



**T.C.
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

ÇİFTLİK HAYVANLARININ AKILLI TASMA İLE GÜVENLİ TAKİBİ

Seyit HASOĞLU

BURDUR, 2022

**T.C.
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

ÇİFTLİK HAYVANLARININ AKILLI TASMA İLE GÜVENLİ TAKİBİ

Seyit HASOĞLU

Danışman: Doç. Dr. Ali Hakan IŞIK

BURDUR, 2022

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Çiftlik Hayvanlarının Akıllı Tasma ile Güvenli Takibi” başlıklı bu tezin;

- Kendi çalışmam olduğunu,
- Sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi,
- Bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi,
- Kullandığım verilerde değişiklik yapmadığımı,
- Tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını,
- Bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı,
- Bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı,

bildirir, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

Seyit HASOĞLU

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Doç. Dr. Ali Hakan IŞIK teşekkürlerimi sunarım.

0745-YL-21 No`lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederim.

Hayatımın her noktasında her süreç ve durumda, bütün zorluklar ve sıkıntılarda benim yanımda duran, bana sabreden içindeki gerçek ve karşılıksız sevgisi ile desteğini benden hiçbir zaman esirgemeyen hayatımın tek dayanak noktası değerli eşim Aynur Hasoğlu'na teşekkürü borç biliyorum

Hayatımın bugünlere gelmesini sağlayan, hiçbir zaman emeğini ve duasını benden esirgemeyen Annem Şerife Hasoğlu'na teşekkürü bir borç biliyorum.

Eğitim hayatımın her aşamasında beni her anlamda destekleyen aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Mart, 2022

Seyit HASOĞLU

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL DİZİNİ.....	iii
ÇİZELGE DİZİNİ	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	v
ÖZET.....	vi
SUMMARY	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	6
2.1. Hayvancılıkta Ülkemizin Durumu	6
2.2. Kızgınlık Tespiti.....	7
2.3. Pedometre	8
2.4. Tasma ve Mide Aparatı	8
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	10
3.1. Materyal.....	10
3.2. Aletler ve Cihazlar.....	10
3.2.1. MPU6050 İvmeölçer Sensörü	10
3.2.2. GY – 63 Basınç Sensörü.....	11
3.2.3. SX1278 LoRa – Ra01 Haberleşme Sensörü.....	11
3.2.4. ISFET Ph Sensörü	12
3.2.5. Atmega328 Mikrodenetleyicisi	13
3.2.6. Naive Bayes Sınıflandırıcısı	14
3.2.7. Destek Vektör Sınıflandırıcısı	14
3.2.8. Xgboost Sınıflandırıcısı	15
3.2.9. Adaboost Sınıflandırıcısı	15
3.3. Yöntem	15
3.3.1. Pedometre Aparatı	15
3.3.2. Tasma Aparatı.....	19
3.3.3. Mide Aparatı.....	20
3.3.4. Web Arayüzü	21
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	22
4.1. Kızgınlık Sınıflandırması	22
4.2. Web Arayüzü.....	27
5. SONUÇ.....	31
KAYNAKLAR.....	33
EKLER.....	37

ŞEKİL DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Türkiye'de bulunan büyükbaş ve küçükbaş hayvan sayısı.....	2
Şekil 3.1. MPU6050 sensörünün yapısı	10
Şekil 3.2. GY - 63 sensörü	11
Şekil 3.3. LoRa SX1278 Ra-01 haberleşme modülü.....	12
Şekil 3.4. ISFET pH sensörünün blok diyagramı.....	13
Şekil 3.5. Atmega328 iç blok diyagramı	14
Şekil 3.6. Pedometre aparatının yapısı	16
Şekil 3.7. Pedometrenin ön ve arka elektronik kart tasarımı	17
Şekil 3.8. Pedometre aparatının devresi	17
Şekil 3.9. Pedometre aparatının kutusu	18
Şekil 3.10. Pedometre aparatının prototipi	18
Şekil 3.11. Tasma aparatının elektronik tasarımı	19
Şekil 3.12. Tasma aparatının kutusu	20
Şekil 3.13. Sitenin web arayüzü	21
Şekil 3.14. Ana sayfa.....	21
Şekil 4.1. Adaboost sınıflandırıcısının performansı grafiği	23
Şekil 4.2. Xgboost sınıflandırıcısının performansı grafiği	24
Şekil 4.3. Destek vektör sınıflandırıcısının performansı grafiği	25
Şekil 4.4. Naïve Bayes sınıflandırıcısının performansı grafiği	26
Şekil 4.5. Makine öğrenmesi modellerinin performansı grafiği	27
Şekil 4.6. Ana ekran - 1	28
Şekil 4.7. Ana ekran - 2.....	28
Şekil 4.8. Sensör bilgisi ekranı	29
Şekil 4.9. Mobil uygulama giriş ekranı	29
Şekil 4.10. Hayvan bilgi sayfası	30
Şekil 4.11. Hayvanın aldığı sensör değerleri.....	30
EK 1 - Şekil 3.7. a) Pedometrenin 3B modellemesi (önyüz) b) Pedometrenin 3B modellemesi (arka yüz)	37
EK 2 - Şekil 3.9. a) Pedometre aparatı kutusunun kapalı hali b) Pedometre aparatının yandan görünümü	38
EK 3 - Şekil 3.14. Tüm sistemin veritabanı.....	39
EK 4 - Şekil 4.10. Hayvan bilgi sayfası.....	40
EK 5 - Şekil 4.11. Sensör bilgi sayfası - 1	40
EK 6 - Şekil 4.11. Sensör bilgi sayfası - 2	41

ÇİZELGE DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 2.1. Türkiye nüfus projeksiyonuna göre sütün tahmini ihtiyaç arz miktarı.....	6
Tablo 2.2. Ülkelerin süt ihracatı (Bin Ton).....	7
Tablo 4.1. Adaboost sınıflandırıcısının hiperparametreler ile performans sonuçları	23
Tablo 4.2. Xgboost sınıflandırıcısının hiperparametreler ile performans sonuçları	24
Tablo 4.3. Destek vektör sınıflandırıcısının hiperparametreler ile performans sonuçları ..	25
Tablo 4.4. Naive Bayes sınıflandırıcısının hiperparametreler ile performans sonuçları	26



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

BPNN	: Geri Yayılımlı Sinir Ağı
CART	: Regresyon Ağacı
DT	: Karar Ağaçları
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda Tarım Örgütü
KNN	: K-en Yakın Komşu
LDA	: Doğrusal Diskriminant Analizi
MFCC	: Mel Frekans Cepstrum Katsayısı
MOS	: Yarı İletken Metal Oksit
PCA	: Temel Bileşen Analizi
RF	: Radyo Frekansı
SVDD	: Destek Vektör Veri Açıklaması
SVM	: Destek Vektör Makineleri
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
YSA	: Yapay Sinir Ağı

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Çiftlik Hayvanlarının Akıllı Tasma ile Güvenli Takibi

Seyit Hasoğlu

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ali Hakan Işık

Mart, 2022

Günümüz çiftliklerinde, hayvanların süt verimi çiftlik için önemli bir parametredir. Hayvan hastalıklarında süt verimi düşebilir hatta hayvanın ölümüyle sonlanabilir. Hayvanda hastalığı ilk evresinde tespit etmek son derece önemlidir. Bu nedenden dolayı çiftliklerde teknolojik olanakların kullanılması istenilmektedir. İnsan yordamıyla yapılan analiz ve takibi yerine, sensörler ile gözlem yapılması hedeflenmektedir. Bu tez çalışmasında tasma, pedometre ve mide aparatı için elektronik tasarım yapılmıştır. Yapılan tasarım doğrultusunda ürünler geliştirilip prototipler hazırlanmıştır. Tasmadaki sensörler aracılığıyla hayvanın yaptığı geviş sayısı ve su içme miktarı bulunmuştur. Pedometreden alınan yol, atılan adım sayısı, yatma süresi ve ayakta kalma süresine ulaşılmıştır. Mide aparatında ise mide sıcaklığı ve pH değeri elde edilmiştir. Tüm verilerin takibi için .NET Core ile geliştirilmiş web arayüzünde hayvanları analiz ve takibi yapılabilmektedir. Her hayvandan gelen sensör değerleri ile her hayvana özel kimliklendirme uygulayarak maksimum verim elde edilmeye çalışılmaktadır. Ayrıca pedometreden alınan veriler ile Xgboost, Adaboost, Destek Vektör Makinesi ve Naive Bayes Sınıflandırıcıları kullanılarak kızgınlık sınıflandırması yapılmıştır. Maksimum başarımlar %83.6 ile Xgboost Sınıflandırıcısından elde edilmiştir. Böylelikle besi çiftlikleri için süt verimini ve tohumlamayı maksimum verimde yapılması hedeflenmektedir. Elde edilecek olan veriler ile gelecek çalışmalara katkı sağlanacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: pedometre, akıllı tasma, mide aparatı, makine öğrenmesi

Hazırlanan bu Yüksek Lisans tezi Burdur Mehmet Akif Ersoy Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından 0745-YL-21 proje numarası ile desteklenmiştir.

SUMMARY

M. Sc. Thesis

Safe Tracking of Farm Animals With a Smart Leash

Seyit Hasoğlu

**Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Computer Engineering Department**

Supervisor: Assoc. Prof. Ali Hakan Işık

March, 2022

In today's farms, the milk yield of animals is an important parameter for the farm. In animal diseases, milk yield may decrease or even end with the death of the animal. It is extremely important to detect the disease in the animal at its initial stage. For this reason, it is desired to use technological opportunities in farms. It is aimed to observe with sensors instead of analysis and tracking done by the human procedure. In this thesis, an electronic design has been made for the collar, pedometer and stomach apparatus. In line with the design, products were developed and prototypes were prepared. Through the sensors on the collar, the number of ruminations made by the animal and the amount of water drinking was found. The distance taken from the pedometer, the number of steps taken, the lying time and the standing time were reached. Stomach temperature and pH values were obtained in the gastric apparatus. To monitor all data, animals can be analyzed and tracked in the web interface developed with .NET Core. Maximum efficiency is tried to be achieved by applying special identification to each animal with sensor values from each animal. In addition, estrus classification was made using the data obtained from the pedometer and using Xgboost, Adaboost, Support Vector Machine and Naive Bayes Classifiers. The maximum performance was obtained from the Xgboost Classifier with 83.6%. Thus, it is aimed to make milk yield and insemination at maximum efficiency for fattening farms. It is thought that the data to be obtained will contribute to future studies.

Keywords: pedometer, collar, stomach apparatus, machine learning

This Master's thesis was supported by Burdur Mehmet Akif Ersoy Scientific Research Projects Commission with project number 0745-YL-21.

1. GİRİŞ

İnsanlar, yiyecek ihtiyaçlarını temin edebilmek için tarımla binlerce yıldır iç içe olmuştur. Bu temel ihtiyaç, nesiller boyu insanların ana besin kaynağı olarak tarım ve hayvancılık yapmasından kaynaklanmaktadır. İnsanların besin arayışı tarımın bir alt dalı olan hayvancılıkta da kendini göstermiştir. Hayvancılık, insanoğlunun yeterli düzeyde sağlıklı olarak beslenebilmesini sağlamaktadır. Genel bir ifadeyle hayvancılık; hayvanların ürünlerini, beslenmesini ve yetiştirilmesini kapsamaktadır.

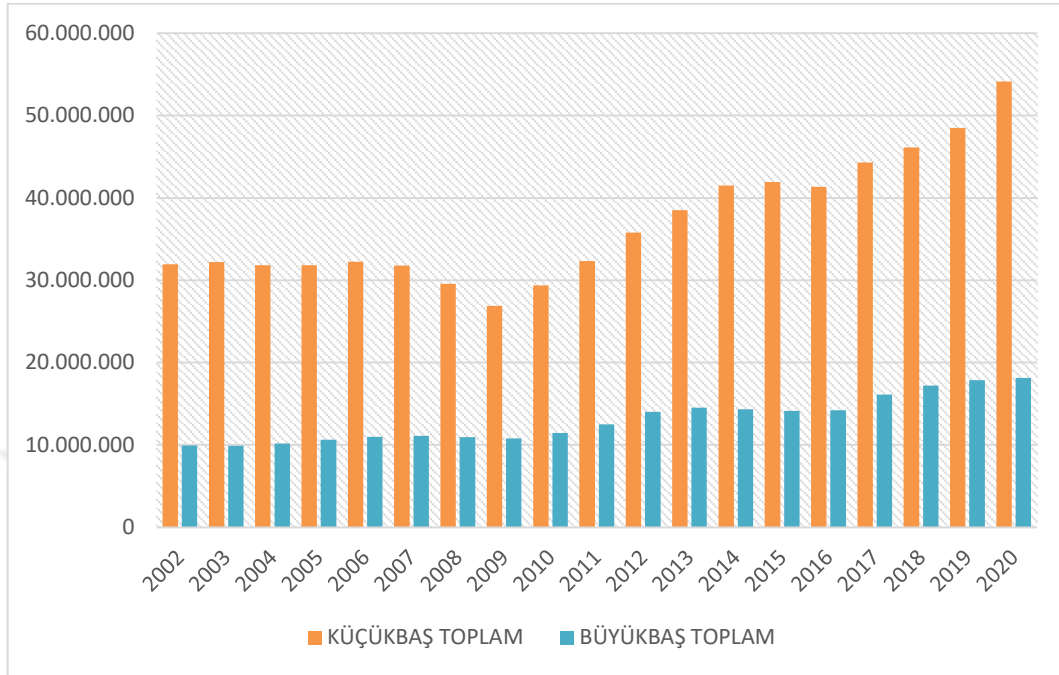
Hayvancılık sektörü günümüzde çok önemli bir konuma sahiptir. İnsanlar besin ve gıda ihtiyaçlarını temel olarak tarım ve hayvancılık sektöründen karşılamaktadır. Dünya'nın ve ülkemizin nüfusunun sürekli olarak artmasıyla beraber gıda ihtiyacı her geçen gün katlanarak devam etmektedir. Ülkemizde tarım ve hayvancılık sektörü, güçlü bir bitkisel ve hayvansal üretime sahiptir. Ancak izlenen bazı politikalar ile hayvancılığın istenilen boyutlara gelmesi mümkün olmamıştır (Vural ve Fidan, 2007). Tarım ve hayvancılıktan elde edilen ürünler sanayi ve hizmet gibi başka sektörlerde kullanılarak ekonominin kalkınmasına önemli bir katkı sağlamaktadır.

Yüksek nüfus artışı hızı ile birlikte temel gıda ihtiyaçları her geçen gün katlanarak artmaktadır. Bu artan eğilimin yanında gıdaya erişim imkanları, kuraklık, kıtlık, iklim değişikliği, siyasi iktidarsızlıklar, fiyatlandırma politikaları, arz ve talep dengesindeki tutarsızlıklar gibi nedenlerden dolayı gıda krizinin olması öngörülebilmektedir (Cengiz ve İlhan, 2008). Gıda krizi insanları direkt olarak etkilemek ile beraber üretim arzını, petrol fiyatlarını, sanayi ve lojistik gibi sektörleri üzerinde dolaylı etkileri bulunmaktadır. Bu krizden etkilenebilecek ülkelerin ekonomisine derin bir darbe vuracağı tahmin edilebilmektedir.

Ülkemizde hayvancılık sektörü, güçlü bir potansiyele sahiptir ve Dünya'da da önemli bir konumda bulunmaktadır (URL-1, 2006). Ancak hayvansal gıda tüketimi kişi başına yeterli düzeyde değildir. Ülkemizdeki hayvanlardan yeterli verim alınmamaktadır. Nüfus artışı sürekli olarak ülkemizde artmaktadır. Ancak büyükbaş hayvan sayısı aynı hız ile artış göstermemektedir.

Dünya'da hayvancılık sektörü ülke bazında gelişme durumuna göre değişiklik göstermektedir. 2016 yılında Birleşmiş Milletler Gıda Tarım Örgütü (FAO) verilerine dayanarak toplam büyükbaş hayvan varlığı 1.674.168.000 adettir (Tapkı vd., 2018). Dünya

da 800'den fazla et ve süt üretebilen sığır ırkı bulunmaktadır. Ancak hayvanlardan üretilen et ve süt üretimi sadece sınırlı sayılardaki ırklardan elde edilmektedir (URL-2, 2017).



Şekil 1.1. Türkiye'de bulunan büyükbaş ve küçükbaş hayvan sayısı

Ülkemizde küçükbaş ve büyükbaş hayvan sayısı Şekil 1.1'de görüldüğü gibi yukarı yönlü bir artış göstermektedir. Ancak çıkan ürünün verimsizliği, yem ve petrol fiyatlarının artışı üreticiyi olumsuz yönde etkilemektedir. Arz ve talep düzensizliğinden dolayı et ve süt üretimi tüketiciye son ürün olarak sunulurken yüksek fiyatlandırma yapılabilmektedir. Bu nedenden dolayı üretici kendi hayvanlarından maksimum verim almak istemektedir (Semerci ve Çelik, 2016). Böylelikle elinde bulunan hayvanların masraflarını belli bir oranda sabit tutup gelirini artırmak hedeflenmektedir. Bu bağlamda teknolojinin sunduğu olanakları kullanarak multidisipliner bir anlayışla çözüm üretilmesi düşünülebilir.

Yapay zeka, otonom sistemler, akıllı sensörler ve robotik gibi alanların günümüzde gelişmesiyle verimlilik ve optimizasyon kavramları ön plana çıkmaktadır. Sistemde en az maliyetle maksimum kar edinilmesi amaçlanmaktadır. Düşük enerji tüketimi ve hassas ölçümler ile hayvanın durum analizi yapılarak refah seviyesi yükseltilmelidir. Kızgınlık dönemlerinin tespiti, hastalık tespiti, ayakta kalma süresi, attığı adım sayısı, günlük olarak yediği besin ve içilen su miktarının analizi gibi değerler, hayvanın durumu hakkında net bir tablo ortaya koymaktadır. Literatürde bu konu ile yapılan incelemede çalışmamızın konusu olan tasma, pedometre ve mide aparatıyla ilgili çalışmalar araştırılmıştır. Bu kapsamda;

Mitchell (1996) tarafından yapılan çalışmada C4.5 ve FOIL makine öğrenimi algoritmalarını kullanarak süt hacmi ve sağım sırası zaman verilerini normalize edilerek sınıflandırma işlemi yapılmıştır. En iyi performansında %74 civarında yanlış pozitif oranı ile %69 doğruluk ile hayvanların kızgınlık durumunu tespit etmiştir. Çalışmaya daha fazla değişken katılarak sonuçların iyileştirilmesini yazarlar önermektedir.

Rumble ve arkadaşları (2001) tarafından yapılan çalışmada geyik davranışlarını inceleyebilmek ve habitatları hakkında bilgi edinebilmek için bir GPS tasma önerilmiştir. Çalışmanın amacı VHF telemetresi ve GPS verilerini karşılaştırarak geyiğin davranışını tespit edebilmek ve biyolojisi hakkında bilgi elde etmektir.

Erdem (2007) tarafından yapılan çalışmada büyükbaş hayvanların kimliklendirilmesi için vücutlarına 128 bitlik bir RFID taşıyıcı enjekte edilmiştir. Çalışmada ISO 11875 ve ISO 11874 standartlarından yararlanılmıştır. Web tabanlı çalışan veritabanının Delphi ile geliştirilen arayüz ile bağlantısı sağlanarak numaraların eşleştirilmesi yapılmıştır.

Handcock ve arkadaşları (2009) tarafından yapılan çalışmada hayvan davranışlarını izleyebilmek ve çevresel etkilerini görebilmek için bir tasma tasarlanmıştır. Tasmada GPS bağlantısı bulunmaktadır. Çalışmanın amacı uydu görüntüleri ile tasmadan alınan konum bilgilerini kablosuz sensör ağları (WSN) ile birleştirilmesidir. Böylelikle uydu görüntülerine bakılarak hayvanın davranışları, izlediği rota ve vakit geçirdiği yerleri izlenebilmesi öngörülmektedir.

Mikail ve Keskin (2011) tarafından yapılan çalışmada hayvanın hareket özelliği, hareketlilik durumu ve son kızgınlığından geçen süre verileri, bir bulanık mantık modeline girdi olarak verilmiştir. Çalışma 117 baş siyah alaca ırkı inek tarafından eğitilip test edilmiştir. Çalıştırma içerisinde geliştirmiş oldukları Bulanık mantık sistemi %98 oranında kızgınlık tespitini başarıyla yapmaktadır.

Chung ve arkadaşları (2013) tarafından yapılan çalışmada Kore yerli ineklerinin (*Bos taurus coreanea*) verileriyle kızgınlığı otomatik tespit eden bir sistem önerilmiştir. Çalışmalarında ses verilerini kullanarak ekonomik bir çözüm öngörülmüştür. Östrus sesinin tespitinde destek vektör makinelerine (SVM) dahil olarak destek vektör veri tanımı (SVDD) kullanılmıştır. Özellik boyutu küçültme ile mel frekans cepstrum katsayısı (MFCC) ve SVDD beraber kullanılarak >%94 doğruluk oranı elde edilmiştir.

Tan (2016) tarafından yapılan çalışmada atılan adımları ölçerek pedometre ile kızgınlık tespiti ve topallık teşhisi yapmıştır. Çalışmasında 3 eksenli dijital bir ivmeölçer kullanmıştır. Elde edilen verilerin bilgisayara aktarmasında Radyo Frekansı (RF) yöntemi uygulanmıştır. Mikrodenetleyici olarak PIC16F877A tercih edilmiştir. İvmeölçerden gelen

verileri C programlama dilinde yazılmış olan bir yazılım ile statik ve dinamik eşik değer yöntemleri kullanılmıştır. Statik eşdeğerde %3 ve dinamik eşdeğerde %8 en az hata oranı elde edilmiştir.

Yıldız (2016) tarafından yapılan çalışmada 4 ay boyunca 78 sığırın davranışlarını incelenerek pedometre ile 186 kızgınlık durumu tespit edilmiştir. Kızgınlık durumu tespitinde YSA'ya girdi verileri olarak sıcaklık, nem ve kızgınlık döneminden sonra geçen gün sayısı değerleri girilmiştir. Tek katmanlı YSA'da en iyi sonucu 91 nöronlu model ile elde etmişlerdir. 0.9654 AUC değerine sahiptir. Çift katmanlı ağ 0.9733 ROC değerini alarak en başarılı sınıflandırıcı kabul edilmiştir.

Özcanhan (2016) tarafından yapılan çalışmada büyükbaş hayvanların boynuna takılacak olan MPU6050 6 eksenli ivmeölçer ve jiroskop sensörü yardımıyla boyun açısı tespit edilmesi amaçlanmıştır. Mikrodenetleyici olarak Arduino Nano kullanılmıştır. Boyun açısına göre hayvanın “yemleniyor” veya “yemlenmiyor” sınıflandırılması yapılmıştır. Sistem başarıyla çalışmaktadır. Önerilen çözümün hayvanlardaki aktivitelerin tespiti ve sınıflandırılması için uygun olmayacağı öngörülmüştür.

Williams ve arkadaşları (2016) tarafından yapılan çalışmada süt ineklerinin üretkenliği, davranışlarının anlaşılması ve refahının artırılması için bir sistem önerilmiştir. Bireysel olarak otlayan 40 süt ineğine 4 ay boyunca GPS verileri incelenmiştir. İncelenen ham veriler üzerinden 43 adet farklı öznetelik bulunmuştur. Otlama, yürüme ve dinlenme değerlendirilen davranışlar olarak alınmıştır. 10'lu çapraz doğrulama yapılarak en uygun sistemin kural tabanlı JRip algoritması olduğu önerilmiştir. 0.85 doğruluk oranıyla başarılı bir performans göstermiştir.

Özgüven ve Tarhan (2017) tarafından yapılan çalışmada pedometre ile kızgınlık tespiti yapılmıştır. Yapılan çalışmada dijital 3 eksenli ivmeölçer kullanılmıştır. Haberleşme yöntemi olarak RF yöntemi tercih edilmiştir. Elde edilen verileri kızgın olup olmadığını tespit edebilmek için 2 gizli katmandan oluşan bir sınıflandırma ağı önerilmiştir. Maksimum başarıyı sağlayan Yapay Sinir Ağı (YSA), ilk katmanda 40 ve ikinci katmanda 49 nöron bulunan modelden elde edilmiştir. YSA'nın duyarlılığı 0.1333 ve kesinliği 1.0 bulunmuştur.

Özgüven ve Tan (2017) tarafından yapılan çalışmada ineklerdeki kızgınlığın tespiti için pedometreden alınan adım sayısı, sıçrama gibi hareketlerin ana bilgisayara gönderilmesini sağlayan veri iletim yöntemleri incelenmiştir. Çalışmada RF, Zigbee, RFID ve Wi-Fi haberleşme yöntemlerine değinilmiştir.

Higaki ve arkadaşları (2019) tarafından yapılan çalışmada vajinal sıcaklık ve iletkenlik ölçümlerine bağlı olarak makine öğrenmesi yöntemleriyle kızgınlık tespiti

yapılmıştır. Giyilebilir kablosuz sensörler ile 17 dişi sığırın verileri sürekli olarak ölçülmüştür. YSA ile en yüksek 0.94 oranında duyarlılık ve kesinlik değeri elde edilmiştir. Çalışmada ayrıca karar ağaçları (DT) ve SVM kullanılmış ancak YSA kadar performans verememiştir.

Hamilton (2019) tarafından yapılan çalışmada kızgınlığın başlangıcını saptamak ve hayvanların davranış durumlarını saptayabilmek için boyuna monte edilebilen ruminasyon yakalarıyla, %86,1 doğrulukla ruminasyon dönemlerini belirlemek için bir SVM'e girdi olarak kullanılmıştır.

Sarica (2020) tarafından yapılan çalışmada sürü yönetim sistemi olan bir çiftlikte, Holstein Friesian ırkı sığırlardaki kızgınlık durumunu YSA kullanarak sınıflandırılması hedeflenmiştir. 2 saat periyotlar ile alınan geviş, hareket, süt verimi ve iletkenlik değişim oranları alınarak YSA modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan bu model %85 ile %93 arasında doğruluk vermektedir.

Wang ve arkadaşları (2020) tarafından yapılan çalışmada süt ineklerinde kızgınlık dönemini adım sayısı ve konumu yardımıyla tahmin edilmiştir. Veri setinde toplanan 12 davranış durumunu Temel Bileşen Analizi (PCA) ile analiz edilmiştir. Yatma süresi, yürüme süresi, içme süresi, beslenme süresi, aktivite geçiş süreleri, yer değiştirme, ortalama hız, ayakta durma, adım sayısı parametreleri alınmıştır. Davranış durum verilerini K-en yakın komşu (KNN), geri yayımlı sinir ağı (BPNN), regresyon ağacı (CART) ve doğrusal diskriminant analizi (LDA) algoritmalarında test edilmiştir. Farklı zaman aralığındaki değerler için KNN ve BPNN'nin duyarlılığı >%88 sonucu elde edilmiştir. CART'ın duyarlılığı ise %75.81'den %78.95'e ve LDA'nın duyarlılığı %73.33'ten %86.67'ye seviyesine kadar yükseldiği görülmektedir.

Literatürdeki araştırmalar incelendiğinde tasma, pedometre ve mide aparatı ile birçok örnek çalışma bulunmaktadır. Temel amaç günümüz teknolojisinin yardımıyla büyük, orta ve küçük ölçekli çiftliklerin sorunlarına en verimli çözümü sağlamaktır. Çalışmamızda süt verimi, doğurganlık verimi ve hayvan refahının yükselmesi amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Hayvancılıkta Ülkemizin Durumu

Ülkemizde, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine dayanarak 2020 yılının sonunda sığır sayısı 274.760 artarak 17.962.788 ve manda sayısı 8.297 artarak 192.489 baş ölçülmüştür. Toplamda 18.155.388 adet büyükbaş hayvan sayısı elde edilmiştir. Toplam küçükbaş hayvan sayısı ise 42.126.781 koyun ve 11.985.845 keçi olmak üzere 54.112.626'dır (URL-3, 2021). Ülkemizde kişi başı süt tüketimi sabit bir değer alındığında ihtiyaca yönelik ve ihtiyaç üstü miktarları Tablo 2.1'de görülmektedir. 2016 yılının sabit kişi başı süt tüketim miktarı 232 kilogram olarak verilmektedir. Bu sayıyı baz alarak tablodaki 2018 ile 2022 tarihlerindeki tüketim miktarı sayısı doldurulmuştur (URL-4, 2019). Ayrıca öngörülen süt ihtiyacı tahmini rakamlar olarak verilmektedir.

Tablo 2.1. Türkiye nüfus projeksiyonuna göre sütün tahmini ihtiyaç arz miktarı

	Nüfus Projeksiyonu	2016 yılı Kişi Başı Tüketim Miktarı (Kg)	Öngörülen Toplam Süt Üretim Miktarı (Ton)	Öngörülen Süt İhtiyacı (Ton)	Fark (Ton)
2016	79.814.871	232	18.485.994	18.485.994	0
2018	80.551.266	232	20.803.729	18.687.894	2.115.835
2019	81.321.569	232	21.541.158	18.866.604	2.674.554
2020	82.076.788	232	22.278.584	19.041.815	3.236.769
2021	82.816.250	232	23.016.013	19.213.370	3.802.643
2022	83.540.076	232	23.753.441	19.381.298	4.372.143

Tablo 2.1'de görüldüğü üzere öngörülen toplam süt üretimi ülkemizin kendi ihtiyacına karşılık yeterli bir düzeydedir. Ancak süt ürünlerinin ihracatı çok kısıtlı düzeydedir.

Tablo 2.2. Ülkelerin süt ihracatı (Bin Ton)

	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Almanya	2524	2883	2853	2894	2599	2474	2777	2751	2875
Fransa	968	1062	1189	1439	1053	1004	1023	1046	1035
Hollanda	586	783	899	1067	809	771	811	761	835
Çekya	31	358	589	651	720	698	764	852	828
Belçika	861	728	966	1007	992	1064	1002	993	784
İngiltere	278	599	568	661	552	538	636	673	644
Avusturya	755	579	716	755	821	798	758	736	640
Polonya	0	215	268	264	249	242	301	448	547
Belarus	10	200	261	284	387	364	383	376	363
Macaristan	65	111	334	381	393	392	385	403	324
Slovenya	53	105	254	254	274	272	272	304	318
Türkiye	0	5	6	17	19	18	19	15	18
Diğer	1513	2037	3198	3509	3652	3759	3862	3764	2949
Toplam	7644	9665	12101	13183	12520	12394	12993	13122	12431

Ülkemizin diğer dünya ülkelerine kıyasla çok düşük ihracat kalemi bulunmaktadır. Hayvancılıkta yüksek potansiyel bulunan ülkemiz için bu istenmeyen bir tablodur. Tablo 2.2’de 2000 ile 2016 yılları arasında süt ihracatı rakamları gösterilmektedir. Bu durum ülkemizdeki hayvan sayısının artırılmasının yanında verimli ürün elde edilmesini de gerektirmektedir. Çiftlik hayvanlarının refahını, sağlık sorunlarını, yedikleri yem miktarını, tükettikleri sıvı miktarını ve özellikle kızgınlık zamanlarını iyi tahmin edip analiz yapılması ürün verimliliğini son derece arttıran önemli değerlerdir.

2.2. Kızgınlık Tespiti

Hayvanların önde bulunan bacaklarını veya göğsünü kaldırıp diğer bir hayvanın vücuduna ya da kafasına koyması davranışı binme olarak tanımlanmaktadır (Rydhmer vd., 2006). Bu davranış en yaygın olan kızgınlık durumu göstergelerindendir (Demir ve Aydın, 2021). Hayvanlarda kızgınlıktan hemen önce davranışsal ve fizyolojik değişiklikler 4 ile 24 saat arasında değişmektedir (Tan, 2016).

Hayvanlardaki kızgınlık tespiti sürekli gözlem gerektiren bir süreçtir. Tespit edilmesi son derece önemlidir. Çiftliklerde süt veriminin artması ve popülasyonun çoğalması için

hayvanların sürekli analiz edilip kızgınlık durumlarının bilinmesi gerekmektedir. Yanlış zamanlarda belirlenen ve belirlenemeyen kızgınlık durumları çiftliklerin buzağı ve süt üretme potansiyellerini önemli ölçüde düşürmektedir.

Süt sığırı yetiştiriciliğinde, döl verimi giderek azalmaktadır. Sürünün döl verimini buzağılama aralığı, ortalama servis periyodu, doğumdan ilk tohumlama arası geçen süre, laktasyon süresi, ilk tohumlama gebeliğin oranı, kızgınlık belirleme oranı ve gebelik başına tohum sayısı başlıca etkileyen faktörlerdendir (Tan, 2016). Hayvanlardaki kızgınlığın doğru tahmini tüm döl verimi parametrelerini direkt olarak etkilemektedir. Kızgınlığın belirlenmesinde süt verimi, hastalıklar ve hava sıcaklığı gibi faktörler oldukça önemlidir (URL-9, 2011).

2.3. Pedometre

Kızgınlık durumu içinde olan hayvanlar normal zamanlarına göre daha fazla hareket halindedir. Hayvanın adımlarının ölçülebilmesi kızgınlık durumunu belirlemede yardımcı olmaktadır. Hayvanların adımlarını belirlemede pedometre cihazları kullanılmaktadır. Pedometre cihazlarındaki temel amaç hayvanın günlük adım sayısını hafızada tutmaktır. Günlük adım sayılarının ortalamasından yüksek bir değer alındığı zaman kızgınlık durumuna geçtiği varsayımı yapılabilir. Örnek olarak günlük ortalama 80 adım atan bir hayvanın bir dönemde 120 adım atması o hayvanın kızgınlık durumuna geçtiğinin göstergesi olabilmektedir.

Pedometre cihazlarının yapısında genellikle açışal ivmeölçer, mikrodenetleyici ve haberleşme sensörü bulunmaktadır. Açışal ivmeölçerden gelen veriler çeşitli filtrelerden geçirilip mikrodenetleyicide işlenmektedir. Düzenlenen veriler ise anlık veya belirli bir zaman aralığında haberleşme sensörü ile ana bilgisayara gönderilmektedir.

Pedometreler hayvanların ayaklarına takılmaktadır. Eğer cihaz hayvanın boynuna takılırsa respactor ismini almaktadır. Bu geliştirilen cihazlardaki temel amaç, hayvanların kızgınlık durumlarını belirlenmesidir. Böylelikle tohumlanmanın yapılması sağlanmaktadır (Ergül vd., 2021).

2.4. Tasma ve Mide Aparatı

Hayvanların su içme, adım atma ve çiğneme gibi durumlarının tespiti için tasma kullanılmaktadır. Hayvanlardaki hastalığı önceden tespiti için sıkça kullanılmaktadır (Ergül vd., 2021). İştahsızlık, yeterli beslenememe, çiğneme durumları ve su tüketimindeki yetersizlikler tasma ile bulunmaktadır. Ayrıca aparata ek bir çip takılarak hayvanların

kimliklendirilmesi de yapılmaktadır. Pedometre ve hayvana takılan sensörlerin haberleşmesini sağlanması ve sunucuya bu verilerin gönderilmesi genellikle tasmadaki haberleşme sensörlerinden olmaktadır. Tasma ile birlikte pedometre ve mide aparatı da kullanılabilir.

Mide aparatı, hayvanların midelerine yerleştirilen, sıcaklık ve pH değerlerini alabilen sensörlerden oluşmaktadır. Genellikle hastalık tespitinde kullanılmaktadır. Aparat hayvanı rahatsız etmeyecek büyüklükte seçilmelidir.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

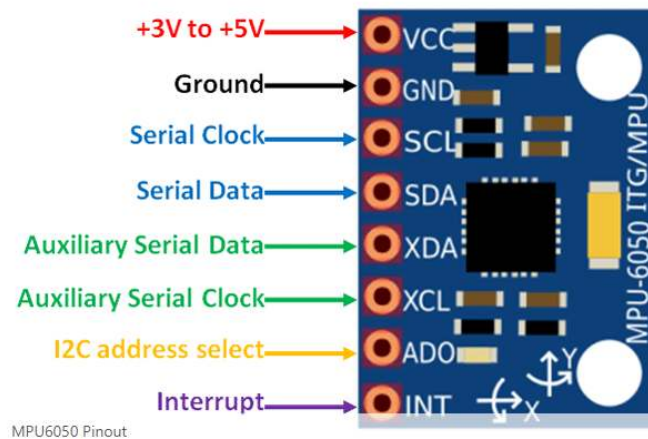
3.1. Materyal

Bu çalışmada pedometre ile aldığı mesafe, attığı adım sayısı, yatma süreleri ve ayakta kalma süresi elde edilmiştir. Mide aparatı ile mide sıcaklığı ve pH değeri bulunmuştur. Ayrıca tasma ile geviş sayısı ve su içme miktarı değerlerine ulaşılmıştır. Çalışmada MPU6050 6 eksenli ivmeölçer ve jiroskop sensörü, GY-63 basınç sensörü, Atmega328 mikrodenetleyici, SX1278 LoRa - Ra 01 haberleşme sensörü, ISFET pH sensörü kullanılmıştır. Pedometre ile kızgınlık, mide aparatı ile hastalık tespiti yapılmaktadır. Pedometredeki veriler ile kızgınlık tespiti yaparken makine öğrenmesi yöntemlerinden faydalanılmıştır.

3.2. Aletler ve Cihazlar

3.2.1. MPU6050 İvmeölçer Sensörü

Çalışmamızdaki tüm aparatlarda bulunmaktadır. MPU6050, 6 eksenli bir ivmeölçer ve jiroskop sensörüdür. Modülün üzerinde voltaj regülatörü bulunmaktadır (Al-Dahan vd., 2016). Böylelikle 3 ile 5 V arasında çalışabilir. Dahili olarak 16 bitlik analog-dijital dönüştürücüye sahiptir. I2C iletişim protokolü ile çalışmaktadır. 1024 baytlık FIFO arabelleği bulunmaktadır (Fedorov, 2015). Şekil 3.1’de MPU6050 sensörü ve pinlerinin anlamları gösterilmektedir (URL-5, 2021).

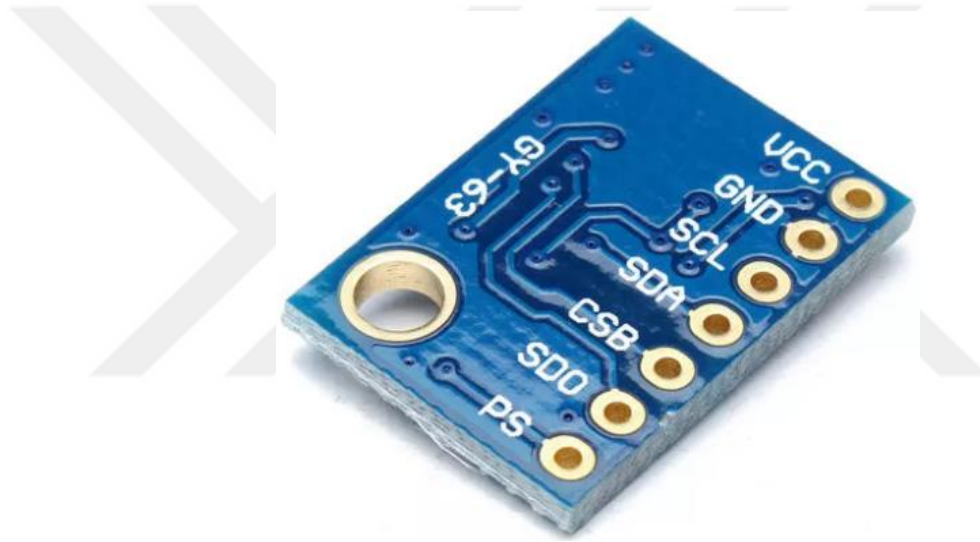


Şekil 3.1. MPU6050 sensörünün yapısı

MPU6050 sensörü çalışmamızda mide aparatı, tasma ve pedometre aparatında bulunmaktadır. Pedometrede adım sayısı, gidilen mesafe, yatma süresi, ayakta kalma süresi hesabında, tasmada geviş getirme, içilen su miktarını bulma hesabında ve mide aparatında ise aparatın mide içerisindeki konumunu tespit etmek ve sıcaklığı ölçmek için kullanılmaktadır.

3.2.2. GY – 63 Basınç Sensörü

SPI ve I2C protokollerinde haberleşmeyi desteklemektedir (URL-6, 2021). 24 bit analog-dijital dönüştürücüye sahiptir (Hurtado, 2021). Yaklaşık boyutları 5mm x 3mm arasındadır. Çalışma voltajı 3 ile 5V arasındadır.



Şekil 3.2. GY - 63 sensörü

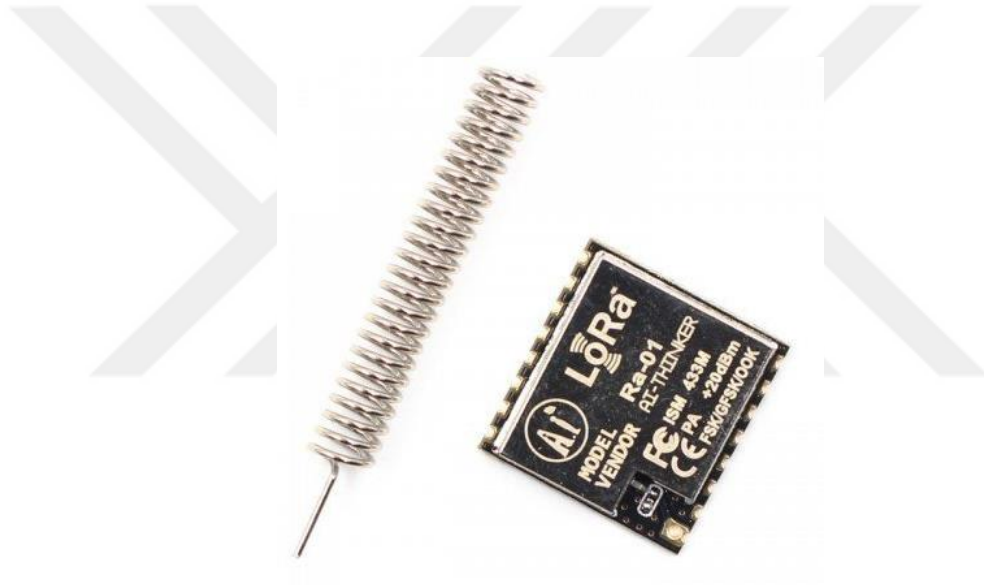
GY – 63 basınç sensörü tasma ve pedometre aparatlarında kullanılmaktadır. Şekil 3.2’de GY – 63 sensör kartının gösterimi mevcuttur.

3.2.3. SX1278 LoRa – Ra01 Haberleşme Sensörü

Literatürde düşük güçlü alan ağları olarak geçmektedir. En önemli özellikleri arasında minimum enerji tüketimiyle uzun menzillerde veri aktarımı yapabilmesidir. Alıcı ve verici arasındaki iletişimde AES şifreleme kullanılmaktadır (Daud vd., 2018). Böylelikle maksimum güvenlik sağlamaktadır. LoRa’nın kelime anlamı uzun menzilli radyodur. 433 MHz, 868MHz ve 915 MHz frekans bantlarında çalıştırılabilir. Bakım maliyeti çok azdır ve verimli çalışmaktadır. LoraWan protokolü ile haberleşme yapmaktadır. Şekil 3.3.’de LoRa

SX1278 RA – 01 modelinin gösterimi mevcuttur. Normal LoRa modülüne ek anten takılmasıyla sensörün menzili uzamaktadır. Ortalama 10 ile 15 kilometre menzili bulunmaktadır. -40 ile 80 derece arasında çalışmaktadır. 1.8 ile 3.6 V besleme gerilimine sahiptir. Veri aktarım hızı 300 kbps den küçüktür. Cihazın 20 dBm çıkış gücü bulunmaktadır ve – 136 dBm duyarlılığa sahiptir. FSK, GFSK, MSK ve LoRa frekans modülasyonlarına uygundur (URL-7, 2021). Performanslı ve verimli bir uzun menzilli haberleşme sensörüdür.

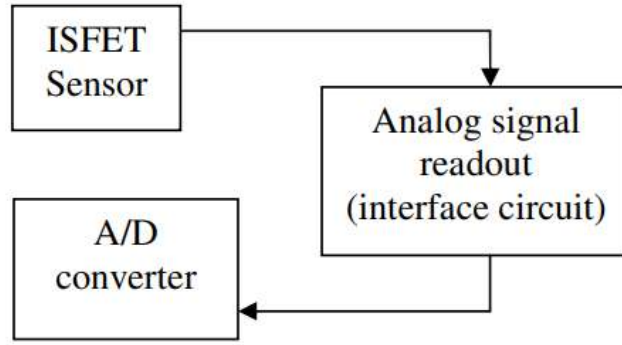
Çalışmamızda tasma, pedometre ve mide aparatında bu haberleşme sensörü kullanılmıştır. Öncelikle pedometre ve mide aparatından gelen veriler tasmada toplanmaktadır. Tasma ise ana bilgisayara verileri bu sensör ile göndermektedir. Şekil 3.3’de örnek bir LoRa modülü gösterilmektedir.



Şekil 3.3. LoRa SX1278 Ra-01 haberleşme modülü

3.2.4. ISFET Ph Sensörü

ISFET’ler metalik kapının bir kontrol elektrotu bulunmadığı bir yarı iletken metal oksit (MOS) transistör yapısı kullanmaktadır (Rani ve Sidek, 2004). ISFET ile MOSFET’in aralarındaki fiziksel fark, metal kapısının elektrolit, elektrot ve hassas yalıtkan ya da membranın seri kombinasyonunda değişiklik göstermesidir (Swaminathan vd., 2002). Bu durum yerine ISFET’deki kapı izolator tabakası ile doğrudan temas içindedir. P. Bergveld tarafından 1970 yılında ISFET yapısı tanıtılmıştır (Palan vd., 1999). ISFET temelinde alan etkili bir transistördür. Bu transistör yapısı iyonlara duyarlıdır. Genellikle çözeltilerde bulunan iyon konsantrasyonlarını ölçülmesinde kullanılmaktadır.



Şekil 3.4. ISFET pH sensörünün blok diyagramı

Çalışmamızda mide aparatında ISFET pH sensörü kullanılmaktadır. Midedeki pH değerini ölçerek LoRa SX1278 Ra-01 aracılığıyla tasmaya bilgileri göndermektedir. Şekil 3.4’de ISFET pH sensörünün blok diyagramı gösterilmektedir.

3.2.5. Atmega328 Mikrodenetleyicisi

Yüksek performanslı bir RISC tabanlı mikrodenetleyicidir (URL-8, 2021).

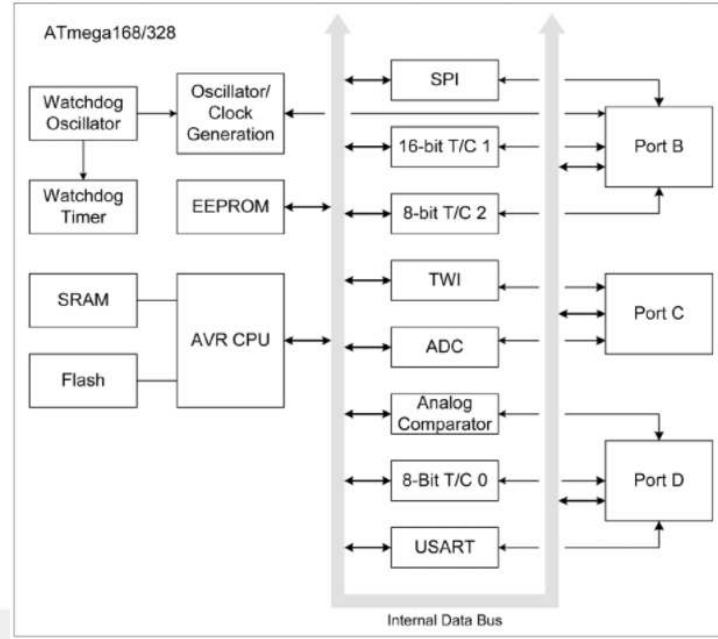
Atmega328 hafıza özellikleri:

- Flash Program Belleği : 32K bytes
- EEPROM : 1K bytes
- RAM : 2K bytes

Özellikleri (Hughes, 2016):

- 6 Sinyal Genişlik Modülasyon kanalı
- 6 veya 8 kanal 10 bit analog-dijital dönüştürücü
- Kablolu 2 seri arayüz
- 23 adet programlanabilir Giriş/Çıkış hattı
- Analog Karşılaştırıcı
- Evrensel Senkron Asenkron Alıcı / Verici
- 2 adet 8 bit zamanlayıcı/sayıcı ayrı ön ölçekleyici ve karşılaştırma modu
- 1 adet 16 bit zamanlayıcı/sayıcı ayrı ön ölçekleyici, karşılaştırma ve yakalama modu

Şekil 3.5’de ATmega 168/328 blok diyagramı ve port çıkışları gösterilmektedir.



Şekil 3.5. Atmega328 iç blok diyagramı

3.2.6. Naive Bayes Sınıflandırıcısı

1812’de Thomas Bayes tarafından oluşturulan Bayes teoremini temel alan, olasılık tabanlı bir sınıflandırıcıdır (Rish, 2001). Teoreme göre dağılımda bulunan koşullu ve marjinal olasılıkların birbiriyle olan ilişkisini göstermektedir. Bu sınıflandırma algoritması ile az veri ile iyi performans elde edilebilir. Dengesiz, kesikli ve devamlı veriler üzerinde de kullanılabilir (Webb vd., 2010). Bayes teoreminin denklemi Denklem 3.1’de verilmiştir.

$$P(A|B) = \frac{P(B|A) \times P(A)}{P(B)} \quad (3.1)$$

$P(A | B)$: B doğru ise, A’nın ihtimali

$P(B | A)$: A doğru ise, B’nin ihtimali

$P(A)$: A’nın olma ihtimali

$P(B)$: B’nin olma ihtimali

3.2.7. Destek Vektör Sınıflandırıcısı

Destek vektör sınıflandırıcısı bir gözetimli öğrenme algoritmasıdır. Algoritmanın temel mantığı 2 gruplu bir sınıflandırma probleminin veri dağılımını ayırmak için düzlem üzerinde bir doğru çizmeyi amaçlamaktadır (Noble, 2006). Çekilen çizgi veri dağılımını

ayırmaktadır ve çizginin bulunduğu alana margin denilmektedir. Destek vektörler marginin kestiği noktalara denir. Destek vektör sınıflandırıcısı küçük ve orta ölçekli veri setleri için önerilmektedir. Algoritmanın bir hiperparametresi olan çekirdek modeline göre performansı değişebilmektedir.

3.2.8. Xgboost Sınıflandırıcısı

Gradient Boosting algoritmasının geliştirilmiş ve optimizasyon uygulanmış halidir (Chen ve Guestrin, 2016). Yüksek performanslı ve hızlı bir algoritmadır. Ağaç tabanlı algoritmalarından en performanslı olanı ve en çok tercih edilenidir.

3.2.9. Adaboost Sınıflandırıcısı

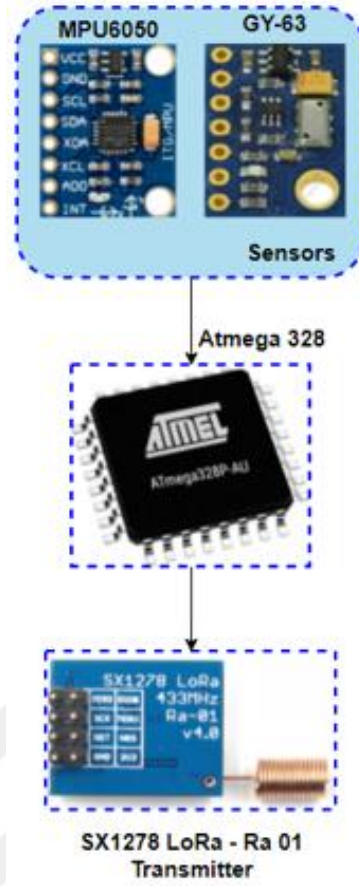
Yoav F. ve Robert S. tarafından 1996 yılında önerilmiş bir gözetimli öğrenme algoritmasıdır. Bu sınıflandırıcı, yinelenen bir topluluk yöntemidir. Çalışma prensibi düşük performans gösteren sınıflayıcıların bir araya gelerek güçlü bir sınıflandırıcı oluşturmasıdır (An ve Kim, 2010).

3.3. Yöntem

Geliştirilen tasma, pedometre ve mide aparatı anlık olarak veriler almaktadır. Alınan bu veri tasmaya gönderilmektedir. Tasma ise ana bilgisayara bu verileri şifreleyerek gönderim yapmaktadır. Çalışmada kullanılan tüm elektronik kartlar, bataryalar ve sensörler piyasada güncel olarak kullanılan ve maksimum performanslı ürünlerden seçilmiştir.

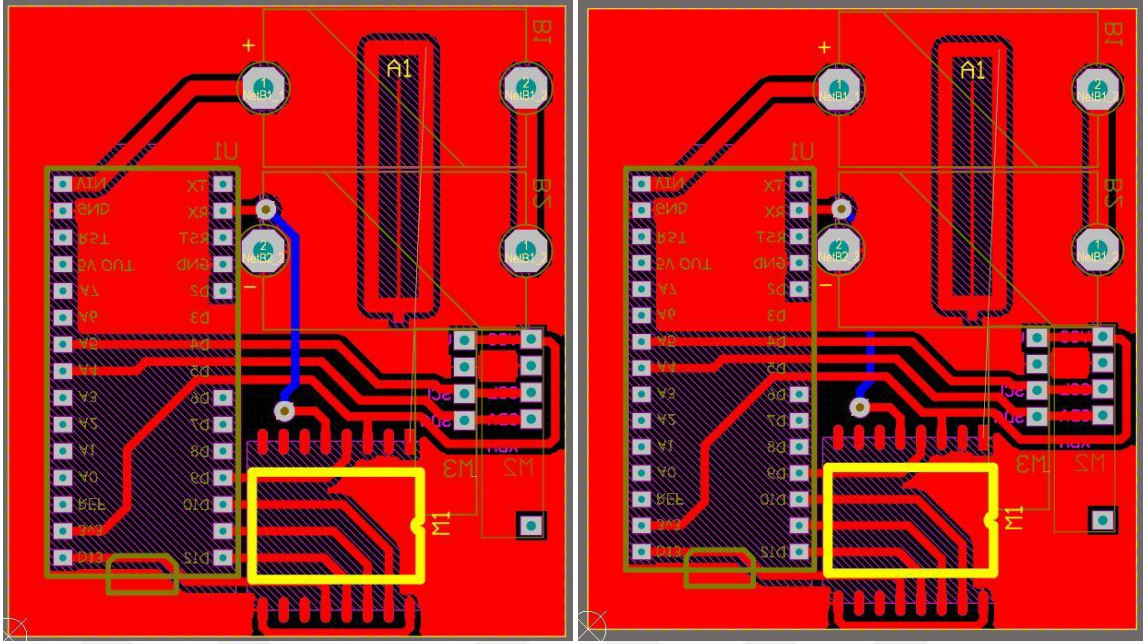
3.3.1. Pedometre Aparatı

Pedometre aparatı, Atmega328, LoRa SX1278 Ra-01, batarya modülü, GY-63 altimetresinden ve MPU6050 6 eksenli atalet ölçüm biriminden oluşmaktadır. Atalet ölçüm biriminden alınan 6 eksen koordinat bilgisi ve basınç düzeyi Atmega328 mikrodenetleyicisine gönderilmektedir. Atmega328 ile LoRa aracılığıyla tasmaya pedometreden alınan sensör bilgisi ulaştırılmaktadır. Şekil 3.6'da pedometre aparatının yapısı görünmektedir.



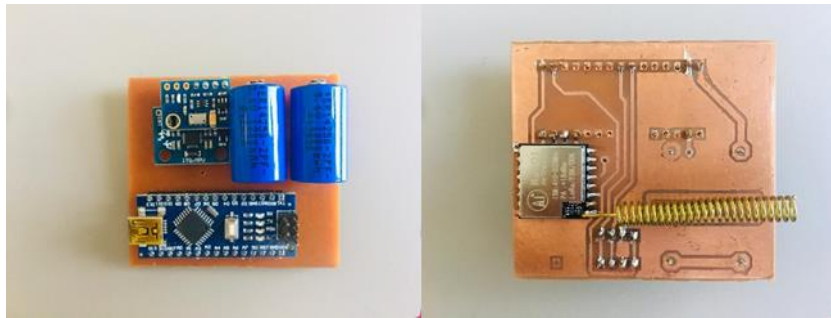
Şekil 3.6. Pedometre aparatının yapısı

Pedometre aparatı sayesinde hayvanların attığı adım sayısı, aldığı mesafe, ayakta kalma süresini ve yatma süreleri tespit edilmektedir. Bünyesinde barındırdığı LoRa sistemi sayesinde kablosuz olarak, yukarıda belirtilen verileri tasma aparatına anlık olarak aktarmaktadır. Şekil 3.7’de devre kartının tasarımı görülmektedir.



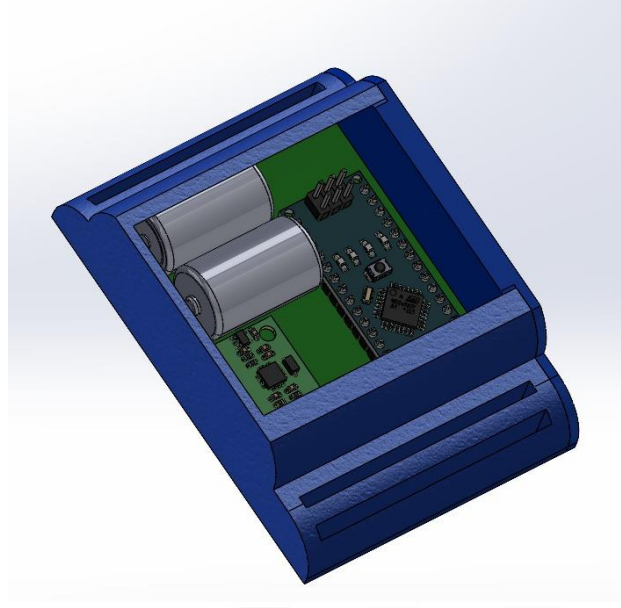
Şekil 3.7. Pedometrenin ön ve arka elektronik kart tasarımı

Bünyesinde barındırdığı pil sayesinde yaklaşık olarak 4 yıl boyunca veri alışverişine olanak sağlamaktadır. Şarj edilebilme özelliğine sahiptir. Batarya modülü 2 adet 1200 mAH ‘lık pilden oluşmaktadır. Şekil 3.8’de devre kartının prototipi gösterilmektedir.



Şekil 3.8. Pedometre aparatının devresi

Pedometre aparatının kutusu 3B olarak tasarlanmıştır. Devre kartını saklayacak olan kutu 3B yazıcıdan petrol içerikli ABS filamentinden basılmıştır. ABS, PLA filamentine göre daha mukavemeti güçlü olduğu için tercih edilmiştir. Şekil 3.9’da çizimi gösterilmektedir.



Şekil 3.9. Pedometre aparatının kutusu

Şekil 3.10’da ise hayvana takılmak üzere olan devre ve kutusu gösterilmektedir. Kutu hayvanın ayak bileğine yerleştirilmektedir.



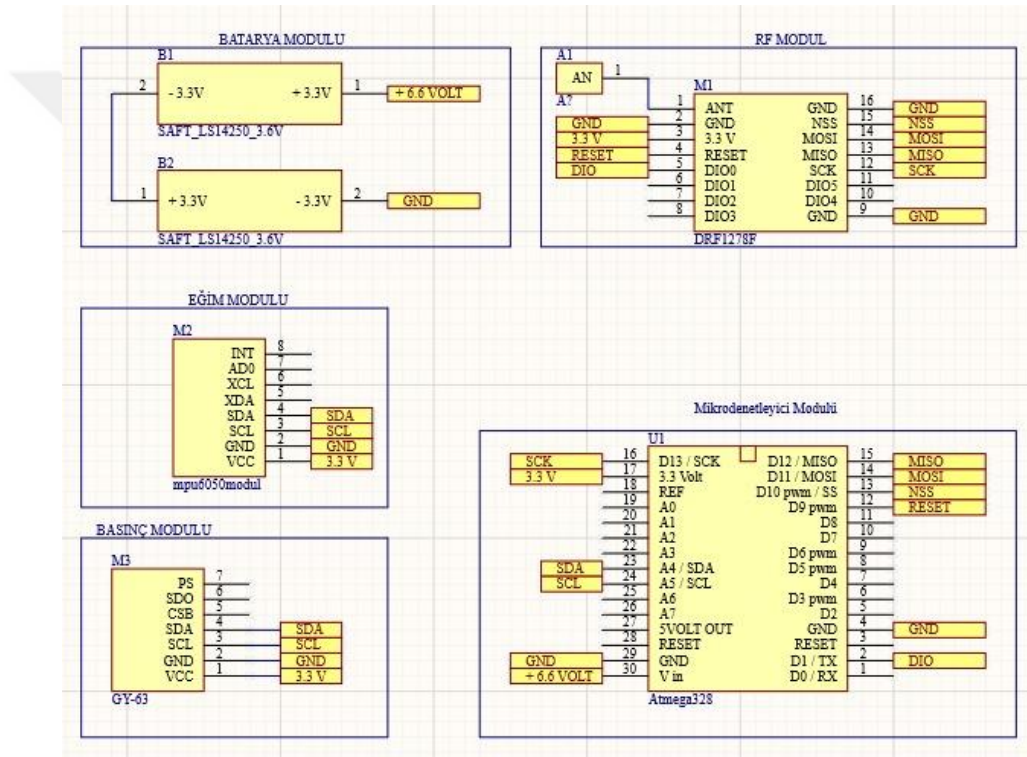
Şekil 3.10. Pedometre aparatının prototipi

Atalet ölçüm biriminden gelen 6 eksen ve basınç sensöründen gelen veriler ile 7 özellikten oluşan veriseti oluşturulmuştur. Toplamda 50 hayvan üzerinden toplanan 250 veri örneği ile Naive Bayes, Adaboost, Xgboost ve SVM ile kızgınlık durumu sınıflandırılması yapılmaktadır. K – Fold çapraz doğrulama 5 tekrar ile kullanılmıştır. Yapılan sınıflandırmada başarıyı yükseltmek için ızgara-arama algoritması kullanılmıştır. Bu

algoritma ile en az hatayı verecek hiperparametreler bulunmaktadır. Çalışmamızda en yüksek başarımlı %83.6 doğruluk oranı ile Xgboost vermektedir.

3.3.2. Tasma Aparatı

Pedometre aparatı, Atmega328, LoRa SX1278 Ra-01, batarya modülü, GY-63 altimetresinden ve MPU6050 6 eksenli atalet ölçüm biriminden oluşmaktadır. Mide aparatı ve pedometre aparatından gelen verileri anlık olarak AES algoritması ile şifreleyerek LoRa alıcısı cihazına kendi UID si ile birlikte anlık olarak göndermektedir. Elektronik tasarımı Şekil 3.11’de gösterilmektedir.



Şekil 3.11. Tasma aparatının elektronik tasarımı

Tasma aparatındaki LoRa modülü pedometrede bulunan LoRa modülünden farklı olarak mide ve pedometre verilerini almaktadır. Gelen bu verilerle beraber tasmada bulunan basınç ve atalet ölçüm birimi değerleriyle ana bilgisayara göndermektedir. Sonuç olarak mide aparatından 2, pedometre ve tasma aparatından 7 veri alınmaktadır. Tasma kendisine gelen 9 veri ile birlikte kendi aldığı 7 değeri ana bilgisayara göndermektedir.



Şekil 3.12. Tasma aparatının kutusu

Şekil 3.12’de tasma aparatının kutusu gösterilmektedir. Menzil dışına çıkması durumunda kendi üzerinde bulunan sayaçlar sayesinde hafızasına kaydedebilme kabiliyetine sahiptir. Menzil içerisine girdiğinde ve LoRa alıcı cihazından veri isteği geldiği anda verileri cihaza göndermektedir. Bünyesinde barındırdığı pil sayesinde yaklaşık olarak 4 yıl boyunca veri alışverişine olanak sağlamaktadır. Şarj edilebilme özelliğine sahiptir.

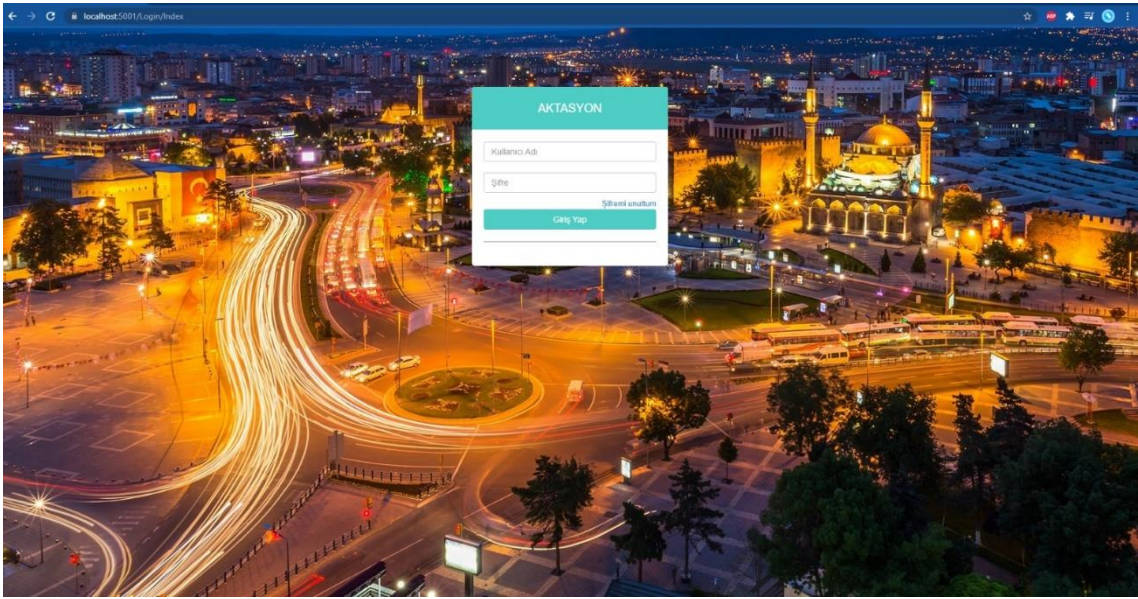
3.3.3. Mide Aparatı

Mide aparatı, Atmega328, LoRa SX1278 Ra-01, batarya modülü ve ISFET pH sensöründen oluşmaktadır. Aparatın genel amacı bünyesinde barındırdığı LoRa sayesinde kablosuz olarak pH ve sıcaklık değerlerini tasmaya iletmektir. Hayvanı rahatsız etmeyecek büyüklükte olan mide aparatı hayvanın mide sıcaklığını ve mide sıvısının pH değerini anlık olarak tespit etme kabiliyetine sahiptir. Bu sayede, geliştirilen bir algoritma ile hayvanın hastalanma olasılığı önceden tahmin edilip gerekli tedbirlerin ve önlemlerin alınması sağlanmaktadır.

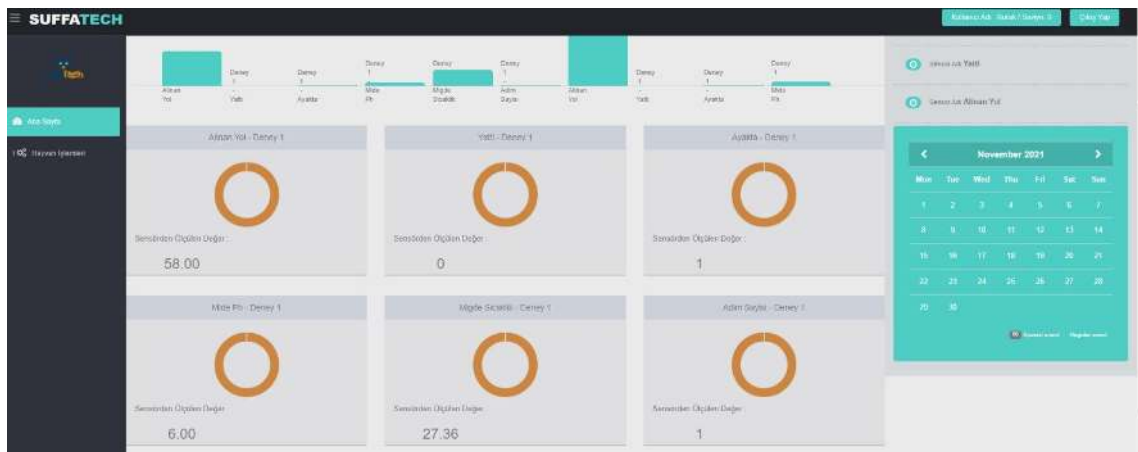
Bünyesinde barındırdığı pil sayesinde yaklaşık olarak 4 yıl boyunca veri alışverişine olanak sağlamaktadır. Mide aparatının kutusu yoğunluk oranı %100 yapılarak PLA’dan basılmıştır. ABS kullanılmamasının sebebi hayvanın midesinin oda sıcaklığından yüksek ve sıcak olduğu için petrol ürünlerinin çözülmesi gerçekleşebilmektedir. Hayvan sağlığını olumsuz etkileyecek bu durum için mısır bazlı PLA maddesi kullanılmıştır. Kutunun içine sıvı girmemesi için iç vida yerlerine silikon ve sıvı geçirmez malzeme ile doldurulmuştur. Kutunun dışı temizlenip cilalama işlemi yapılmaktadır.

3.3.4. Web Arayüzü

Web arayüzü, tasmadan gelen yaklaşık 16 veriyi işleyerek görsel ve grafiksel olarak kullanıcılara sunulmuştur. ASP.NET Core MVC ile web uygulaması oluşturulmuştur. Veri tabanı yönetim sistemi MSSQL2019 kullanılmıştır. Veri servis yazılımı ise .NET Core 5 Web Api tercih edilmiştir. Çalışma C sharp 9.0 yazılım dili ile kodlanmıştır. Şekil 3.13’de sitenin web arayüzü gösterilmektedir. Şekil 3.14’de ise sisteme girildiği zaman gelen ana ekran penceresi gösterilmektedir.



Şekil 3.13. Sitenin web arayüzü



Şekil 3.14. Ana sayfa

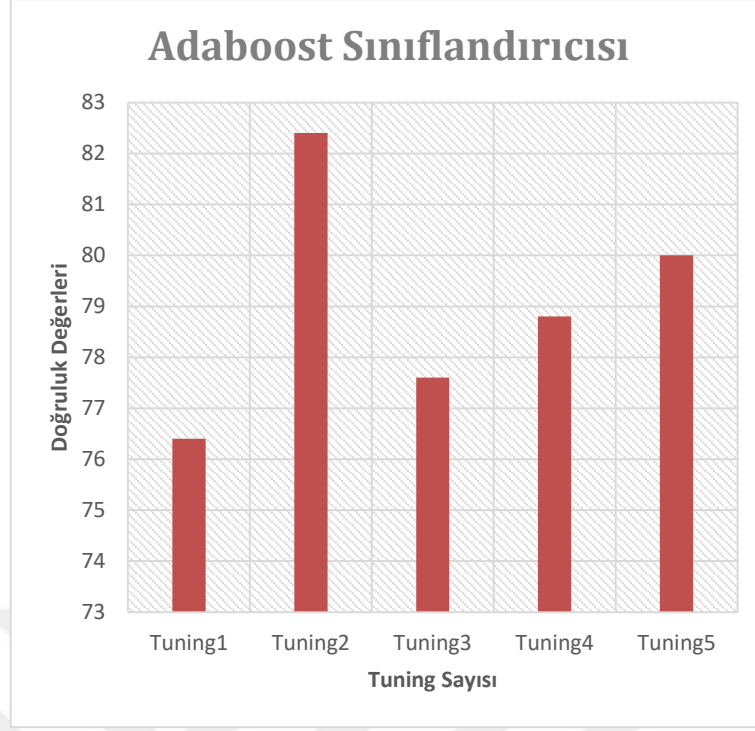
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Kızgınlık Sınıflandırması

Çalışmamızda pedometreden alınan veriler ile kızgınlık sınıflandırılması yapılmaktadır. Sınıflandırma algoritması olarak Naive Bayes, Destek Vektör Sınıflandırıcısı, Adaboost ve Xgboost kullanılmıştır. Klasik makine öğrenmesi algoritmaları ile kolektif/topluluk öğrenme algoritmaları karşılaştırılmıştır. Xgboost beklenildiği şekilde en yüksek başarıyı sağlamaktadır.

Çalışmamızda pedometre aparatından 50 hayvanın toplamda farklı dönemlerde 250 veri örneği alınmıştır. Alınan her veri örneği hayvanın farklı saatlerde alınan ivme ölçer, jiroskop ve basınç verileridir. Toplamda 7 adet öznitelik kullanarak sınıflandırma işlemi yapılmaktadır. Oluşturulan veri setinde 134 kızgın değil ve 116 kızgın sınıfta veri örneği bulunmaktadır. Veri kümesinin sınıf sayılarının birbirine yakın olması nedeniyle dengelidir. Bu nedenden dolayı çalışmada veri artırma ve azaltma işlemine gerek duyulmamıştır. Çalışmamızda K-Fold çapraz doğrulama kullanılmıştır. Veri seti 5 tekrar ile eğitilmiştir. Eğitilen ve test edilen 5 ayrı sonucun ortalamaları alınarak performans ve hata metrikleri elde edilmiştir.

Kullandığımız makine öğrenmesi modelleri üzerinde ızgara-arama algoritması kullanarak hiperparametre optimizasyonu yapılmaktadır. En iyi parametreler belirlenip modelimiz eğitilmiştir.



Şekil 4.1. Adaboost sınıflandırıcısının performansı grafiği

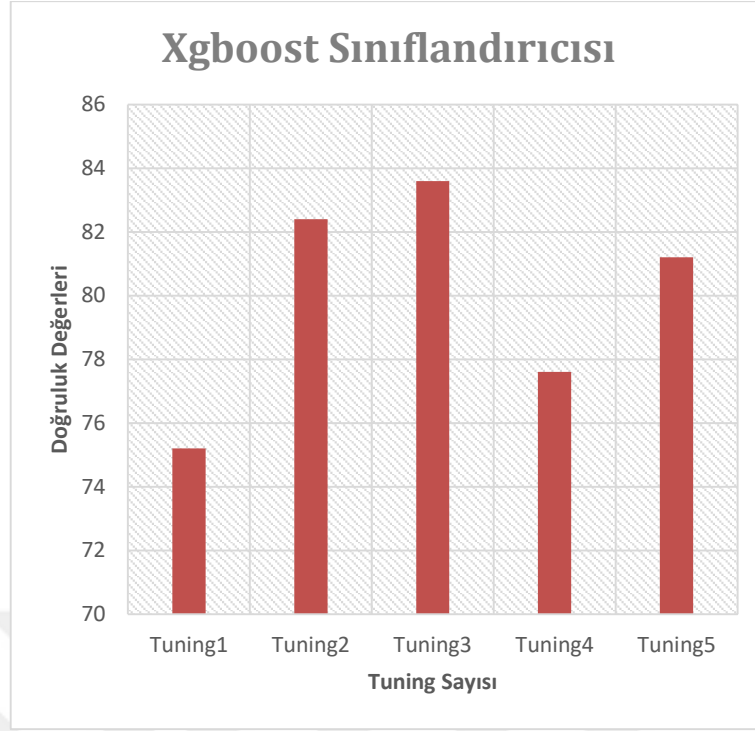
Veriseti, Tablo 4.1’de bulunan hiperparametreler ile çalıştırılmıştır. Sırasıyla 76.4, 82.4, 77.6, 78.8 ve 80.0 doğruluk oranlarını almıştır. Şekil 4.1’de başarımların grafiği gösterilmektedir.

Tablo 4.1. Adaboost sınıflandırıcısının hiperparametreler ile performans sonuçları

Tuning Sayısı	n_estimators ^a	Derinlik ^b	Doğruluk
Tuning1	100	2	76.4
Tuning2	250	6	82.4
Tuning3	50	8	77.6
Tuning4	500	1	78.8
Tuning5	1000	4	80.0

^a Temel tahminci sayısı

^b Tahmin edicinin maksimum derinliği



Şekil 4.2. Xgboost sınıflandırıcısının performansı grafiği

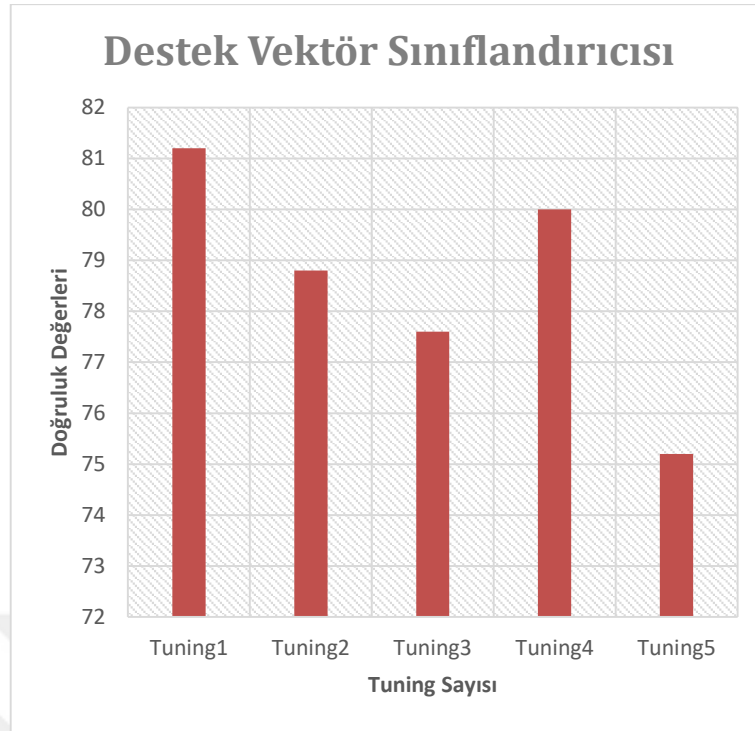
Veriseti, Xgboost sınıflandırıcısı ile çalıştırılmıştır. Sınıflandırıcıya grid-search yöntemi ile Tablo 4.2’de bulunan hiperparametreler verilmiştir. Sırasıyla 75.2, 82.4, 83.6, 77.6 ve 81.2 doğruluk oranlarını almıştır. Şekil 4.2’de başarımların grafiği gösterilmektedir. Xgboost sınıflandırıcısı kullanılan 4 yöntem arasında en iyi sonuç veren algoritmadır. Test sürecinde Tuning3 kombinasyonu ile %83.6 doğruluk oranına sahiptir. 6 derinlik ve 500 n_estimators hiperparametresi ile en iyi sonucu yakalamıştır.

Tablo 4.2. Xgboost sınıflandırıcısının hiperparametreler ile performans sonuçları

Tuning Sayısı	n_estimators ^a	Derinlik ^b	Doğruluk
Tuning1	100	2	75.2
Tuning2	300	3	82.4
Tuning3	500	6	83.6
Tuning4	400	5	77.6
Tuning5	50	1	81.2

^a Oluşturulan ağaç sayısı

^b Oluşturulan ağacın maksimum derinliği



Şekil 4.3. Destek vektör sınıflandırıcısının performansı grafiği

Tablo 4.3.'de görülen hiperparametre değerleri ile Destek Vektör Sınıflandırıcısı çalıştırılmıştır. Algoritma, en iyi performansını Tuning1'de bulunan gamma 0.0001 ve c 10 parametrelerinin sağladığı durumdur. Şekil 4.3'de performans grafiği görünmektedir.

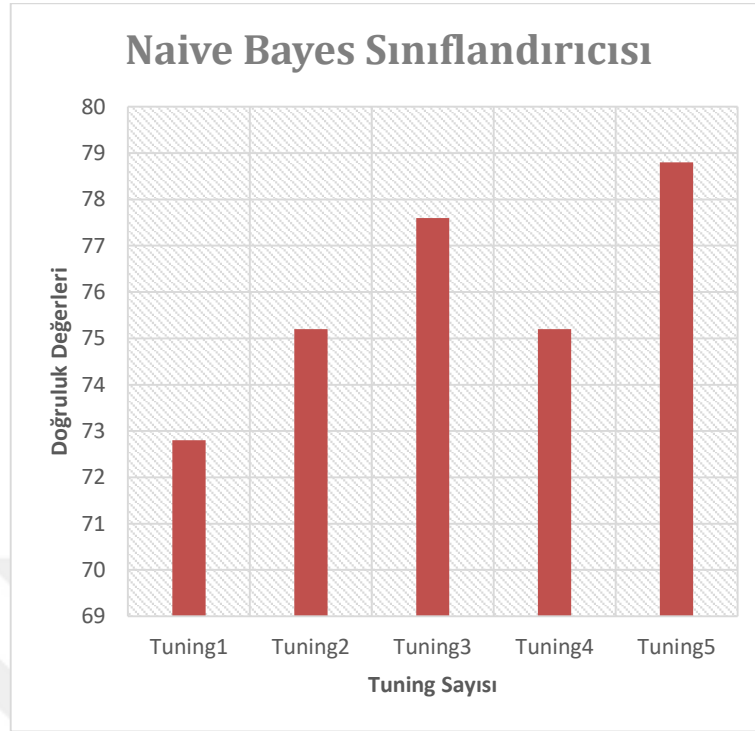
Xgboost ve Adaboost kadar performans gösterememesine rağmen Naive Bayes Sınıflandırıcısından daha iyi bir doğruluk oranına sahiptir. Destek Vektör Sınıflandırıcısında çekirdek olarak RBF kullanılmıştır. RBF çekirdeği noktaların belirli bir noktaya hangi oranda benzediğini normal dağılım ile hesaplamaktadır. Daha sonra hesaplanan dağılıma göre sınıflandırmaktadır.

Tablo 4.3. Destek vektör sınıflandırıcısının hiperparametreler ile performans sonuçları

Tuning Sayısı	n_C value ^a	n_gamma ^b	Doğruluk
Tuning1	10	0.0001	81.2
Tuning2	100	1	78.8
Tuning3	1	0.1	77.6
Tuning4	0.1	0.01	80.0
Tuning5	1000	0.001	75.2

^a Düzenleştirme (Regularization) parametresi

^b Çekirdek katsayısı



Şekil 4.4. Naive Bayes sınıflandırıcısının performansı grafiği

Veriseti üzerinde Naive Bayes sınıflandırıcısı çalıştırılmıştır. Tablo 4.4’de gösterilen $n_smoothing$ 0.0001 parametresiyle %78.8 ile kendi içinde en yüksek doğruluk oranını elde etmiştir. Bu problem için diğer modellerden daha düşük performans göstermiştir. Şekil 4.4’de aldığı parametrelere göre modelin başarı grafiği görülmektedir.

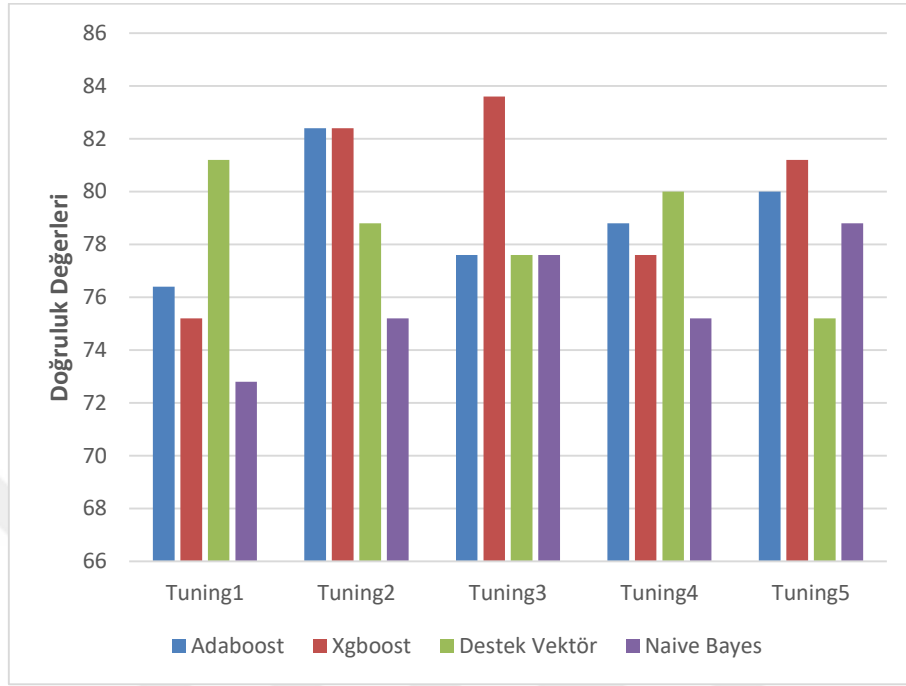
Tablo 4.4. Naive Bayes sınıflandırıcısının hiperparametreler ile performans sonuçları

Tuning Sayısı	$n_smoothing^a$	Doğruluk
Tuning1	1	72.8
Tuning2	0.1	75.2
Tuning3	0.01	77.6
Tuning4	0.001	75.2
Tuning5	0.0001	78.8

^a Hesaplama kararlılığı için varyanslara eklenen tüm özelliklerin en büyük kısmı.

Çalışmamızda 4 adet makine öğrenmesi algoritması optimum hiperparametreler bulunarak çalıştırılmıştır. Şekil 4.5’de tüm algoritmaların birbirleri arasında kıyaslama

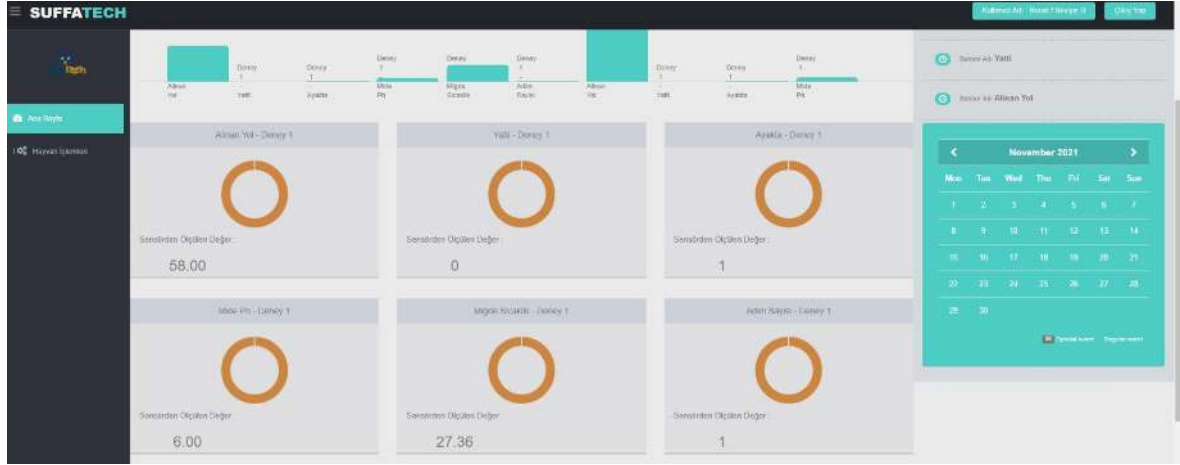
yapılmaktadır. 4 algoritmanın toplamda 20 farklı kombinasyonunda en yüksek başarıımı Xgboost göstermektedir.



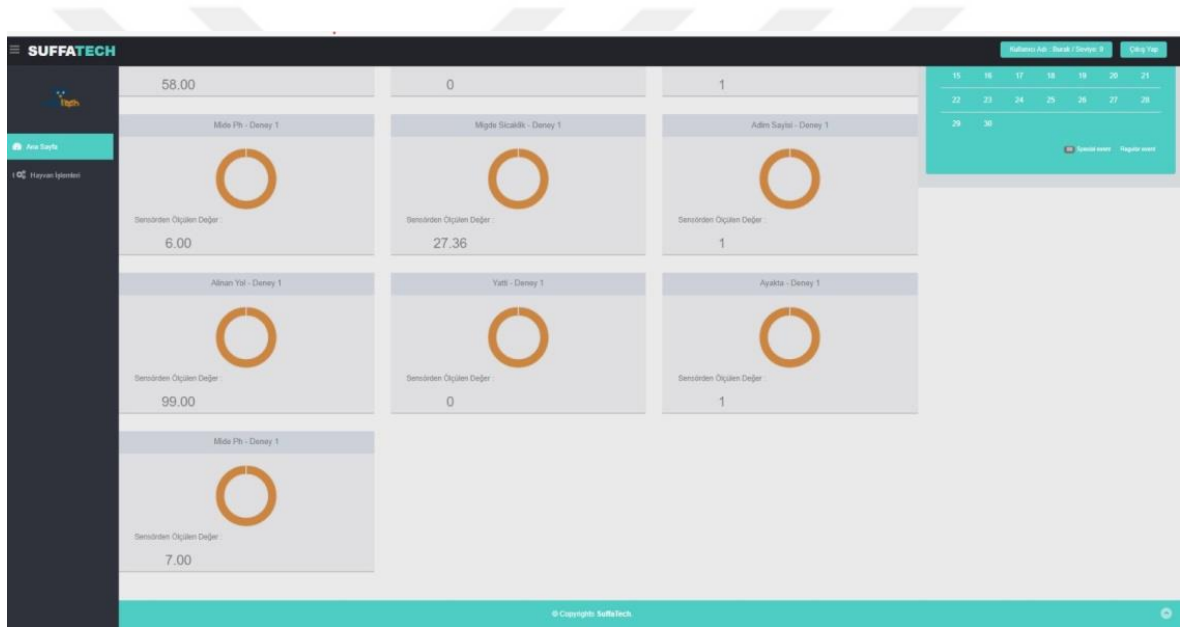
Şekil 4.5. Makine öğrenmesi modellerinin performansı grafiği

4.2. Web Arayüzü

Çalışmamızda tasma aparatından gelen işlenmiş 16 parametreyi web arayüzünde gösterilmektedir. Tasmadan alınan veriler ile hayvanın mide sıcaklığı, mide pH değerini, kızgınlık durumunu, attığı adım sayısını, aldığı yolu, geviş getirme sayısını, içtiği su miktarı Şekil 4.6, Şekil 4.7 ve Şekil 4.8’de gösterilmektedir.



Şekil 4.6. Ana ekran - 1

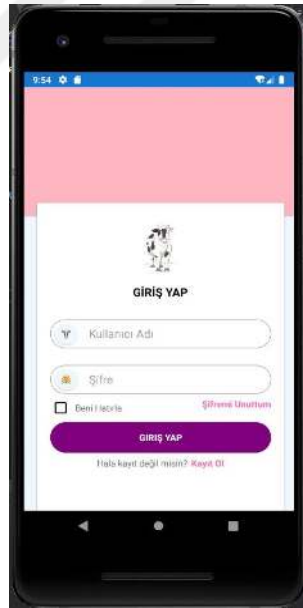


Şekil 4.7. Ana ekran - 2

SUFFATECH			
Sensör Bilgileri			
Hayvan Adı	Sensör Değeri	Sensör Adı	Tarih
Deney 1	50.00	Akkuat Yöl	02/05/2021 1:20:26 PM
Deney 1	50.00	Akkuat Yöl	02/05/2021 1:20:27 PM
Deney 1	60.00	Akkuat Yöl	02/05/2021 1:20:27 PM
Deney 1	61.00	Akkuat Yöl	02/05/2021 1:20:27 PM
Deney 1	75.00	Akkuat Yöl	02/05/2021 1:20:27 PM
Deney 1	80.00	Akkuat Yöl	02/05/2021 1:20:26 PM
Deney 1	90.00	Akkuat Yöl	02/05/2021 1:20:26 PM
Deney 1	67.00	Akkuat Yöl	02/05/2021 1:20:26 PM
Deney 1	90.00	Akkuat Yöl	02/05/2021 1:20:26 PM
Deney 1	80.00	Akkuat Yöl	02/05/2021 1:20:26 PM
Deney 1	72.00	Akkuat Yöl	02/05/2021 1:20:25 PM
Deney 1	93.00	Akkuat Yöl	02/05/2021 1:20:25 PM
Deney 1	71.00	Akkuat Yöl	02/05/2021 1:20:24 PM
Deney 1	90.00	Akkuat Yöl	02/05/2021 1:20:24 PM
Deney 1	61.00	Akkuat Yöl	02/05/2021 1:20:24 PM
Deney 1	58.00	Akkuat Yöl	02/05/2021 1:20:24 PM
Deney 1	64.00	Akkuat Yöl	02/05/2021 1:20:23 PM
Deney 1	60.00	Akkuat Yöl	02/05/2021 1:20:23 PM
Deney 1	64.00	Akkuat Yöl	02/05/2021 1:20:23 PM
Deney 1	91.00	Akkuat Yöl	02/05/2021 1:20:23 PM
Deney 1	83.00	Akkuat Yöl	02/05/2021 1:20:22 PM
Deney 1	54.00	Akkuat Yöl	02/05/2021 1:20:22 PM
Deney 1	76.00	Akkuat Yöl	02/05/2021 1:20:22 PM
Deney 1	61.00	Akkuat Yöl	02/05/2021 1:20:22 PM
Deney 1	97.00	Akkuat Yöl	02/05/2021 1:20:21 PM
Deney 1	92.00	Akkuat Yöl	02/05/2021 1:20:21 PM
Deney 1	88.00	Akkuat Yöl	02/05/2021 1:20:21 PM
Deney 1	80.00	Akkuat Yöl	02/05/2021 1:20:21 PM
Deney 1	71.00	Akkuat Yöl	02/05/2021 1:20:20 PM

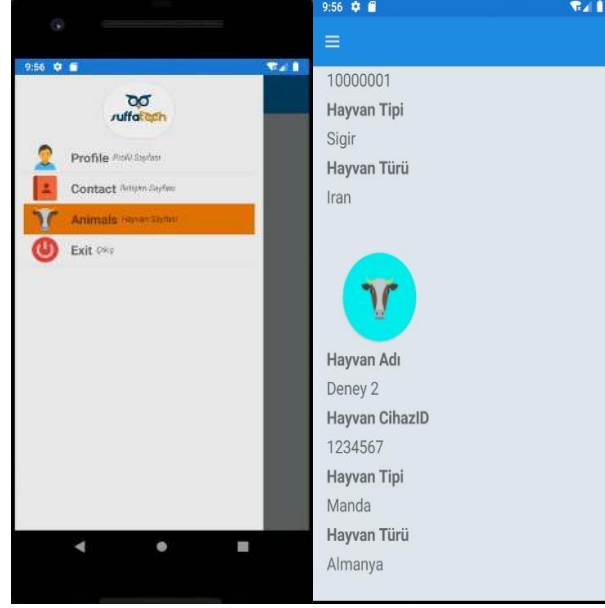
Şekil 4.8. Sensör bilgisi ekranı

Mobil platformlar içinde bir uygulama tasarlanmıştır. Giriş ekranı bulunmaktadır ve çiftlik sahibi uygulamaya kaydolmaktadır. Şekil 4.9’da giriş ekranı gösterilmektedir.



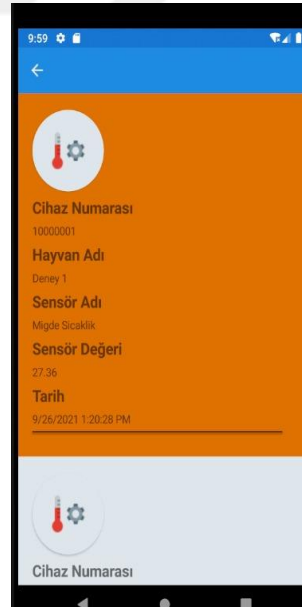
Şekil 4.9. Mobil uygulama giriş ekranı

Sol menüden hayvan sayfasına girerek çiftliğinde bulunan hayvanların; hayvan adı, hayvan numarasını, hayvan tipi ve hayvan türünü görebilmektedir. Şekil 4.10’da çiftlik hayvanlarının bilgileri uygulamada gösterilmektedir.



Şekil 4.10. Hayvan bilgi sayfası

Kullanıcılar hayvan sayfası üzerinden günlük aktivite bilgilerine ulaşılabilir. Günlük aktivite bilgilerinde hayvanın sensörden aldığı değerleri ve açıklaması Şekil 4.11’deki gibi görülmektedir.



Şekil 4.11. Hayvanın aldığı sensör değerleri

5. SONUÇ

Ülkemiz, hayvancılıkta yüksek bir potansiyele sahiptir. Ancak süt ürünleri ve et ürünleri gibi sektörlerde kendi ihtiyacını anca karşılamaktadır. Son yıllarda hayvan sayısının düzenli olarak artımı ile beraber ülke nüfusunun ihtiyacını karşılayabilecek düzeye gelmiştir. Ancak diğer ülkelere nazaran ihracatımız çok düşük seviyededir. Besi çiftliklerinde hayvan sayısının arttırılması ve sütün verimliliğinin yükseltilmesiyle bu açık kapatılabilmektedir.

Hayvanların sağlıklı ve doğru zamanda üreyebilmesi için kızgınlık zamanlarını bilmek gereklidir. Kızgınlık durumunun tespiti fazla iş gücü gerektiren ve zor bir süreçtir. Kızgınlık zamanlarının belirlenememesi her hayvan başına yaklaşık 21 günlük kayıp yaşamasına neden olabilmektedir. Bu durumdan dolayı çiftliklere, teknolojiye yardım alarak bir müdahale edilmesi gerekmektedir. Uzun menzilli antenler, hassas sensörler, güçlü mikrodenetleyiciler ve uzun dayanımlı pil teknolojisi sayesinde istenilen tespit ve analiz yapılabilmektedir.

Çalışmamız temelde 3 ayardan oluşmaktadır. Bunlar; pedometre, tasma ve mide aparatıdır. Pedometre aparatında gelen verileri manuel olarak ayıklayıp kızgınlık tespitinin yapılması fazla vakit harcayan ve yanlış yapılmaya müsait bir süreçtir. Bu nedenden dolayı yapay zekadan faydalanılarak otomatik sınıflandırma yapılmıştır. “Kızgın” ve “Kızgın Değil” ayrımı yaparak amacımıza hizmet etmektedir. Bu sınıflandırma modelini oluştururken girdi verileri ivmeölçerden alınan x, y ve z eksenleridir. Günlük ortalama adım sayısı ve her gün alınan adım verileriyle karşılaştırılmaktadır. Karşılaştırılan veriler arasındaki fark ne kadar fazla olursa kızgınlık durumunda olma olasılığı aynı oranda artmaktadır.

Makine öğrenmesi alt dallarından olan gözetimli öğrenme kapsamında Xgboost, Adaboost, Destek Vektör Makinesi ve Naive Bayes Sınıflandırıcıları bu problem üzerine çalıştırılmıştır. En yüksek performansa sahip Xgboost algoritması %83.6 doğruluk oranı ile sınıflandırma sonucu elde etmiştir.

Çalışmamızda mide aparatı da kullanılmaktadır. Hayvanı rahatsız etmeyecek boyutta midesine yerleştirilmektedir. Mide aparatında midenin sıcaklığı ve pH değerlerinin ölçümü yapılmaktadır. Ayrıca aparatta MPU6050 ivmeölçer ve jiroskop sensörü bulunmaktadır. Sensörün lokasyonunu ve sıcaklık sensörünün midenin hangi yüzüne denk geldiğini bu sensör ile tespit edilmektedir. Midedeki sıcaklığın ve pH'ın ölçümü hastalıkların erken teşhisi için gereklidir. Mide aparatında haberleşme sensörü olarak LoRa SX1278 Ra-01 kullanılmaktadır. Mide aparatındaki veriler bu sensör ile tasmaya gönderilmektedir.

Mide aparatı ve pedometreden gelen verileri anlık olarak şifreleyerek gönderme işlemini tasma gerçekleştirmektedir. Tasma ile hayvanın geviş sayısı ve su içme miktarı bulunmaktadır. Sahip olduğu doldurabilir batarya sayesinde pili 4 yıl boyunca gitmektedir. Hayvanın menzile dışına çıkma durumunda kendi içinde aldığı verileri saklayacak bir hafızaya sahiptir.

Çalışmamızda 3 aparat ile çiftlik hayvanlarının üreme, süt verimliliğini artırma ve hastalığın erken teşhisini sağlayan bir sistem geliştirilmiştir. Web arayüzü farklı işletim sistemlerinde kullanılabilen modüler bir yapıya sahiptir. Geliştirilen arayüz ile her hayvanın kendine ait bir numarası ve sensörlerden aldığı anlık veriler bulunmaktadır. Sistem ayrıca kızgınlık tespiti yapıp tohumlama süresindeki meydana gelecek gecikmelerin önüne geçecektir. Kızgınlık durumunun zamanında tespiti aynı zamanda dolaylı olarak süt verimliliğini de arttırmaktadır. Mide aparatı ile hastalık durumlarının erken teşhisi yapılabilmektedir. Tasma ile tüm sensörlerden alınan veriler şifreli olarak ana bilgisayara gönderme işlemi dışında, hayvanın tükettiği su ve geviş sayısını da vermektedir. Bu çalışmayı kendi çiftliklerine uygulayan işletmecilerin, hayvan sayısına ve süt üretimine ciddi artış yakalayacağı öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

- Al-Dahan, Z. T., Bachache, N. K., Bachache, L. N., 2016. Design and implementation of fall detection system using MPU6050 Arduino. *In International Conference on Smart Homes and Health Telematics*, 180-187. Springer, Cham.
- An, T. K., Kim, M. H., 2010. A new diverse AdaBoost classifier. *In 2010 International conference on artificial intelligence and computational intelligence*, IEEE, 1, 359-363.
- Cengiz, V., İlhan, E., 2008. Dünya gıda krizi ve Türkiye’de etkisi. *Ziraat Mühendisliği*, 363, 12-16.
- Chen, T., Guestrin, C., 2016. Xgboost: A scalable tree boosting system. *In Proceedings of the 22nd acm sigkdd international conference on knowledge discovery and data mining*, 785-794.
- Chung, Y., Lee, J., Oh, S., Park, D., Chang, H. H., Kim, S., 2013. Automatic detection of cow’s oestrus in audio surveillance system. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 26(7), 1030.
- Daud, S., Yang, T. S., Romli, M. A., Ahmad, Z. A., Mahrom, N., Raof, R. A. A., 2018. Performance evaluation of low cost lora modules in iot applications. *In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 318(1), 012053.
- Demir, C., Aydın, A., 2021. Büyükbaş hayvancılıkta görüntü işleme ile sağlık ve refah tespiti. *Lapseki Meslek Yüksekokulu Uygulamalı Araştırmalar Dergisi*, 2(4), 1-15.
- Erdem, O. A., 2007. RFID taşıyıcı yongaları kullanılarak büyükbaş hayvanların internet üzerinden kimliklendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22(1).
- Ergül, A., Ergül, Ş., Serbester, U., 2021. Süt ineklerinin besleme yönetiminin sensörlerle izlenmesi. *International Journal of Eastern Mediterranean Agricultural Research*, 4(1), 40-59.
- Fedorov, D. S., Ivoilov, A. Y., Zhmud, V. A., Trubin, V. G., 2015. Using of measuring system MPU6050 for the determination of the angular velocities and linear accelerations. *Automatics & Software Enginery*, 11(1), 75-80.
- Hamilton, A. W., Davison, C., Tachtatzis, C., Andonovic, I., Michie, C., Ferguson, H. J., Somerville L., Jonsson, N. N., 2019. Identification of the rumination in cattle using support vector machines with motion-sensitive bolus sensors. *Sensors*, 19(5), 1165.
- Handcock, R. N., Swain, D. L., Bishop-Hurley, G. J., Patison, K. P., Wark, T., Valencia, P., Corke P., O’Neill, C. J., 2009. Monitoring animal behaviour and environmental interactions using wireless sensor networks, GPS collars and satellite remote sensing. *Sensors*, 9(5), 3586-3603.
- Higaki, S., Miura, R., Suda, T., Andersson, L. M., Okada, H., Zhang, Y., Itoh T., Miwakeichi F., Yoshioka, K., 2019. Estrous detection by continuous measurements of vaginal

temperature and conductivity with supervised machine learning in cattle. *Theriogenology*, 123, 90-99.

Hughes, J. M., 2016. Arduino: a technical reference: a handbook for technicians, engineers, and makers. *O'Reilly Media, Inc.*, (Baskıda).

Hurtado, A. M., 2021. Research and development of tactile feedback (or sensory feedback) technologies for application in upper limb prosthesis, Master's Thesis, Vilniaus Gedimino Technikos Universitetas, Vilnius, Lithuania.

Işık, A. H., Alakuş, F., Eskicioğlu, Ö. C., 2021. Hayvancılıkta robotik sistemler ve yapay zekâ uygulamaları. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9(6), 370-382.

Mikail, N., Keskin, İ., 2011. İneklerde bulanık mantık modeli ile hareketlilik ölçüsünden yararlanılarak kızgınlığın tespiti. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17 (6), 1003-1008.

Mitchell, R. S., Sherlock, R. A., Smith, L. A., 1996. An investigation into the use of machine learning for determining oestrus in cows. *Computers and electronics in agriculture*, 15(3), 195-213.

Noble, W. S. 2006. What is a support vector machine. *Nature biotechnology*, 24(12), 1565-1567.

Özcanhan, M. H., 2016. Giyilebilir duyargaların kesin besicilikte büyükbaş hayvanlara uygulanması: basit bir yöntemle yemlenmenin geviş aktivitesinden ayrıştırılması. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 9(3), 255.

Özgüven, M. M., Tan, M., 2017. Kızgınlık tespitinde kullanılan pedometrelerde kablosuz veri iletim yöntemleri. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 6(Özel Sayı (BSM 2017)), 61-69.

Özgüven, M. M., Tarhan, S., 2017. Büyük ölçekli süt sığırcı işletmelerinde sığırların sağlık ve kızgınlık durumlarının tesbitine yönelik yeni bir otomasyon sisteminin geliştirilmesi. 99.

Palan, B., Santos, F. V., Karam, J. M., Courtois, B., Husak, M., 1999. New ISFET sensor interface circuit for biomedical applications. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 57(1-3), 63-68.

Rani, R. A., Sidek, O. 2004. ISFET pH sensor characterization: towards biosensor microchip application. *In 2004 IEEE Region 10 Conference TENCON 2004*, IEEE, 500, 660-663.

Rish, I., 2001. An empirical study of the naive Bayes classifier. *In IJCAI 2001 workshop on empirical methods in artificial intelligence*, 3(22), 41-46.

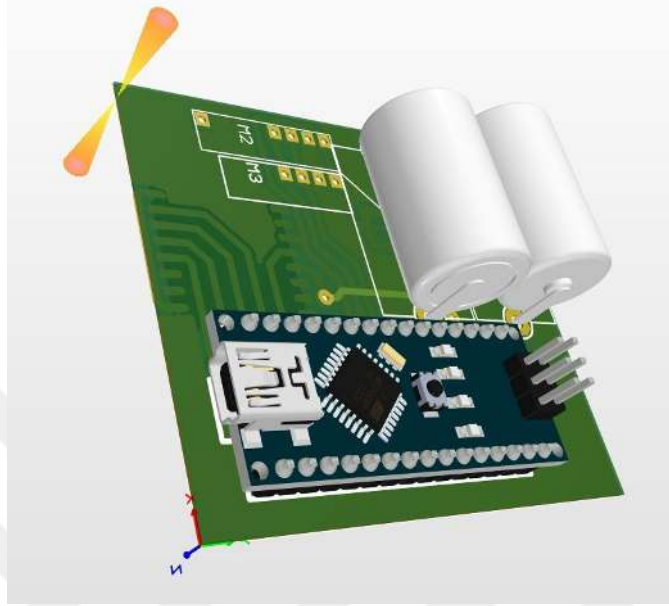
Rumble, M. A., Benkobi, L., Lindzey, F., Gamo, R. S., 2001. Evaluating elk habitat interactions with GPS collars. *In Tracking animals with GPS: an international conference held at the Macaulay Land Use Research Institute*, Aberdeen, 12-13 March. Aberdeen, UK: Macaulay Institute, p. 11-17.

- Rydhmer, L., Zamaratskaia, G., Andersson, H. K., Algers, B., Guillemet, R., Lundström, K. 2006. Aggressive and sexual behaviour of growing and finishing pigs reared in groups, without castration. *Acta Agriculturae Scand Section A*, 56(2), 109-119.
- Sarica, İ. 2020. Yapay sinir ağı kullanarak farklı kategoriler ile süt ineklerinde kızgınlık tahmini. Yüksek Lisans Tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla, Türkiye.
- Semerci, A., Çelik, A. D., 2016. Türkiye’de küçükbaş hayvan yetiştiriciliğinin genel durumu. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2).
- Swaminathan, S., Krishnan, S. M., Khiang, L. W., Ahamed, Z., Chiang, G., 2002. Microsensor characterization in an integrated blood gas measurement system. *Asia-Pacific Conference on Circuits and Systems*, IEEE, 1, 15-20.
- Tan, M., 2016. Radyo frekanslı (RF) pedometre tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat, Türkiye.
- Tapkı, N., Kaya A., Tapkı İ., Dağıstan, E., Çimrin, T., Selvi, M. H., 2018. Türkiye’de büyükbaş hayvancılığın durumu ve yıllara göre değişimi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23(2), 324-339.
- URL-1, 2006. *Türkiye’de hayvan varlığı ve coğrafi dağılışı*. <https://www.bilgiustam.com/turkiyede-hayvancilik/>, (Erişim Tarihi: 04.01.2022).
- URL-2, 2017. *TMMOB ziraat mühendisleri odası*. <http://www.zmo.org.tr/>, (Erişim Tarihi: 14.11.2021).
- URL-3, 2021. *Hayvancılık Genel Müdürlüğü*. <https://www.tarimorman.gov.tr/sgb/Belgeler/SagMenuVeriler/HAYGEM.pdf>, (Erişim Tarihi: 04.01.2022).
- URL-4, 2019. *Süt Sektör Politika Belgesi 2018-2022*. <https://tinyurl.com/9vf57uk5>, (Erişim Tarihi: 02.01.2022).
- URL-5, 2021. *MPU6050 Accelerometer and Gyroscope Module*. <https://components101.com/sensors/mpu6050-module>, (Erişim Tarihi: 20.12.2021).
- URL-6, 2021. *MS5611 GY-63 Basınç-Altimetre Sensörü*. <https://www.direnc.net/ms5611-gy-63-basinc-altimetre-sensoru>, (Erişim Tarihi: 22.12.2021).
- URL-7, 2021. *15 KM Menzilli Ra-01 LoRa Modülü SX1278 433 M*. <https://www.tinyurl.com/4ty6tpt3>, (Erişim Tarihi: 25.12.2021).
- URL-8, 2021. *ATmega328*, <https://www.microchip.com/en-us/product/ATMEGA328>, (Erişim Tarihi: 25.12.2021).
- URL-9, 2011. *Temel Sürü Sağlığı Yönetimi*. <https://www.tinyurl.com/mwwd8bzt>, (Erişim Tarihi: 28.12.2021).

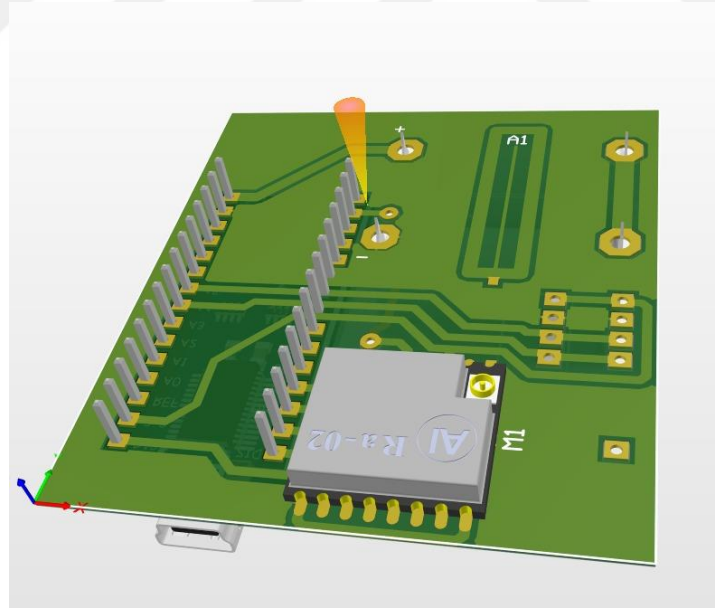
- Vural H, Fidan H, 2007. Türkiye’de hayvansal üretim ve hayvancılık işletmelerinin özellikleri. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 13(2):49-59.
- Wang, J., Bell, M., Liu, X., Liu, G., 2020. Machine-learning techniques can enhance dairy cow estrus detection using location and acceleration data. *Animals*, 10(7), 1160.
- Webb, G. I., Keogh, E., Miiikkulainen, R. 2010. Naïve Bayes. *Encyclopedia of machine learning*, 15, 713-714.
- Williams, M. L., Mac Parthaláin, N., 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), 2063-2075.
- Yıldız A. K., 2016. Büyükbaş hayvanlarda kızgınlığın (östrus) hareketlilik ve çevre verilerinden yararlanarak yapay sinir ağları ile belirlenmesi. Doktora Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat, Türkiye.

EKLER

a)



b)

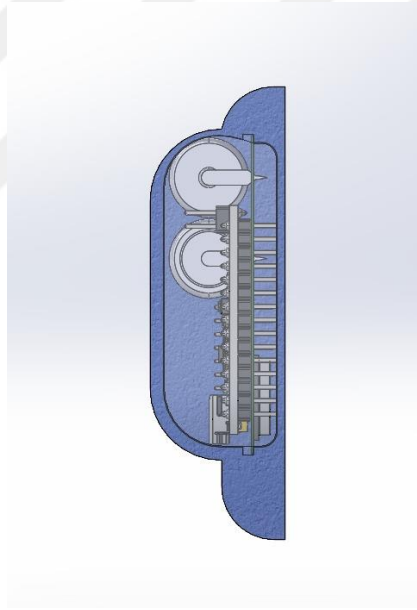


EK 1 - Şekil 3.7. a) Pedometrenin 3B modellemesi (önyüz) b) Pedometrenin 3B modellemesi (arka yüz)

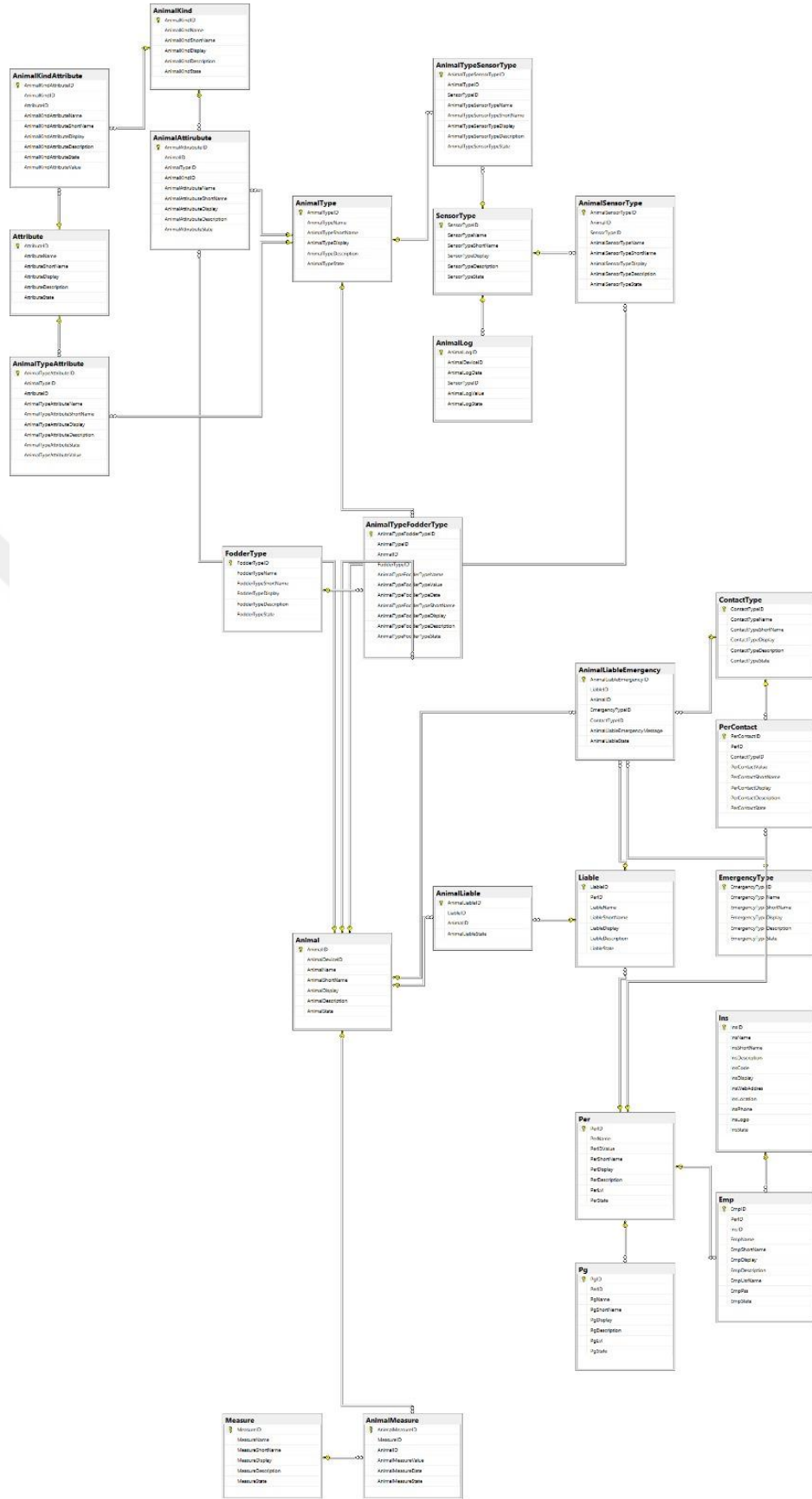
a)



b)



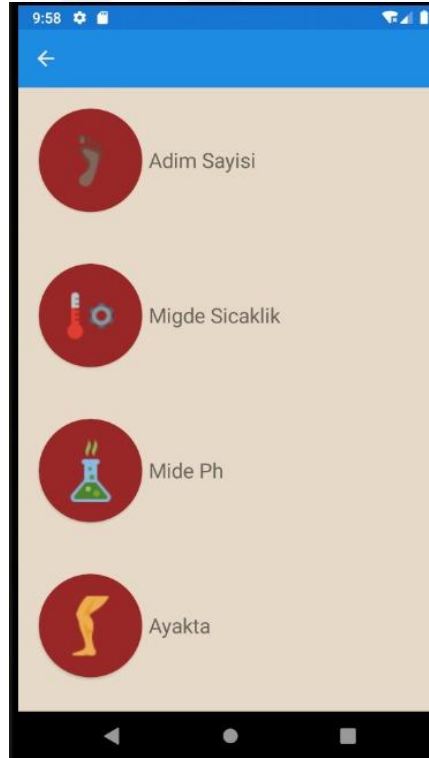
EK 2 - Şekil 3.9. a) Pedometre aparatı kutusunun kapalı hali b) Pedometre aparatının yandan görünümü



EK 3 - Şekil 3.14. Tüm sistemin veritabanı



EK 4 - Şekil 4.10. Hayvan bilgi sayfası



EK 5 - Şekil 4.11. Sensör bilgi sayfası - 1



EK 6 - Şekil 4.11. Sensör bilgi sayfası - 2