “Nesnelerin interneti kapsamında mağazalar için akıllı ve güvenli bir mobil ödeme sisteminin geliştirilmesi”, Yüksek lisans tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir.
- Ateş, S. B. (2018), “Akıllı şebekeler uygulamalarına yönelik nesnelerin interneti tabanlı (IoT) prototip transformatör merkezi tasarımı ve uygulaması”, Yüksek lisans tezi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Avcı, M., 2010, PHP nedir ve neler yapılabilir? [online], <https://www.php.net/php-nedir-ve-neler-yapilabilir/> [Ziyaret Tarihi: 2 Nisan 2019].
- Aydın, A. (2017), “Eğitim ortamlarındaki fiziksel değişkenlerin nesnelerin interneti uygulaması kullanılarak öğrenciler üzerindeki etkisinin incelenmesi”, Yüksek lisans tezi, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum.
- Aydınoglu, T., (2018), Buzağı yetiştiriciliğinde temel sağlık ilkeleri ve sürü yönetimi programı, Elma Teknik Matbaacılık, *Tarım İşleri Genel Müdürlüğü (TİGEM)*. Ankara.
- Aydın I, Günlü A., (2009), “A computer software for keeping and evaluating technical and financial data in livestock enterprises”, *Journal of the Veterinary Medical Association*. 80(4): 21-30.
- Aytaç, K. (2018), “Internet of things based waste and service management in quick service restaurants”, Yüksek lisans tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Bektaş, C. (2017), “Kablosuz yerel alan ağlarında nesnelerin interneti için düşük güç tüketimli ve güvenli bir arabirim geliştirme uygulaması”, Yüksek lisans tezi, *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erzincan.
- Berge A.C, Vertenten G., (2014), “A field study to determine the prevalence, dairy herd management systems, and fresh cow clinical conditions associated with ketosis in western European dairy herds”, *Journal of Dairy Science*, Volume 97, Issue 4, Pages 2145-2154.
- Bozdoğan, Z. (2015), “Nesnelerin interneti için mimari tasarımı”, Yüksek lisans tezi, *Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Düzce.
- Bozuklu, M. (2016), “Çevresel veriler ile gerçek zamanlı nesnelerin interneti uygulaması”, Yüksek lisans tezi, *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tokat.
- BTK, (2013), Makineler arası iletişim (M2M) [online], Ankara, <https://www.btk.gov.tr/uploads/pages/slug/makineler-arasi-iletisim-m2m.pdf> [Ziyaret Tarihi: 16 Nisan 2018].
- CASAGRAS, (2012), Casagras -Final Raporu, Avrupa Birliği Framework 7, (Proje No: 216803).

- Chan, S., (2018), The top internet and traffic trends you'll see by 2022 [online], <https://newsroom.cisco.com/feature-content?type=webcontent&articleId=1955660> [Ziyaret Tarihi: 8 Mart 2019].
- CISCO VNI., (2018), Cisco Visual Networking Index: Forecast and Trends, 2017–2022 [online], <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/white-paper-c11-741490.html> [Ziyaret Tarihi: 10 Mart 2019].
- CISCO VNI., (2023), Cisco Visual Networking Index: Forecast and Trends, 2018–2023 [online], <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html> [Ziyaret Tarihi: 12 Aralık 2022].
- Çağlar, K. (2017), “Nesnelerin interneti ile akıllı sera uygulaması”, Yüksek lisans tezi, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Eskişehir.
- Çavdar, T., Öztürk, E., (2018), Nesnelerin interneti için yeni bir mimari tasarımı, *SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22 (1), 39–48.
- Çeltek, A.S., Soy, H., Hacıbeyoğlu, M., (2015), Nesnelerin internetine doğru: güncel konular ve gelecekteki eğilimler, *XVII. Akademik Bilişim Konferansı*, Eskişehir.
- Çetinkaya, O. (2018), “Next-generation internet of energy harvesting things”, Doktora tezi, *Koç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Çetintav, I. (2018), “Nesnelerin interneti uygulamalarında aes blok şifresinin yazılımsal ve donanımsal performanslarının karşılaştırılması”, Yüksek lisans tezi, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Edirne.
- Çıkrıkçı A.C., (2019), “Türkiye’de Robotik Sağım Sistemiyle Çalışan İşletmelerin Sürü Yönetim Performans Değerlerinin Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Çınar S., Ceyhan A., (2021), “Niğde İli Sürü Yönetim Personeli Kurs Programında Yer Alan Çiftçilerin Koyun Yetiştirme Faaliyetleri Üzerine Bir Araştırma”, *Tarım, Gıda, Çevre ve Hayvan Bilimleri Dergisi*, 2 (1), 44-60.
- de Mol RM, Kroeze GH, Achten JMFH, Maatje K, Rossing W., (1997), “Results of a multivariate approach to automated oestrus and mastitis detection”, *Livest Prod Sci*, 48 (3): 219-227.
- Dilek, S. (2017), “Nesnelerin interneti tabanlı uzaktan sağlık izleme uygulaması”, Yüksek lisans tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Divarcı, S. (2018), “Nesnelerin interneti için güvenli ağ geçidi tasarımı”, Yüksek lisans tezi, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli.
- Erdoğan, C. (2018), “Nesnelerin internetinin kamu hizmetlerine inovatif etkileri ve

- büyük veri yönetimi”, Yüksek lisans tezi, *İstanbul Bilgi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Erken, E. (2018), “Nesnelerin interneti tabanlı bebek uyku takip sistemi tasarımı ve gerçekleşmesi”, Yüksek lisans tezi, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli.
- Fernández-Caramés T.M., Fraga-Lamas P., Suárez-Albela M., Castedo L., (2017), “Reverse engineering and security evaluation of commercial tags for RFID-based IoT applications”, *Sensors*, 28.
- Ferrari P., Flammini A., Rinaldi S., Sisinni E., Maffei D., Malara M., (2018), “The impact of service quality on cloud-based industrial IoT applications with OPC UA”, *Electronics*, 7, 109.
- Fielding R.T., Taylor R.N. (2000), “Architectural styles and the design of network-based software architectures”, Doktora tezi, *University of California*, Irvine.
- Firk R., Stamer E., Junge W., Krieter J., (2003), “Improving oestrus detection by combination of activity measurements with information about previous oestrus cases”, *Livest Prod Sci*, 82 (1): 97-103, 2003.
- Germani L., Mecarelli V., Baruffa G., Rugini L., Frescura F., (2019), “IoT Architecture for Continuous Livestock Monitoring Using LoRa LPWAN”, *Electronics*, 8, 1435.
- Ghoorun M.M., (2018), “Internet of things based hybrid home automaion system control via android app”, Yüksek lisans tezi, *Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gaziantep.
- Gökalp G., (2016), Apache Kafka’ya Giriş [online], <https://www.gokhan-gokalp.com/apache-kafka-nedir/> [Ziyaret Tarihi: 2 Nisan 2019].
- Gökrem L., Bozuklu M., (2016), Nesnelerin interneti: yapılan çalışmalar ve ülkemizdeki mevcut durum, *Gaziosmanpaşa Journal of Scientific Research*, 13, 47–68.
- Göncü S., (2011), İneklerde kızgınlığın belirlenmesi, çiftleştirme veya tohumlama zamanı. [online], <http://www.muratgorgulu.com.tr/altekras.asp?id=19> [Ziyaret Tarihi: 2 Mart 2019].
- Göncü S., Bozkurt S., (2019), “Kârlı Besicilik için Sığır Davranış Özelliklerinin Sürü Yönetiminde Kullanımı”, *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 34 (2) , 171-180.
- Gülaçar H., (2018), “Nesnelerin interneti platformları için makine öğrenmesi tabanlı bir tahmin modülü”, Yüksek lisans tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Güleren M.C., (2017), “Nesnelerin interneti konseptinin benimsenmesini etkileyen

- faktörler: model önerisi ve testi”, Yüksek lisans tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Gültunca C., (2018), “Nesnelerin internetinde uygulama katmanı üzerindeki haberleşme protokollerinin incelenmesi ve deneysel karşılaştırılması”, Yüksek lisans tezi, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- H. Ar, M.A. Şahinli, (2022), “Süt sığırcılığı işletmelerinde yapay sinir ağlarının kullanılabilirliği üzerine bir inceleme”, Tarsus Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi, vol. 2, no. 1, pp. 1-11.
- Haller S., (2010), The things in the internet of things, *Proceedings of Internet of Things Conference 2010*, Tokyo,1–3.
- Ikhsan M.G., Saputro M.Y.A., Arji D.A., Harwahu R., (2018), “Sari is RF Mobile LoRa Gateway for Intelligent Livestock Monitoring System”, IEEE International Conference on Internet of Things and Intelligence System (IOTAIS) Proceedings, Bali, Indonesia, 1–3 November. 46–51.
- ITU, (2000), Principles for a telecommunications management network, telecommunication standardization sector of ITU. [online], <https://www.itu.int/itu-t/recommendations/rec.aspx?rec=4869> [Ziyaret Tarihi: 11 Şubat 2019].
- İşcan A., (2013), MySQL nedir? [online], <https://www.ahmetiscan.web.tr/mysql-nedir-nerelerde-kullanilir-ozellikleri-nelerdir/> [Ziyaret Tarihi: 4 Nisan 2019].
- Jamil H, (2018), “Real time stream processing for internet of things”, Yüksek lisans tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya.
- K.H. Kwong, T.T. Wu, H.G. Goh, K. Sasloglou, B. Stephen, I. Glover, C. Shen, W. Du, C. Michie, I. Andonovic., (2011), “Implementation of herd management systems with wireless sensor networks”, IET Wireless Sensor Systems, DOI: 10.1049/iet-wss.2010.0057.
- Kantekin U., (2018), “Nesnelerin internetinde coap protokolü ile kablosuz algılayıcı ağların güvenliğinin sağlanması”, Yüksek lisans tezi, *Maltepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Karakuş K., Çelikyürek H., Taş A., Aygün T., Bayraktar M., Tarıq M.M., (2019), “Herd Management and Manager in Turkey Livestock”, Manas Journal of Agriculture Veterinary and Life Sciences, 9 (2) , 99-103.
- Kaya E., Örs A., (2015), “Süt Çiftliklerinde Hassas Tarım Teknolojileri”, Tarım ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu Konya İl Koordinatörlüğü, Konya.
- Kayapınar S., (2017), “Nesnelerin interneti ile kapalı döngü tedarik zincirinde müşteri davranışlarının etkisi”, Doktora tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.

- Kesayak B., (2018), Endüstri tarihine kısa bir yolculuk [online], <https://www.endustri40.com/endustri-tarihine-kisa-bir-yolculuk/> [Ziyaret Tarihi: 13 Şubat 2019].
- Khalil E.A., Özdemir S., (2018), Nesnelerin internetine genel bir bakış: kavram, özellikler, zorluklar ve fırsatlar, *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 24 (2), 311–326.
- Kuşçu M., (2018), “Nanoscale and bio-inspired communication techniques for the internet of bio-nano things”, Doktora tezi, *Koç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Kutup N., (2011), Nesnelerin interneti; 4h her yerden , herkesle , her zaman , her nesne ile bağlantı, *16. Türkiye’de İnternet Konferansı inet-tr’11*, İzmir.
- M. Şahinli, (2014), "Koyunculuk sürü yönetimi: karaman ili örneği", *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, vol. 29, no. 2, pp. 113-120. doi:10.7161/anajas.2014.29.2.113-120.
- Maatje K, de Mol RM, Rossing W., (1997), “Cows status monitoring (health and oestrus) using detection sensors”, *Comput Electron Agric*, 16 (3): 245-254.
- Memmedova N., Keskin İ., (2011), “Oestrus Detection by Fuzzy Logic Model using Trait Activity in Cows”, *Kafkas Univ Vet Fak Derg* 17 (6): 1003-1008, 2011 DOI:10.9775/kvfd.2011.4960
- Mezgebe G., Gizaw S., Urge M. Growth, (2018), “Reproductive, and productive performance of Begait cattle under different herd management systems in northern Ethiopia”, *Trop Anim Health Prod*, 50, 1313–1318.
- Nóbrega L., Gonçalves P., Pedreiras P., Pereira J., (2019), “An IoT-Based Solution for Intelligent Farming”, *Sensors*, 19, 603. <https://doi.org/10.3390/s19030603>.
- OECD/FAO, (2021), *OECD-FAO Agricultural Outlook 2021-2030*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/19428846-en>. [Ziyaret Tarihi: 1 Haziran 2022].
- OneM2M, (2013), Onem2m Technical Report, *OneM2M-TR-0002-Architecture_Analysis_Part_1-V-0.2.0*.
- Oral S., (2013), C# .Net programlama dili nedir? [online], <http://www.mshowto.org/c-net-programlama-dili-nedir.html> [Ziyaret Tarihi: 3 Nisan 2019].
- Othman N. A. (2018), “The detection and recognition of faces in the internet of things for security applications”, Yüksek lisans tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ.
- Oyucu S., Polat H., (2017), M2M ve IoT platformları üzerinde prototip uygulama geliştirme, *Türkiye Bilişim Vakfı Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Dergisi*, 9 (2), 11–20.

- Özbeyaz C., Özbostancı S., (2020), “İneklerde Beden Dili ve Sürü Yönetimi”, *Bahri Dağdaş Hayvancılık Araştırma Dergisi*, 9 (2), 148-161.
- Özel O.T., Sarıçiçek B.Z., (2009), “Ruminantlarda rumen mikroorganizmalarının varlığı ve önemi”, *TÜBAV Bilim Dergisi*, 2 (3), 277–285.
- Özgüven M.M., Tan M., (2017), “Radyo Frekanslı (RF) Pedometre Tasarımı”, *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi (JAFAG)*, 34(3) , 56-63. DOI: 10.13002/jafag4258.
- Özmen H. A., (2018), “Design and implementaion of and IoT-based home automation system utilizing fog and cloud computing paradigms”, Yüksek lisans tezi, *Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Öztürk E., (2018), “Nesnelerin interneti için genel amaçlı yeni bir mimari modelin önerilmesi”, Yüksek lisans tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon.
- Patil A., Beldar M., Naik A., (2016), “Smart farming using Deshpande, S.Arduino and data mining”, *Proceedings of the 3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)*, New Delhi, India, 16–18 March. 1913–1917.
- Pazvant E., (2017), “Nesnelerin interneti teknolojisine sahip ürünlerin kullanım niyetinin teknoloji kabul modeli kapsamında değerlendirilmesi”, Yüksek lisans tezi, *Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Düzce.
- Pehlivanoğlu E.B., (2018), “Energy and spectrum-efficient communication techniques for next-generation internet of things”, Doktora tezi, *Koç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Schofield S.A., Phillips C.J.C., Owens A.R., (1991), “Variation in milk production, activity rate and electrical impedance of cervical mucus over the oestrus period of dairy cows”, *Anim Reprod Sci*, 24 (3-4): 231-248.
- Sedefçi K. (2018), “Endüstri 4.0 bakış açısıyla nesnelerin interneti ve müşteri deneyimi açısından incelenmesi”, Yüksek lisans tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Sevinç H., (2015), “Esp8266 ve arduino ile nesnelerin interneti”, R. Dalıcı, *Dikeyksen*, İstanbul.
- Songtao G., Min Q., Xiaorui L., Pengfei X., Gang H., Xiaoyan Y., Luo X., Xuelin J., Jianbin S., Xiaojiang C., Dingyi F., Baoguo L., (2015), “The application of the internet of things to animal ecology”, *Integrative Zoology*, 10, 572–578.
- Soupal V., (2016), “7+1 things, that made IoT possible”, [online], <https://www.linkedin.com/pulse/71-things-made-IoT-possible-vit-soupal> [Ziyaret Tarihi: 2 Mart 2019].

- Taşkın T., Koşum N., Engindeniz S., Savran A., Aktürk D., Kesenkaş H., Uzmay A., Gökmen M., 2017, “İzmir, Çanakkale ve Balıkesir İlleri Keçi İşletmelerinde Sürü Yönetim Uygulamaları Üzerine Bir Araştırma”, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 54 (3), 341-349. DOI: 10.20289/zfdergi.388089
- Tatar Y.E., Esenbuğa N., (2022), “İzmir İli Ödemiş İlçesi Sığırcılık İşletmelerinin Sürü Yönetim Tekniklerinin İncelenmesi”, Palandöken Journal of Animal Sciences Technology and Economics, 1 (1) , 16-23.
- Toğrul B., (2015), “Nesnelerin İnterneti ile Kapalı Döngü Tedarik Zinciri Optimizasyonu: Yeni bir Model Önerisi”, Yüksek lisans tezi, *Selçuk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Tömek B., (2007), “An evaluation on modern technology applications used in dairy cattle herd management”. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bornova-İzmir.
- Turgut Z., (2018), “Nesnelerin interneti için hareketlilik yönetimi”, Doktora tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Tusha A., (2018), “Ofdm with index modulation for narrowband IoT and mmTc”, Yüksek lisans tezi, *İstanbul Medipol Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- TÜİK, (2021), Kırmızı et üretim istatistikleri, Haber bülteni sayı: 30703, IV. Çeyrek: Ekim - Aralık 2021.
- TÜİK, (2021), Süt ve süt ürünleri üretimi, Haber bülteni sayı: 30714, Aralık 2021.
- Tümer E.D., (2018), “Nesnelerin interneti ortamındaki veriler kullanılarak makine öğrenmesi algoritmaları ile tahminleme ve gerçek zamanlı veriler üzerinde karmaşık olay işleme”, Yüksek lisans tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir.
- Tzounis A., Katsoulas N., Bartzanas T., Kittas C., (2017), “Internet of Things in Agriculture, recent developments and future challenges”, Biosyst. Eng, 164, 31–48.
- Ulaş S., (2015), “Nesnelerin interneti ekosisteminde makinler arası özerk iletişim”, Yüksek lisans tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Valerga A.P., Batista M., Salguero J., Girot F., Influence of PLA Filament Conditions on Characteristics of FDM Parts. Materials 2018, 11, 1322.
- Williams M.L., Parthaláin N. M., Brewer P., James W.P.J., Rose M.T., (2016), “A novel behavioral model of the pasture-based dairy cow from GPS data using data mining and MACHine learning techniques”, *Journal of Dairy Science*, 99 (3).
- Yang Z., Peng Y., Yue Y., Wang X., Yang Y., (2011), “Study and application on the architecture and key Technologies for IoT”, *IEEE*, 978-1-6128, 747–751.

- Yaşı A.C., (2018), “Nesnelerin interneti için bir veri gösterim modeli geliştirilmesi ve bulut platformunda saklanması”, Yüksek lisans tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir.
- Yavuz F.Y., (2018), “Deep learning in cyber security for internet of things”, Doktora tezi, *İstanbul Şehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Yetimler E., (2015), Internet of things (nesnelerin interneti) nedir? Cihazların etkileşim trendleri [online], <https://www.karel.com.tr/blog/internet-things-nesnelerin-interneti-nedir-cihazlarin-etkilesim-trendleri> [Ziyaret Tarihi: 2 Ocak 2019].
- Yıldız A.K., (2016), “Determination of estrus in cattle with neural networks using mobility and environmental data”, Doktora tezi, *Gaziosmanpaşa University Institute of Science Department of Biosystems Engineering*, Tokat.
- Yılmaz E., (2017), “Internet of things based battery management systems applications”, Yüksek lisans tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Yiğitbaşı Z.H., (2011), “Nesnelerin interneti ve makineden makineye kavramları için kilit öncül - IPv6”, *Ulusal IPv6 Konferansı*, 171, 103–108.
- Zervopoulos A., Tsipis A., Alvanou A.G., Bezas K., Papamichail A., Vergis S., Styliou A., Tsoumanis G., Komianos V., Koufoudakis G., (2020), “Wireless Sensor Network Synchronization for Precision Agriculture Applications”. *Agriculture*. 10, 89.
- Zhang L., Kim J., Lee Y., (2018), “Platform Development of Real-Time Momentum Data Collection System for Livestock in Large Grazing Areas”, *Electronics*, 7, 71.
- Zhang L., Lu J., Nogami H., Okada H. ve Itoh T., (2016), “Developing a Solid-State pH Sensor for Wagyu-Rumen Monitoring”, *Sensors and Materials*, 28 (12), 1273-1281.
- Zhang L., Lu J., Nogami H., Okada H., Itoh T. ve Arai S., (2018), “Solid-state pH sensor prototype for real-time monitoring of the rumen pH value of Japanese cows”, *Microsystem Technologies-Micro-and Nanosystems-Information Storage and Processing Systems*, 24 (1), 457-463.
- Zhang L., Lu J., Okada H. ve Nogami H., (2016), “Low-power and High-sensitive pH sensor for Monitoring of Cow-rumen in Real Time”, *Ieee Sensors*.
- Zhang L., Lu J., Okada H., Nogami H. ve Itoh T., (2016), “Development of ITO-and FET-Based Cow Rumen Sensor for Long-Term pH Value Monitoring”, *Symposium on Design, Test, Integration and Packaging of Mems/Moems (Dtip)*.
- Zhang L., Lu J., Okada H., Nogami H., Itoh T. ve Arai S., (2017), “Low-Power Highly Sensitive pH Sensor With mu dots Protective Structures for Monitoring Rumen in Cows in Real-Time”, *Ieee Sensors Journal*, 17 (22), 7281-7289.