



**ANDROİD STATİK AYAK PLANTAR BASINÇ DAĞILIM ÖLÇÜM
SİSTEMİNİN TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ**

Kemalettin AKTAŞ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİLGİSAYAR BİLİMLERİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ**

ARALIK 2019

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Kemalettin AKTAŞ

12 / 12 / 2019

ANDROİD TABANLI STATİK AYAK PLANTAR BASINÇ DAĞILIM ÖLÇÜM SİSTEMİNİN TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Kemalettin AKTAŞ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ

Aralık 2019

ÖZET

Bu çalışmada giyilebilir yürüyüş analizi sistemleri için ayak plantar basınç dağılımını ölçen, kaydeden ve görselleştiren Android tabanlı bir gömülü sistem tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Sistem iki adet ayakkabı modülü ve bir Android mobil cihazdan oluşmaktadır. Giyilebilir plantar basınç dağılım ölçüm sistemlerinde genellikle araştırmacılar kendi tasarladıkları sensörleri kullanmışlardır. Bu çalışma için tasarlanan ayakkabı modülünde mevcut çalışmalardan farklı olarak 954 noktadan ölçüm yapabilen endüstriyel olarak üretilen ticari amaçlı bir plantar basınç sensörü olan Tekscan Medical Sensor 3000E kullanılmıştır. Ayakkabı modülleri ayak basınç dağılımını tespit ederek bluetooth üzerinden Android cihaza aktarmaktadır. Android cihaz ise iki modülden aynı anda aldığı verileri kaydederek, kullanıcıya isterse veri kayıtlarını, isterse basınç dağılım görüntüsünü sunabilmektedir. Çalışma sayesinde giyilebilir yürüyüş analizi sistemlerinin ayak basıncını daha detaylı ölçebilmesi ve günlük kullanıma uygun hale getirerek klinik ortamından bağımsız ölçümler yapılabilmesi sağlanmaktadır.

Bilim Kodu : 92417

Anahtar Kelimeler : Gömülü sistemler, android geliştirme, plantar basınç ölçümü

Sayfa Adedi : 79

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Fecir DURAN

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF ANDROID BASED STATIC FOOT PLANTAR PRESSURE DISTRIBUTION MEASUREMENT SYSTEM

(M. Sc. Thesis)

Kemalettin AKTAŞ

GAZİ UNIVERSITY

INFORMATICS INSTITUTE

Aralık 2019

ABSTRACT

In this study, an Android-based embedded system that measures, records and visualizes foot plantar pressure distribution for wearable gait analysis systems is designed and realized. The system consists of two shoe modules and an Android mobile device. In wearable plantar pressure dispersion measurement systems, researchers often use their own designed sensors. Unlike the current studies, the Tekscan Medical Sensor 3000E, an industrially and commercially produced plantar pressure sensor capable of measuring 954 points, is used in the shoe module designed for this study. Shoe modules detect foot pressure distribution and transfer them via Bluetooth to the Android device. The Android device can record data it receives from two modules at the same time, providing the user with data records if they want, or the pressure dispersion image if they want. The study allows wearable walking analysis systems to measure foot pressure in more detail and make it suitable for daily use, enabling independent measurements from the clinical environment.

Science Code : 92417

Key Words : Embedded systems, android development, plantar pressure measurement

Page Number : 79

Supervisor : Assist. Prof. Dr. Fecir DURAN

TEŐEKKÖR

Yükseköğrenim hayatım boyunca ve bu tez çalışmasında bilgilerinden, tecrübelerinden çokça faydalandığım, çalışmalarım boyunca bana büyük sabır ve anlayışla yaklaşan, maddi manevi desteğini esirgemeyen danışman hocam Fecir DURAN' a, üzerimdeki emekleri ve manevi destekleri için annem Meryem AKTAŞ ve babam Mustafa AKTAŞ' a, bu uzun süreçte gösterdiği anlayıştan dolayı sevgili eşim Fatma AKTAŞ' a, desteklerinden ötürü çalışma arkadaşlarıma çok teşekkür ederim. Ayrıca yardımlarından ötürü Serdar DERİCİ' ye şükranlarımı sunarım.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	ix
RESİMLERİN LİSTESİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
1.GİRİŞ	1
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	5
3.MATERYAL VE METOT	13
3.1. Ayak Basınç Dağılım Sensörü	14
3.2. Konnektör.....	18
3.3. Arduino Mega ADK 2560.....	18
3.4. HC-06 Bluetooth Modülü.....	21
3.5. MCP3008	23
3.6. Arduino IDE Yazılım Geliştirme Ortamı.....	26
3.7. Processing.....	31
4.ANDROİD TABANLI STATİK AYAK PLANTAR BASINÇ DAĞILIM ÖLÇÜM SİSTEMİNİN TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ....	39
4.1. Arduino Yazılımı.....	40
4.2. Android Yazılımı.....	45
4.3. Sistem Donanımının Gerçekleştirilmesi.....	49
5.DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA	59
5.1. Ayakkabı Modüllerinin Test Edilmesi	59
5.2. Android Uygulamasının Test Edilmesi	61
5.3. Tartışma.....	70
6.SONUÇ	75
KAYNAKLAR	77
ÖZGEÇMİŞ	79

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1 Basınç dağılım sensörünün maksimum ölçüm sınırı	14
Çizelge 3.2. Basınç dağılım sensörünün teknik detayları	17
Çizelge 3.3. MCP3008 pin tanımları	24
Çizelge 5.1. Ayak taban bölgelerine düşen ortalama kuvvet ölçümleri	68
Çizelge 5.2. Gerçekleştirilen sistem ile yapılan test sonuçları.....	69



ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Simona Crea çalışmasında kullanılan sensörün iç yapısı	10
Şekil 2.2. Simona Crea tarafından gerçekleştirilen sistemin genel mimarisi	10
Şekil 3.1. Sistemin genel yapısı	13
Şekil 3.2. Basınç dağılım sensörünün iç yapısı.....	15
Şekil 3.3. Samtec MEC8-150-02-L-DV teknik detaylar	18
Şekil 3.4. Samtec MEC8-150-02-L-DV	18
Şekil 3.5. MCP3008 pin yerleşimi	26
Şekil 4.1. Sistemin ayakkabı modülleri için tasarlanan gömülü sistemin mimari yapısı	39
Şekil 4.2. Basınç dağılım sensöründen bilgi okunması	40
Şekil 4.3. Gömülü sistem yazılımının algoritması.....	43
Şekil 4.4. Sistemin Android yazılımının genel mimari diyagramı	48

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. GaitShoe	7
Resim 2.2. GaitShoe ayakkabı içerisine yerleştirilen tabanlık modülü	7
Resim 2.3. L. Shu ve arkadaşları tarafından geliştirilen plantar basınç ölçüm sistemi ..	8
Resim 2.4. A. Ming Tan ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada verilen sonuçlar.	8
Resim 2.5. N.K. Rana'nın geliştirdiği sensör ve bağlantı ara birimi	9
Resim 2.6. POGASYS tabanlık modülü	11
Resim 2.7. POGASYS ayakkabı modülü ve terminal modülü	12
Resim 3.1. Tekscan Medical Sensor 3000E arka görünümü	16
Resim 3.2. Tekscan Mecial Sensor 3000E ön görünümü	16
Resim 3.3. Tekscan Medical Sensor 3000E bağlantı ara yüzü	17
Resim 3.4. Arduino Mega ADK 2560	20
Resim 3.5. HC06 Bluetooth modülü.....	21
Resim 3.6. Arduinio ile AT ayarı yapmak için gerekli kodlar.....	22
Resim 3.7. MCP3008 entegresi dış görünüm	25
Resim 3.8. Arduino IDE çalışma alanı görüntüsü	27
Resim 3.9. Arduino IDE Taslak ve library menüsü.....	29
Resim 3.10. Arduino IDE araçlar menüsü ve kart seçimi.....	30
Resim 3.11. Arduino IDE araçlar menüsü ve port seçimi	31
Resim 3.12. Processing çalışma ekranı.....	33
Resim 3.13. Processing'de kodlama modu seçimi	34
Resim 3.14. Processing sketch menüsü kütüphane ayarları	35
Resim 3.15. Processing Contribution Manager ekranı	35
Resim 3.16. Contribution Manager Modes sekmesi.....	37
Resim 3.17. Contribution Manager Tools sekmesi.....	37

	Sayfa
Resim 4.1. Sensörü incelemek için tasarlanan soket devresi.....	50
Resim 4.2. Breadboard üzerinde yapılan ADC-soket-sensör deneyi.....	51
Resim 4.3. Bilgisayar ortamında yapılan benzetim	52
Resim 4.4. Benzetim programı ile sensörün ve ADC sisteminin testi.....	53
Resim 4.5. Gömülü Sistem PCB'sinin ön ve arka görünümü	54
Resim 4.6. Devre elemanlarının PCB'ye montajı sonrası ön ve arka görüntüleri	55
Resim 4.7. Gerçekleştirilen gömülü sistem devresinin son hali arka görünümü.....	56
Resim 4.8. Gerçekleştirilen gömülü sistem devresinin son hali ön görünümü.....	56
Resim 4.9. Gerçekleştirilen ayakkabı modülünün son hali.....	57
Resim 5.1. Ayak modülünün giyilmesi ön görünüş.....	59
Resim 5.2. Ayak modülünün giyilmesi yan görünüş.....	60
Resim 5.3. Ayakkabı modülüyle yapılan yürüme testi	60
Resim 5.4. Ayakkabı modülleri bağlantı ayaları	62
Resim 5.5. Veri tabanı tablolarından bir kesit	63
Resim 5.6. Veri transferi ve kayıt ekranı	64
Resim 5.7. Android yazılımında mevcut kayıtları listeleme ekranları	65
Resim 5.8. Ayak basınç dağılım ekranı	66
Resim 5.9. Basınçları tespit edilen ayak tabanı bölgeleri	67

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamalarıyla birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

kPa

Kilo pascal

MΩ

Mega ohm

GHz

Giga hertz

MBps

Megabit bölü saniye

mA

Miliamper

Kısaltmalar

Açıklamalar

ADC

Analog dijital çevirici

GYA

Gözlemsel yürüyüş analizi

I/O

Input / Output

ICSP

In-Circuit serial programming

IDE

Integrated development environment

PCB

Printed circuit board

PDIP

Plastic dual inline package

PWM

Pulse width modulation

RF

Radyo frekansı

SOIC

Small outline integrated circuit

UART

Universal asynchronous receiver transmitter

YHD

Yüke hassas direnç

1. GİRİŞ

Bir yerden bir yere hareket etmek amacıyla, en az biri her zaman yer ile temas halinde olacak şekilde, destek ve ilerlemek için iki bacağın birlikte kullanılmasına yürüme denir [1].

Yürüme, memeli canlılarda en temel hareketlerin başında gelmektedir. İki ayak üzerinde dik bir şekilde yapılan yürüme ise sadece insanoğluna özgü olarak gelişmiştir. İnsanoğlu memelilerin içinde iki ayak üzerinde dik durabilen ve yürüyen tek canlıdır [2]. İnsan yaşantısının genelinde olduğu gibi, yürümede de doğuştan veya sonradan meydana gelen bazı rahatsızlıklar oluşabilmektedir. Bunların tespiti için yürümeyi oluşturan tüm bileşenleri tam olarak kaydedecek sayısal veriye dönüştürecek, verilerin tekrar incelenmesini ve kıyaslanmasını sağlayacak, tedavinin etkinliğinin değerlendirilmesine yardımcı olacak, yani yürümenin analizini yapacak sistemler geliştirilmiştir [4]. Yürüyüşte oluşan sorunların tespitinde kullanılan yürüyüş analizi, teknolojik açıdan günden güne gelişmektedir.

Yürüyüş analizinde elde edilen veriler, gözlemsel yürüme analizinden farklı olarak, sayısal bilgiler içerir ve gözlemciden bağımsız, yansız sonuçlar verir. Bu veriler saklanabilir ve aynı denek için değişik zamanlarda alınan veriler veya bir denek grubunun verileri istatistik olarak değerlendirilebilir. Yürüme analizi sonuçları tanı koymakta, tedavi planlamasında ve değerlendirmesinde, ortez ve protez tasarlama, hasta üzerinde ayarlama ve değerlendirmesinde yardımcı bir araç olarak kullanılmaktadır [5].

Günümüzde yürüyüş analizi, patolojik vakalarla sağlıklı bireylerin ayırt edilmesini gerektiren çalışmalar ile iskelet-kas sistem bozukluklarının ve nörolojik bozukluklarının değerlendirilmesini ve tedavi edilmesini içeren çalışmalarda kullanılmaktadır. Yürüyüş analizinde, klinisyenlerin gözlem ve tecrübelerine dayanan değerlendirmeleri esas alan ve yaygın olarak kullanılan yöntemin dışında, cihaza dayalı birçok farklı yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler genelde, kullanılan cihaza bağlı olarak, elektrogonyometri, yüksek hızlı fotoğrafıma, video kamera sistemleri, kuvvet platformları, elektromiyografi, ayak swiçleri ve eylemsizlik algılayıcıları şeklinde gruplandırılabilirken bu cihazların vücutta kullanım yerleri de ayak, ayak bileği, alt bacak, üst bacak ve kalça olarak değişmektedir [3].

Yürüyüş analiz sistemi ile ilgili çalışmalar; kullanılan algılayıcılara, veri transferi ve veri işleme şekline, yapılan kabullere ve kullanılan algoritmaya göre çeşitlilik göstermektedir.

Şu ana kadar yapılmış olan çalışmalara rağmen her klinikte kullanılacak kadar maliyeti düşük ve kullanımı kolay bir yürüyüş analiz sistemi henüz oluşturulamamıştır [3].

Yürüyüş ve hareket analizlerinde önemli bir yeri olan ölçümlerden birisi plantar basınçtır. Plantar basınç ayak tabanının yer ile teması sırasında uygulanan basınçtır. Plantar basınç dağılımı ölçümü için iki yöntem bulunmaktadır. Birincisi platform yöntemi, ikincisi ayakkabı içi tabanlık yöntemidir. Ayak plantar basınç dağılımı ölçümü için kullanılan platformlar özel laboratuvarlarda bulunan maliyeti yüksek sistemler olduğundan, gün geçtikçe ayakkabı için tabanlık yöntemi yaygınlaşmaktadır. Bu yöntemde ayakkabı üzerine yerleştirilen sistem ile tabanlık içerisindeki sensörler aracılığıyla ölçüm yapılmakta ve sonuçları bilgisayara aktarılıp bu şekilde değerlendirilmektedir.

Bu tez çalışmasında amaç, günümüz teknolojisinin getirdiği imkanları da kullanarak, hali hazırda klinisyenler tarafından kullanılmakta olan daha önceki yöntemlere alternatif, mobil cihaz tabanlı ve giyilebilir bir sistem gerçekleştirmektir.

Bu çalışma Android tabanlı düşük maliyetli, taşınabilir, giyilebilir kablosuz bir yürüyüş analizi sistemi tasarımının en önemli kısmı olan ayak plantar basınç dağılımı verisinin toplanması, kaydedilmesi, mobil cihaza bluetooth aracılığı ile aktarılması, mobil cihaza aktarılan verilerin görselleştirilip uygulayıcıya sunulmasını sağlamaktadır.

Bugüne kadar yapılan giyilebilir yürüyüş analiz çalışmalarında ve giyilebilir plantar basınç dağılımı tespiti çalışmalarında ayak plantar basıncını ölçmek için çoğunlukla ayak tabanının belirli bölgelerinden alınan basınç bilgileri kullanılmıştır. Topuk, baş parmak, tarak kemiklerinin birinci ve sonuncuları vb. bölgelere sensörler konulmuştur. Ayrıca bazı çalışmalarda tek ayak için ölçüm yapılmıştır, iki ayak ile aynı anda yapılan çalışmalarda ise ayaklardan gelen veriler için önce bir terminale daha sonra bilgisayar ortamına bilgi gönderilmiştir.

Bu çalışmada ayak tabanına ait 954 noktadan veri okuyarak detaylı basınç dağılım ölçümü yapabilen, Tekscan firmasının ürettiği Medical Sensor 3000E modeli sensör kullanılmıştır. Verilerin aktarılması için aracı bir terminal bulunmamaktadır ve veriler bilgisayar ortamına değil iki ayaktan aynı anda taşınabilir Android mobil cihaza aktarılmaktadır. Bu sayede yürüyüş analizi ve plantar basınç ölçüm sistemlerinde ayak tabanı basınç grafikleri çok daha hassas ve detaylı bir şekilde incelenebilecek olup, aynı zamanda sistem daha kompakt bir hale getirilebilmiştir.

Bu tez çalışması altı bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın ikinci bölümünde plantar basınç dağılımı ölçümü ile ilgili daha önce yapılan çalışmaların incelenmesi yapıp içerikleri ile ilgili bilgi verilmiştir. Üçüncü bölümde, tasarlanan sistemin yapısı, kullanılan materyaller ve sistem tasarımı da kullanılan algoritmalar verilmiştir. Dördüncü bölümde, sistemin gerçekleştirilmesi adımları ve görüntüleri verilmiştir. Beşinci bölümde, sistemin uygulanması sonrası çekilen fotoğraflar, alınan ekran görüntüleri ve bazı test sonuçları paylaşılmıştır. Son bölümde bu tez çalışmasının sonucu, değerlendirilmesi yapılmış ve gelecekte bu çalışma temel alınarak yapılabilecek yeni çalışmalar hakkında fikirler öngörüler paylaşılmıştır.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Geçmişten günümüze yapılan yürüyüş analizi yöntemleri incelendiğinde, çok yaygın kullanılan ve en düşük maliyetli olduğu görülen, klinisyenlerin çıplak gözle yaptığı analiz yaptığı gözlemsel yürüyüş analizi yöntemidir. Ancak burada gözlemin güvenilirliği tartışmalıdır, zira hastayı gözlemleyen klinisyenin tecrübesine, dikkatine ve uzmanlığına göre farklı sonuçlar oluşabilme durumu mevcuttur ayrıca sağlıklı bir sonuca varmak oldukça zordur. Daha sonraları fotoğraf ve video teknolojilerinin de gelişmesiyle hastaların yürüyüşleri video kaydına alınarak, yürüme analizinde kullanılan zaman parametreleri (tempo, yürüme hızı, adım süresi, çift adım süresi), video kayıtları tekrar izlenerek, görüntüler geri sarılarak hesaplanmaya çalışılmıştır. Bu şekilde gözleme dayalı yöntemlere göre daha niceliksel veriler elde edilmiştir. Fakat bu yöntem, yürüme analizinde ayağın açılma hareketleri ile taban ve yer arasında oluşan etki-tepkilerden hesaplanan kinetik ve kinematik hareket değerleri için bir çözüm olmamıştır.

Kinematik, ekstremit segmentini ve eklem hareketini tanımlar. Kinematik veriler eklem ve vücut segmentlerinin hareketlerini, doğrusal ve açılma yer değişimini, hız ve ivmelerini tanımlar. Kinematiği ölçmek için elektrogonyometre, yürüme “halıları”, manyetik sistemler ve optik sistemler kullanılır. Günümüzde yürüme laboratuvarlarında kinematik ölçümünden çok kullanılan teknik, optoelektronik sistem olarak bilinen ve yürüme sırasında üç düzlemde her bir ekstremit segmenti ve eklemine hareketini değerlendirebilen gelişmiş bilgisayarlı bir video kamera sistemidir. Kinetik analizde yer tepkimesi kuvvetleri, eklem momentleri ve eklem güçleri gibi hareketi oluşturan kuvvetler incelenir [6]. Bu verilerdeki eksikliklerin giderilmesi için ve yürümedeki tüm değişkenlerin incelenmesi için 3 Boyutlu Bilgisayarlı Yürüyüş Analizi sistemleri geliştirilmiştir. Bu sayede yürüme verilerinin tam olarak toplanabilmesi, analiz edilmesi, görselleştirilmesi sağlanabilmiştir. Fakat yapılan araştırmalara göre bu sistemlerin kurulmasının oldukça maliyetli olması, ayrıca sistemi kullanacak kişilerin bu konuda özel uzmanlığa ihtiyaç duyması, sistemin yaygınlaşmasının önüne geçmiştir. Bu konuda Serkan TAŞ'ın “Diz Osteoartritli Hastalarda 3-Boyutlu Bilgisayarlı Yürüme Analizi ile Gözlemsel Yürüme Analizi Sonuçlarının Karşılaştırılması” başlıklı tez çalışmasında “Yürüme bozukluklarının değerlendirilmesi ve tespiti için 3BYA (3-Boyutlu Yürüyüş Analizi) sistemleri altın standart olarak kabul görmektedir. Buna rağmen 3BYA sistemlerinin pahalı olması, uygulamanın uzun zaman alması ve yorumlamanın yüksek düzeyde bilgi ve deneyim gerektirmesi klinikte yaygın olarak

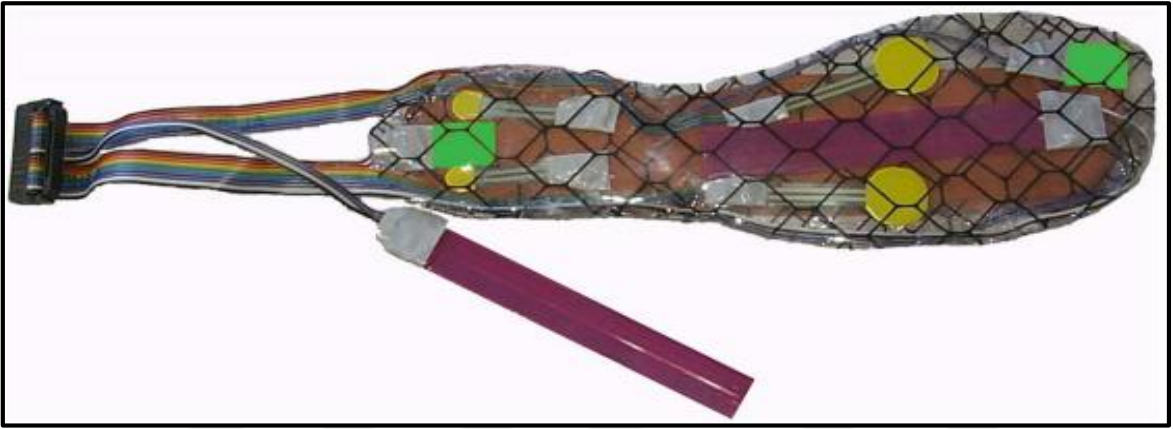
kullanılmasına engel oluşturmaktadır. GYA (Gözlemsel Yürüyüş Analizi)'nin hızlı, ucuz ve kolay uygulanabilir olması nedeniyle klinik kullanımda yürüme bozukluğunu tespit etmek için en sık kullanılan yürüme analizi yöntemi olduğu görülmektedir” denmektedir. Halen en yaygın analiz yönteminin GYA olduğu araştırmalarda görülmektedir [2].

Son yıllarda kantitatif yürüyüş analizinin kullanımını daha da yaygınlaştıracak çalışmalar giderek artmaktadır. Bu çalışmalarda genel amacın yukarıda bahsedilen kısıtların önüne geçmek olduğu açıktır. Yürüyüş analizlerinde kullanılan plantar basınç dağılımı ölçümünün, mekândan bağımsız hatta giyilebilir hale getirilmesi, kullanımı için fazla uzmanlık gerektirmeyen, yani kullanıcı dostu bir sistem olması, aşırı maliyetli bilgisayarlı analizlerin yerine daha cüzi maliyetli cihazların ikame edilmesi için yapılan bazı çalışmalar bu bölümde incelenecektir. Özellikle bu çalışmalar içerisinde ayak basınç verilerinin toplanması için kullanılan kuvvete duyarlı noktasal ölçüm yapan sensörlerin ve basınç dağılım sensörlerinin özellikleri incelenmiştir.

Morris Bamberg, 2004 yılında “A Shoe-Integrated Sensor System For Wireless Gait Analysis and Real-Time Therapeutic Feedback” adlı doktora çalışmasında ürettiği giyilebilir yürüyüş analizi ayakkabısına “GaitShoe” adını vermiştir. Bu çalışma ile ayrıca bazı hastalıkların makine öğrenmesi ile tespitini yapmıştır. Ayakkabı içerisine yerleştirilen bir tabanlık vasıtasıyla ayak basıncını, topuk vuruş zamanlamasını ve baş parmak kalkış zamanlamasını ölçmüştür. Oluşturduğu bu tabanlık içerisinde bir tane topuğa iki tane de ayak tarağının birinci ve dördüncü (metatarsal I-IV) noktalarına yüke hassas direnç yerleştirdi, interlink firmasının FSR400-FSR402 ürününü kullandı. Ayrıca iki tane çift eksen ivmeölçer üç tane jiroskop kullandı bunları ayakkabının arkasına yerleştirdi 2 adet çift yönlü bend sensörü tabanlığa koydu kullandı. Ayakkabı üzerine yerleştirdiği sistem ile terminal arasındaki iletişimi RF alıcı verici sistemi ile sağladı. Sistemin çalışması için mikrodenetleyici olarak Silicon Labs firmasının C8051F206 modelini kullandı. Sistem iki ayakkabı üzerine yerleştirilen ve sensörlerden bilgi toplayan ayakkabı modülü ve bir baz istasyonundan, yani toplam üç bileşenden ibarettir. Terminal ise RS232 protokolü ile bilgisayara bağlanmaktadır. Resim 2.1.'de sistemin prototipi ve Resim 2.2.'de ayakkabı içerisine yerleştirilen modülün yapısı verilmiştir [7].



Resim 2.1. GaitShoe [7]



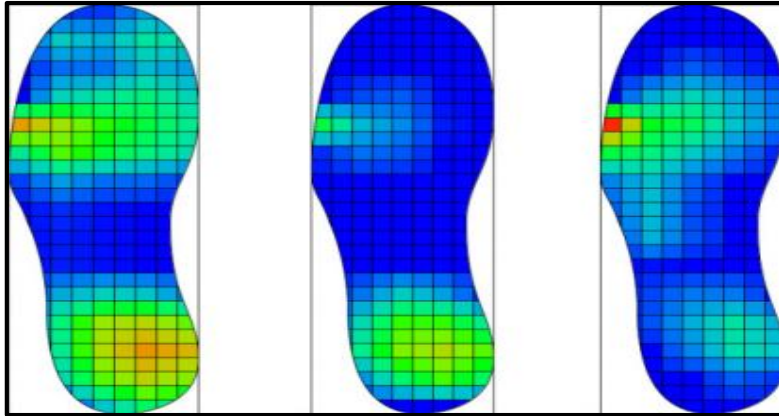
Resim 2.2. GaitShoe ayakkabı içerisine yerleştirilen tabanlık modülü [7]

Lin Shu ve arkadaşları 2010 yılında “In-Shoe Plantar Pressure Measurement and Analysis System Based on Fabric Pressure Sensing Array” isimli çalışmalarında ayak tabanında belirlenmiş 6 noktadan basınç ölçümü yapan ayakkabı içi tabanlık yapmışlar ve buradan ölçülen basınç verilerini bluetooth ile bilgisayar ortamına ve akıllı telefona göndererek plantar basınç ölçümünü ve analizini gerçekleştirmişlerdir. Resim 2.3.(b)’de kullanılan tabanlık ve Resim 2.3.(a)’da sistemin prototipi görülmektedir. Geliştirilen sistem, ölçümleri tek ayak üzerinden yapabilmektedir. Çalışma içerisinde testler genellikle sağ ayak üzerinde yapılmıştır. Geliştirilen program ara yüzünde yapılan ölçümlerin grafiklerini ve tabanda ölçülen noktaların basınç değerleri ve analiz sonuçları gösterilmiştir. Geliştirilen masaüstü uygulaması ile akıllı telefon uygulaması aynı ara yüze sahiptir ve ikisi de Windows işletim sistemine göre inşa edilmiştir [8].



Resim 2.3. Lin Shu ve arkadaşları tarafından geliştirilen plantar basınç ölçüm sistemi [8]

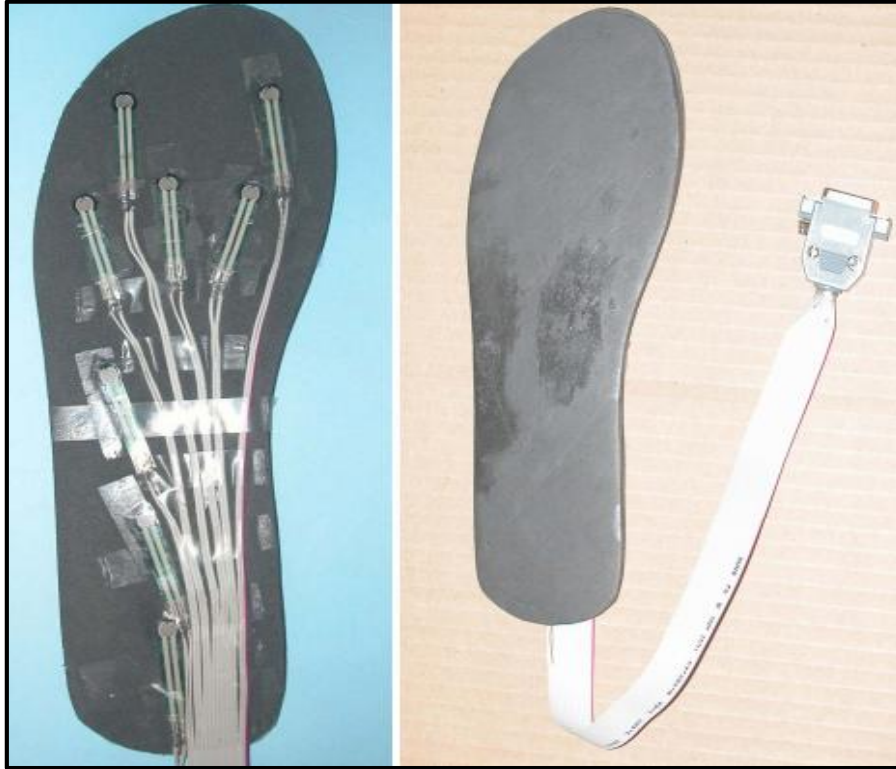
Adin Ming Tan ve arkadaşları tarafından 2015 yılında yapılan “Design of Low Cost Smart Insole for Real Time Measurement of Plantar Pressure” adlı çalışmada bir plantar basınç dağılım sensörü geliştirilmiş ve bunun üzerine kurulan sistem ile plantar basınç dağılımı görselleştirilmiştir. Geliştirilen basınç dağılım sensörü 5 sütun ve 15 satır keşişmesiyle oluşan toplam 75 hassas noktaya sahiptir. Bu noktalardan ölçülen değerleri bilgisayar ortamına aktararak gerçek zamanlı olarak görselleştirmişlerdir. Sistem iki ayağı da ölçmek için tasarlanmış bir ayaktan ölçülen verileri bluetooth ile önce diğer ayaktaki sisteme ardından dizüstü bilgisayara aktarılmıştır. Fakat çalışma sonuçlarında yalnız sol ayağa ait test sonuçları gösterilmiştir. Çalışmada gösterilen sonuç Resim 2.4.’te verilmiştir [9].



Resim 2.4. A. Ming Tan ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada verilen sonuçlar [9]

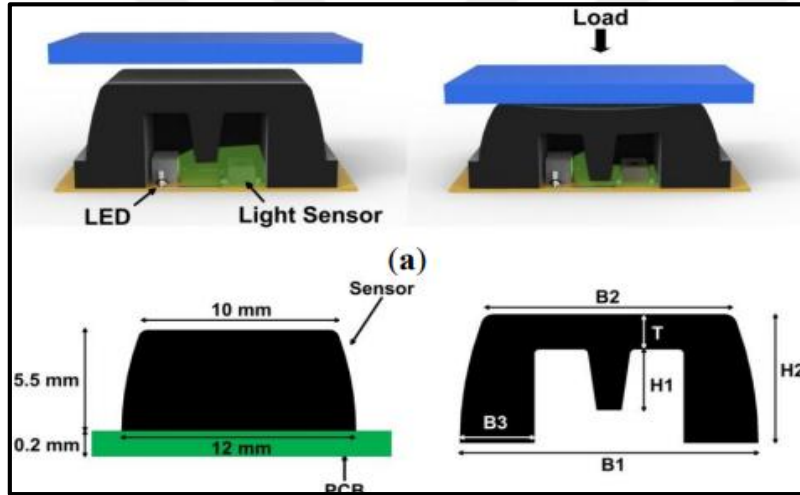
Abdul Hadi Abdul Razak ve arkadaşları, 2012 yılında “Foot Plantar Pressure Measurement System: A Review” isimli çalışmada şimdiye kadar geliştirilmiş ayak tabanı plantar ölçüm sistemlerini ve türlerini açıklamıştır. Bu çalışmada ölçüm sistemi türlerini, bir ayak tabanı sensörünün hangi özelliklerde olması gerektiğini incelemiştir. Çalışmasında piyasada satılan ayak tabanı ölçüm sensörlerini, çeşitlerini ve çalışma prensiplerini de anlatmıştır. Geçmişte ve son zamanlarda ayak tabanı sensörleriyle yapılan kablolu ve kablosuz yürüyüş analizi sistemi çalışmalarını incelemiştir. Çalışmasında son olarak ayak tabanı ölçümlerinin günlük hayattaki kullanım alanlarından ve öneminden bahsetmiştir [10].

N.K Rana, 2009 yılında “Application of Force Sensing Resistor (FSR) in Design of Pressure Scanning System for Plantar Pressure Measurement” adlı çalışmada, geliştirdiği ayakkabı için plantar basınç sensörü ve ölçüm sistemi ile çeşitli hasta grupları testler ve analizler yapıp sonuçlarını paylaşmıştır. Geliştirilen plantar basınç ölçüm sensörü kauçuk bir tabanlık üzerinde 8 bölgeye yerleştirilen kuvvete duyarlı dirençten oluşmaktadır. Sensör Resim 2.5.’te görülmektedir. Burada ölçtüğü analog değerleri Biopac MP100 adlı bir veri toplama sistemi ile toplanarak dijitale dönüştürülmüş ve USB ara birimi ile bilgisayar sistemine aktarılmıştır. Denekler üzerinde yapılan ölçümler ile yapılan analizlerin diyabetik ayak ülseri hastalığının erken tanısında ve tabanlık üretimlerinde kullanılabileceği belirtilmiştir [11].

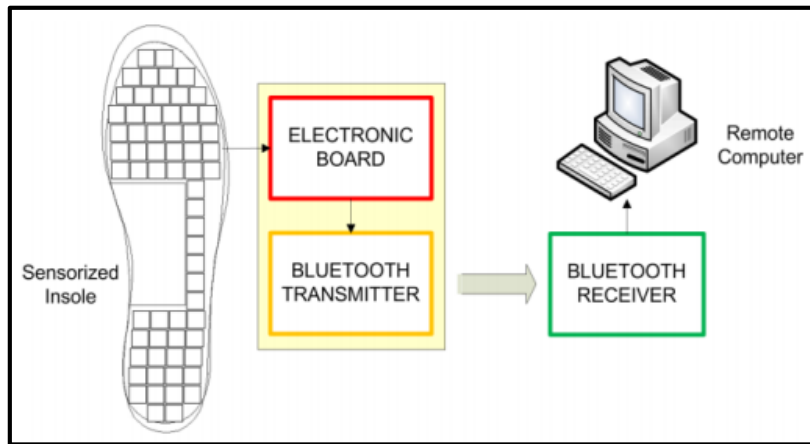


Resim 2.5. N.K. Rana'nın geliştirdiği sensör ve bağlantı ara birimi [11]

Simona Crea ve arkadaşları, 2014 yılında “A Wireless Flexible Sensorized Insole for Gait Analysis” başlıklı makalesinde, ışığa duyarlı optik elemanlar kullanarak üretilen, ayakkabı içerisine yerleştirilen bir ayak basınç sensörünü ve bu sensör kullanarak yapılan bir analiz sistemini anlatmaktadır. Bu esnek tabanlı bir elektronik devre üzerine yerleştirilen 64 adet basınca duyarlı elemandan oluşmuştur. Ayrıca bu ayakkabı içi tabanlı ile bir bilgisayar bluetooth aracılığıyla haberleştirilmiştir. Sensörlerin çalışma prensibi de makale içerisinde anlatılmıştır, buna göre her bir sensör içerisinde bir tane led ve bir tane ışık algılayıcı bulunmaktadır. Yük, sensörün üzerine bindiği anda esnek malzeme led ile algılayıcı arasındaki ışık miktarının değiştirerek algılayıcı üzerine düşen voltajın değişmesini sağlayarak basıncı ölçmektedir. Sensörün iç yapısı Şekil 2.4.’te, sistemin mimarisi Şekil 2.5.’te gösterilmiştir [12].

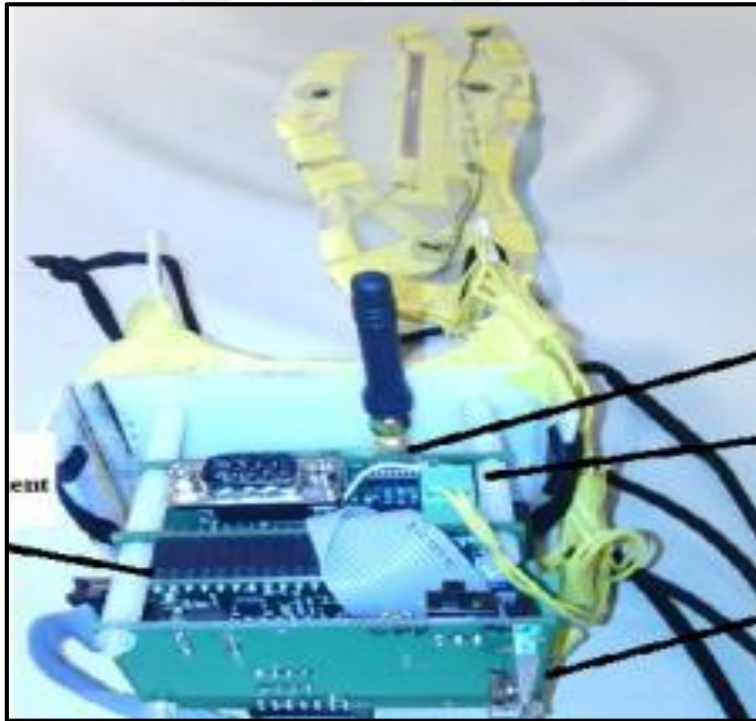


Şekil 2.1. Simona Crea çalışmasında kullanılan sensörün iç yapısı [12]

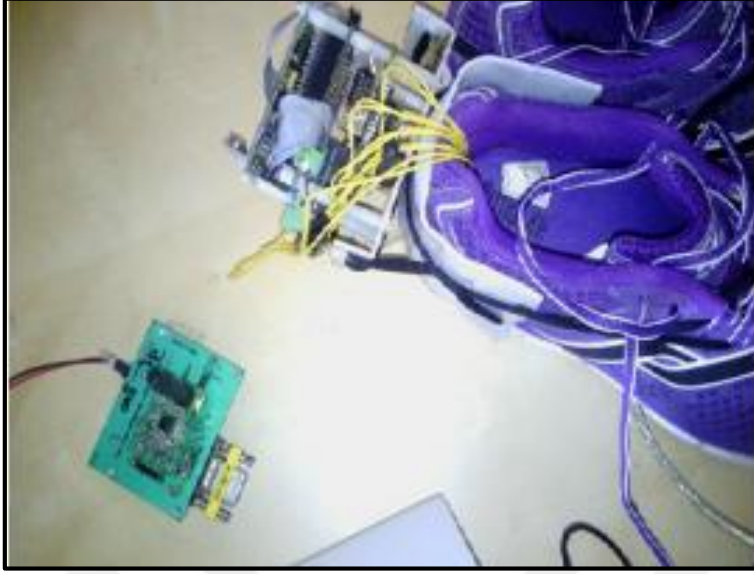


Şekil 2.2. Simona Crea tarafından gerçekleştirilen sistemin genel mimarisi [12]

Sibel Bakbak, 2014 yılında “Design of a Laboratory Independent Posture and Gait Analysis System” adlı çalışmasında “POGASYS” adı verilen bir yürüyüş analiz sistemi gerçekleştirilmesini konu edinmiştir. Bu çalışmasında geçmişte yapılan benzer çalışmalardan derlenen geniş çaplı bir literatür bilgisi paylaşmıştır. Sistemin ayakkabı kısmında bir tabanlık modülü ve jiroskop ve ivmeölçer kullanmıştır. Tabanlık ve ayakkabı modülü tek ayak için yapılmıştır. Ayakkabı içine yerleştirilen tabanlık modülünde 4 tane YHD (Yüke Hassas Direnç) kullanılmıştır. Bu dirençlerin birisini topuk, birisini baş parmak, birer tane de metatarsal 1 ve metatarsal 4 altına yerleştirmiş ve bir tane de bend sensör kullanmıştır. Resim 2.6.’da taban modülü görülmektedir. Mikrodenetleyici olarak PIC16F4523 kullanılmıştır. Aslen POGASYS sisteminin donanımsal kısmı ile Morris Bamberg’in 2004 yılında gerçekleştirdiği GaitShoe’nun donanımsal kısmının benzerliği oldukça fazladır. Sistem için ayrıca POGASYS adında özel bir yazılım üretilmiş, yazılım içerisinde sistemdeki sensörler için kalibrasyon bölümü, ayakkabı modülünden gelen yürüyüş parametrelerinin gösterildiği bir bölüm ve analiz bölümü bulunmaktadır. Ayrıca yazılım içerisinde 50 civarı parametre kullanılarak yapılan analize göre sınıflandırma yapılarak, kişinin hemipleji hastası olup olmadığının tespiti de yapılmaktadır [13].



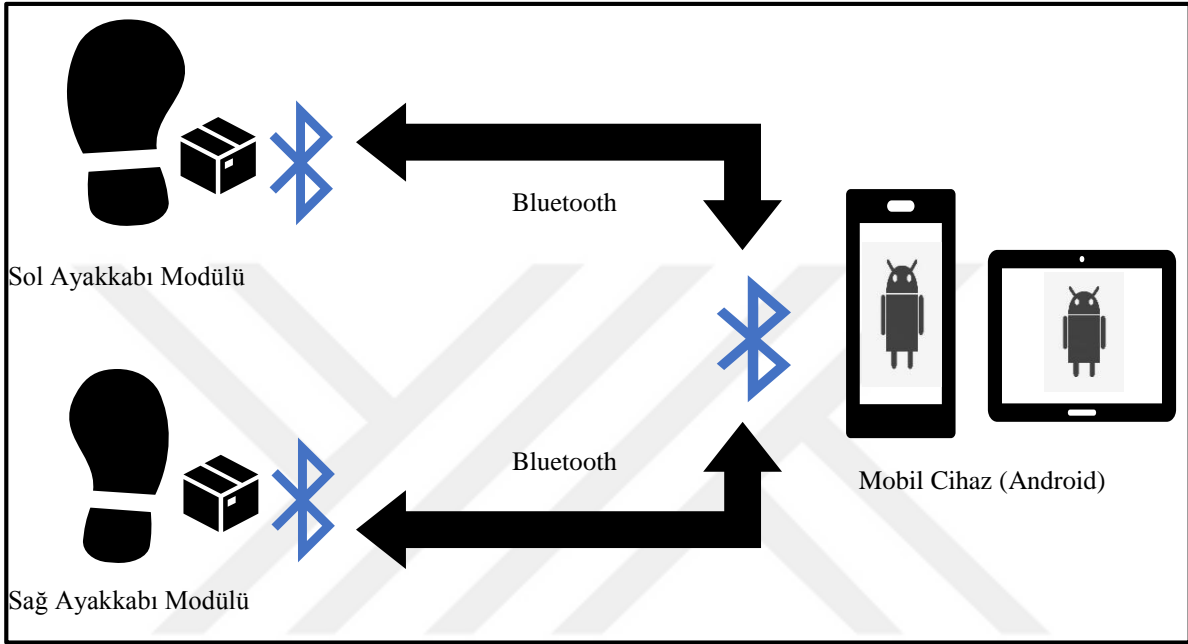
Resim 2.6. POGASYS tabanlık modülü [13]



Resim 2.7. POGASYS ayakkabı modülü ve terminal modülü [13]

3. MATERYAL VE METOT

Statik ayak plantar basınç dağılım ölçüm sistemi için gerçekleştirilen gömülü sistem sağ ve sol olmak üzere iki adet ayakkabı modülü ve bir adet Android tabanlı mobil cihazdan oluşmaktadır. Sistemin genel yapısı Şekil 3.1.'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Sistemin genel yapısı

Her bir ayakkabı modülü bluetooth ile sistem için üretilmiş mobil yazılım üzerinden eş zamanlı olarak mobil cihaza bağlanabilmektedir. Bu aşamadan sonra her iki ayakkabı modülünden gelen noktasal basınç verileri mobil cihaza aktarılır. Ayakkabı modüllerinden bluetooth ile transfer edilen basınç verileri mobil cihaz üzerinde öncelikle veri tabanına kaydedilmektedir. Veri tabanına kaydedildikten sonra kullanıcı, kaydedilen ayak basınç dağılımını görmek istediği takdirde veri tabanından gelen veriler görselleştirilip kaydedilen basınç değerine göre renklendirilerek kullanıcıya sunulmaktadır. Sistemde iki ayakkabı modülü de direkt olarak mobil cihaza bağlanıp aynı anda veri gönderebilmekte ve herhangi bir ara cihaza bağlantı yapılmamaktadır.

Sistemin ana unsurları olan sağ ve sol ayakkabı modülleri için özel bir gömülü sistem tasarlanmıştır. Bu sistemde tabanlık olarak Tekscan firmasının ürettiği Medical Sensor 3000E[14] modelinde bir ayak basınç sensörü, mikrodenetleyici olarak bir adet Arduino Mega ADK geliştirme kartı [15], bir adet HC-06 model Bluetooth modülü [16], 5 adet MCP-3008 analog dijital çevirici [17], bir adet 7.1 volt 1500 mAh lityum polimer pil, ayrıca ayak

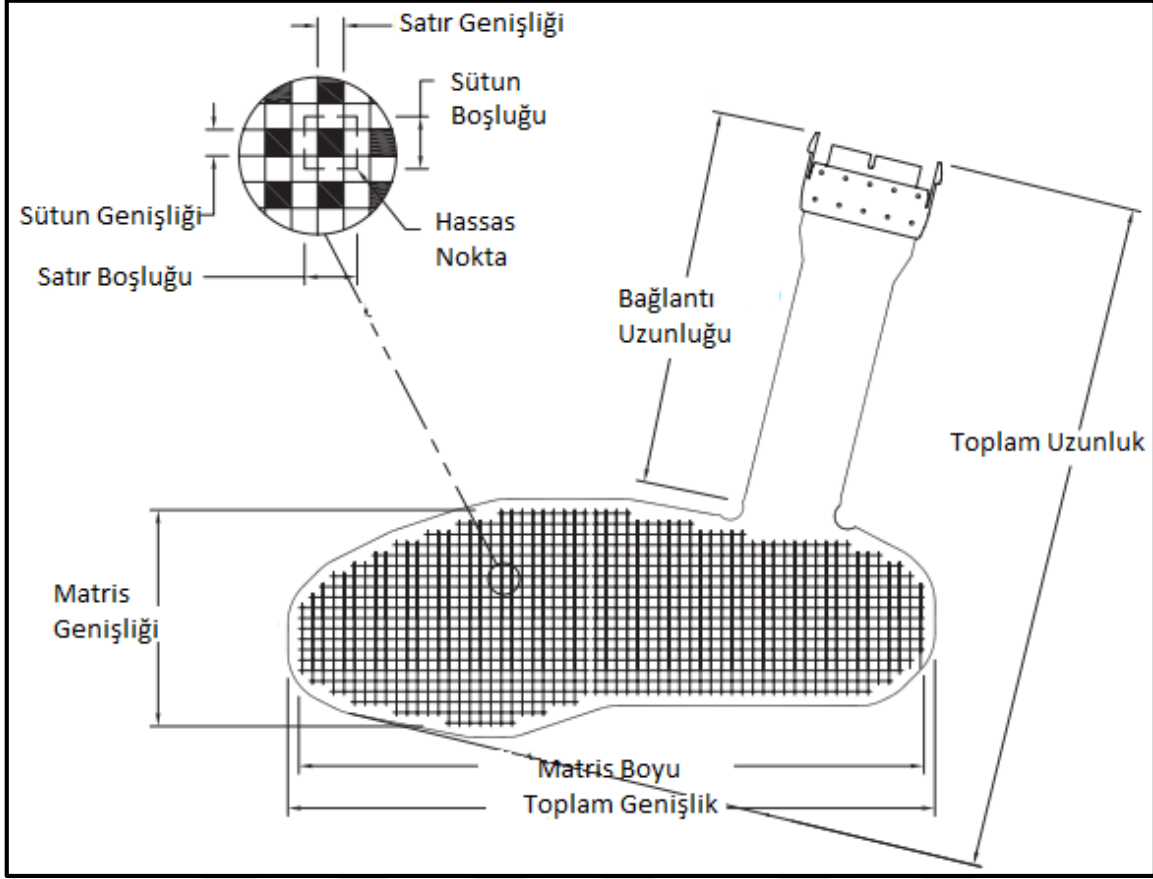
basınç sensörünün devre üzerine takılabilmesi için ise Samtec firmasının ürettiği mec8-150-02-1-dv model konnektör kullanılmıştır [18]. Ayrıca yazılımsal kısımda Arduino Mega ADK 2560 geliştirme kartını programlamak için Arduino IDE [19], mobil cihazları için üretilen yazılımın geliştirilmesi için ise Processing IDE [20] kullanılmıştır.

3.1. Ayak Basınç Dağılım Sensörü

Ayakkabı modüllerinin ana unsuru, ayak basınç dağılım sensörleridir. Bu sensörlerden sağ ayak ve sol ayak için iki adet kullanılmıştır. Sistem için Tekscan firmasının F-scan adı verdikleri kendi yürüyüş analiz ve pedobarografi sistemleri için de çokça kullandıkları Medical Sensor 3000E modeli tercih edilmiştir. Üretici firma bu modeli medical sensör olarak adlandırmaktadır [21] ve bu çalışma içerisinde basınç dağılım sensörü olarak adlandırılmıştır. Basınç dağılım sensörü kişiye özel olarak kullanılabilmesi için uluslararası ayakkabı numaralarına göre kademelendirilmiş, bu kademeler çizgilerle gösterilmiştir. Her çizginin üzerinde ait olduğu ayak numarası yazılmıştır. İstenilirse kişinin sahip olduğu ayak numarasına göre kesilebilir. Basınç dağılım sensörünün iç yapısı şekil 3.2’de, maksimum ölçüm sınırı Çizelge 3.1’de verilmiştir [14].

Çizelge 3.1. Basınç dağılım sensörünün maksimum ölçüm sınırı [14]

Basınç Ölçüm Birimi	Maksimum Değer
kPa	862
psi	125
g/cm^2	8790

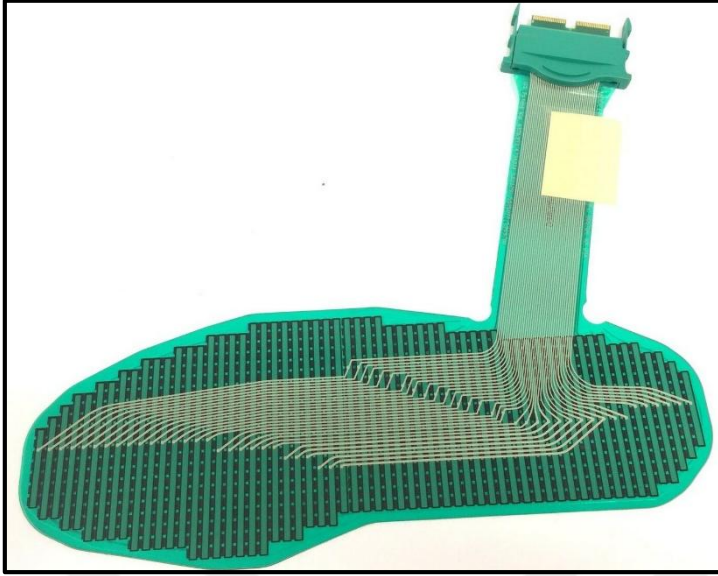


Şekil 3.2. Basınç dağılım sensörünün iç yapısı

Resim 3.1.'de sensörün arkadan görünümü ve Resim 3.2.'de sensörün önden görünümü verilmiştir.

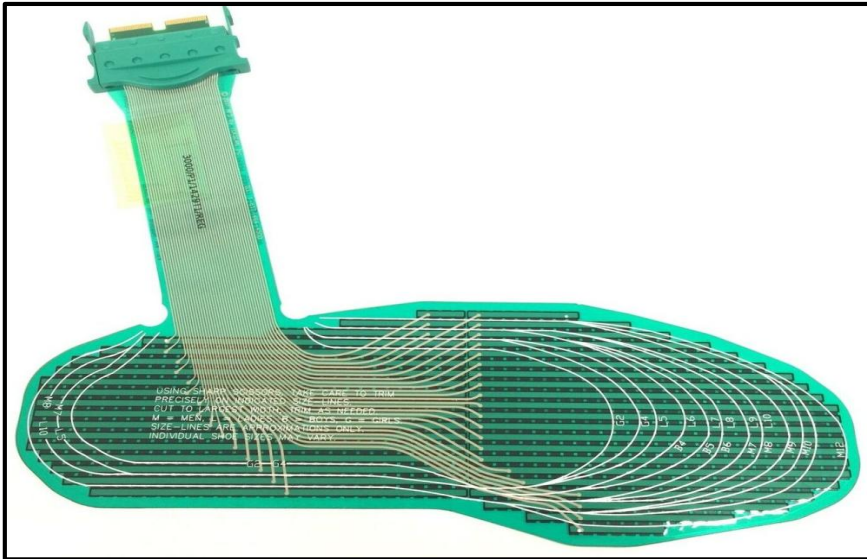
Sensör genel olarak incelendiğinde satır ve sütunlardan oluşan bir matris yapısı ile karşılaşmaktadır. Bu matriste satır ve sütunların kesiştiği her bir nokta bir basınç sensörüdür. Bu noktalara basınç uygulandığında ilgili noktanın direnç değeri düşmekte, bu şekilde uygulanan ağırlık algılanmaktadır.

Sensörün her bir hassas noktası ayarlı direnç yapısındadır. Yapılan inceleme ve detaylı ölçümlerde; sensör noktalarına herhangi bir basınç uygulanmadığı durumlarda aldığı direnç değerinin $5,8 \text{ M}\Omega - 6 \text{ M}\Omega$ aralığında olduğu tespit edilmiştir. Herhangi bir noktaya yüksek basınç uygulandığında ise direnç değerinin $1 \text{ M}\Omega$ seviyelerine kadar düştüğü tespit edilmiştir. Bu verilerden hareketle sensörden gelen analog ölçüm bilgisinin dijitale dönüştürülmesi işlemi yapılmıştır.



Resim 3.1. Tekscan Medical Sensor 3000E arka görünümü

Sensör, arka taraftan incelendiğinde yukarıdan aşağıya doğru 60 adet satırdan oluştuğu görülmüştür. Bu satırlar üstte 28 adet altta 32 adet olmak üzere iki bölüme ayrılmıştır. Üstteki bölümde bulunan dört tane satır hariç alt ve üst bölümdeki satır birbirine bağlıdır. En altta bulunan 8 satır ise bağımsızdır. Bu sebeple satırların bağlantı noktasından sensörün bağlantı arayüzüne 36 (28 ortak 8 bağımsız bağlantı) adet yol gitmektedir. Bağlantı arayüzünde bulunan 46 temas noktasının 36 tanesi aktif, diğerleri kullanılmamaktadır.



Resim 3.2. Tekscan Mecial Sensor 3000E ön görünümü

Sensör ön tarafından incelendiğinde bu yüzeyin sütunlardan oluştuğunu görmekteyiz. Bu sütunlar arka tarafta olduğu gibi üst ve alt olarak ikiye ayrılmış vaziyettedir. Sütunların

uzunluğu ve sayısı ayakta bulunduğu konuma göre değişmektedir. Kenarlarda kalan sütunlar daha kısa orta kısımlarda kalan sütunlar daha uzundur. Sensörün en geniş bölgesinde 21 adet, en dar bölgesi olan uç kısımlarda 7 adet sütun bulunmaktadır. Sütunlar ayağın alt kısmında en fazla 18 adet, üst kısmında en fazla 21 adettir. Sensörün ön tarafında arkada olduğu gibi ortak uç kullanımı söz konusu değildir. Burada her bir sütun bir bağlantı yolu ile, sensörün bağlantı ara yüzüne ulaşmaktadır. Üst tarafta 21, alt tarafta 18 tane olmak üzere toplam 39 tane bağlantı ucuna iletim sağlanmaktadır. Basınç dağılım sensöründe toplam 954 adet basınca hassas nokta bulunmaktadır

Çizelge 3.2. Basınç dağılım sensörünün teknik detayları

Toplam Uzunluk	Toplam Genişlik	Bağlantı Uzunluğu	Matris Genişliği	Matris Yüksekliği	Sütunlar			Satırlar			Toplam Nokta
					Genişlik	Boşluk	Adet	Genişlik	Boşluk	Adet	
327,2mm	313,7mm	182,6mm	106,7mm	304,8mm	2,5mm	5,1mm	21	2,5mm	5,1mm	60	954

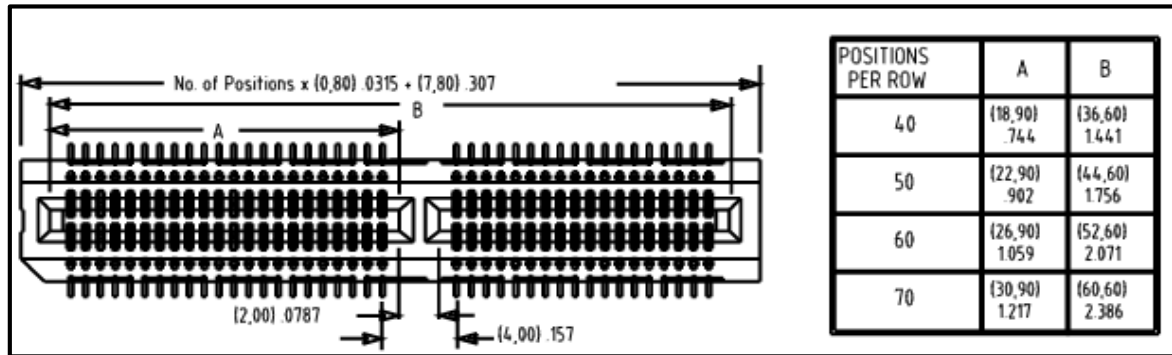


Resim 3.3. Tekscan Medical Sensor 3000E bağlantı ara yüzü

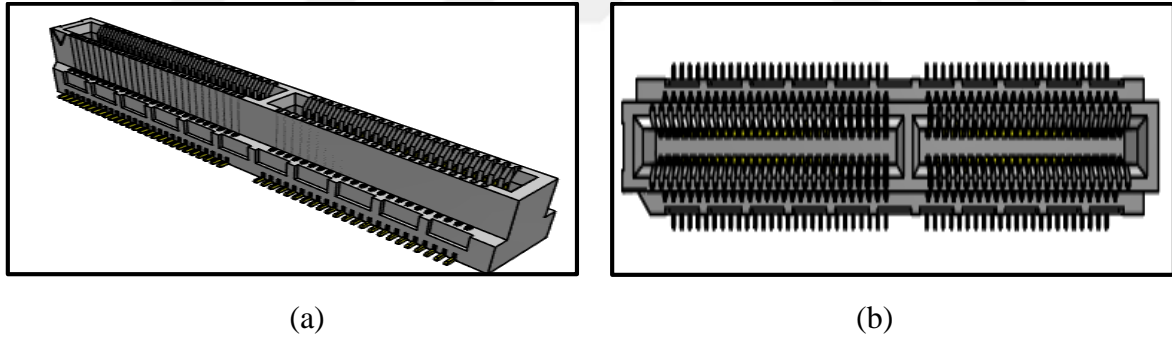
Basınç dağılım sensörünün bağlantı yapısına ve sensörün genel yapısıyla birlikte bakıldığında, sensörün ön tarafı ile arka tarafı tamamen birbirinden ayrılmıştır. Bir tarafından satırların bağlantıları, diğer tarafından sütunların bağlantıları getirilmiştir. Satırların geldiği tarafta 36 bağlantı noktası, sütunların geldiği tarafta ise 39 bağlantı noktası aktif kullanımdadır. Resim 3.3'te görülen bağlantı ara yüzü 50x2 pinlik soketlere uygun olsa da, aradaki boşluk sebebiyle her iki tarafta 46 bağlantı noktası mevcuttur. Ayrıca bağlantı ara yüzünde işlevsiz uçlar da mevcuttur.

3.2. Konnektör

Ayakkabı modülleri için tasarlanan gömülü sistem devresinde basınç dağılım sensörlerinden gelen direnç değerlerini devreye aktarabilmek için sensörün bağlantı ara yüzü ile uyumlu bir konnektöre ihtiyaç duyulmuştur. Bunun için Samtec firmasının ürettiği çift yönlü ve 50 bağlantı noktasına sahip “MEC8-150-02-L-DV“ model soket tercih edilmiştir. Bu sokette pin aralığı 0,8mm olup 1.6mm kalınlığında kartlara uygun olarak üretilmiştir [22]. Şekil 3.3.'te teknik detayları, Şekil 3.4(a)(b)'de üst ve ön görünümleri verilmiştir.



Şekil 3.3. Samtec MEC8-150-02-L-DV teknik detaylar [22]



Şekil 3.4. Samtec MEC8-150-02-L-DV [22]

3.3. Arduino Mega ADK 2560

Arduino; açık kaynaklı, kullanımı kolay donanıma ve yazılıma sahip bir elektronik platformdur. Arduino sensör üzerindeki ışığı, buton üzerindeki parmağı veya bir twitter mesajını giriş olarak okuyabilir, bu girişi bir motoru aktif ederek, bir ledi yakarak veya birilerine internet üzerinden mesaj göndererek bir çıktıya dönüştürebilir. Bir Arduino kartına, mikrodenetleyicisine komut kümesi göndererek istenilen işlemleri yapması sağlanabilmektedir. Bunun için Arduino programlama dili ve Arduino IDE yazılımı kullanılabilir [23].

Son yıllarda Arduinio geliştirme kartları amatör ya da profesyonel birçok alanda sıkça tercih edilir hale gelmiştir. Bunun başlıca sebepleri:

Ucuzluk: Diğer mikrodenetleyici platformlarına kıyaslandığında daha ucuzdur.

Uyumluluk: Arduino yazılımı Windows, Macintosh ve Linux işletim sistemlerinin tümünde çalışabilir. Diğer sistemlerin çoğu Windows ile kısıtlıdır.

Basit ve sade programlama ortamı: Arduino IDE yeni başlayanlar için basit, gelişmiş kullanıcılar için esnek bir ortam sağlar.

Açık kaynak ve genişletilebilir yazılım: Arduino açık kaynak araçlarında yayınlanmıştır. C++ veya AVR C dilleriyle programcılar tarafından genişletilebilmektedir.

Açık kaynak ve genişletilebilir donanım: Arduinio kartlarının planları Creative Commons lisansı ile yayınlanmıştır. Devre tasarımcıları kendi planları dahilinde genişletip, geliştirip, kendi versiyonlarını yapabilirler [23]

Arduino kartlarının çeşitli şekillerde, çeşitli boyut ve donanımlarda, çeşitli amaçlar için üretilmiş versiyonları bulunmaktadır. Başlıca versiyonları şu şekildedir.

- Arduino Uno
- Arduino Nano
- Arduino Mega
- Arduino Due
- Arduino Leonardo
- Arduino Micro
- Arduino Yun [24]

Bu çalışmada I/O pinlerinin fazla olması nedeniyle. Resim 3.4.'te gösterilen Arduino Mega 2560 modeli tercih edilmiştir

Arduino Mega 2560, ATmega2560'ı temel alan bir mikrodenetleyici kartıdır. 54 dijital I/O pinine (15 tanesi PWM çıkış olarak kullanılabilir), 16 analog giriş, 4 UART (donanım seri portu), 16 MHz kristal osilatör, bir USB bağlantısı, bir güç girişi, bir ICSP bağlantısı ve bir reset düğmesi mevcuttur. Kısaca mikrodenetleyiciyi desteklemek için gereken her şeyi içerir; USB kablosuyla bir bilgisayara bağlanarak, bir adaptör veya pille çalıştırılabilir.



Resim 3.4. Arduino Mega ADK 2560 [24]

Teknik özellikleri şu şekildedir:

Mikrodenetleyici: ATmega2560

Giriş Voltajı (tavsiye edilen): 7-12 Volt

Giriş Voltajı (sınır): 6-20 Volt

Dijital I/O pin sayısı:54 (15 PWM desteği)

Analog I/O pin sayısı: 16

I/O pin başına düşen DC akım: 20 mA

3.3v pini için DC akım: 50mA

Flash Hafıza: 256 KB (8 KB bootloader)

SRAM: 8 KB

EEPROM: 4 KB

Saat hızı: 16 MHz

En:101,52 mm

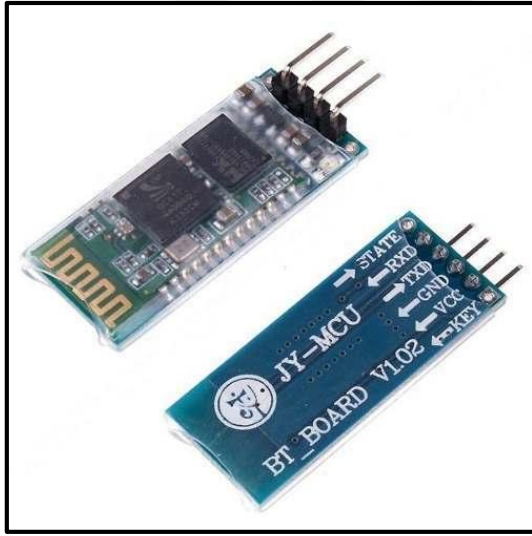
Boy:53,3 mm

Ağırlık: 37 g

3.4. HC-06 Bluetooth Modülü

HC06 Bluetooth-Serial Modül Kartı, Bluetooth SSP(Serial Port Standart) kullanımı ve kablosuz seri haberleşme uygulamaları için tasarlanmıştır. Hızlı prototiplemeye imkân sağlaması, breadboard, Arduino ve çeşitli devrelerde rahatça kullanılabilmesi için gerekli pinler devre kartı sayesinde dışarıya alınmıştır. Standart pin yapısı sayesinde istenilen ortamlarda rahatça kontrol edilebilir.

Bluetooth 2.0'ı destekler, 2.4GHz frekansında haberleşme yapılmasına imkân sağlar, açık alanda yaklaşık 10 metrelik bir haberleşme mesafesine sahiptir [25]. Dış görünümü Resim 3.5. ile gösterilmiştir.



Resim 3.5. HC06 Bluetooth modülü [25]

HC06 özellikleri

Bluetooth Protokolü: Bluetooth 2.0+EDR(Gelişmiş Veri Hızı)

2.4GHz haberleşme frekansı

Hassasiyet: ≤ -80 dBm

Çıkış Gücü: $\leq +4$ dBm

Asenkron Hız: 2.1 MBps/160 KBps

Senkron Hız: 1 MBps/1 MBps

Güvenlik: Kimlik Doğrulama ve Şifreleme

Çalışma Gerilimi: 1.8-5V(Önerilen 3.3V)

Akım: 50 mA

Boyutları: 43x16x7mm [25]

HC06 AT ayarlarını yapmak

HC06 modülünü bilgisayar ile konfigüre etmek için bir Arduino kart ile ya da USB-Serial dönüştürücü kullanılabilir. Dönüştürücü kullanıldığı takdirde seri port ile haberleşebilen bir paket program vasıtasıyla AT ayarları yapılabilir. Arduino vasıtasıyla yapılmak istendiğinde öncelikle Arduino Resim 3.6.'da verilen kodlar yazılıp yüklenmelidir.

```
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial BTSerial(10, 11);
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Enter AT commands:");
  BTSerial.begin(9600);
}
void loop()
{
  if (BTSerial.available())
    Serial.write(BTSerial.read());
  if (Serial.available())
    BTSerial.write(Serial.read());
}
```

Resim 3.6. Arduino ile AT ayarı yapmak için gerekli kodlar

Daha sonra HC06 pinlerinden Vcc'ye, 3.3v veya 5v uygulanmalı, GND ucu Arduino'nun GND pinine, Tx ucu Arduino'da Rx, Rx ucu ise Arduino'da Tx'e bağlanmalıdır. Bağlantılar yapıldıktan sonra Arduino IDE yazılımından seri port ekranı açılıp AT komutları yazılıp, ayarlamalar yapılabilir.

HC06 modülünün varsayılan ayarları, baud rate:9600, ID: linvor, Parola: 1234 şeklindedir. Aşağıda verilen AT komutları ile bu ayarlar değiştirilebilir [16].

Haberleşme testi

Komut: AT

Cevap: OK

Baud rate ayarlama

Komut: AT+BAUDC

Cevap: OK1382400

Modülün BT adını değiştirme

Komut: AT+NAMEsolayak

Cevap: OKsolayak

Komut: AT+NAMEsagayak

Cevap: OKsagayak

Eşleştirme Pin kodunu değiştirme

Komut: AT+PIN1453

Cevap: OKsetpin

3.5. MCP3008

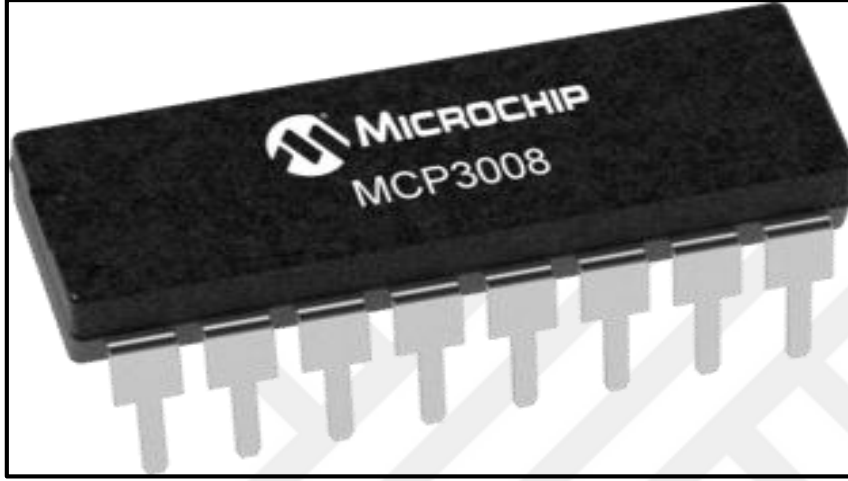
MCP3008 entegreleri, 10-bit Analog - Dijital (A / D) dönüştürücülerdir. MCP3008'de dört tane diferansiyel veya sekiz tane tekli uç kullanılabilir. İletişimi SPI ara yüzü ile sağlanır. Saniyede yaklaşık 200k dönüşüm oranına sahiptir. 2,7V – 5.5V arasında çalışabilir ve düşük

güç tüketir. MCP3008 entegrelere 16pin PDIP veya SOIC paketler olarak ulaşılabilmektedir. Çizelge 3.3.'de MCP3008 pin tanımları verilmiştir [17].

Çizelge 3.3. MCP3008 pin tanımları [17]

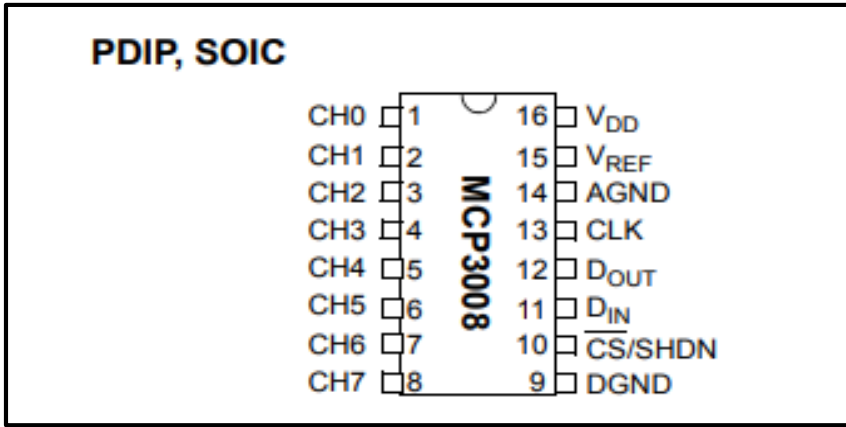
Pin No	Sembol	Tanım
1	CH0	Analog Giriş
2	CH1	Analog Giriş
3	CH2	Analog Giriş
4	CH3	Analog Giriş
5	CH4	Analog Giriş
6	CH5	Analog Giriş
7	CH6	Analog Giriş
8	CH7	Analog Giriş
9	DGND	Dijital Ground(Şase)
10	CS/SHDN	Chip Select(Chip Seçimi)
11	Din	Seri Dijital Giriş
12	Dout	Seri Dijital Çıkış
13	CLK	Saat Sinyali
14	AGND	Analog Ground(Şase)
15	Vref	Referans Gerilimi
16	Vdd	2,7V-5,5V Besleme Gerilimi

Çalışmanın ayakkabı modülleri için tasarlanan gömülü sistem devresinde basınç dağılım sensörü ile haberleşebilmek için satırlarda 36, sütunlarda ise 39 bağlantıya ihtiyaç duyulmuştur. Sensör direnç yapısındadır ve direncin bir ucu satır tarafından yani sensörün arka tarafından, diğer ucu ise sütun tarafından yani ön taraftan gelmektedir. Bir satır ile bir sütunun kesişim noktasındaki direnç, ilgili satırın bağlandığı pin ile ilgili sütunun bağlandığı pin arasından okunabilmektedir.



Resim 3.7. MCP3008 entegresi dış görünüm [17]

Basınç dağılım sensöründe, satırların 48 tanesi ortak uç kullanarak 24 pin ile bağlantı sağlar. Üst tarafta 4 satır, alt tarafta ise 8 satır olmak üzere toplam 12 pin ile bağımsız uç kullanarak bağlantı sağlar. Bu şekilde 60 satır 36 bağlantı yolu ile bağlantı ara yüzüne iletim yapar. Sütunlarda ise ortak pin kullanımı olmaksızın 39 pin kullanılmaktadır. Bu nedenle sensör üzerinden gelecek olan analog verilerin sütunlar üzerinden okunması uygun görülmüştür. Şu durumda 39 adet analog verinin sistem tarafından okunması gerekmektedir. Arduino Mega üzerinde 16 adet analog I/O bulunduğundan burayı kullanmak mümkün olmamıştır. Ayrıca analog I/O pinlerinin, sistemin ilerdeki gelişimi ve olası farklı sensör kullanım ihtiyacı da düşünülerek boş bırakılması uygun görülmüştür. Burada okunması gereken 39 adet analog bağlantıdan gelen verinin MCP3008 ADC marifetiyle dijitale dönüştürülüp SPI üzerinden mikrodenetleyiciye aktarılması sayesinde analog pin kullanılmadan tüm veriler aktarılmıştır. MCP3008 entegresinin dış görünümü Resim 3.7.'de, pin yerleşimi Şekil 3.5.'te gösterilmiştir. MCP3008, 8 analog giriş ve bir dijital çıkışa sahiptir. Bu sayede toplamda 5 adet MCP3008 ADC kullanarak 39 pinden gelen analog veri dijitale çevrilmiştir.



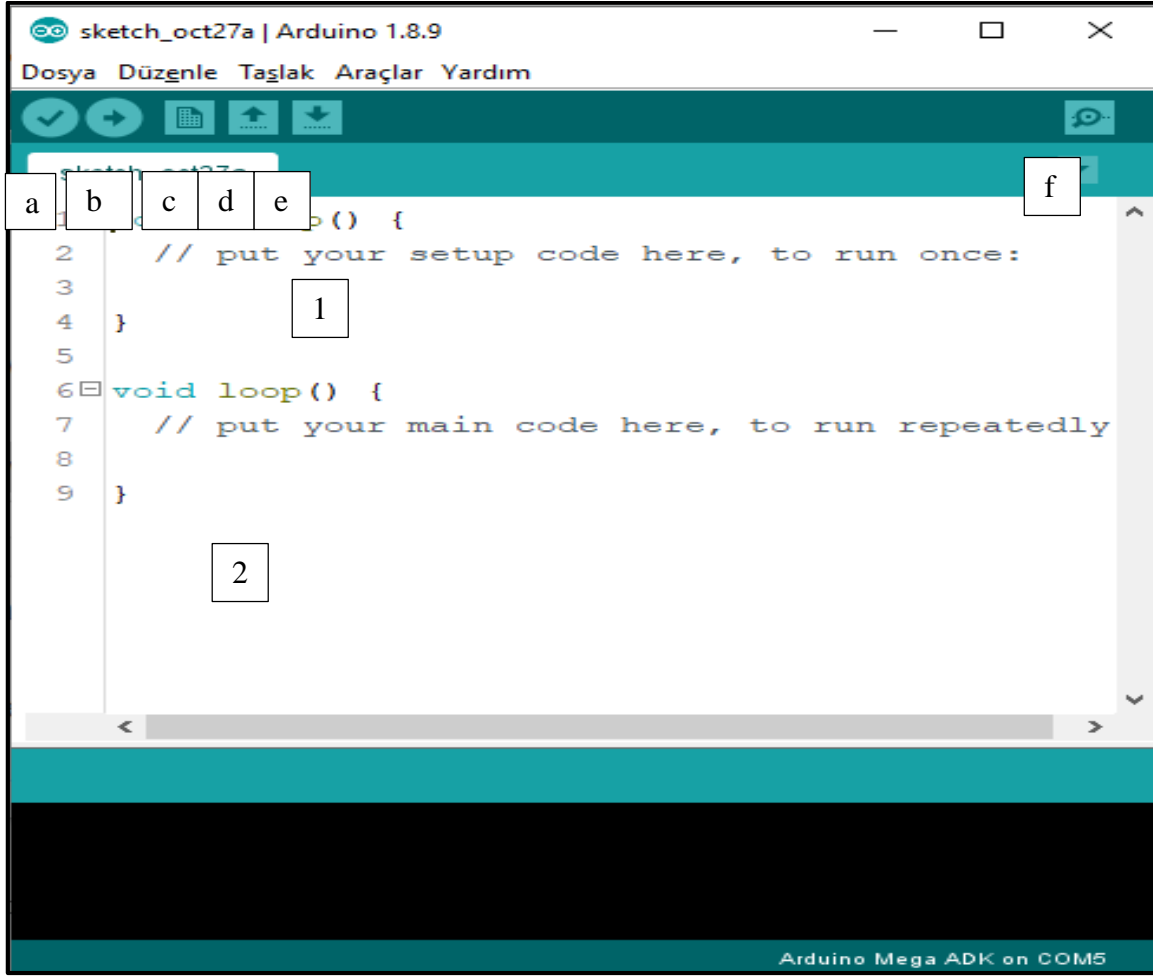
Şekil 3.5. MCP3008 pin yerleşimi [17]

3.6. Arduino IDE Yazılım Geliştirme Ortamı

Arduino IDE, Arduino geliştirme kartlarını programlamak için üretilmiş özel bir yazılım geliştirme ortamıdır. İndirilmesi ve kullanılması ücretsiz, kurulumu kolaydır. Kurulumsuz doğrudan çalışan versiyonu da mevcuttur. Ayrıca bulut servis üzerinde çalışan online olarak kod yazmaya ve karta yüklemeye imkân veren Arduino Web Editor ile de herhangi bir cihazdan kod yazma işlemi yapılabilmektedir. Windows, Macintosh ve Linux işletim sistemlerine uygun sürümleri mevcuttur.

Arduino IDE’de yazılan her program sketch olarak adlandırılır, kaydedilirken ino uzantısı ile kaydedilir. Yazılan kodlar karta yüklenmeden önce hatalar kontrol edilebilir. Eğer yazılan kodlarda herhangi bir hata varsa altta bulunan konsol bölümünde hatanın ne olduğu ve nerede olduğu mesaj olarak gösterilir. Yazılan kodlarda hata mevcutsa hatalı programı karta yüklemeye izin verilmez. Resim 3.8.’deki görüntüde sağ altta, algılanan geliştirme kartının adı ve bağlı olduğu port numarası gösterilir.

Arduino kartları programladıktan sonra sonucu ya kartın yönettiği devre üzerinde bir işlev olarak görebiliriz ya da seri port ile ilgili okuma yazma gibi işlemler yapıyorsak Arduino seri port ekranında görebiliriz.



Resim 3.8. Arduino IDE çalışma alanı görüntüsü

Resim 3.8’de görülen kod yazma alanının üst tarafında bulunan düğmeler incelendiğinde;

- Hata kontrol etme
- Programı karta yükleme
- Yeni belge açma
- Var olan bir belgeyi açma
- Belgeyi kaydetme
- Seri port ekranını açma

Bir Arduino yazılımını iki ana kısımdan oluşmaktadır. Bunlar; 1. Setup, 2. Loop

1. Setup

Bu bölüme yazılan kodları arduino yalnızca bir kez çalıştırır. Daha sonra loop bölümüne geçer. Bu kısımda daha çok program ve devre alakalı kurulum ve tanımlama işlemleri

gerçekleştirilir. Örneğin, pinlerin giriş veya çıkış olarak ayarlanması, seri portun başlatılması vb.

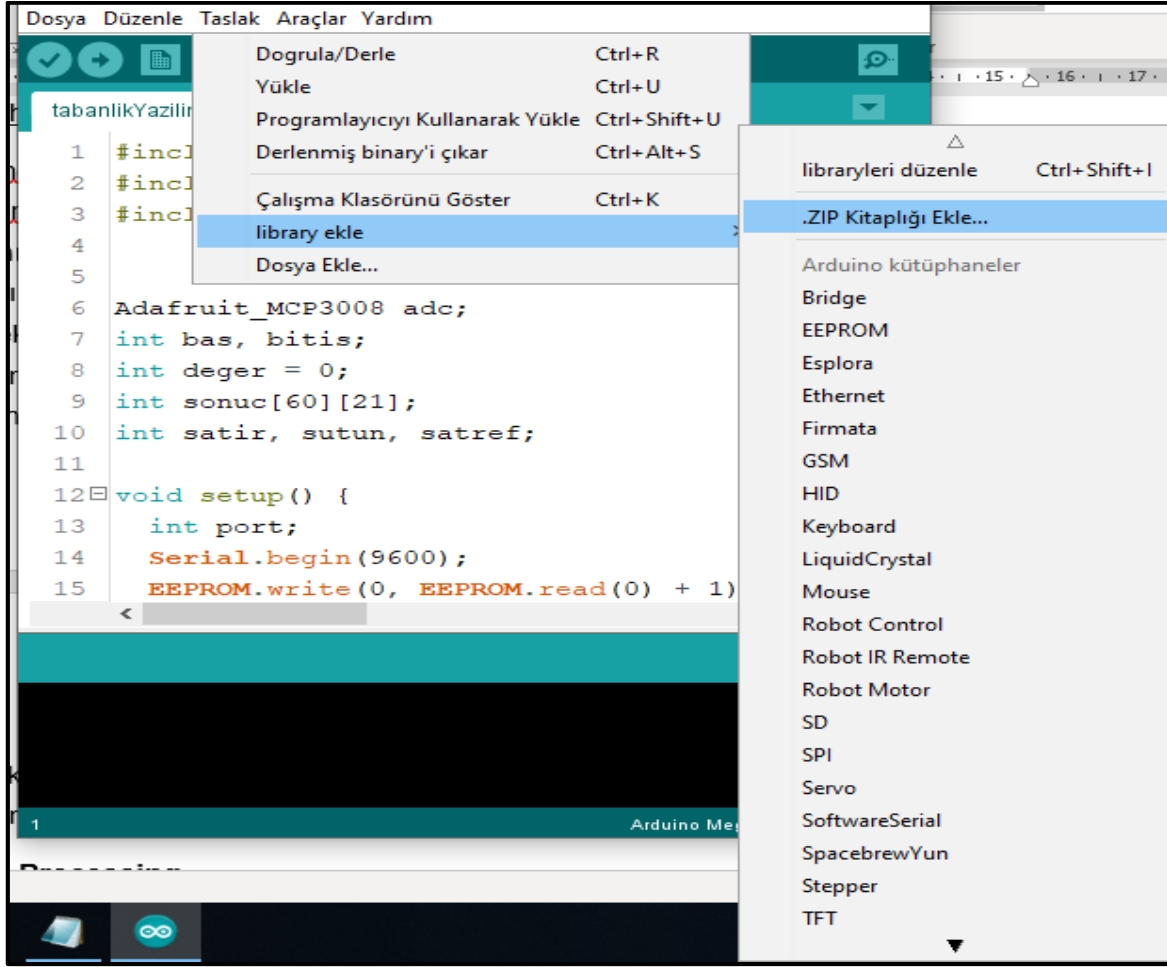
2. Loop

Bu bölümde devre kartımızın yapması gereken işlemlerin kodları yazılır. Loop bölümündeki kodlar sürekli çalıştırılır. Elektrik kesilene kadar veya reset tuşuna basılana kadar sonsuz bir şekilde ilk satırdan son satıra kadar kodlar işletilmeye devam eder.

Arduino programlama dili kodlama yapısı, Java dili temel alınarak oluşturulmuştur ve benzer yazım kurallarına sahiptir.

Kütüphane eklemek

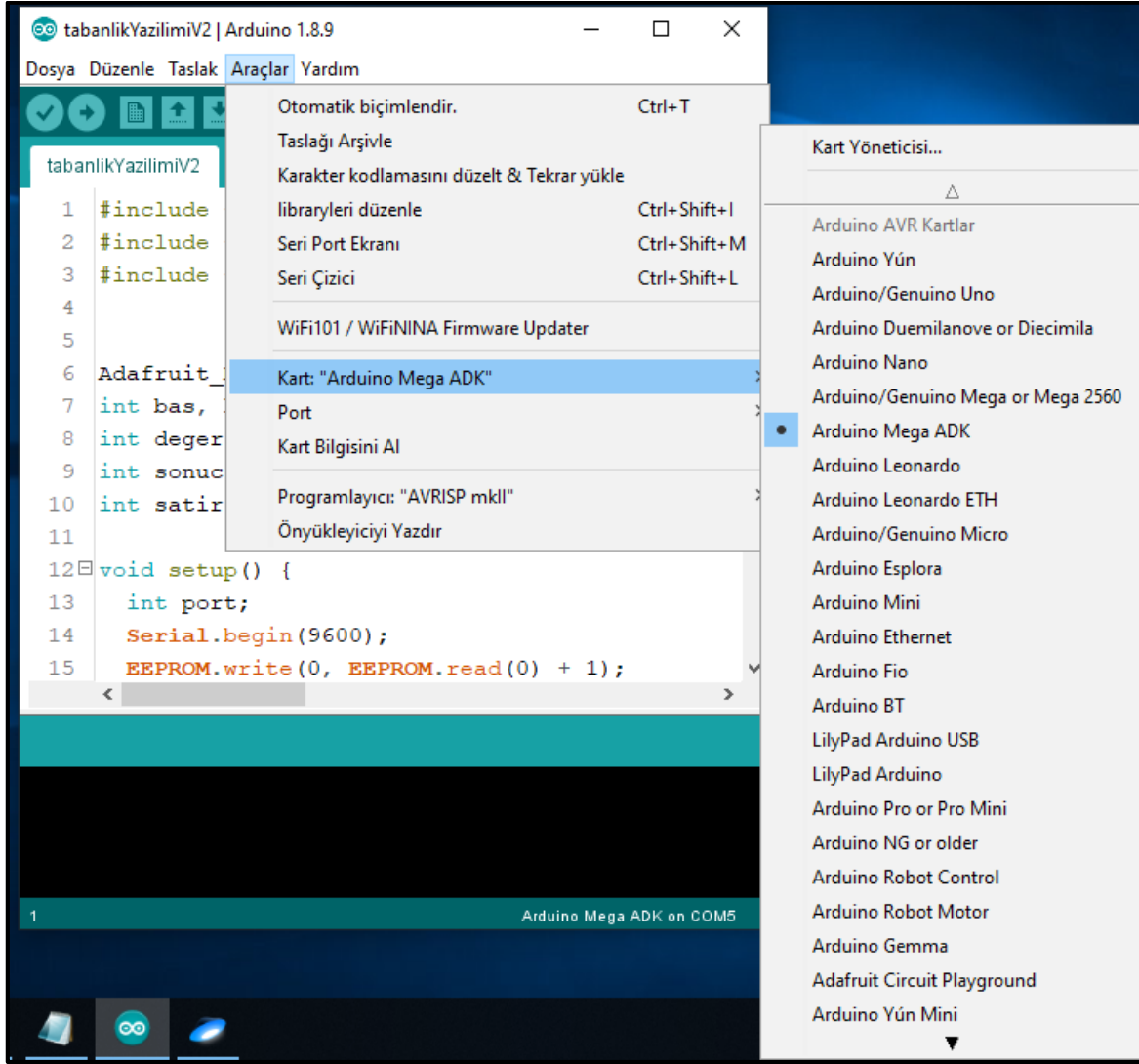
Arduino IDE'de Arduino kartıyla beraber kullanılabilen donanım, devre elemanı ve sensörler için özel kütüphaneler yazılmıştır ve bu kütüphaneler vasıtasıyla donanımları kullanabilmek oldukça kolaylaşmıştır. Günümüzde yaygın olarak kullanılan birçok donanımın kütüphanesi Arduino IDE içerisinde otomatik olarak gelmektedir. Fakat kullanmak istediğimiz elemanın kütüphanesi mevcut değilse onu kullanmak oldukça zor olacaktır. Bu sebeple ilgili donanıma ait Arduino kütüphanesini internetten ZIP dosyası olarak indirip, Resim 3.9'da görüldüğü gibi Arduino IDE içerisine dahil ederek kullanılabilir. Bu işlem Taslak menüsü içerisinde library ekle alt menüsü içinden .ZIP kitaplığı ekle seçeneği ile ilgili dosyayı göstererek yapılabilir. Bu menü içerisinde hali hazırda mevcut olan ve kullanılacak diğer tüm kütüphaneler de görülebilir.



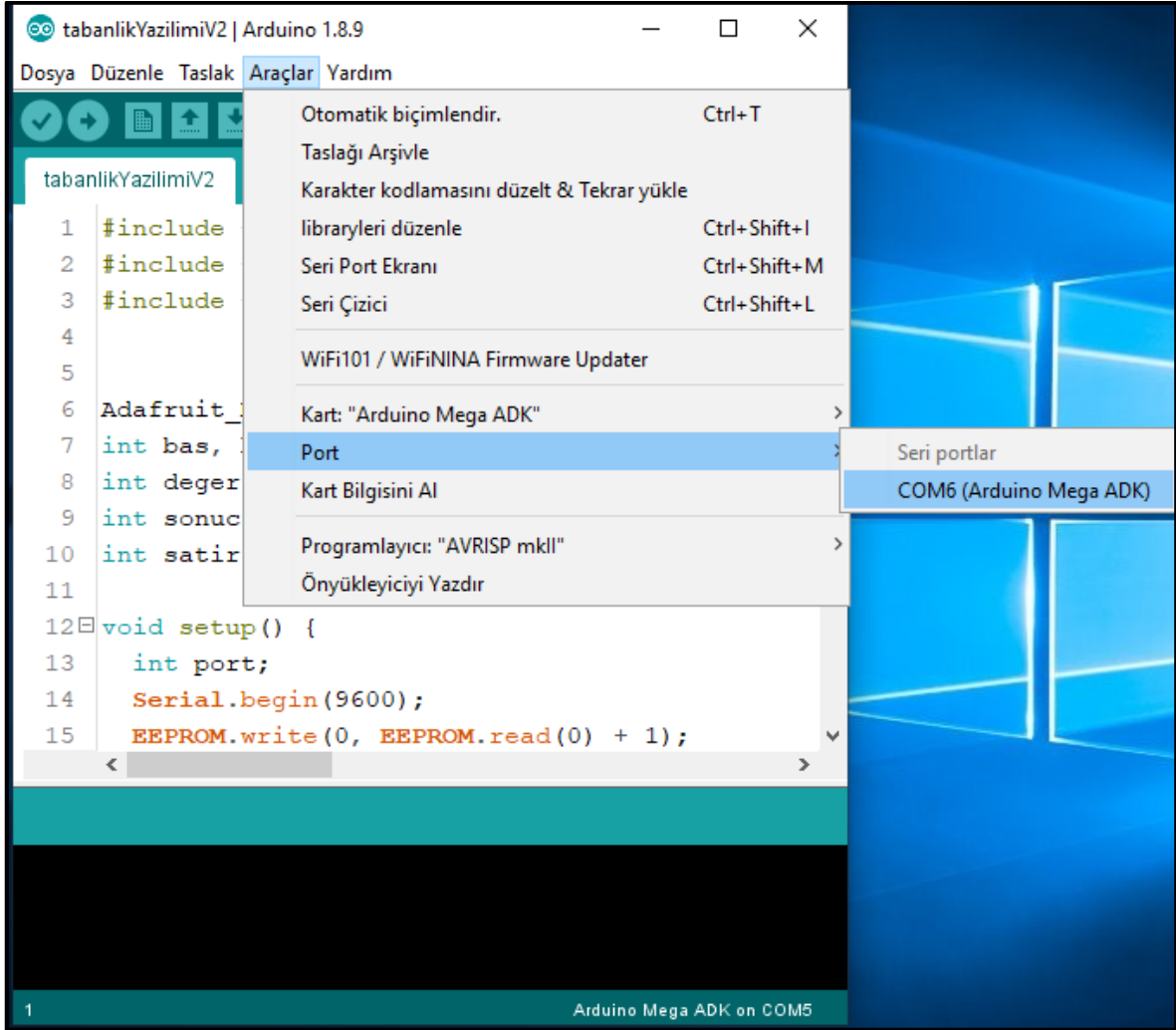
Resim 3.9. Arduino IDE Taslak ve library menüsü

Taslak menüsünde görüldüğü üzere ara yüzde bulunan kısa yol tuşlarına ait komutlardan doğru ve derle komutları buradadır.

Arduino IDE programı açıkken seri port ya da kart değiştirilmiş ise, bir sonraki yüklemde program kartı ya da portu bulamayacaktır. Böyle bir hata ile karşılaşıldığında Resim 3.10 ve Resim 3.11'de görülen araçlar menüsü içerisinde kartı ve portu tekrar tanıtmak gerekir.



Resim 3.10. Arduino IDE araçlar menüsü ve kart seçimi



Resim 3.11. Arduino IDE araçlar menüsü ve port seçimi

Ek olarak araçlar menüsü içerisinde seri port ekranı açılabilir, seri port çizici ise porttan gelen sayısal değerleri otomatik olarak grafiğe çevirebilir. Menülerde bulunan diğer özellikler ve ayarlar için Arduino resmî sitesi incelenebilir [26]

3.7. Processing

Processing 2001 yılında, özellikle görsel sanatlar içindeki yazılım okuryazarlığını ve teknoloji içindeki görsel okuryazarlığı teşvik etmek üzere geliştirildi. Başlangıçta görsel tasarımcılar için bir yazılım eskiz defteri olarak hizmet vermek ve programlama temellerini görsel bir bağlamda öğretmek için ortaya çıkan Processing, geçen yıllar boyunca profesyoneller için bir IDE olarak da gelişti. Processing yazılımı ücretsiz ve açık kaynaklıdır ve Mac, Windows ve GNU / Linux platformlarında çalışabilir.

Günümüzde Processing, kısıtlayıcı ve pahalı lisanslara sahip tescilli yazılım araçlarına alternatif olmaya devam ederek, okullara ve bireysel öğrencilere erişilebilir hale gelmeye devam etmektedir. Açık kaynak statüsü, Processing'in büyümesi için hayati önem taşıyan topluluğun katılımını ve iş birliğini teşvik etmektedir. Gönüllüler, yazılım olanaklarını genişletmek için programlar paylaşarak, kodlara katkıda bulunarak ve kütüphaneler, araçlar ve modlar oluşturmak suretiyle Processing'in daha kapsamlı ve ihtiyaçlara daha fazla cevap veren bir ortam olmasını sağlamaktadır. Processing topluluğu, bilgisayarlı görmeyi, veri görselleştirmesini, müzik kompozisyonunu, ağ oluşturma, 3B dosya aktarma ve elektronik programlamayı kolaylaştırmak için yüzden fazla kütüphane yazmıştır [27].

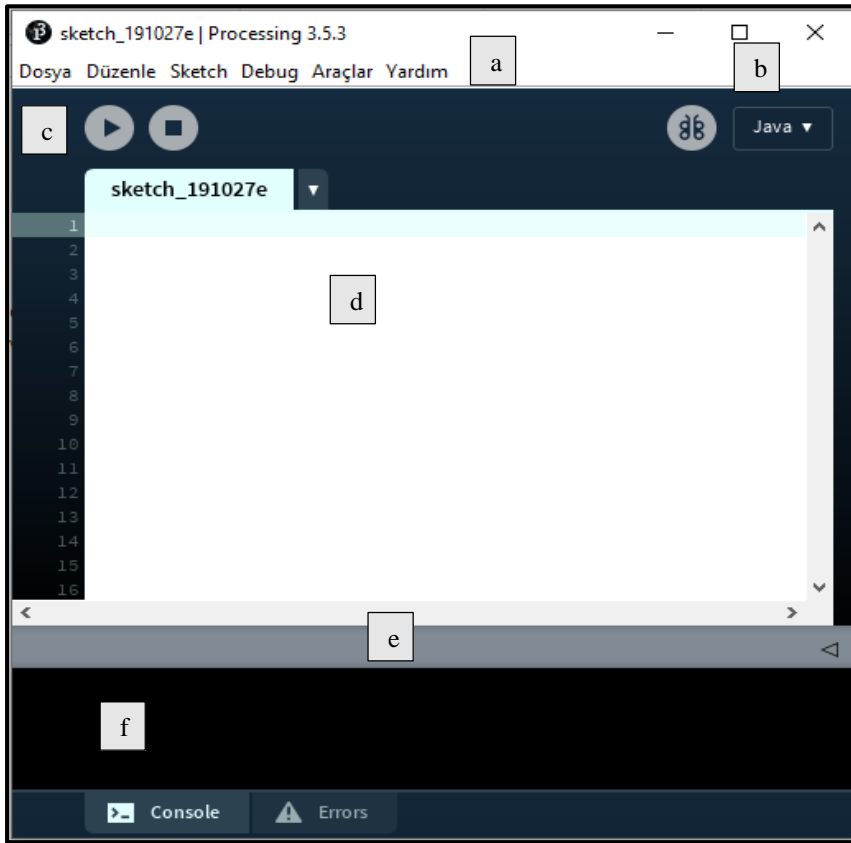
Processing esasında farklı disiplinleri bir araya getirmeyi başarmış bir yazılım geliştirme ortamıdır. Geçmiş 16 yıl boyunca günden güne içeriği gelişerek hem bilgisayar bilimleri alanının hem görsel sanat ve tasarım alanının hem de elektronik alanının ihtiyaçlarına yüksek düzeyde cevap verebilir hale gelmiştir. Bu sebeple Processing ile ilgili çok fazla bilgiye ulaşma imkânı mevcuttur. Kendi resmi dökümantasyonu oldukça tatmin edici düzeyde olduğu gibi, resmi site içerisindeki forum paylaşımları ve soru cevaplar da ihtiyaca cevap vermektedir. Ayrıca yine çevrimiçi öğrenme ortamlarından Khan Academy içerisinde de bilgisayar bilimleri alanındaki derslerde Processing ile alakalı dersler bulunmaktadır. Bu sebeple dünya çapında günden güne yaygınlaşmakta olan Processing, maalesef henüz ülkemizde pek fazla bilinmemektedir ve bu sebeple Türkçe kaynak pek bulunmamaktadır.

Processing geliştirme ortamının en büyük avantajı kuşkusuz birkaç tane programlama dilinin ortamda yazılabilir olmasıdır. Processing'de programlama modları mevcuttur. Sadece bir iki tıklamaya başka bir moda geçilip başka bir yazılım diliyle programlama yapmak mümkündür. Processing'de mevcut olan modlar şunlardır.

- Java
- JavaScript
- Python
- Android
- R

Ayrıca Processing ile Arduino ve Raspberry gibi geliştirme kartları da programlanabilmektedir. İnternet sitesinden ücretsiz indirilebilen bu yazılım için herhangi bir kurulum gerekmez, direkt çalışabilir. Birçok ihtiyaca cevap verebilmesine rağmen oldukça kompakt, hızlı ve bilgisayar sistemini yormayan bir yapısı vardır.

Processing’de kodlama yapısı önceki başlıkta incelediğimiz Arduino IDE ile oldukça benzerdir. Esasen Arduino IDE ortaya çıkmadan evvel Arduino geliştirme kartları Processing ile programlanmaktaydı. Bu sebeple programların geliştirilme tarzları çok benzerdir. Processing’de de Arduino IDE’de bulunan setup ve loop kısımları ile aynı mantıkta çalışan setup ve draw kısımları vardır. Setup kısmında bir defaya mahsus tanımlamalar yapılır, burada bulunan kodlar program çalıştırıldığı anda bir kere işletilir ve daha sonra draw bölümündeki kodlar işletilmeye başlanır. Draw bölümü, yazılan program



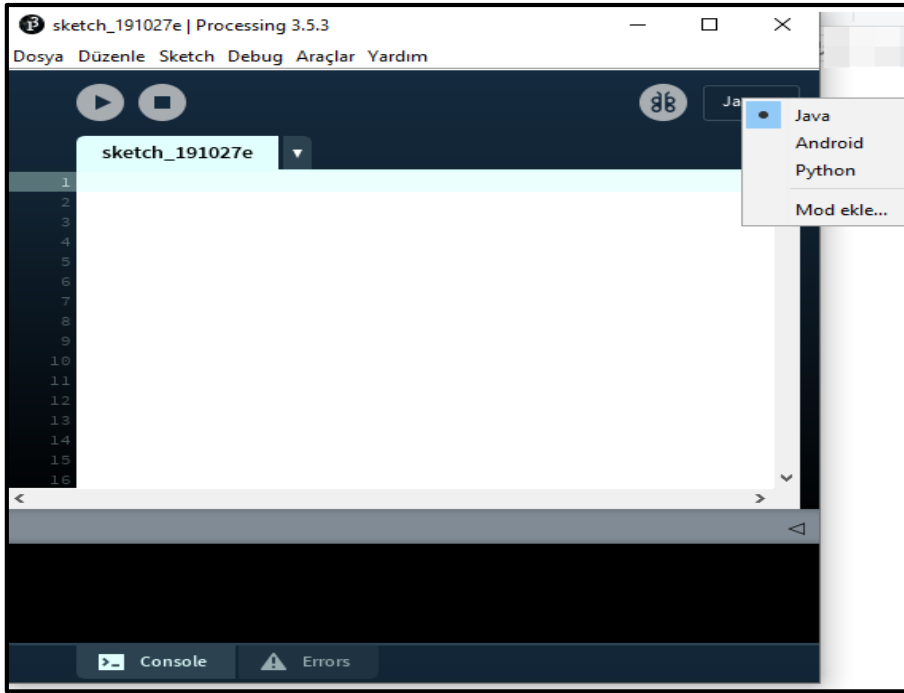
Resim 3.12. Processing çalışma ekranı

sonlandırılıncaya kadar buradan bulunan kodları satır satır işletmeye devam eder. Kod satırı bitince draw’daki kodlar en başından çalışır.

Processing geliştirme ortamı ana hatlarıyla Resim 3.12.’te gösterecek gösterilmiştir

- Menü: Programla alakalı tüm tercihlerin ve ayarların yapıldığı bölüm, önemli bazı menüler ileride incelenecektir.
- Mod seçimi: Programlama yapmak istediğimiz dili seçtiğimiz bölüm
- Düğmeler: Yazılan programı test etmek için, çalıştırmak ve durdurmak için kullanılan düğmelerdir

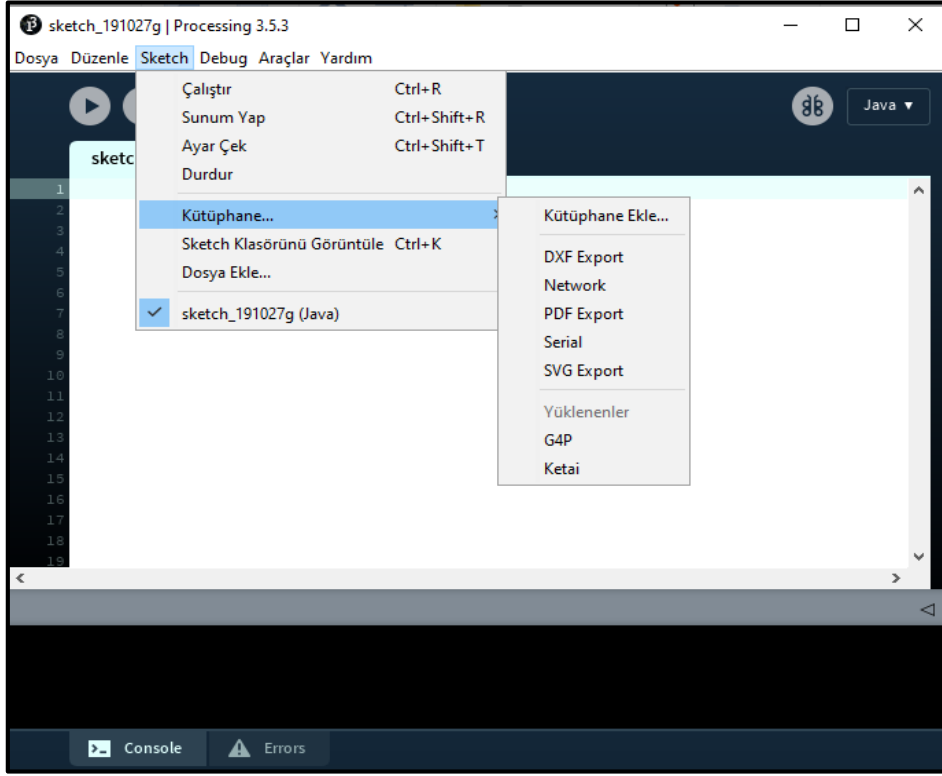
- d. Yazım alanı: Program kodlarının yazıldığı bölümdür.
- e. Durum çubuğu: Program yazılırken, kaydedilirken, derlenirken veya çalışması esnasında durumu hakkında bilgi verilen bölümdür.
- f. Konsol: İki tane sekmesi mevcuttur. Console sekmesinde derleme esnasında oluşan hataları, sebeplerini vs göstermek amacıyla ve program içerisinde konsolda gösterilmesi istenen mesajları veya çıktıları görmemizi sağlar. Errors sekmesinde kodlama esnasında oluşan yazım hatasını ve hatanın bulunduğu satırı gösterir.



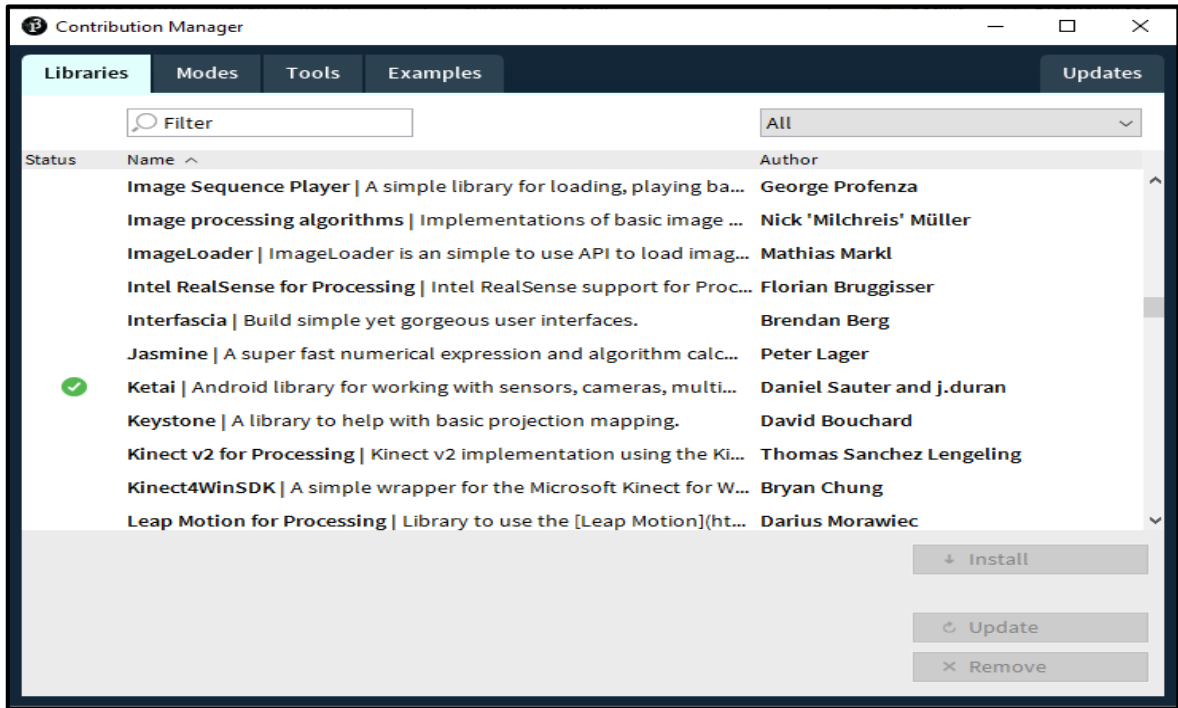
Resim 3.13. Processing'de kodlama modu seçimi

Processing'in arka planında gönüllülük esasında göre çalışan, çok çeşitli alanlarda katkıda bulunan yazılımcılar, üniversiteler, profesyonel geliştiriciler bulunmaktadır. Bu sayede onlarca hatta yüzlerce özel amaçlı kütüphaneler oluşturulmuş ve paylaşılmıştır. Grafik alanında, veri bilimi alanında, elektronik alanında, mobil programlama alanında birçok kütüphane mevcuttur ve bunlara ulaşmak oldukça basittir. Yazılımla beraber gelen ve sistemde var olan kütüphaneleri görmek için sketch menüsünden Resim 3.14.'te görülen kütüphane alt menüsüne girilebilir. Resimde menünün en altında sonradan eklenen kütüphaneleri, ortada yazılımla beraber gelen kütüphaneleri görülüyor. En üstte ise kütüphane ekleme seçeneği görülüyor. Buraya tıkladığında Resim 3.15.'de görülen Contribution Manager (Katkı Yöneticisi) ekranından Processing'e eklenebilecek tüm kütüphaneler, onlar hakkında kısa bilgiler ve geliştiricileri görülebilir. Buradan istenilen kütüphane anında indirilerek sisteme eklenir ve kullanılmaya başlanabilir. Verilen resimde,

bu çalışmadaki Android programlama işlemi için kullanılan Ketai kütüphanesinin eklenmiş olduğu görülüyor [28]. Eklenen kütüphane programlama esnasında import edilerek kullanılır.



Resim 3.14. Processing sketch menüsü kütüphane ayarları



Resim 3.15. Processing Contribution Manager ekranı

Resim 3.16.'da, Libraries sekmesinin yanında Modes, Tools ve Examples sekmeleri görülmektedir. Resim 3.16.'de görülen Modes sekmesinden kullanmak istenilen programlama dilinin modu indirilerek kurulabilir. Burada eklenen mod Resim 3.14.'te görülen modlar menüsünde görülmeye başlayacaktır. Buradan mod seçilerek artık o dilde program yazılabilir. Examples sekmesinde yayınlanan örnek kodlar görülebilir, Updates sekmesinin kütüphaneler ve modlar için gelen güncellemeler yapılabilir.

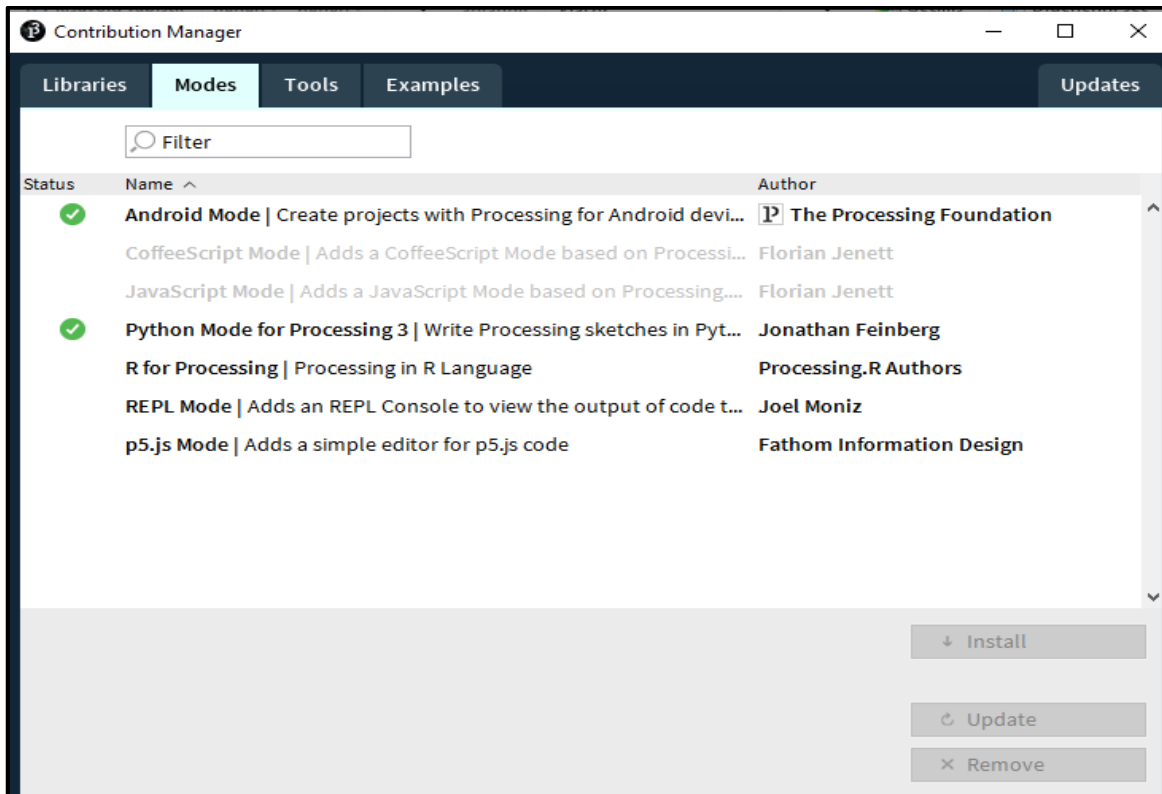
Resim 3.17.'de Tools sekmesinin içeriği görülmektedir. Burada Processing yazılımına ekstra özellikler katan araçlar bulunup eklenebilir. Buradaki araçlar kütüphanelerde olduğu gibi gönüllüler tarafından geliştirilip, ücretsiz olarak kullanıcılara sunulur ve program içerisinden kolayca yüklenebilir. Resimde bu çalışmayı kodlarken yararlandığımız bazı araçların eklendiği görülebilir. Bunların özelliklerine değinilecek olursa,

Extended Code Completion, kod yazarken hatırlatma ve tamamlama yapmayı sağlayan bir araçtır.

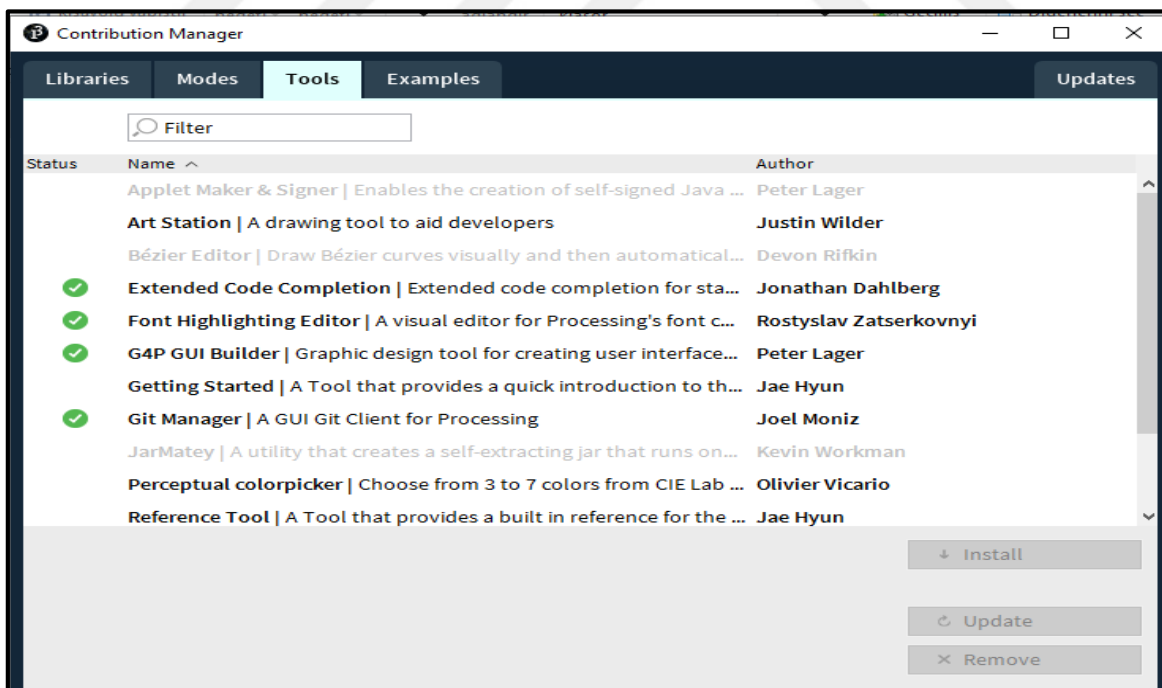
Font Highlighting Editör: kodların renklendirilmesini sağlar ve ayırt edilmesini kolaylaştırır.

G4P Gui Builder, Processing içerisinde kolay bir şekilde kullanıcı ara yüzü yapabilmek için kullanılır.

Git Manager ise git hesabına bağlanarak yapılan çalışmanın versiyonlarını tutmayı kolaylaştırır.



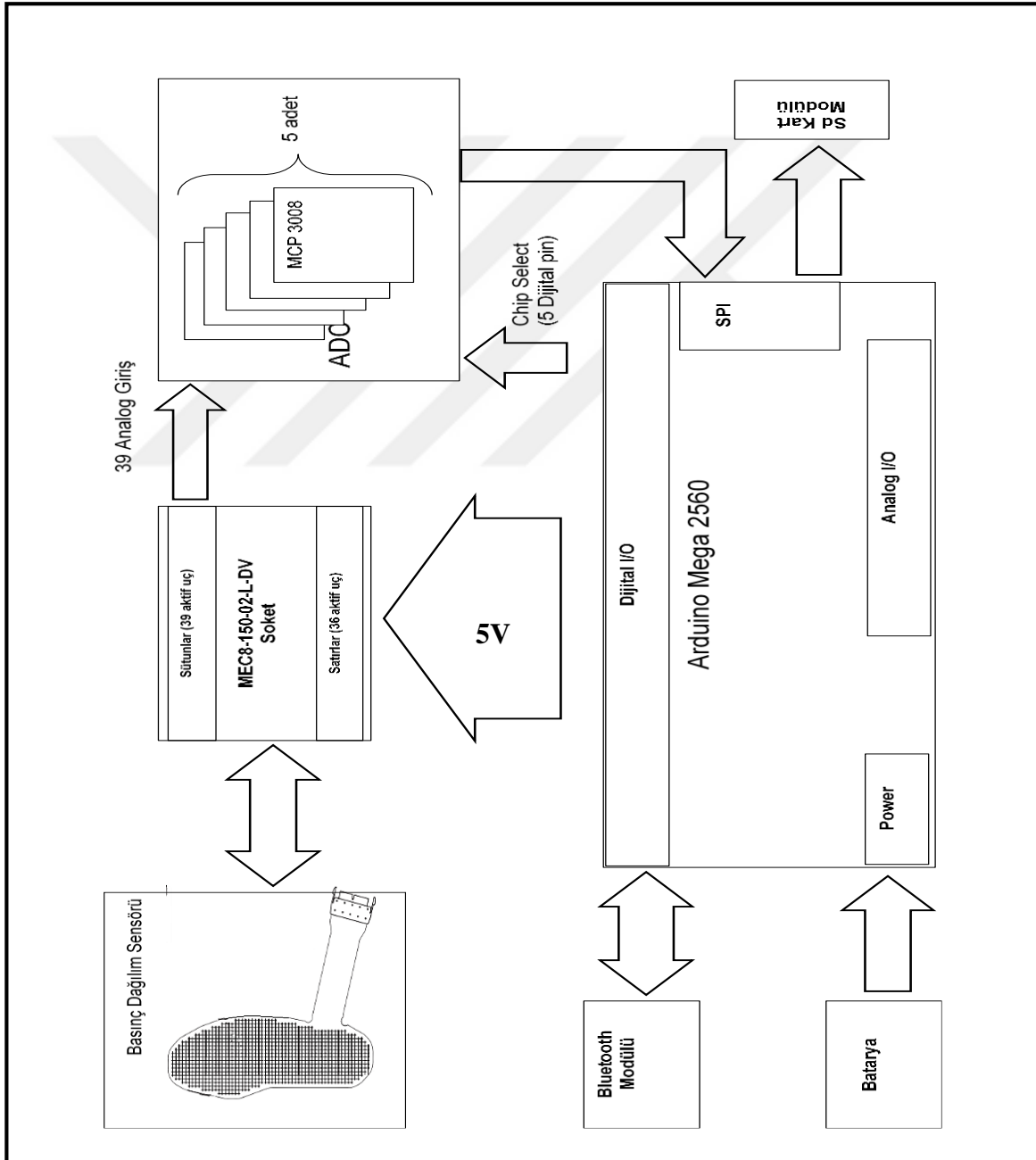
Resim 3.16. Contribution Manager Modes sekmesi



Resim 3.17. Contribution Manager Tools sekmesi

4. ANDROID TABANLI STATİK AYAK PLANTAR BASINÇ DAĞILIM ÖLÇÜM SİSTEMİNİN TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Çalışma için tasarlanan gömülü sistem devresinin, basınç dağılım sensöründen başlayarak mikrodenetleyiciye kadar gelen ve ardından bluetooth ile mobil cihaz aktarımına kadar olan yapısının blok diyagramı Şekil 4.1.'de verilmiştir.

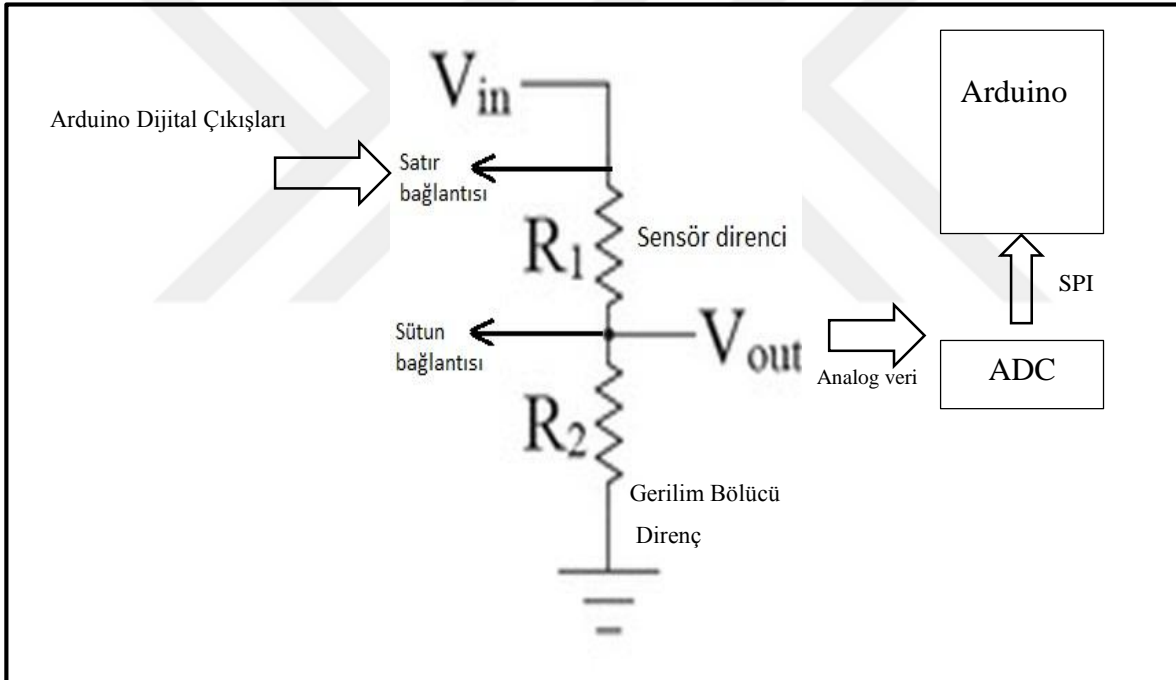


Şekil 4.1. Sistemin ayakkabı modülleri için tasarlanan gömülü sistemin mimari yapısı

4.1. Arduino Yazılımı

Sağ ve sol ayaklara giyilecek ayakkabı modülleri için tasarlanan gömülü sistem için Arduino Mega 2560 mikrodenetleyicisinin tercih edildiği ve tercih edilme sebepleri önceki bölümlerde anlatılmıştı. Bu bölümde sistemin çalışması için gerekli Arduino programının işleyişi ve aşamaları anlatılacak ve akış diyagramı paylaşılacaktır.

Program akışını anlamak için öncelikle ayaktaki taban basıncını ölçen basınç dağılım sensörünün iyi incelenmesi ve nasıl dizayn edildiğinin bilinmesi gerekmektedir. Bu çalışmanın materyaller bölümünde konu ile ilgili detaylı bilgi verilmiştir. Yine küçük bir hatırlatma ile sensörden gelen verinin okunup sistemdeki ADC bölümüne aktarılışı ve oradan Arduinoya gönderilişi Şekil 4.2.'de görülmektedir.



Şekil 4.2. Basınç dağılım sensöründen bilgi okunması

Arduino için üretilen yazılım, tıpkı basınç dağılım sensöründe olduğu gibi iki bölüme ayrılmıştır. Sensörün üst kısmı ile alt kısmı ayrı düşünülmüştür. Çünkü sensörün satırlar kısmında üst taraftaki satır ile alt taraftaki satırlardan 24 tanesi ortak bir uçtan tetiklenmelidir. Bu anlamda programda herhangi bir karışıklık veya devrede herhangi bir kararsızlık olması ihtimaline karşı tedbir alınmıştır. Blok şema izah edilecek olursa, sensörü okumak için öncelikle bir satırdan Arduino dijital çıkışı ile 5 voltluk bir gerilim uygulanır, ardından gerilim bölücü devre aracılığıyla sensörden uygulanan direnç üzerine düşen gerilim V_{out} olarak çıkışa düşer. Sensöre uygulanan basınç değiştiğinde direnç değeri değişeceğinden çıkışta görülen gerilim

de değişecektir. Bu gerilim değerleri g6m6l6 sistem içerisinde bulunan ADC b6l6m6ndeki 5 tane MCP3008 entegresi ile dijital bilgiye d6n6řt6r6l6p SPI aracılığıyla Arduinoya aktarılmaktadır. Bu bilgiye sahip olduktan sonra sistem algoritması daha rahat anlaşılabılır.

şekil 4.3.'te g6r6len algoritmanın ilk b6l6m6nde sens6r6n 6st tarafı, şekil 4.3. devamında g6r6len ikinci b6l6m6nde ise alt tarafı okunmaktadır. Sens6rden analog bilgilerin alınacağı s6tunlar ilk 28 satırdan sonra b6l6nm6ř olduğundan, algoritmada ilk 28 satır için ayrı, kalan 32 satır için ayrı d6ng6ler oluşturuldu. Sens6rde bir satırda maksimum 21 s6tun bulunduğu için her bir s6tunun okunması için ise ayrı bir i d6ng6 oluşturuldu. Sens6r6n t6m6 okunduğundan bilgilerin tamamının bir arada bulunacağı 21x60 elemanlı iki boyutlu bir dizi oluşturulup, okunan her bir değer kendi satırı kendi s6tununu belirtecek şekilde hafızada tutulmuştur.

Yani 6st kısmın okunmasını sağlamak için, 6ncelikle satırlar için 28 kere d6necek d6ng6, içerisine de s6tunları taraması ve adreslenmesi için 21 kere d6necek ikinci d6ng6 oluşturuldu. Ardından, her bir MCP3008 sekiz girişe sahip olduğu için, 8 kere d6necek 6 tane daha d6ng6 oluşturuldu. Bu d6ng6lerin her birisinin içerisinde yapılan işlemler sırasıyla;

- İlgili satırı dijital “1” bilgisiyle 5 volt ile tetikleyip aktif etmek,
- İlgili s6tunu kontrol eden MCP3008’i başlatmak,
- MCP3008’in sırası gelen ucunu okuyup, gelen dijital bilgiyi oluşturulan iki boyutlu diziye satır ve s6tun bilgisiyle birlikte atmak,
- Başta tetiklenen satırı dijital “0” bilgisiyle pasif hale getirmek

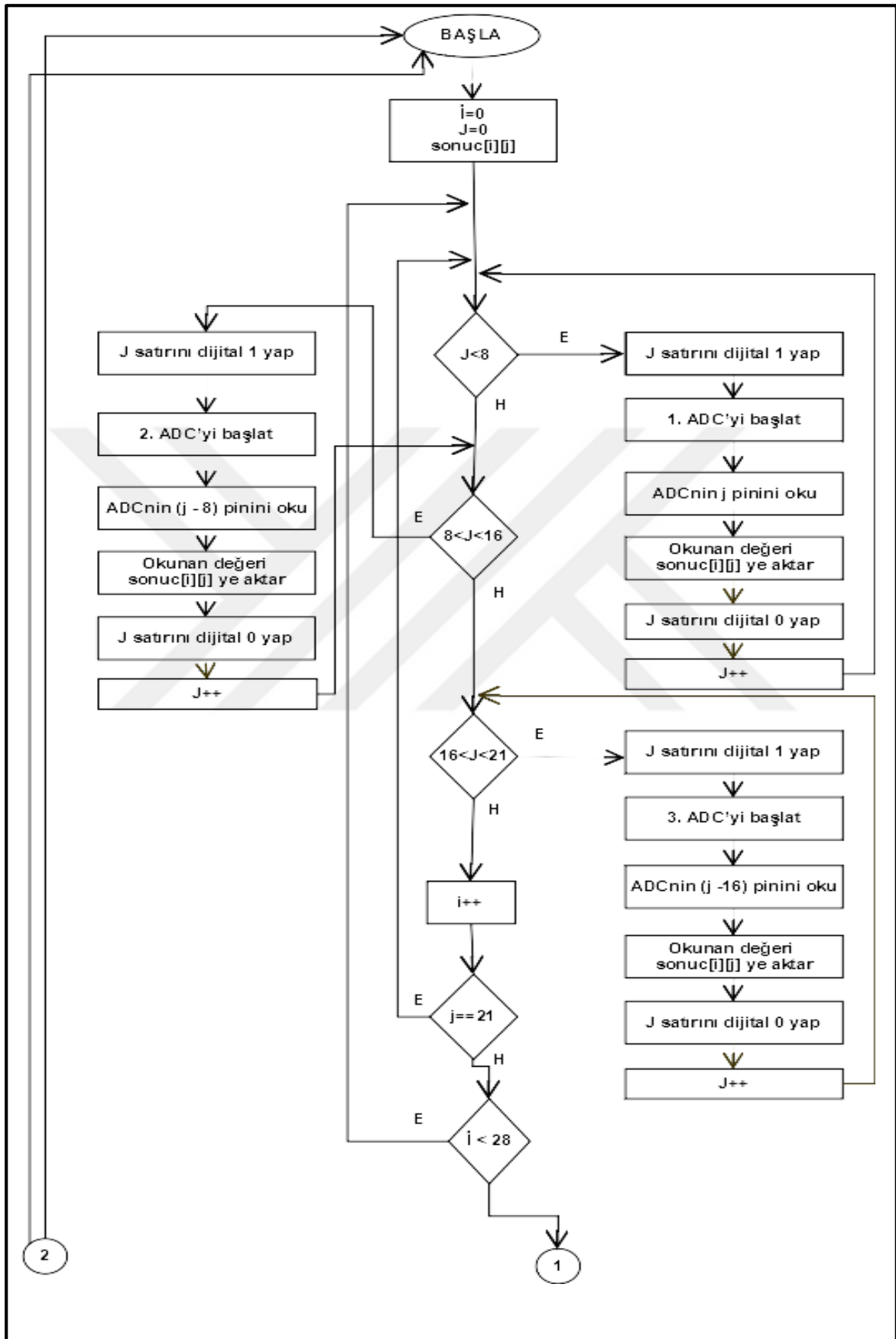
Bu işlemler sens6r6n 6st tarafını kontrol eden 3 MCP3008 için ayrı d6ng6lerle yapılmaktadır. S6tunlardan ilk sekizini 1. MCP3008, ikinci sekizini 2. MCP3008, son beş tanesi 3. MCP3008 okumaktadır.

Sens6r6n alt kısmı için ayrı bir d6ng6 kullanılsa da içerisinde yukarıdaki prosed6rlerin aynısı işletilmektedir. Alt taraftaki satırlar için 28 ile 60 arasında d6nen bir d6ng6 kurulmuş bu d6ng6 içerisinde, t6m s6tunların adreslenmesi için 0 ile 18 arasında d6nen ikinci bir d6ng6, onun içerisinde ise s6tunları okuyacak MCP3008ler için 6 d6ng6 daha kurulmuştur. Alt kısımdaki s6tunların okunması için yine 3 tane MCP3008 alışmaktadır. İlk yedi tanesi için 5. MCP3008, ikinci sekiz tanesi için 4. MCP3008, son 6 tanesi için ise 3. MCP3008 aktif edilmektedir. Bu işlemler her bir satır için tekrarlanmaktadır. Sonuç olarak t6m basınc

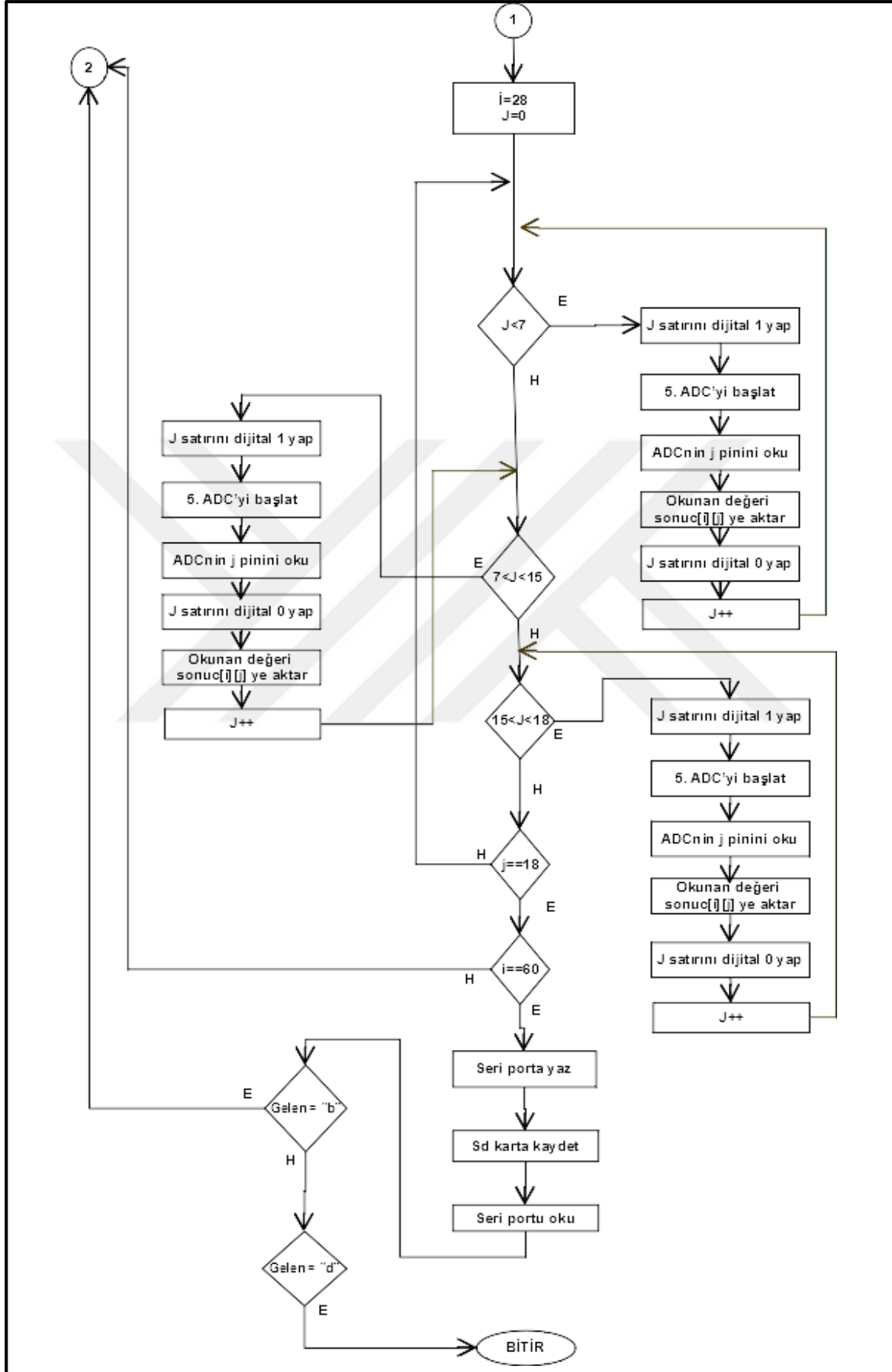
dağılım sensöründe bulunan her bir basınca hassas nokta taranıp sonucu bir dizide tutulmaktadır.

Tarama işlemi için kurulan döngüler bittiğinde, dizide tutulan sonuç bilgisi mobil cihaza ile bluetooth aracılığıyla gönderileceği için öncelikle seri porta yazdırılıp, daha sonra sd karta kaydedilmektedir.

Ayrıca bütün bu algoritmanın çalışması için, sistem seri porttan gelecek “başla” komutunun beklemektedir. Seri porttan “b” karakteri girildiğinde sistem sensörü taramaya başlar. Durmak için ise yine seri porttan gelecek “dur” komutu beklenir. Bunun için “d” karakterinin gelmesi gerekir. Bu şekilde mobil cihazdan bluetooth ile gelecek başla ve dur komutlarıyla sistem çalışmaya başlayacak veya duracaktır.



Şekil 4.3. Gömülü sistem yazılımının algoritması



Şekil 4.3. (devam) Gömülü sistem yazılımının algoritması

4.2. Android Yazılımı

Android Tabanlı Statik Ayak Plantar Basınç Dağılım Ölçüm Sisteminin Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi çalışmasının en önemli ikinci kısmı olan ve çalışmanın başlığına adını da veren bölümü Android işletim sistemi için geliştirilen uygulamadır.

Bu uygulama ile amaç, ayakkabı modülleri için tasarlanan gömülü sistem ile bluetooth üzerinden gönderilen ayak basınç verilerini mobil cihazda eş zamanlı olarak okumak, okunan verileri ayrıştırıp anlamlandırarak veri tabanına kaydetmek, her iki ayak için ayrı ayrı tablolara kaydedilen verileri istendiği zaman görselleştirip basınca duyarlı olarak renklendirerek kullanıcıya sunmaktır.

Çalışmanın kullanılan materyaller kısmında da bahsedildiği gibi Android yazılımını inşa etmek için Processing IDE'den faydalanılmıştır. Bunun en önemli avantajı, belirli bir program yazım formatı ile hem masaüstü uygulamaları hem Android uygulamaları yapılabilmesidir. Processing dili, genel itibariyle Java programlama dili üzerine bina edilse de kendine has bir çalışma sistemi vardır. Konu hakkında detaylı bilgi Bölüm 3.8.'de verilmiştir.

Bu çalışmada, Processing'in Android ortamındaki yeteneklerinin gelişmesinde en büyük etmenlerden biri olan Ketai kütüphanesinden faydalanılmıştır [28]. Bu kütüphane içerisinde mobil cihazların üzerinde bulunan birçok özelliği ve donanımı kullanmaya imkân veren sınıf ve fonksiyonlar bulunmaktadır. Bluetooth, ara yüz, dokunmatik, cihazların üzerinde bulunan sensörler, veri tabanı vb. birçok işlevin kullanılmasına imkân sağlamaktadır.

Uygulamanın işleyişi sırasıyla şu şekilde gerçekleşir;

- Program ara yüzü: İki bölümden oluşur, bu bölümlere erişim sekmeler aracılığıyla yapılır. Ekranın üst kısmında “Bağlantı” ve “Kaydet/Göster” adında iki sekme bulunur.
- Açılış: Uygulama açıldığı anda, cihazın bluetooth özelliğinin açık olup olmadığını denetler, eğer açık değilse kullanıcıdan özelliğin açılması için izin ister. İzin verilirse program akışı diğer aşamaya geçerek devam eder, izin verilmezse bekler. Bu durumda açmak için kullanıcının ayarlara giderek bunu yapması gerekir.
- Bağlantı durumu ve ayarları: Ara yüzde bulunan ilk sekme olan “Bağlantı” sekmesine basılarak erişim sağlanır. Bu ekranda cihazın bluetooth aktiflik durumunu

bildiren “BT Aktiflik” ve ayakkabı modüllerine bağlanmış durumda olup olmadığının gösteren “Bağlı cihazlar” yazısı görünür. Bağlı değilse herhangi bir bildirim görünmez. Eğer hiçbir modül bağlı değilse 1.Cihazı Bağla butonu görünür. Butona basıldığında daha önce eşleşmiş cihazların listesi getirilir. Bu listeden ilk ayakkabı modülünün bluetooth cihaz adı seçilerek bağlantı sağlanır. Bağlantı gerçekleştiği anda cihazın adı bağlı cihazlar listesine 1. Cihaz olarak eklenir ve ardından 2. Cihazı bağla butonu görünür. Aynı işlemler 2. Cihazın bağlanması için de tekrarlanır. Eğer bağlantı başarılı olursa listede iki cihazın da adı görünecektir. Eğer cihaza bağlanılamazsa cihazın adı bağlı cihazlar listesine gelmeyecektir, tekrar denemesi gerekir. Her iki modül ile de başarılı bir şekilde bağlantı kurulduktan sonra Bağlantıyı Kes butonu aktif olur, bununla kullanıcı isterse modüllerle kurulan bluetooth bağlantısını kesebilir.

- Veri tabanına kaydetme: Her iki ayakkabı modülü bağlandıktan sonra Kaydet/Göster sekmesine geçilebilir. Bu sekmede ilk aşamada iki buton görünecektir. Bunlar “Veri tabanına kaydet” ve “Veri tabanı Temizle” butonlarıdır. Ayakkabı modüllerinden veri aktarımına başlamak için veri tabanına kaydet butonuna basılır, ardından başlat ve durdur butonları gelecektir. Başlat butonuna basıldığında telefonda ayakkabı modüllerine sistemin çalışması için bir komut gönderilir. Modüller çalışmaya başlar, akabinde bluetooth ile her iki modülden gelen veriler veri tabanına ayrı ayrı tablolar halinde kaydedilir. Her iki modülden de bir ayak örneği geldiğinde bilgi verilerek kaç ayak örneğinin alındığı kullanıcıya gösterilir. Kullanıcı isterse durdur butonunu kullanarak sistemi el ile durdurabilir. Veya istediği sayıda örnek alındığında sistem otomatik durdurulacaktır. Durdurma aşamasında yazılım, bağlı cihazlara bir komut göndererek ayakkabı modülünün çalışmasını durdurur ve bluetoothtan veri aktarımı otomatik olarak kesilir.
- Alınan örnekleri gösterme: Sistem veri aktarımını bitirdiğinde ölçüm işlemi otomatik olarak durdurulur. İstenirse “Mevcut kayıttan basınç dağılımı göster” butonuna basılarak kayıtlı bilgiler listelenebilir. Listedeki bir kayıt seçildiğinde ayakları temsil eden bir görüntü, basınç dağılım sensörünün yapısını baz alarak ekrana çizdirilir. Bu görüntü ile sensördeki noktaların durumu bire bir aynıdır. Daha sonra veri tabanına kaydedilen basınç değerleri ve koordinat bilgileri tablolardan okunur. Minimum 0, maksimum 512 olabilen basınç değerleri Eş 4.1 – Eş 4.3 kullanılarak 0 ila 255 arasında ölçeklenen renk kodlarına dönüştürülür

$$R = (\text{Basınç Değeri})^3 \times 255 / 512 + 35 \quad (4.1)$$

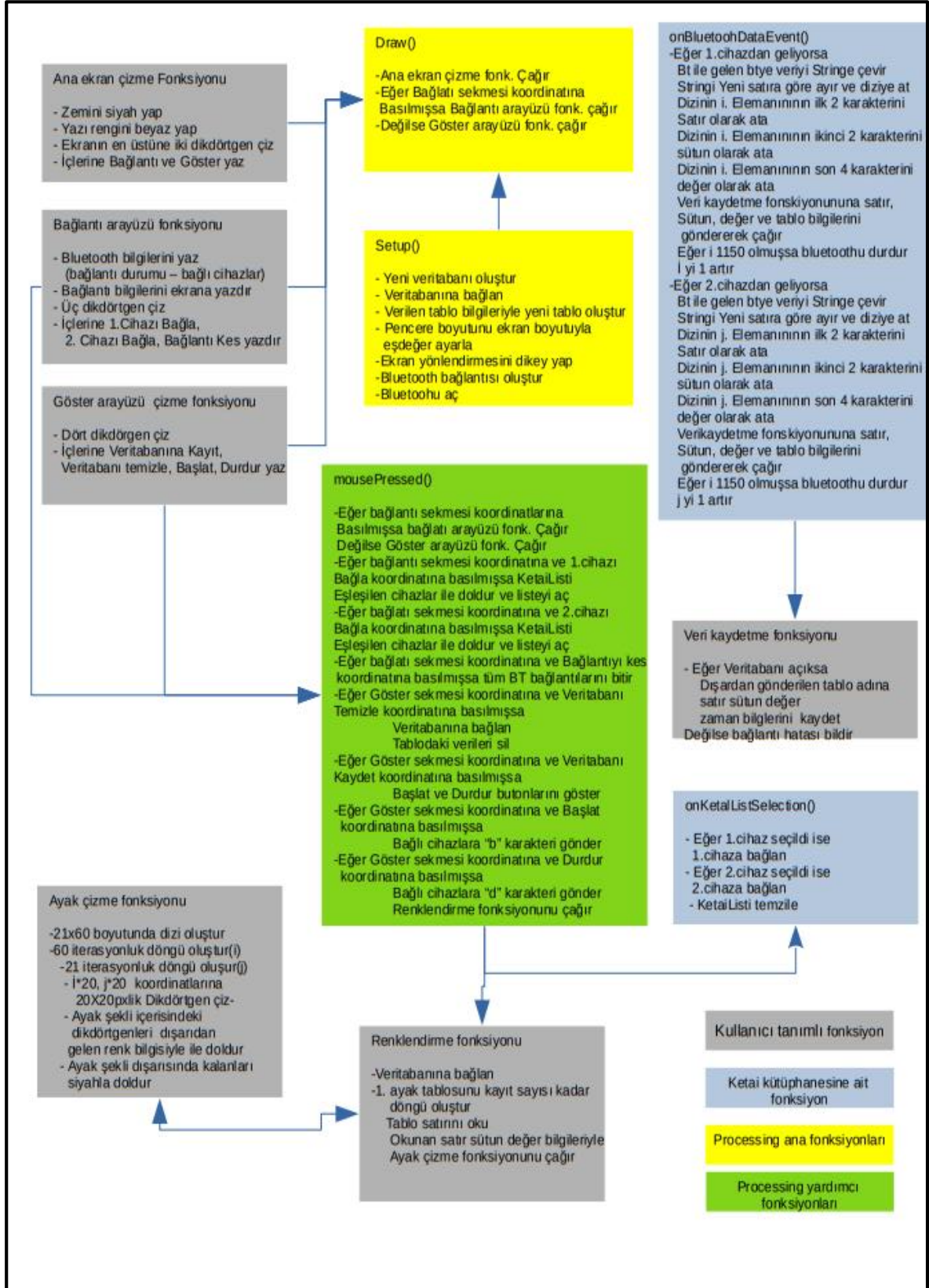
$$G = \sqrt{\text{Basınç değeri}} \quad (4.2)$$

$$B = ((512 - \text{Basınç Değeri})^2 \times 255) / 512 + 10 \quad (4.3)$$

Bu şekilde elde edilen renk değerleri, ilgili basınç değerinin geldiği koordinatlara gönderilerek her bir kare renklendirilir. Bu şekilde ayakkabı modüllerinden satır ve sütun koordinat bilgileriyle birlikte gelen basınç değerleri ekranda temsil edilmiş olur.

Ek olarak; sistemin bluetooth ile tek seferde 1000'den fazla bilgi okuması, bu değerlerin stringe dönüştürülüp, ayrıştırılıp veri tabanına kaydedilmesi belli bir zaman gecikmesine sebep olabilmektedir. Ayrıca ekrana ayak şekillerinin getirilip veri tabanından gelen bilgilerin hesaplanarak renk değerlerine dönüştürülmesinin hafıza maliyeti yüksek olduğundan son görüntüyü almak adına bir miktar bekleme sebebiyet verebilmektedir.

Şekil 4.4.'te Android yazılımının akışı, içerdiği tüm fonksiyonlar, bağlantılarıyla ve iç algoritmalarıyla birlikte verilmiştir.



Şekil 4.4. Sistemin Android yazılımının genel mimari diyagramı

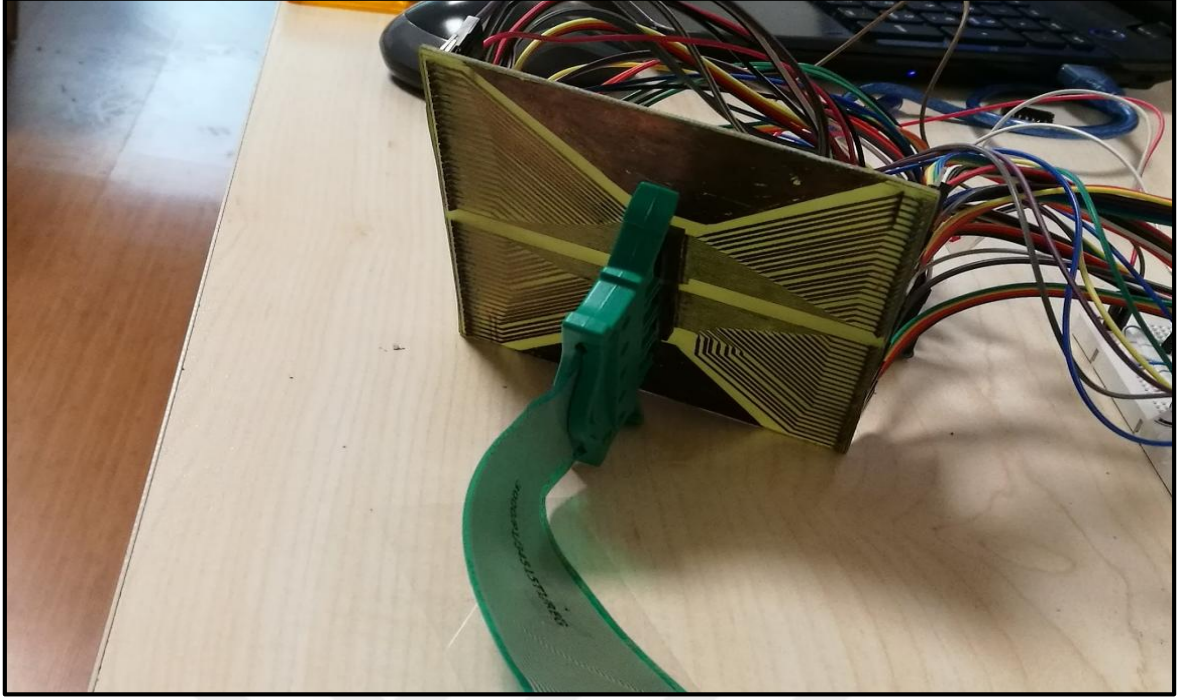
4.3. Sistem Donanımının Gerçekleştirilmesi

Sistemin ayakkabı modülleri için tasarlanan gömülü sistemin mimarisini oluşturan yedi bölüm vardır. Bunlar;

1. Basınç dağılım sensörü
2. Çift taraflı 50 bağlantı noktalı dişi soket
3. ADC
4. Mikrodenetleyici
5. Bluetooth modülü
6. Sd kart modülü
7. Batarya

Sisteme güç verilip çalıştırıldığında basınç ölçüm işlemi hemen başlatılmaz, bluetooth ile mobil cihazdan gelecek başlama komutu beklenir. Mikrodenetleyici seri port üzerinden gelen başla komutunu aldığı anda basınç dağılım sensörü okunmaya başlar. Sensörün okunma işlemi mikrodenetleyici dijital çıkışları ile sensörün her bir satırı sırayla 5 volt uygulanır. Bu şekilde bir satıra bağlı olan tüm dirençlerin bir ucunda 5 voltluk gerilim beklemektedir. Dirençlerin diğer uçları sütunlarda bulunmaktadır. Sütunlar yani dirençlerin diğer uçları ise ADC bölümünde bulunan toplam beş adet MCP3008 entegresine 3.3M Ω 'luk gerilim bölücü dirençlerle bağlanmıştır. Mikrodenetleyicide gömülü bulunan yazılım ADC sistemini baştan sona tarayıp, satırlardaki tüm sütunları okuyarak, sensörden gelen basınç değerlerini geldiği koordinat bilgisiyle beraber bir dizide tutar. Ardından gömülü yazılım bu dizideki tüm bilgileri seri porta yazdırır. Seri porta yazdırılan bilgiler bluetooth ile mobil cihaza gönderilir. Son olarak, okunan tüm bilgiler mobil cihaza gönderildikten sonra, Sd kart modülü ile hafıza kartına kaydedilir. Gömülü sistemdeki basınç dağılım sensörünün baştan sona okunup, gönderilme ve kaydedilme döngüsü bu şekilde işlemektedir. Şekil 4.1'de gömülü sistemin mimarisi görülmektedir.

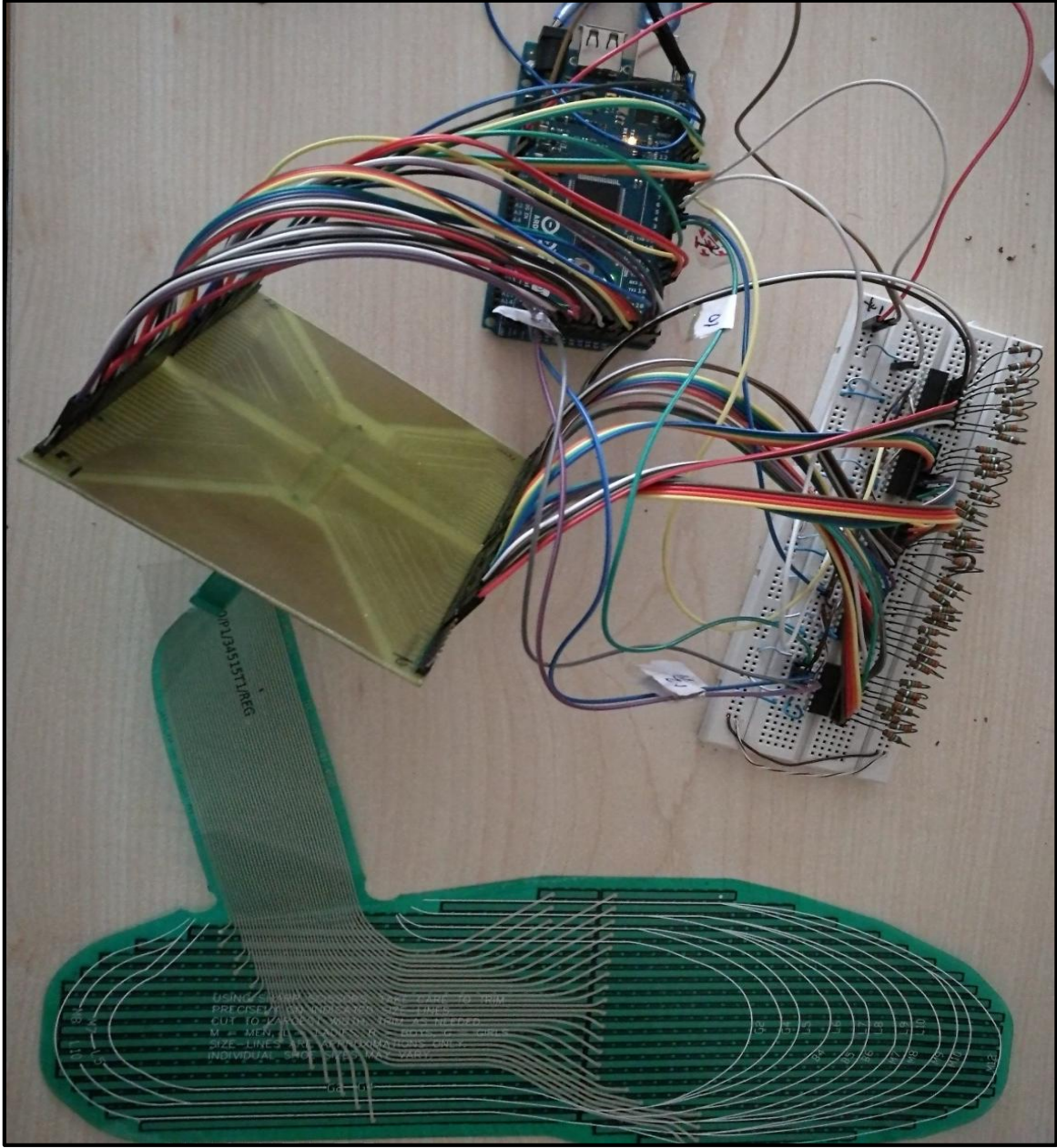
Ayakkabı modülleri için tasarlanan gömülü sistemin gerçekleştirilmesi esnasında ilk aşamada basınç dağılım sensörünün okunabilmesi ve mikrodenetleyici sistemi ile iletişim sağlayabilmesi için öncelikle uygun bir soket temin edilmiştir. Bu soket ile deney yapabilmek için sensör uçlarını jumper pinlerine dönüştüren Resim 4.1.'de görülen özel bir devre tasarlanmıştır ve bununla ayak basınç sensörü detaylı olarak incelenmiştir.



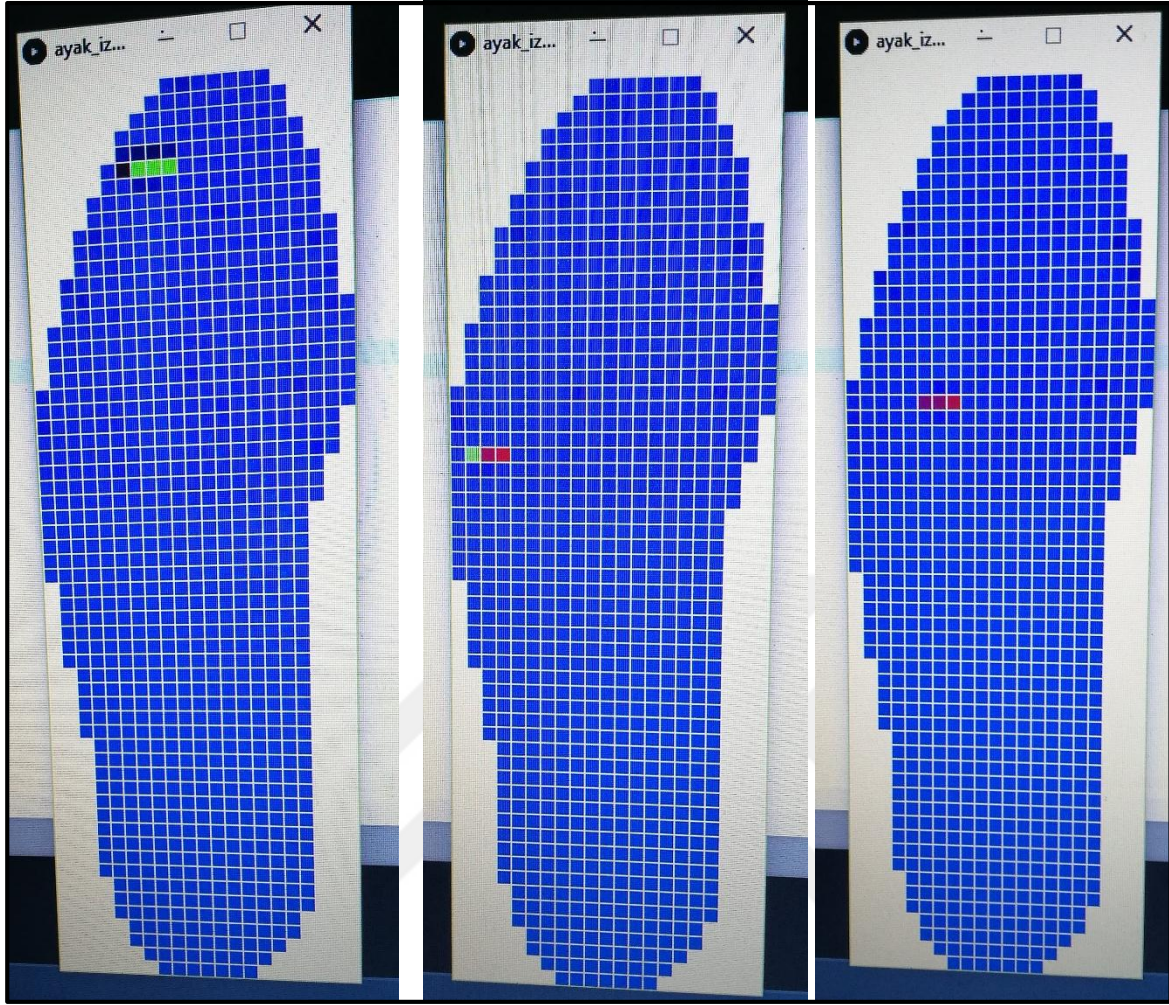
Resim 4.1. Sensörü incelemek için tasarlanan soket devresi

Bu devre sayesinde, breadboard üzerine kurulan ADC devresiyle ayak basınç sensörünün çalışması Resim 4.2.'de görüldüğü gibi test edilmiştir. Bu ADC devresi ile tüm ayak basınç dağılım sensörü okunabilmiştir. Soket devresinin bağlandığı breadboard üzerinde yapılan deney ile yapılması tasarlanan gömülü sistemin en önemli unsurları olan soket ve MCP3008 entegrelerinin sorunsuz bir şekilde çalıştığı görülmüştür. Sonuçta sensörün tüm bölgelerinden verilerin okunup seri porta basıldıktan sonra bilgisayar ortamına aktarılması gerçekleştirilmiştir. İlerleyen aşamada Processing ile görsel bir benzetim yazılımı yapılmış, sensörün yapısında bulunan tüm ölçüm noktaları kare kare ekrana çizdirilmiş ve sensörde belirlenen bazı noktalara basınç uygulanarak ayak çizimi üzerinde renklendirilmesi Resim 4.3.'teki gibi gözlenmiştir. Bu şekilde tasarlanan gömülü sistemin bir prototipi olarak oluşturulan deney devresi ile veriler sağlıklı bir şekilde sensörden okunarak ekrana yansıtılmıştır.

Daha sonra, sistemi tam anlamıyla doğrulamak adına, deney devresinde sensörün rastgele bölgelerine basınçlar aynı anda uygulanmış ve benzetim programına gelen değerlere göre renk değişimlerinin eş zamanlı olarak sağlıklı bir şekilde gerçekleştiği Resim 4.4.'te olduğu gibi gözlemlenmiştir.

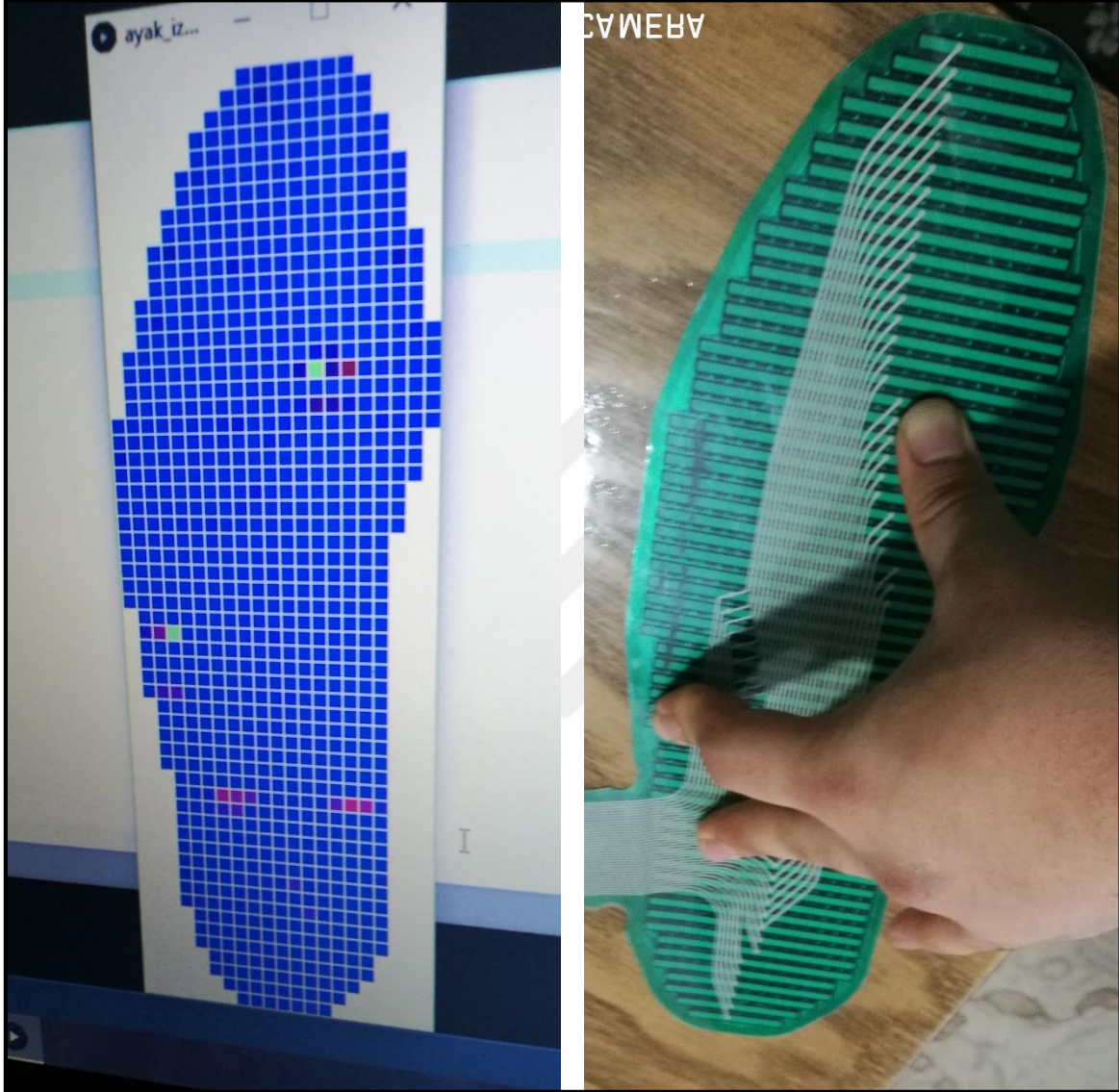


Resim 4.2. Breadboard üzerinde yapılan ADC-soket-sensör deneyi



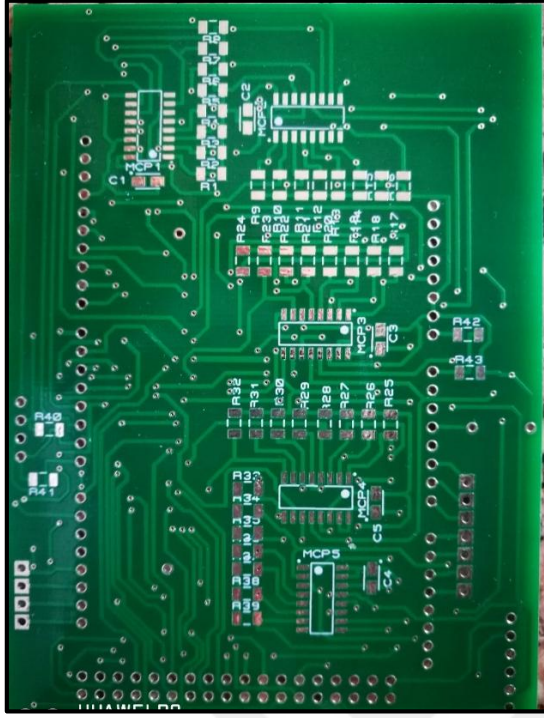
Resim 4.3. Bilgisayar ortamında yapılan benzetim

Gömülü sistemin tüm bileşenlerinin sağlıklı olarak çalıştığı test edilip doğrulandıktan sonra sistem, ayaklara giyilebilme ve rahat taşınabilme adına giyilebilir bir formata dönüştürüldü. Gömülü sistem için, üzerine mikrodenetleyicinin de takılabılabileceği,

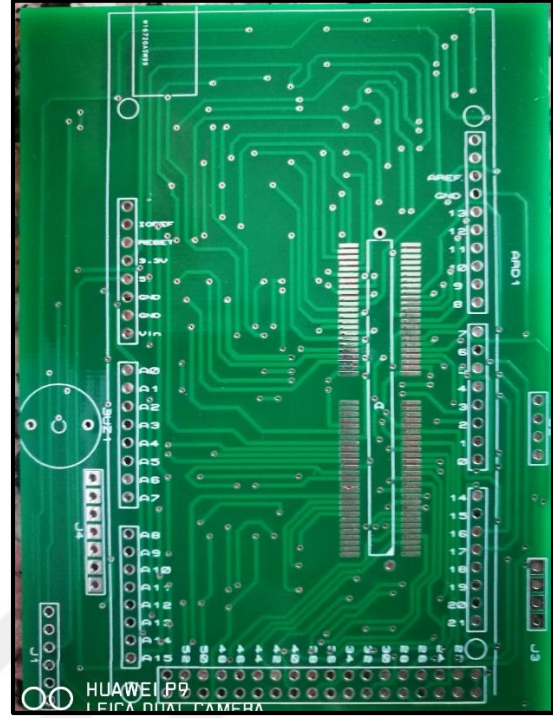


Resim 4.4. Benzetim programı ile sensörün ve ADC sisteminin testi

kablodan bağımsız bir şekilde kullanılabilecek bir tasarım ile PCB şeması çizildi. PCB, 100x75 mm boyutlarında, çift katmanlı olarak Proteus ISIS ve ARES programları ile çizildi. PCB çift katmanlı olarak çizildiği için, üzerine monte edilecek elemanlar SMD, yani yüzey montajlı eleman olarak tercih edildi. MCP3008 entegreleri, kullanılan gerilim bölücü dirençler, soket ve kondansatörler devreye yüzeyden monte edilip lehimlendi. Resim 4.5 (a)'da çizilen PCB'nin, plakete basılmış hali ön yüzünden ve Resim 4.5(b)'de arka yüzünden görülmektedir.



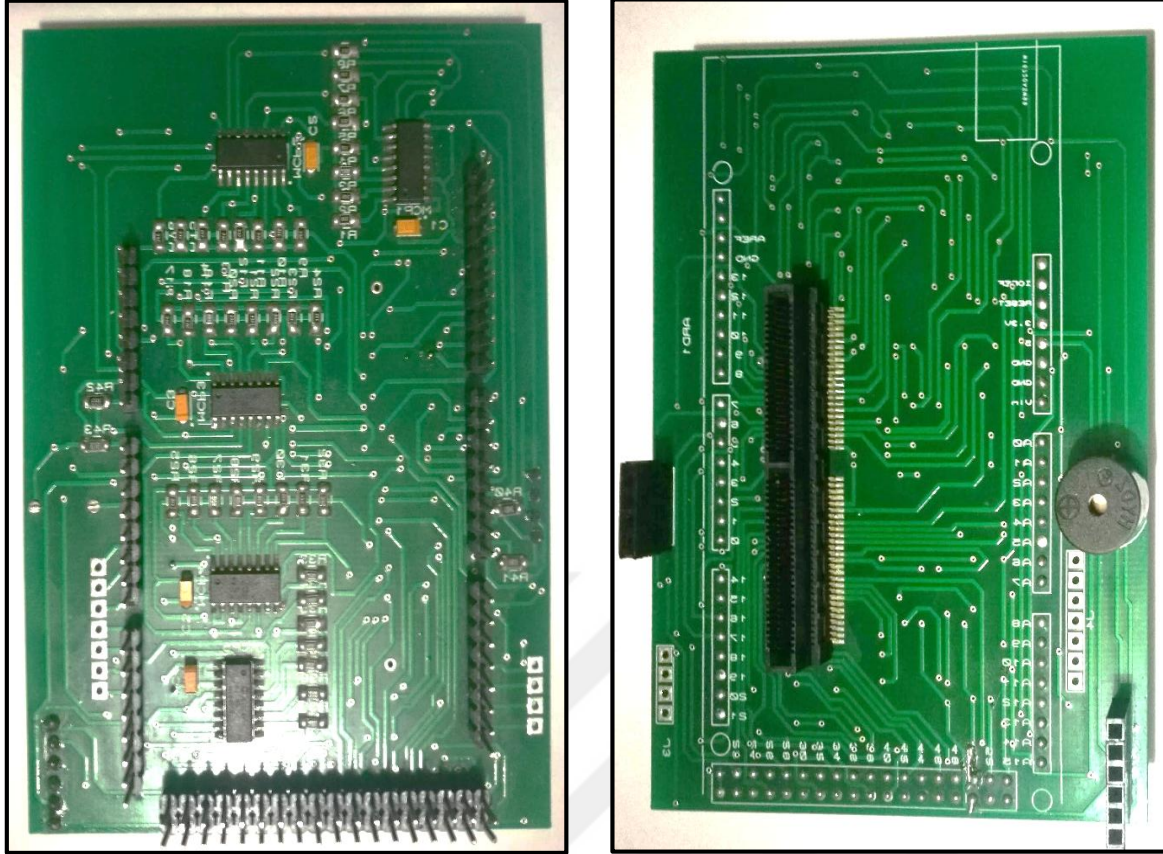
(a)



(b)

Resim 4.5. Gömülü Sistem PCB'sinin ön ve arka görünümü

PCB'nin yüzeyinde mikrodenetleyici kartının, sd kart modülünün ve bluetooth modülünün takılabilmesi için delikler bırakılmıştır ve kendilerine uygun yuvalar monte edilmiştir. Burada amaç sistemin daha modüler olması, herhangi bir değiştirme, geliştirme veya olası arıza durumlarında kolayca değişim yapabilmektir. Resim 4.6.(b)'de görülen PCB'nin arka tarafında basınç dağılım sensörünün takılacağı soket, bluetooth modülünün, sd kart modülünün takılacağı yuvalar ve batarya azaldığında uyarı verecek bir buzzer bulunmaktadır. Resim 4.6.(a)'da görülen ön tarafa ise mikrodenetleyici kartı takılacak şekilde yuvalar monte edilmiştir.



(a)

(b)

Resim 4.6. Devre elemanlarının PCB'ye montajı sonrası ön ve arka görüntüleri

Sistemin son haline gelmesi için PCB devre üzerinde özel olarak montaj yerleri ayrılan mikrodenetleyici, bluetooth modülü ve sd kart modülü monte edildikten sonra pil takılıp devre üzerine sabitlendi. Bu şekilde ayakkabı modülleri için tasarlanan gömülü sistem devresi son haline getirildi. Pilin takılmasıyla birlikte çalışmaya başlayarak, mobil cihaz ile eşleştikten sonra ölçüm için başlama komutu almaya hazır getirilmiştir. Resim 4.7.'de devrenin son hali arkadan, Resim 4.8.'de önden görünmektedir.

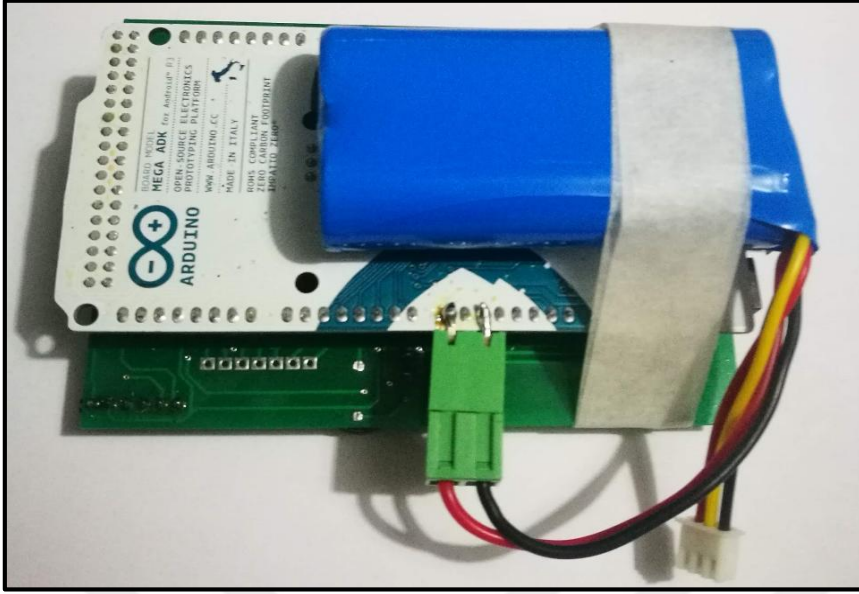
Sistem bu son haliyle boyut olarak minimum ve çok hafif hale getirilmiştir. Ayakkabı modülünün boyutları şu şekilde gerçekleşmiştir;

Boy: 100 mm

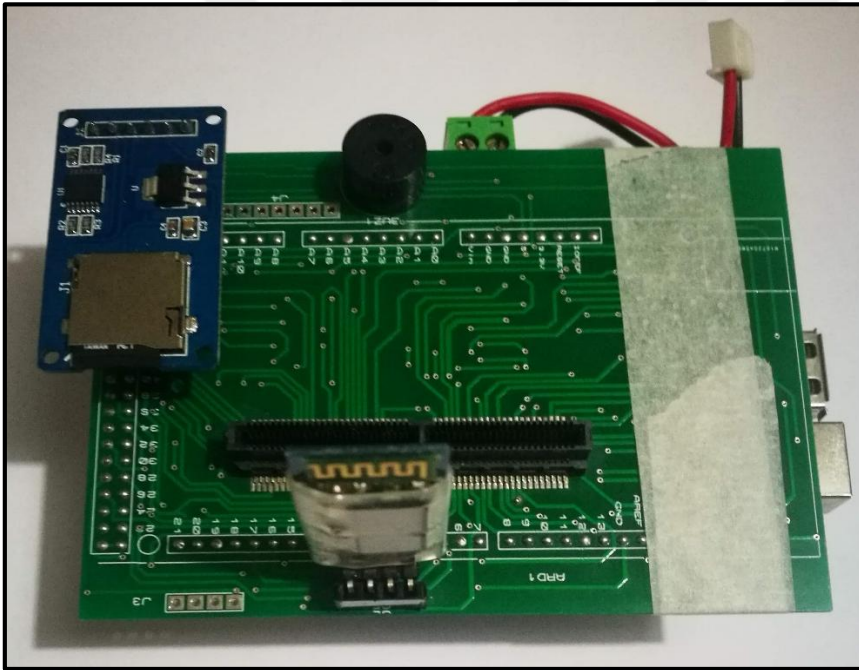
En : 75 mm

Yükseklik: 50 mm

Ağırlık: ~250 g



Resim 4.7. Gerçekleştirilen gömülü sistem devresinin son hali arka görünümü



Resim 4.8. Gerçekleştirilen gömülü sistem devresinin son hali ön görünümü

Gömülü sistem son haline getirildikten sonra basınç dağılım sensörü, uygun boyutta kesilmiş ve bir spor ayakkabı içerisine yerleştirilmiştir. Bu şekilde hafif, kullanımı ve giyilmesi kolay statik ayak plantar basınç dağılımı ölçüm sistemine ait gömülü sistem Resim 4.9.'da görüldüğü gibi gerçekleştirilmiştir.



Resim 4.9. Gerçekleştirilen ayakkabı modülünün son hali

5. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Çalışmanın gömülü sistem ve mobil uygulama tasarımı ve gerçekleştirilmesi tamamlandıktan sonra, sistemin son hali tüm unsurlarıyla test edilmiştir. Öncelikle ayakkabılara yerleştirilen basınç dağılım sensörü ve gömülü sistem devresinin kullanım ve giyilme testi yapılmıştır. Daha sonra ayakkabı modüllerinin mobil uygulamaya bağlantı testi ve uygulamanın kullanım testi yapılmıştır.

5.1. Ayakkabı Modüllerinin Test Edilmesi

Ayakkabı modülünün giyildikten sonra sabitlenip rahatça kullanılabilmesi amaçlanmıştır. Bu sebeple Resim 5.1.'de görüldüğü gibi bilekten giyilen ve yukarı doğru uzayan bir bandaj kullanılmıştır. Bu bandaja ise gömülü sistem devresi iliştilererek deney için kullanım esnasında sabit durması sağlanmıştır.



Resim 5.1. Ayak modülünün giyilmesi ön görünüş

Ayakkabı içerisine yerleştirilen basınç dağılım sensörü ince film yapıda olduğundan giyip çıkarma esnasında zorluk yaşandığı ve sensörün deforme olma riskini azaltmak için üzerine uygun bir tabanlık konulmuştur. Bu şekilde yürüme esnasında sensörün ayakkabının uç ve

topuk bölgelerine birikmesi de engellenmiş yürüme testi esnasındaki zorluk giderilmiştir. Yapılan denemelerden sonra sistemin ayakkabı modüllerinin giyilmesinde ve kullanılmasında fiziki olarak herhangi bir sorun görülmemiştir. Test aşamaları Resim 5.2. ve Resim 5.3.'te gösterilmiştir.



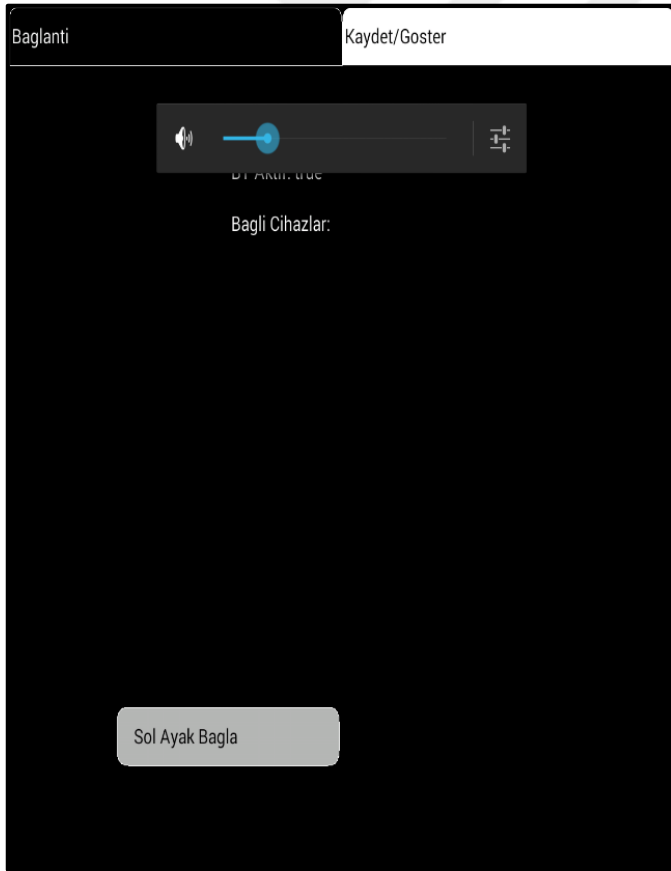
Resim 5.2. Ayak modülünün giyilmesi yan görünüş



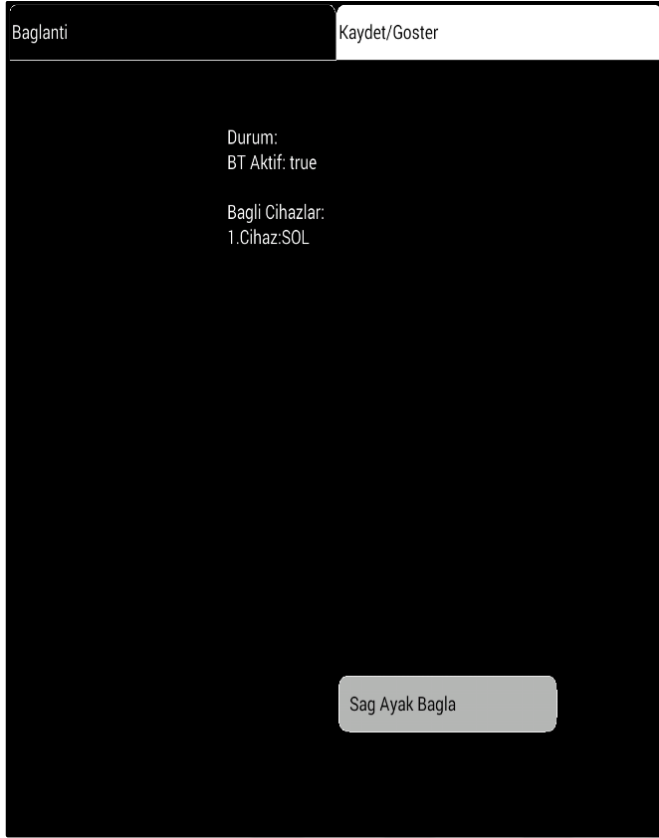
Resim 5.3. Ayakkabı modülüyle yapılan yürüme testi

5.2. Android Uygulamasının Test Edilmesi

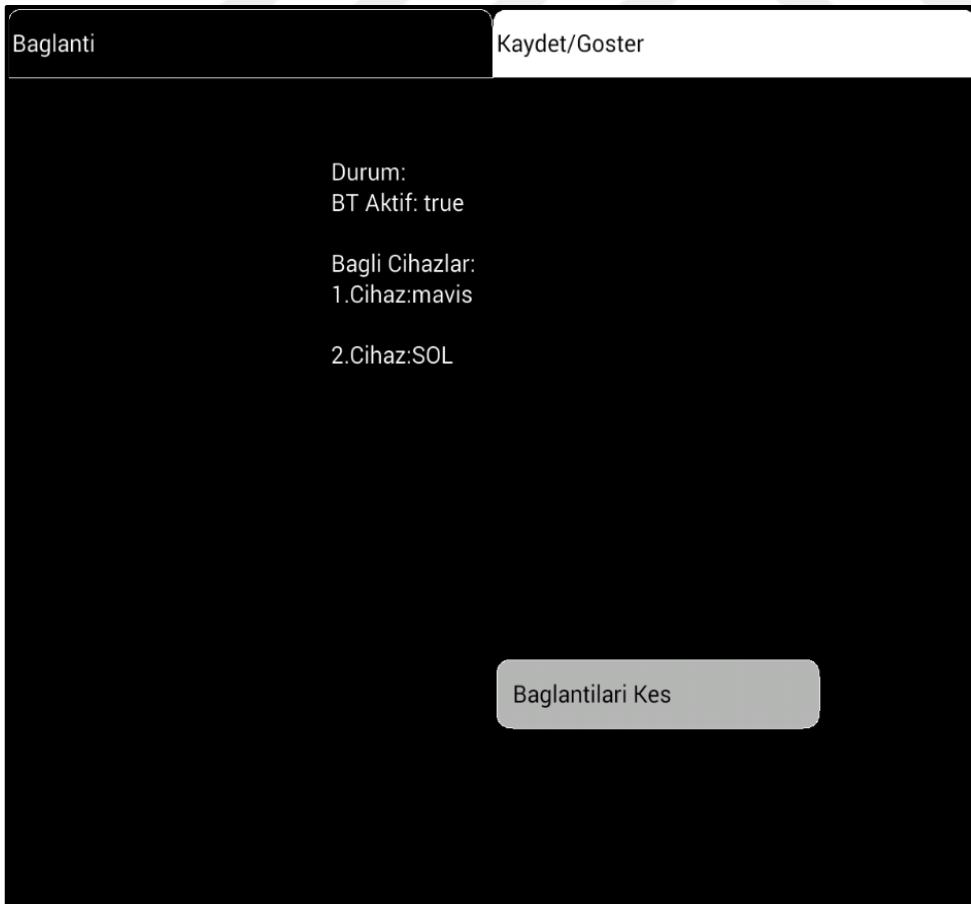
Ayakkabılar giyildikten sonra sisteme ait Android mobil uygulama ile sağ ve sol ayak modüllerine bluetooth üzerinde bağlanma deneyi yapılmıştır. Bu aşamada mobil uygulamanın açılışında gelen bağlantı ayarları yapılmıştır. Mobil cihazla daha önce eşleştirilen modüllere, öncelikle sol ayak için daha sonra sağ ayak için sırasıyla bağlantı denemesi yapılmış her iki ayakkabı modülünün başarılı bir şekilde bağlandığı görülmüştür. Uygulamada cihaza bağlanan modüller anlık olarak gösterilmektedir. Modülerin her ikisi de bağlanmadan diğer sekmeye geçiş yapılmak istendiğinde uygulamanın hata verdiği ve buna izin verilmediği görülmüştür, çünkü sistemde iki ayakkabı modülünden aynı anda veri gönderilmektedir. Mobil uygulama da buna göre inşa edilmiştir. Uygulama aynı anda birden fazla bluetooth aygıtı ile haberleşebilmekte ve aynı anda başarıyla veri transferi yapabilmektedir. Yapılan bu testler bu bölüm içerisinde ekran görüntüleriyle Resim 5.4.(a), Resim 5.4.(b), Resim 5.4.(c) 'de gösterilmiştir.



(a)



(b)



(c)

Resim 5.4. Ayakkabı modülleri bağlantı ayarları

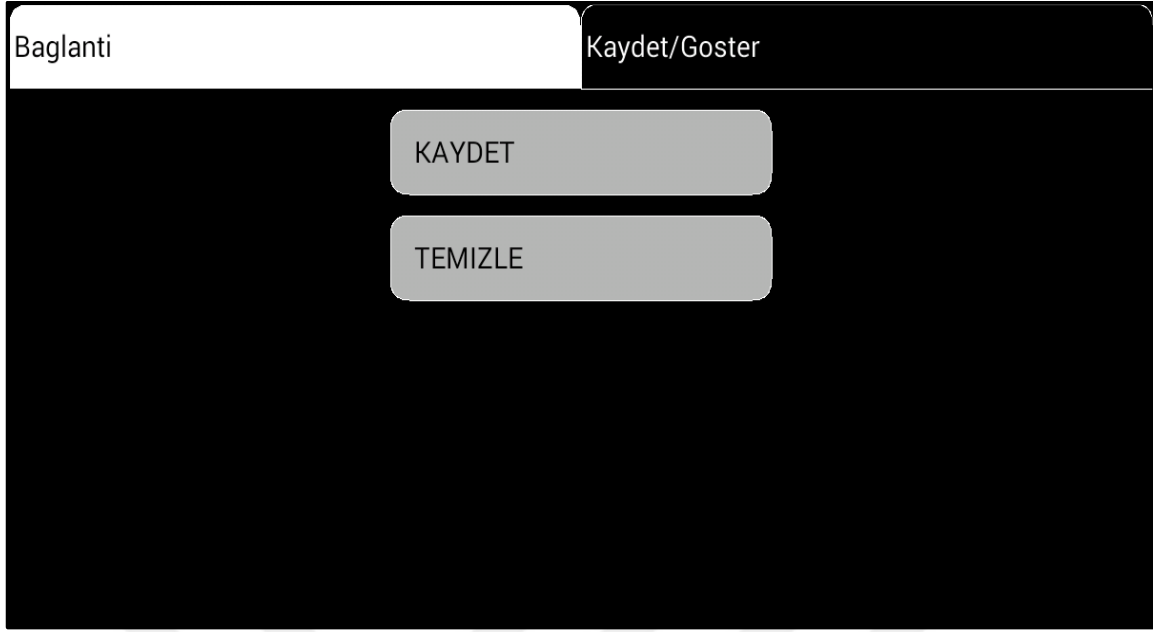
Android uygulamasının bağlantı ayarlarından sonra ikinci kısmı Kaydet/Göster bölümüdür. Bağlantılar başarıyla gerçekleştirildikten sonra diğer sekmeye geçilebilir. Uygulamanın bu bölümünde, yapılacak ölçüm için bir isim ya da bir kimlik verilmesi beklenmektedir. Bu isim verilip onaylandıktan sonra ayakkabı modüllerinin ölçüme başlaması için Başlat butonuyla ölçüm başlatılır. Modüller ölçüme başlayıp verileri göndermeye başladığı anda, uygulamanın verileri başarıyla alıp alamadığını gösterilir. Uygulama sağ ve sol ayakkabı modüllerinin gönderdiği verilerin ilerlemesini yüzde ve grafiksel olarak ayrı ayrı gösterebilmektedir. Her bir ayakkabı modülünün gönderdiği veriler tamamlandığında aktarımın bittiğini gösteren uyarı verilmektedir. Her iki modül için veri aktarımını bittiğinde ise ölçüm bitirilmekte ve modüllerin bluetooth bağlantısı kesilmektedir. Ölçüm ve aktarım işlemleri tamamlandıktan sonra istenirse veri tabanına kaydedilen veriler metin dosyası olarak saklanabilmektedir. Ayrıca veri aktarımı esnasında veri tabanının aşırı dolmasını engellemek adına verilerin silinmesi seçeneği de mevcuttur. Uygulama içerisinde istenirse mobil cihaza aktarılan son ölçümün, ekran üzerinde satır ve sütunlar halinde dizayn edilmiş bir çift ayak çizimi üzerinde grafiksel olarak gösterimi ve gelen basınç değerlerine göre renklendirilmesi de yapılabilmektedir. Eğer veri tabanında daha önceden yapılan kayıtlar mevcut ise onlar da aynı şekilde gösterilebilmektedir.

datasol 1160 rows				
str	stn	dgr	ornekid	tarih
48	5	76		6.11.2019
48	6	78		6.11.2019
48	7	120		6.11.2019
48	8	105		6.11.2019
48	9	111		6.11.2019
48	10	80		6.11.2019
48	11	94		6.11.2019

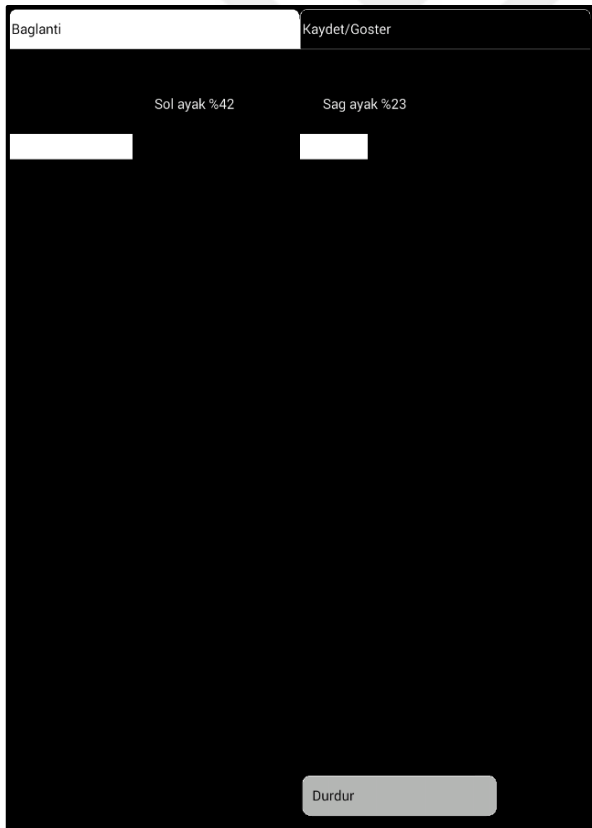
datasag 2795 rows				
str	stn	dgr	ornekid ↑	tarih
3	13	73	iki	6.11.2019
3	14	82	iki	6.11.2019
3	15	3	iki	6.11.2019
3	16	1	iki	6.11.2019
3	17	2	iki	6.11.2019
3	18	6	iki	6.11.2019
3	19	15	iki	6.11.2019
3	20	19	iki	6.11.2019
4	0	26	iki	6.11.2019

Resim 5.5. Veri tabanı tablolarından bir kesit

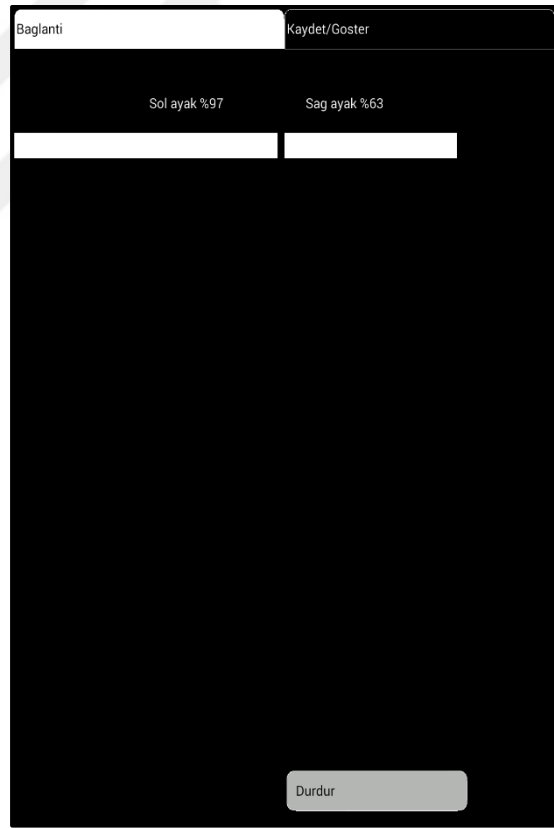
Tasarlanan ve gerçekleştirilen bu Android uygulamasının, bahsedilen tüm bu işlemleri başarılı bir şekilde tamamladığı test edilmiş ve uygulamanın denenmesi anında kaydedilen ekran görüntüleri Resim 5.6.(a), Resim 5.6.(b), Resim 5.6.(c)'de ve kaydedilen verileri gösteren veri tabanı tablolarından bir kesit Resim 5.5.(a) ve Resim 5.5. (b)'de verilmiştir.



(a)



(b)



(c)

Resim 5.6. Veri transferi ve kayıt ekranı

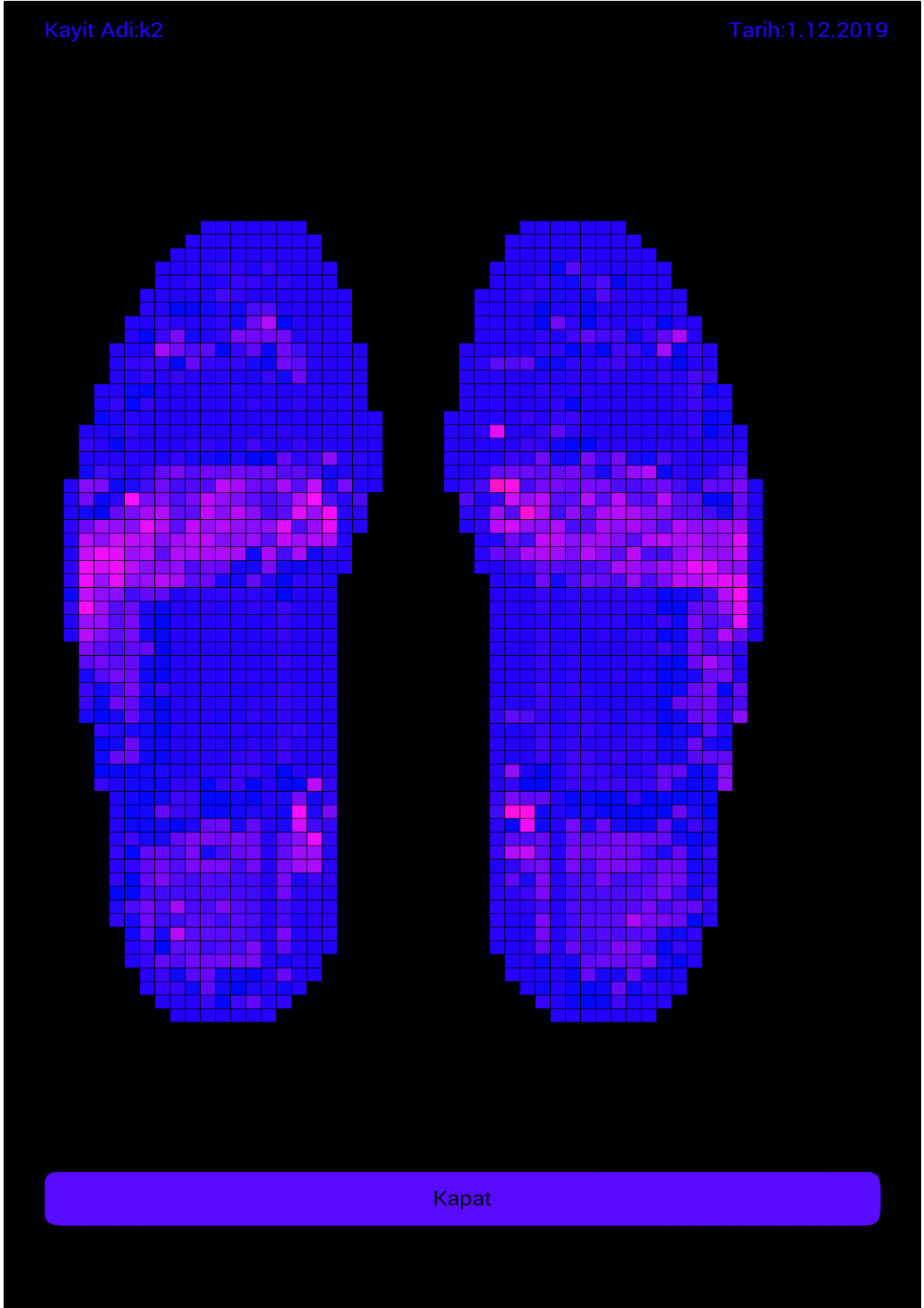
Android yazılımında ayakkabı modüllerinden gelen basınç bilgilerinin kaydedilmesinden sonra kullanıcı, kayıtlı olan verileri her bir kayıta özel olarak verilen kimlik bilgisini göre

listeleyip, istediği kaydı seştikten sonra basınç dağılımını renklendirilmiş olarak görebilmektedir. Kullanıcı dilediği taktirde bu görüntüyü ekran görüntüsü almak suretiyle saklayıp, ilgili kişilerle kolayca paylaşabilir.



Resim 5.7. Android yazılımında mevcut kayıtları listeleme ekranları

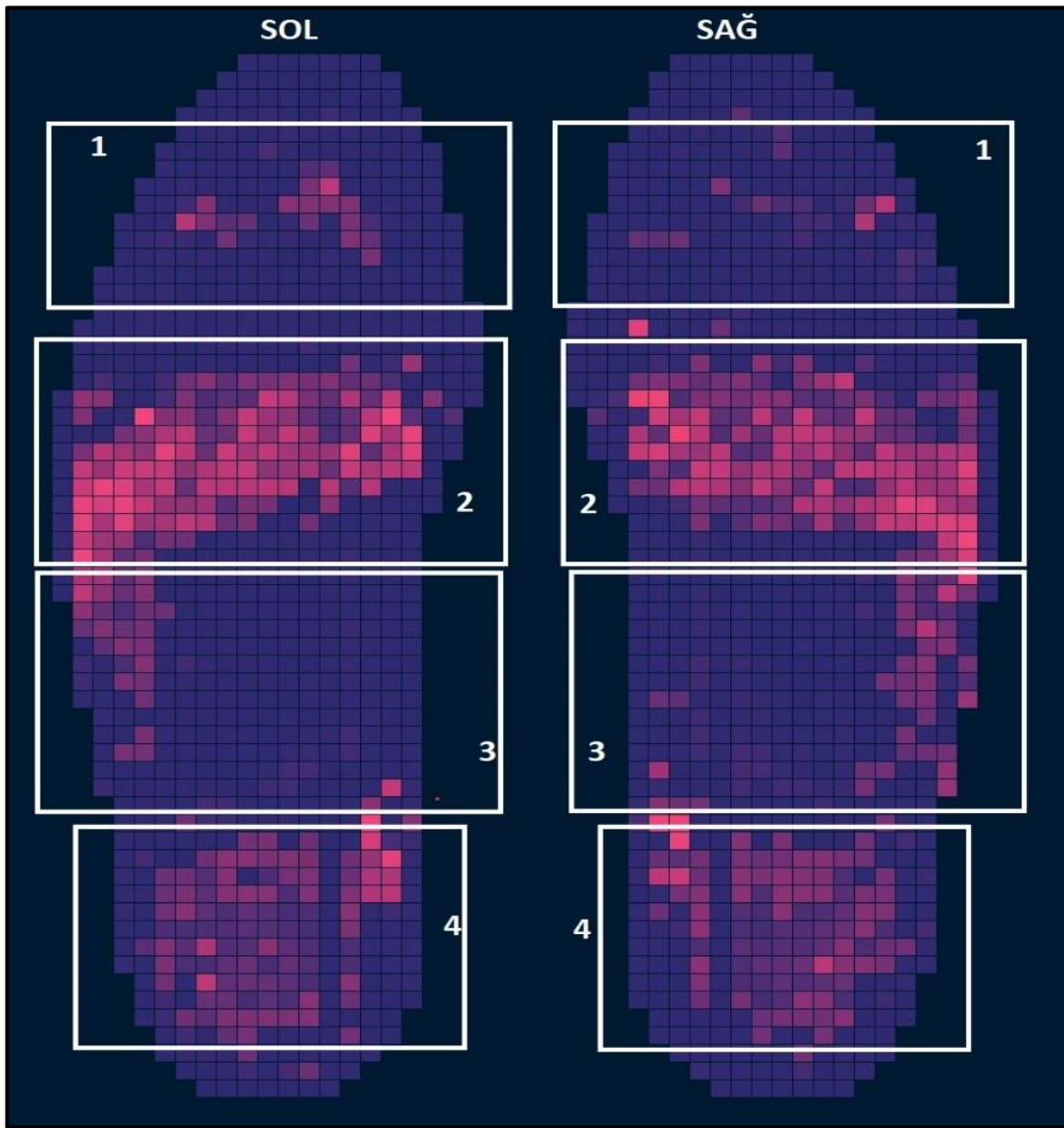
Yukarıda gösterilen Resim 5.7.(a)' da kullanıcı alttaki dğme aracılığıyla önceden kaydedilmiş ayak basınç dağılım bilgilerinin listesini görebilir. Düğmeye basıldığında aēılan ekranda mevcut kayıtlar kaydedildikleri kimliklerle listelenmektedir, bu liste Resim 5.7.(b)'de gösterilmiştir. Ekranaya gelen bu listeden kullanıcı, hangi kaydı görmeyi isterse ona dokunup verilerin görselleştirilmiş halini Resim 5.8.'deki gibi görebilecektir. Bu ekranda görüntülediği kayda ait kimlik bilgisi sol üstte ve kaydedildiği tarih bilgisi sağ üstte gösterilmektedir. İşlem bittikten sonra kapat düğmesi ile görüntüyü kapatıp ana ekrana dönüş sağlanır.



Resim 5.8. Ayak basınç dağılım ekranı

Android yazılımı, bir noktadaki basınç değeri arttıkça ekrandaki ilgili hücreyi maviden pembeye doğru renklendirmektedir. Yani basıncın ihmal edilecek kadar az olduğu veya hiç basınç olmadığı bölgeler mavi renkle gösterilirken basınç değeri arttıkça kırmızı ve pembe tonlarına doğru geçiş yapan renklere boyanmaktadır.

Yazılımda ayak basınç verilerine göre gösterilen ekranda, ayak basınçlarının belli bölgelerde yoğunlaştığı görülmüştür. Burada sağ ve sol ayak Resim 5.9.'da görüldüğü gibi dört bölgeye ayrılarak incelenmiş ve her bölgedeki ortalama basınç değeri tespit edilmiş ve Çizelge 5.1.'de gösterilmiştir.



Resim 5.9. Basınçları tespit edilen ayak tabanı bölgeleri

Bölgeler, insanlarda ayak basınçlarının genel olarak yoğunlaştığı kısımlara göre belirlenmiştir. 1. Bölge ayak parmaklarının, 2. Bölge metatarsal adı verilen tarak kemiklerinin alt kısmının, 3. Bölge ayak boşluğu bölgesinin, 4. Bölge ise topukların yaptığı basıncı gösteren bölgelerdir.

Çizelge 5.1.'de 1,81 m boyunda 82,7 kg ağırlığındaki bir denek üzerinde sağ ve sol ayak için bölgeler bazında ölçülen ortalama basınç değeri verilmiştir. Ayrıca tespit edilen bölgelerin basınç dağılım sensöründe hangi satırlara tekabül ettiği de yanında verilmiştir. Yapılan bu ölçümde sağ ve sol ayağın belirlenmiş bölgelerde tabana uygulanan ortalama kuvvet değerleri kıyaslandığında çok belirgin bir fark görülmektedir. Toplam basınç değerleri incelendiğinde sol ayak üzerinde daha fazla basınç olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.1. Ayak taban bölgelerine düşen ortalama kuvvet ölçümleri

BÖLGE	Sensördeki Konum		SAĞ AYAK	SOL AYAK
	Satır (İlk)	Satır (Son)	Ortalama Kuvvet Değeri (kg-f)	
1. Bölge (Parmaklar)	5	11	6,9	8,8
2. Bölge (Metatarsallar)	16	27	14,8	14,9
3. Bölge (Ayak çukuru)	28	39	9,1	9,5
4. Bölge (Topuk)	40	56	9,4	9,2
	Toplam:		40,2	42,5

Çizelge 5.2.'de bu çalışmada gerçekleştirilen ayak plantar basınç dağılım ölçüm sisteminin aynı denek tarafından giyilip farklı zamanlarda, fark durumlarda yapılmış ölçümlerden rastgele seçilen 15 tanesi verilmiştir. Çizelgede sağ ayak tabanının ayrıldığı bölgelere ayak tabanının uyguladığı kuvvet kg-f cinsinden verilmiştir. En son sütunda ise sağ ayak tabanının uyguladığı toplam kuvvetler yazılmıştır.

Çizelge 5.2. Gerçekleştirilen sistem ile yapılan test sonuçları

Ölçüm No	1. Bölge Parmaklar (kg-f)	2. Bölge Metatarsallar (kg-f)	3. Bölge Ayak Çukuru (kg-f)	4. Bölge Topuk (kg-f)	Toplam Kuvvet (kg-f)
1	9,1	19,1	8,5	9,0	45,7
2	7,7	17,9	8,1	9,1	42,8
3	6,7	18,6	8,3	9,1	42,7
4	6,6	18,8	8,4	9,1	42,9
5	5,2	19,9	8,9	9,8	43,9
6	6,5	19,0	8,1	9,0	42,7
7	7,7	17,2	8,3	8,8	42,0
8	6,9	18,9	8,8	8,5	43,2
9	6,6	19,3	9,4	8,1	43,4
10	7,2	18,1	8,2	9,8	43,3
11	9,1	18,2	8,5	7,6	43,4
12	9,1	20,0	10,0	7,8	46,9
13	9,1	18,9	9,0	8,1	45,0
14	6,9	14,8	9,1	9,4	40,2
15	8,8	14,9	9,5	9,2	42,5

5.3. Tartışma

Daha önceki yıllarda yapılan giyilebilir yürüme analizi, hareket analizi, plantar basınç ölçüm sistemleri incelenip ortaya çıkan zayıf ve kuvvetli yönler tespit edilmiş ve bu çalışmada geliştirilen sistem ile kıyaslanmıştır.

Bamberg ve arkadaşlarının 2008 yılında çıkan çalışmasında ayak plantar basıncı ölçümü için 4 tane kuvvet sensöründen (YHD) oluşan bir ayak içi tabanlık tasarlanmıştır. Sistem içerisinde 12-bit ADC kullanılmış ve örnekleme frekansının 75Hz olduğu belirtilmiştir. Ayakkabı ile bilgisayar arasındaki bağlantı kablosuz RF alıcı-verici sistemi ile yapılmıştır. Ayakkabı modüllerinden gelen bilgi önce bir terminale daha sonra kablo ile bilgisayara aktarılmıştır. Bu haliyle çalışma giyilebilir haldedir fakat verileri anlık olarak bilgisayara aktarmak zorundadır. Bilgisayarın olduğu ortamda çalışmak zorundadır bir anlamda ortama bağımlıdır. Yürüyüş analizi laboratuvarı maliyetini ucuzlatıp, sistemi giyilebilir hale dönüştürmüştür ama tam manasıyla mekândan bağımsız değildir. Plantar basınç kısmına bakıldığında, sonuçlar çalışma içerisinde 2 boyutlu grafiklerle gösterilmiştir. Herhangi bir grafiksel bilgisayar programı ara yüzü görüntüsü paylaşılmamıştır. Çalışma daha ziyade verilerin analizine ve hastalık tespitine odaklandığından görselleştirme ve kullanıcıya sunma kaygısı güdülmemiştir.

Sibel Bakbak ve Ramazan Kayacan'ın 2014'te yayınlanan çalışmasında, POGASYS adı verilen laboratuvardan bağımsız duruş ve yürüyüş analiz sistemi anlatılmıştır. Sistemin donanımsal yapısına bakıldığında ve plantar basınç ölçümü için yapılan ayakkabı içi tabanlık incelendiğinde Bamberg (2008)'in çalışmasına oldukça benzediği söylenebilir. Bamberg'in çalışmasında olduğu gibi tabanlık için 4 tane kuvvet sensörü (YHD) kullanılmış ve aynı bölgelere yerleştirilmiştir. Bağlantı için kablosuz RF alıcı-verici sistem kullanılmış, veriler bilgisayar programına aktarılmıştır. Bu çalışmada iki ayak aynı anda değil tek ayak ölçümü yapılmaktadır. Sistem içerisinde kullanılan ADC ve örnekleme frekansı ile ilgili bir bilgi verilmemiştir. Verilerin aktarıldığı bilgisayar programına ait görüntüler ve okunan verilerden bir kesit paylaşılmıştır. Program ara yüzünde plantar basınç dağılımı basit olarak görünmekte ilgili bölgedeki ağırlık sayısal olarak yazılmaktadır. Çalışma içerisindeki sonuçlarda plantar basınç dağılımı ile ilgili bir sonuç veya grafik paylaşılmamıştır. Bamberg'in çalışmasına getirilebilecek eleştirilerin tümü bu çalışmaya da yöneltilebilir, ayrıca iki ayak için aynı anda uygulanamaması da eklenebilir.

N.K. Rana'nın 2009'da yaptığı çalışmada kauçuk bir tabanlık üzerinde belirlenmiş 8 tane bölgeye yerleştirilen YHD'lerden alınan veriler bir devre ile, içerisinde 12-bit ADC barındıran "Biopac MP100" adlı hazır bir veri toplama ve dönüştürme sistemi kullanılarak bilgisayara aktarılıp analiz yapılmıştır. Bu analiz sonucunda diyabetik ayak ülseri hastalığı konusunda araştırma ve analiz yapılması hedeflenmiştir. Tasarlanan sistemde sadece ayakkabı modülü vardır. Verilerin bilgisayar ortamına aktarılması USB aracılığıyla hazır bir sistem ile yapılmaktadır. Bu sistem kabloludur ve maksimum 7 metre kablo uzunluğuna sahiptir. Yani sistem giyilebilir olsa da kablosuz değildir. Bilgisayara ve ortama bağımlıdır.

Lin Shu ve arkadaşlarının 2010 yılında yaptığı çalışmada, araştırmacılar tarafından yapılan kumaştan ve silikondan oluşan bir ayakkabı için tabanlık kullanarak plantar basınç ölçüm ve analiz sistemi geliştirilmiştir. Yapılan tabanlıkta belirlenen 6 nokta üzerinden basınç ölçümü yapılmaktadır. Tasarlanan sistemde okunan veriler 10-bit ADC kullanarak dönüştürülmüş ve bluetooth ile bilgisayar ve telefon ortamına aktarılmıştır. Örnekleme hızının 100Hz olduğu bilgisi paylaşılmıştır. Çalışmada sadece sağ üzerinde ölçüm yapılmıştır, sonuçlarda ise tek ayak sonucu gösterilmiştir. Sadece sensörlerin yerleştirildiği 6 noktadan okunan veriler program ara yüzünde gösterilmiştir. Basınç değerleri yine ara yüz üzerinde gösterilen bir renk skalasına göre renklendirilmiştir. Ayrıca yürüme esnasındaki basınç değerleri grafiklerle gösterilmiştir. Çalışmanın diğerlerine göre avantajlı yönü bluetooth ile bilgisayar ortamına da akıllı telefon ortamına da veri gönderebiliyor olması ve örnekleme hızının yüksek olmasıdır. Fakat günümüzde artık Windows tabanlı akıllı telefonların kullanılmıyor olmasından dolayı çalışmanın mobil uygulama kısmı kullanılamayacaktır. Ayrıca sadece tek ayakta ölçüm yapılıyor olması da diğer eksik yönüdür. Örnekleme hızının yüksek olması avantajlıdır fakat sadece 6 sensör ile ölçüm yapıldığından bu hızlara ulaşılması normaldir. Sensör sayısı az olduğu için sistem, plantar basınç dağılımını tespit etmede ve göstermede yetersiz kalacaktır.

Simona Crea ve arkadaşlarının 2014 yılında yayınladığı çalışmada o güne kadar yapılmış çalışmalardan farklı ve daha gelişmiş bir ayakkabı içi plantar basınç ölçüm sensörü geliştirilmiştir. Bu sensörde optik elemanlar kullanılarak basınç ölçümü gerçekleştirilmiş ve toplam 64 noktadan ölçüm yapılabilmektedir. Bu sensörün kullanılması için özel bir yürüyüş analizi sistemi tasarlanmış, sensörden okunan veriler bluetooth ile bilgisayara aktarılmıştır. Alınan veriler LabView programı aracılığıyla okunmuş ve MatLab ile görselleştirilmiştir. Çalışma daha çok sensör tasarımına odaklandığı için elektronik devresi İtalya menşeli Robotech firması ile tedarik edilmiş yine aynı firmanın ürettiği bluetooth modülü

kullanılmıştır. Bu sebeple örnekleme hızı 100Hz civarında, iyi bir değerdedir. Fakat veriler aynı anda aktarılamamaktadır ve bilgisayar ortamına bağımlılık bu çalışmada da vardır. Sistem için özel bir yazılım geliştirilmemiştir.

Adin Ming Tan ve arkadaşlarının 2015 yılında yayınladığı çalışmada, karbon gömülü piezo rezistif bir madde ile sandviç şeklinde oluşturdukları bir plantar basınç dağılım sensörü geliştirmişlerdir. Bu sensörün bir yüzünde dikey şekilde 5 sütun şeklinde, diğer yüzünde 15 satır şeklinde elektrotlar yerleştirilmiştir. Tabanlığa uygulanan basınç ile elektrotlar arasındaki mesafe ve dolayısıyla direnç değişerek basınca hassas bir nokta oluşturulur. Geliştirilen bu plantar basınç sensöründe 75 adet basınca duyarlı nokta bulunmaktadır. Çalışma içerisinde, gömülü sistem ile sensörden veri okunup basınç dağılımı da gösterilmiştir. Gerçekleştirilen sistem önce sol ayak basınç verilerini okuyup HC05 bluetooth modülü ile sağ ayakta bulunan 2 adet HC05 modülünden birisine göndermekte, sağ ayak basınç verileri okunduktan sonra da diğer HC05 modülü tüm verileri bilgisayara aktarmaktadır. Bilgisayara aktarılan veriler, kullanıcıya ayak çizimi üzerinde renklendirilerek güzel bir biçimde sunulmaktadır. Sistem üzerinden gönderilen 75 duyarlı noktanın verisi bilgisayar programı üzerinde interpolasyon (piksel doldurma) tekniği ile daha düzgün bir biçimde sunulabilmiştir ayrıca çalışmada sistemin örnekleme hızının 10Hz olduğu belirtilmiştir. Çalışmada başarılı bir şekilde plantar basınç dağılım sensörü geliştirilmiştir. Plantar basınç dağılımının gösterebilmek için gömülü sistem geliştirilmiş ve bilgisayar ortamına kablosuz olarak aktarılmıştır. Fakat çalışmada geliştirilen sistem giyilebilir olsa da geçmiş çalışmalarda olduğu gibi mekâna bağımlıdır. Ayrıca bluetooth menzilinın yaklaşık 10 metre olduğu düşünüldüğünde mekâna bağımlılık daha belirgin hale gelmektedir. Sistemde önce sol ayak verisi okunup, sağ ayağa gönderilmekte ardından sağ ayak verisi okunup bilgisayara gönderilmektedir. İki cihaz aynı anda bağlanıp veri gönderememektedir.

Bu çalışmada, Tekscan firması tarafından üretilmiş ayak basınç dağılım sensörü ile ayak tabanına uygulanan basınç, 954 noktadan gelen basınç verileri, gerçekleştirilen gömülü sistem ile okunabilmekte ve Android yazılımı ile herhangi bir aracı cihaz olmadan bluetooth aracılığı ile doğrudan aktarılabilmektedir. Ayrıca aktarılan veriler kaydedebilmekte, istenirse görselleştirilerek kullanıcıya sunulmaktadır. Bu sayede ayak basınç verileri daha detaylı ve kolaylıkla analiz edilebilecektir. Günümüzde kullanımı çok yaygın olan Android mobil cihazlara göre tasarlanmış olması ise mekândan bağımsız olması, portatifiği ve kullanım kolaylığı açısından yürüyüş analizi ve plantar basınç ölçüm sistemlerini daha ileri

bir noktaya taşıyacaktır. Bu çalışma yürüyüş analiz sistemlerinin günlük hayatta her insan tarafından kullanılabilir kadar basit hale dönüştürülmesinde önemli bir ilerleme sağlanmasına katkıda bulunacaktır.

Literatürde bulunan çalışmalarda veri aktarımının kablo aracılığıyla veya RF alıcı verici sistemiyle yapıldığı görülmüştür. Son yıllarda bluetooth ile yapılan çalışmalar mevcut olsa da bu çalışmalarda ayaklara takılan cihazlardan gelen veriler önce bir terminale ardından bilgisayar ortamına aktarılmaktadır. Bu çalışmada ise bluetooth bağlantısı ile sağ ve sol ayakta bulunan bluetooth modülleri aynı anda veri gönderebilmektedir. Bu durum daha önceki çalışmalarda bulunmamaktadır. Ayrıca bu çalışmada yapılan Android uygulaması sayesinde sistem mekândan bağımsız hale getirilmiştir. Önceki bazı çalışmalarda da bluetooth bağlantısı kullanılmıştır fakat veriler bilgisayar ortamına aktarıldığı için 10 metrelik menzile dezavantaj hale gelebilir. Bu çalışmada veriler mobil cihaza aktarılıp her işlem burada yapıldığı için menzile sorunu ortadan kalkmıştır. Kullanıcı mobil cihazı elinde veya üzerinde taşıyarak sistemi kullanabilecektir. Bu sayede menzile nedeniyle yaşanabilecek bağlantı kopmaları engellenmiştir.

6. SONUÇ

Bu çalışmada statik ayak plantar basıncının ölçülmesi, kaydedilmesi ve grafiksel olarak gösterilmesi için Android tabanlı düşük maliyetli, giyilebilir, hafif ve mekândan bağımsız bir sistem tasarlanması amaçlanmış ve gerçekleştirilmiştir.

Geliştirilen sistemde 10-bit ADC kullanılmıştır ve örnekleme hızı yaklaşık 12Hz olarak tespit edilmiştir. Çözünürlüğün yüksek olması durumunda örnekleme hızının azaldığı tespit edilmiştir.

Çalışmanın gerçekleştirilmesi ve test edilmesi sonucunda ayaklardan gelen basınç verilerinin başarıyla okunduğu, bluetooth ile mobil cihaza aynı anda başarıyla aktarıldığı, aktarılan verilerin veri tabanına kaydının ve kayıtlı verilerin kullanılarak statik plantar basınç dağılımının başarıyla kullanıcıya sunulduğu görülmüştür.

Gelecek çalışmalarda, bu çalışmada yapılan gömülü sistem geliştirilerek, sensör sayısı artırılarak yürüyüş analizinde kullanılması gereken diğer parametrelerin de ölçümü yapılabilmeye tam anlamıyla bir yürüyüş analizi sistemi gerçekleştirilebilir. Kullanılan basınç dağılım sensörünün kalibrasyonu daha profesyonel cihazlarla yapılarak, daha doğru basınç verileri üzerinden değerlendirme yapılmasına imkân sağlanabilir. Kullanılan ADC çözünürlüğü artırılarak sistemin hassasiyeti artırılabilir. Okunan basınç verileri zaman verileri birlikte değerlendirilip sistem dinamik hale getirilebilir. Ayrıca bu çalışmada gerçekleştirilen sistem, bir laboratuvar içerisinde bulunan doğruluğu kanıtlanmış plantar basınç sistemleriyle kıyaslanıp güvenilirliği pekiştirilebilir.

Yine bu çalışmada tasarlanan Android yazılımı tam bir yürüyüş analizinin değerlendirilmesi için geliştirilebilir. Birden fazla bluetooth aygıtından veri alınırken karşılaşılan veri aktarımı hızı problemi aşarak yürüyüş verilerinin anlık olarak ekranda gösterilmesini sağlayacak çalışmalar yapılabilir.

Bu çalışma, plantar basınç dağılımı ölçüm sistemlerinin ve yürüyüş analizi sistemlerinin ucuzlaştırılması, kolaylaştırılması, günlük hayatta tatbik edilebilir hale getirilerek klinik ortamından bağımsız hale getirilmesi açısından literatüre önemli bir katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

1. Güler, H. C. (2000). Yürüyüş Analizi: Temel kavramlar ve uygulama., M. Beyazova ve Y. G. Kutsal. (Editörler). *Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon*. İkinci Baskı. Ankara: Güneş Tıp Kitabevi, s. 401-426.
2. Taş, S. (2013). *Diz Osteoartritli Hastalarda 3-Boyutlu Bilgisayarlı Yürüme Analizi ile Gözlemsel Yürüme Analizi Sonuçlarının Karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1-2, 80-81.
3. Bakbak S., Kayacan R., (2014). Hastalıkların Teşhis ve Takibinde Kullanılan Yürüyüş Analiz Sistemleri. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*. 2(4), 323-332.
4. Karahan, M. (2015). *Yürüme Analizinde Kalça Kaslarının Yüzeysel Emg ile Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Edirne, 12-16.
5. Tönük, E. (2014). Yürüme ve hareket analizi sistemleri: teknik ayrıntılar. *TOTBİD Dergisi*, 13(1), 309-313.
6. Yavuzer, G. (2009). Üçboyutlu niceliksel yürüme analizi. *Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica*, 43(2), 97-101.
7. Bamberg, M., Benbasat, Y., Scarborough, M., Krebs, D., and Paradiso, A. (2008). Gait Analysis Using a Shoe-Integrated Wireless Sensor System. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, (12)4, 413-423.
8. Shu, L., Tao, H., Wang, Y., Li, Q., Feng, D., and Thao, X. (2010). In-Shoe Plantar Pressure Measurement and Analysis System Based on Fabric Pressure Sensing Array. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 14(3), 767-775.
9. Tan, A. M., Fuss, F.K., Weizman, Y., Woudstra, Y., and Troynikov, O. (2015, June). *Design of Low Cost Smart Insole for Real Time Measurement of Plantar Pressure*. Paper presented at the First DesTech 2015 The International Design Technology Conference
10. Abdul Razak, A., Zayegh, A., Begg, R., and Wahab, Y. (2012). Foot Plantar Pressure Measurement System: A Review. *Sensors*, 12(7), 9884-9912.
11. Rana, N.K. (2009). Application of Force Sensing Resistor (FSR) in Design of Pressure Scanning System for Plantar Pressure Measurement. *IEEE Computer Society*, 234, 678-685.
12. Crea, S., Donati, M., De Rossi, M., Oddo, M., and Vitiello, N. (2014). A Wireless Flexible Sensorized Insole for Gait Analysis. *Sensors*, 14(1), 1073-1093.
13. Bakbak, S., and Kayacan, R. (2014). Design of a Laboratory Independent Posture and Gait Analysis System. *Suleyman Demirel University Journal of Natural and Applied Science*, 18(SI: Biomechanics), 21-34.

14. İnternet: Tekscan Medical Sensor 3000E Datasheet. URL: <https://www.tekscan.com/products-solutions/medical-sensors/3000e>, Son Erişim Tarihi: 28.10.2019.
15. İnternet: Arduino Mega ADK 2560. Web: <https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3>, Son Erişim Tarihi: 28.10.2019.
16. İnternet: Hc-06 Bluetooth Module datasheet. URL: <https://www.olimex.com/Products/Components/RF/BLUETOOTH-SERIAL-HC-06/resources/hc06.pdf>, Son Erişim Tarihi: 28.10.2019.
17. İnternet: MCP-3004/3008 datasheet. URL: <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/MCP3008.pdf>, Son Erişim Tarihi: 28.10.2019.
18. İnternet: MEC8-150-02-L-DV bağlantı ara yüzü. URL: <https://www.samtec.com/products/mec8-150-02-l-dv>, Son Erişim Tarihi: 28.10.2019.
19. İnternet: Arduino IDE reference. URL: <https://www.arduino.cc/reference/en/>, Son Erişim Tarihi: 28.10.2019.
20. İnternet: Processing IDE for Android. URL: <https://android.processing.org/>, Son Erişim Tarihi: 28.10.2019.
21. İnternet: F-Scan. URL: <https://www.tekscan.com/products-solutions/systems/f-scan-system>, Son Erişim Tarihi: 28.10.2019.
22. İnternet: MEC8-150-02-L-DV datasheet. URL: http://suddendocs.samtec.com/catalog_english/mec8_dv.pdf, Son Erişim Tarihi: 28.10.2019.
23. İnternet: What is an Arduino. URL: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>, Son Erişim Tarihi: 31.10.2019.
24. İnternet: Başlıca Arduino modelleri ve özellikleri. URL: <https://store.arduino.cc/usa/arduino/most-popular>, Son Erişim Tarihi: 31.10.2019.
25. İnternet: HC06 Özellikleri. URL: <https://www.robotistan.com/kablolu-hc06-bluetooth-serial-modul-karti-hc06-bluetooth-to-serial-port-m>, Son Erişim Tarihi: 31.10.2019.
26. İnternet: Arduino IDE. URL: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Environment>, Son Erişim Tarihi: 31.10.2019.
27. İnternet: Processing IDE genel bakış. URL: <https://processing.org/overview/>, Son Erişim Tarihi: 31.10.2019.
28. İnternet: Processing'de Android için Ketai kütüphanesi. URL: <http://ketai.org/reference/>, Son Erişim Tarihi: 31.10.2019.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : AKTAŞ, Kemalettin
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 18.05.1987, Ankara
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (555) 637 78 64
e-mail : kemalettin.aktas@gazi.edu.tr



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Bilgisayar Bilimleri	Devam Ediyor
Lisans	Gazi Üniversitesi / Bilgisayar Sist. Öğrt.	2010
Lise	Gazi Anadolu Teknik Lisesi	2005

İş Deneyimi

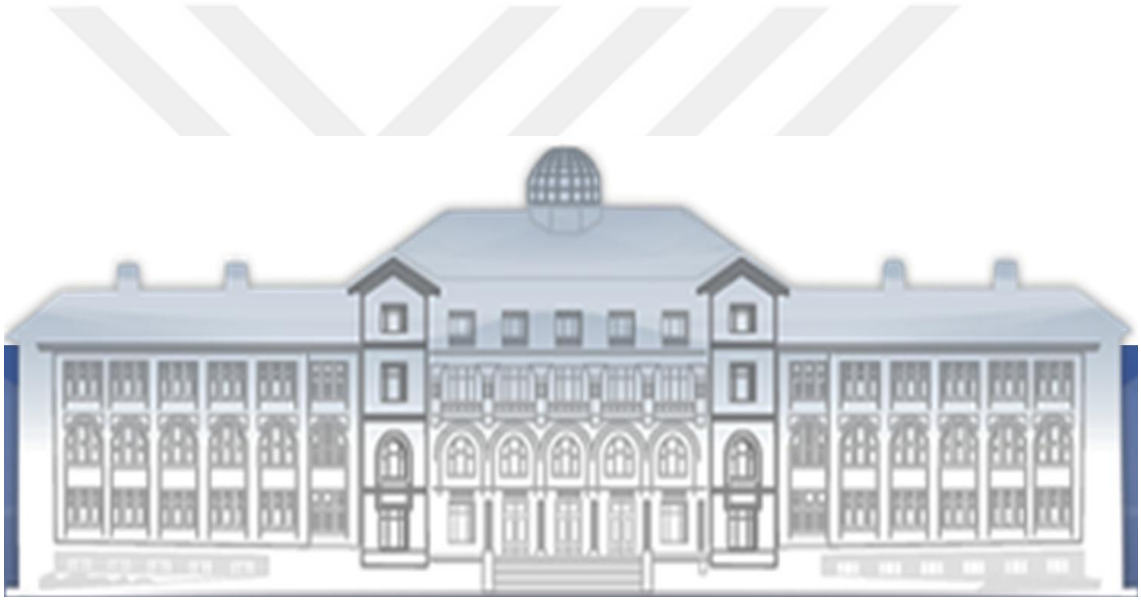
Yıl	Yer	Görev
2011-Halen	Millî Eğitim Bakanlığı	Teknik Öğretmen

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Futbol, Seyahat, Sinema, İnternet, Araştırma, Okuma



GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR..