



**T.C. İSTANBUL T CARET
ÜNİVERSİTESİ**

FEN B LİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MOB L İLAÇLAMA VE SULAMA ROBOTU

Haluk ÖZGEN

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Metin TURAN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
B LGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANAB LİM DALI
İSTANBUL - 2020**

KABUL VE ONAY SAYFASI

Haluk ÖZGEN tarafından hazırlanan "**Mobil İlaçlama ve Sulama Robotu**" adlı tez çalışması 08/09/2020 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde başarı ile savunularak, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Dr. Öğr. Üyesi Metin TURAN İstanbul Ticaret Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Dr. Öğr. Üyesi Arzu KAKIŞIM İstanbul Ticaret Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Dr. Öğr. Üyesi Ertuğrul ÇETİNSOY İstanbul Şehir Üniversitesi	

Onay Tarihi: 18/09/2020

İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsünün 18/09/2020 tarih ve 2020/290 numaralı Yönetim Kurulu Kararının 2. maddesi gereğince, ders yüklerini ve tez yükümlülüğünü yerine getirdiği belirlenen "Haluk ÖZGEN" (TC:48610284250) adlı öğrencinin mezun olmasına oy birliği ile karar verilmiştir.

Prof. Dr. Necip ŞİMŞEK
Enstitü Müdürü

AKADEMİK VE ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

18/09/2020

Haluk ÖZGEN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	3
2.1. Robot Sistemleri Literatürü	3
2.2. Makine Öğrenimi ve Obje Tanıma Literatürü.....	7
3. MOBİL ROBOT ve GENEL ÇALIŞMA PRENSİBİ.....	17
3.1. Motor Sürücü Devre Elemanı	17
3.2. Mobil Robot için Hareket Mekanizması	19
3.3. Voltaj Regülatörleri.....	26
3.4. Sulama Mekanizması Elemanları	29
3.5. Mesafe ve Uzaklık Ölçümü Elemanları	30
3.6. Ultrasonik Mesafe Sensörü HC-SR04.....	32
3.7. Kullanılan Mikroişlemcili Kart Raspberry Pi Performansları	44
3.8. HC-SR04 ile Görüntü Alımının Tetiklenmesi	47
3.9. SG90 SM'lerin Detaylı Özellikleri ve AM Kart ile Kullanımı ve Tetiklenmesi.....	53
3.9.1. SG90 SM'lerin montelenmesi.....	53
3.10. DC Motor Pompa ve SG90 SM'ler ile Bağlantısı	58
3.11. Sıvı Deposu için Düzenek	60
3.12. HC-SR04 UMS'ler için Ana Gövde	64
3.13. Genel Mobil Robot Yapısının Oluşturulması	65
3.14. Mobil Robotun Tam Modeli ve Katmanları.....	66
3.15. RP3 ile AM Mikroişlemcili Kartlara Güç Sağlama	68
3.16. Mobil Robotun Bileşenlerinin Testi ve Hareketin Sağlanması	69
4. MOBİL ROBOT MAKİNE ÖĞRENİMİ YAKLAŞIMI.....	71
4.1. Uygun Makine Öğrenimi Algoritmasının Seçilmesi.....	71
4.2. Viola Jones Algoritmasının Kullanılması	73
4.3. Viola Jones Algoritması Eğitimi ve Adaptive Boosting	77
4.4. Test Ortamı için Kullanılan Objeler ve Yapısal Özellikleri	84
4.5. Örnek Toplama Yöntemi.....	87
4.6. Örnek Toplama Mekanizması ve Tasarımı	87
4.7. Objelerden Örnek Toplama Öncesi Mobil Robotun Konfigüre Edilmesi.....	89
4.8. Obje Örneklerinin Toplanacağı Ortam ve Koşullar.....	90
4.9. Test Ortamında Kullanılan Objeler ve Örneklerin Toplanması	92
4.10. Bitki Objelerinden Alınacak Örnekler için Bölge Yaklaşımı	95
4.11. Toplanan Örneklerin Vektör Formatına Dönüştürülmesi ve Önemli Noktalar.....	97
4.12. Obje Örneklerinin İç Bölgelerden Oluşturulması	98
4.13. Eğitim Süreci ve Parametreler	100

4.14. Eğitim Sonrası Mobil Robotun Birinci Versiyonu ve Test Aşaması	101
5. MOBİL ROBOTUN İKİNCİ VERSİYONA GÜNCELLEMESİ	104
5.1. Algoritmanın Tekrardan Tasarlanması.....	105
5.2. İkinci Versiyon Mobil için Daha Kapsamlı Test Ortamı Oluşturulması	107
5.3. İkinci Versiyon Mobil Robotun Test Edilmesi.....	107
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	111
KAYNAKLAR.....	113
ÖZGEÇMİŞ	118

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MOBİL İLAÇLAMA VE SULAMA ROBOTU

Haluk ÖZGEN

**İstanbul Ticaret Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Metin TURAN
2020, 118 sayfa**

Günümüzde birçok alanda olduğu gibi, elektronik ve robotik sistemlerinde de ciddi kazanımlar elde edilmiş ve gündelik hayatımızın vazgeçilmezleri arasına girmiştir. Daha önemlisi, önceleri belli amaçlar için üretilen bilgisayarlar günümüzde genel amaçlı mikro bilgisayarlar şeklinde üretilip satılmaya başlanmıştır. Bu sayede, farklı sistemlerin sadece firmalar tarafından değil, bireysel geliştiriciler tarafından da tasarlanmasına katkı sağlamıştır. Bu bağlamda insanların kendilerine özgü sistemler geliştirebilmesi mümkün hale gelmiştir. Hem daha az maliyetli hem de daha küçük yapıda ürünlerin tasarlanmasıyla bilgisayar ve elektronik sistemleri endüstrinin parlayan yıldızı konumuna yükselmiştir. Beraberinde artan performans, zorlu süreçlerin yönetilmesini kolaylaştırmıştır.

Bu çalışmada genel ağaç ve bitki ilaçlamasına yönelik, mobil örnek bir robot üretmek amaçlanmıştır. Robotun tüm tasarımı orijinal olup, endüstriyel ürünün fonksiyonel alt yapısı olarak geliştirilmiştir. Robotun hali hazırda görme becerisi sadece ilaçlanabilir veya ilaçlanamaz diye nesneleri ayırmakla sınırlı olsa da uzun vadede farklı tarım ürünlerini algılayarak, uygun ilaçlama yapabilmesi arzulanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Akıllı robot, elektronik sistemlerin haberleşmesi, görüntü işleme, kontrollü sistemler, sinema ortamı, robotik.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

MOBILE SPRAYING AND IRRIGATION ROBOT

Haluk ÖZGEN

**İstanbul Commerce University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Computer Engineering**

**Supervisor: Assist. Prof. Dr. Metin TURAN
2020, 118 pages**

Today, as in many places, electronic and robotic systems have gained significant progress and are among the indispensable parts of our everyday life. More importantly, today, computers manufactured for specific purposes have begun to be produced and sold in the form of general-purpose microcomputers. In this way, it contributed to make possible to the design of different systems not only by companies but also by individual developers. In this context, it helps people to design their own systems, and to design products that are both less costly and smaller.

In this study, it is aimed to produce a mobile sample robot for general tree and plant spraying. The entire design of the robot is original and developed as a functional sub-structure of the industrial product. Although the robot is currently limited in the ability to see objects only in terms of being able to be sprayed or not to be sprayed, it is desired to perceive the different agricultural products in the long run and to be able to do appropriate spraying.

Keywords: Communication of electronic systems, controlled systems, image processing, intelligent robot, robotics, test environment.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Dr. Öğr. Üyesi, Metin TURAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Haluk ÖZGEN
İSTANBUL, 2020

ŞEKİLLER

	Sayfa
Şekil 1.1. L298N için Fritzing programı tarafından oluşturulmuş görsel.....	18
Şekil 1.2. Pololu Metal Gear High Power 6 Volt 120 RPM DC motorun mekanik yapısı	20
Şekil 1.3. Pololu Metal Gear High Power 6 Volt 120 RPM DC motorun dış görünüşü.....	20
Şekil 1.4. L289N' in DC motorlar ile AM kartın uygun pin bağlantı blok şeması.....	23
Şekil 1.5. DC dalgıç motor pompasının farklı açılardan görüntüleri.....	24
Şekil 1.6. L289N, DC motorlar ve AM kartın birbiri ile ilişkisini gösteren blok diyagram	25
Şekil 1.7. LM2596 voltaj düşürücü regülatör kartı blok şeması	27
Şekil 1.8. LM2596 voltaj regülatörü konfigürasyonu.....	28
Şekil 1.9. LM2596 voltaj düşürücü regülatörün fiziksel yapısı	28
Şekil 2.1. AM kart, RB3 kart ve SG90 tipi SM'ler için LM2596 voltaj düşürücü regülatör devresiyle olan ilişkileri ve bağlantıları	30
Şekil 2.2. Pololu Carrier with Sharp GP2Y0A60SZLF Analog Distance Sensor 10-150 cm fiziksel yapısı	31
Şekil 2.3. Pololu marka Carrier with Sharp GP2Y0A60SZLF Analog Distance Sensor 10-150 cm tipi kızılötesi uzaklık ölçümü yapan sensörün genel şekli, blok şeması ve duyarlılığına ilişkin grafik ve görseller.....	32
Şekil 2.4. AM mikroişlemcili kart ile HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörünün bağlantı şeması.....	35
Şekil 2.5. RB3 mikroişlemcili kart ve HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörünün bağlantı şeması.....	35
Şekil 2.6. HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörünün ECHO pininden RB3 mikroişlemcili kartın GPIO pinine olan bağlantısı	37
Şekil 2.7. Daha düşük dirençler ile elde edilen voltaj bölücü devrenin şeması.....	39
Şekil 2.8. HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörünün RB3 karta bağlantısı için gerilim bölücü.....	40
Şekil 2.9. HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörü için kullanılan tutucu modeline ilişkin görsel	40
Şekil 3.1. Asus Tinker Board ile RB3 model B geliştirme kartları arasındaki CPU performans tablosu	46
Şekil 3.2. Asus Tinker Board ve RB3 model B geliştirme kartlarına ilişkin genel performans testi	47
Şekil 3.3. HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörlerinden gelen bilgilerin kademeli olarak daha önceden belirlenen eşik değerlerine göre sonuçlar çıkarılmasına yönelik akış şeması	52
Şekil 3.4. X ekseninde hareketi sağlayan SG90 SM'nin, mobil robotun alt katında bulunan yüzeydeki konumu	56
Şekil 3.5. Şekil 3.5. Düşey ekseninde hareketi sağlayan SG90 SM ve çevre parçalar ile ilişkisini ve bağlantısını gösteren temsili fotoğraf.....	60
Şekil 3.6. Sıvı deposu ve sıvı deposunun sabitlenmesi için kullanılan sıvı deposu kafesinin yapısı	63

Şekil 3.7. Blender programı aracılığı ile oluşturulmuş, mobil robotun ana gövdesine eklenecek olan harici ek sunta gövde	65
Şekil 3.8. Blender ortamında hazırlanan Sunta gövde ve sıvı deposu kafesinin, mobil robotun ana gövdesine birleştirildikten sonraki temsili görüntüsü.....	66
Şekil 3.9. Mobil robotun tam devre diyagramı	67
Şekil 4.1. VJNT algoritması için genellikle popüler olan Lena fotoğrafı üzerindeki uygun HAAR-Like içeriklerinin bir kısmını içeren fotoğraf.....	78
Şekil 4.2. VJNT algoritmasının kullandığı temel yapı HLS örneklerinden birkaçı	79
Şekil 4.3. Objelerden örnek toplama mekanizması.....	87
Şekil 4.4. Dönen levha mekanizmasının üstten, yataydan ve çapraz açıdan çekilmiş fotoğraflarına ilişkin örnek görseller	88
Şekil 4.5. Objelerin fotoğraflarının çekildiği ortam, mobil robot, dönen levha, ışık kaynağı ve diğer bileşenlerin konumları ve mesafeleri	92
Şekil 4.6. Bitki objelerini oluşturan yapılar.....	93
Şekil 4.7. Ev objelerini oluşturan maket evlerin dönen levha üzerindeki görselleri	95
Şekil 4.8. Bitki objesinin dış kısmından alınan örnekleri içeren görseller ve bitki objelerinin dış kısmındaki parlak dörtgen örnek koordinatları.....	97
Şekil 4.9. Bitki objelerinden alınan örneklerin bölge yapısını içeren temsili görseller	99
Şekil 5.1. Bir bitki objesinden alınan örneklerden birkaç tanesinin vektör formuna dönüştürülmüş hali	100
Şekil 5.2. Kameranın görüş açısına giren bitkinin mobil tanınmasına ilişkin fotoğraf	102
Şekil 5.3. Mobil robot tarafından çekilen fotoğrafın kırpılışına ait temsili görsel.....	105
Şekil 5.4. E18-D80NK tipi kızıl ötesi sensörüne ilişkin görsel	106
Şekil 5.5. Mobil robotun donanımsal değişiklikten sonraki son haline ilişkin görseller.	107

ÇİZELGELER

	Sayfa
Çizelge 1.1. Asus Tinker Board ve RP3 mikroişlemcili geliştirme kartlarına ilişkin birim performanslar.....	45
Çizelge 1.2. Mobil robotun senaryo yolundaki bitki nesnelerini tanıma başarı tablosu.....	108
Çizelge 1.3. Mobil robotun senaryo yolundaki ev nesnelerini tanıma başarı tablosu.....	108
Çizelge 1.4. Mobil robotun senaryo yolundaki ev ve bitki nesnelerini tanıma başarı tablosu.....	109
Çizelge 1.5. Mobil robotun senaryo yolundaki maket ev ve bitki nesnesinin çok yakın olduğu durumda nesneleri tanıma başarısı	109
Çizelge 1.6. Mobil robotun senaryo yolundaki iç içe geçmiş maket ev ve bitki nesnelerini tanıma başarısı.....	110

SİMGELER VE KISALTMALAR

ADB	Adaptive Boosting
ADC	Analog to Digital Converter
AM	Arduino Mega
AMİ	Arduino Mini
ARM	Acorn RISC Machine
CPU	Central Processing Unit
DC	Direct Current
EB	Ev-Bitki
EBY	Yeşil Ev-Bitki
GB	Gigabyte
GPU	Graphics Processing Unit
HLS	Haar-Like Sınıflandırıcı
HOG	Histogram of Oriented Gradients
LLC	Logic Level Controller/Converter
M2	Metrik-2 Vida
M3	Metrik-3 Vida
MHz	Megahertz
PWM	Pulse-Width Modulation
RAM	Random-Access Memory
RPM	Rounds Per Minute
RP3	Raspberry Pi 3
SD	Secure Digital
SM	Servo Motor
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
UMS	Ultrasonik Mesafe Sensörü
USB	Universal Serial Bus
VJNT	Viola-Jones Nesne Tanıma
VNC	Virtual Network Computing
VPN	Virtual Private Network
✓	Tanıma yapılmıştır
X	Tanıma yapılmamıştır

1. GİRİŞ

Bilgisayar ve robot sistemler hızla gelişen bir bilim dalı olmakla birlikte özellikle 2000'li yıllardan sonra endüstride uygulanabilir hale gelmesiyle lider konuma gelmiştir. Bu süre zarfında, elektronik ve makine alanlarında gerçekleşen devrim niteliğindeki buluşlar hem bilgisayar hem de robot sistemlerinin gelişim hızını ivmelendirmiştir. Robot ve bilgisayar sistemleri bir bütün olarak ele alındığında akıllı sistemlerin somut örnekleri insan ve doğa yaşamının vaz geçilmezi olmuştur. Basit bir bakış açısıyla, akıllı ev aletleri, cep telefonları, sanayide kullanılan ve alanlara göre özelleşmiş iş robotları, otomobiller ve diğer vasıtalar, savaş sistemler buna en güzel örneklerdir. Bilindiği üzere elektronik ve mekanik alt yapı bileşenlerinin üretimleri daha önceki senelerde oldukça maliyetliydi. Özellikle son 20 yılda artan talepler ve buna bağlı olarak sanayiye yapılan yatırımlar sayesinde üretim maliyetlerini düşürmüştür. Sadece üretim maliyetiyle sınırlı kalmamış, yeni bilimsel bulgular sayesinde daha dayanıklı, az güç tüketen ve küçük boyutlara kadar indirgenen bileşenlerin üretilmesi mümkün hale gelmiştir. Gelişmelerin hızlı bir şekilde insan yaşamına girmesi, dünyada artan bilimsel merak ve insanlar tarafından benimsenmeye başlanan robot ve otonom sistemler yeni fikir sahalarının oluşmasına zemin hazırlamıştır. Bu yeni fikirler sadece bilgisayar ve elektronik alanlarla sınırlı değildir. Kimya, fizik, biyoloji, tıp, diğer mühendislik alanları hatta sosyal yaşam bile bu gelişmelerden etkilenmiş yenilikçi bakış açılarının filizlenmesine yardımcı olmuştur. Tabi ki bilim bir bütün olarak değerlendirildiğinde aslında her bir alan diğer alanların pekiştiricisi niteliğindedir. Bu nedenle zincir şeklinde ilerleyen süreçler her alanı yeniliğe açık hale getirmiştir.

Bunun yanında, daha önceki yıllarda yapay zekâ sistemleri elektronik alt yapılara göre oldukça yoğun hesap yükü getirdiğinden gerçek hayat problemlerinin çözümünde uygulanmaları zordu. Bu gibi uygulamalar ancak yatırım gücüne sahip girişimcilerin desteğiyle gerçekleştirebilmekteydiler. Gelişen elektronik donanımlar bir seviyeye kadar da olsa yapay zekâ algoritmalarının uygulanmasını mümkün hale getirmiştir. Bir yan sektör haline gelen mikro işlemci ve geliştirme kart üretimi, mühendislik faaliyetlerinin hareketlenmesine

katkı sağlamıştır. Arduino, Raspberry Pi, Asus Tinker Board, Orange Pi ve benzeri kartların üretimi sayesinde fikir sahiplerinin, kendi fikirlerini yatırım desteğine gerek kalmadan gerçekleştirmelerine olanak sağlamıştır.

Çalışmada belirtilenlerden ilham alarak halen daha zorlu alanların başında gelen tarım sektörünün gelişimine katkı sağlamak amacıyla karar verebilen mobil sulama-ilaçlama robotu tasarımı gerçekleştirilmiş ve üç boyutlu sinama ortamında test edilmiştir. Mobil robot için tasarlanan iki versiyonundan bahsedilmiştir. İlk versiyonda sensörler, görüntü analizi süreçlerinde maliyeti azaltmak için kullanılmıştır. Mobil robotun ikinci versiyonunda ise, sensörler yardımı olmadan görüntü işleme teknikleri uygulanmış ve iki versiyonun karşılaştırılması yapılmıştır. Sinama ortamında üç boyutlu olarak bitki ve ev objeleri kullanılmış ve Viola-Jones nesne tanıma algoritmasından faydalanılmıştır. Senaryolar değiştirilerek çeşitli ölçümler sağlanmış ve bu ölçümler ayrı ayrı senaryolara göre değerlendirilmekle birlikte bitki objelerinin genel tanıma başarısı 96,66 olarak hesaplanmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Robot Sistemleri Literatürü

2009 yılında, Prahlad Vadakkepat, Ng Buck Sin, Dip Goswami, Zhang Rui Xiang ve Tan Li Yu tarafından yayınlanan bir çalışmada, dünyada trend haline gelmeye başlayan robot sistemleri hakkında geniş ölçekli bilgiler verilmiştir. Genel olarak insansı robotların 2000'li yıllardan itibaren son 10 yıllık gelişim süreci değerlendirilmiştir. Farklı alanlarda ve çalışmalarda tasarlanan ve gerçekleştirilen robotlar hakkında değerlendirmelerde bulunulmuş ve referanslarla açıklanmıştır. Çalışmalarının odağı halen daha üzerinde çalışılan ve büyük yatırımların yapıldığı iki ayaklı insan modelinde robotik sistemlerdir. Trend olarak değer kaybetmeyen iki ayaklı robotlar ve robotların karşılıklı müsabakaları halen daha sürmektedir. Hatta bu müsabakaların kendilerine ait bir fan gurubu bile bulunmaktadır. Makalede robotlarla yapılan futbol maçı karşılaşmaları baz alınmıştır. Yıllar yılı gelişen yeni algoritmalar ve elektronik donanımlara bağlı olarak daha yüksek performanslı ve daha güçlü robotların tasarımlarından söz edilmiştir. Tasarlanan ve müsabakalara sokulan robotlardan birinci gelenler hakkında analizlerde bulunulmuştur. Müsabakaların birincileri olan robotların mimarilerine değinilmiş genel içeriklerine ilişkin geniş ölçekli analizler yapılmıştır. Robot mimarilerinin yanı sıra kullanılan algoritmalar ve mantıksal yaklaşımlar ele alınmış, güzel ve faydalı bilgilere atıflarda bulunulmuştur. Makalelerinin ilerleyen bölümlerinde, insanlarla yapılan gerçek futbol müsabakaları gibi penaltı vuruşu yapabilen oyuncu robot ve penaltı vuruşunu karşılayabilen kaleci robotlardan bahsedilmiştir.

Robotik sistemlerin bilgi ve bilim çağının vaz geçilmez olduğu tartışılmaz hale gelmiştir. Özellikle gelişmiş ülkelerde ve şehirlerde uygulama örneklerini görmemek neredeyse imkansızdır. Bir hastane veya fabrikada otonom ya da otonom olmayan sistemler yoğun olarak kullanıldığından normal halk tarafından da benimsenmiş durumdadır. Geliştirilen bu sistemlerin ana kullanıcıları olmasalar bile bir şekilde etkileşime girdiği aşîkârdır. Buna en güzel

örnek olarak 2011 yılında M. Baumann ve onun ekibinin yapmış olduğu çalışma verilebilir. Çünkü bilimsel gelişmelerin temel odağı insana fayda sağlamaktır. Fayda sağlayan gelişmeler ise insan yaşamı açısından önceliğe sahiptir. Bilindiği gibi sağlık faaliyetlerinin daha hızlı ve daha başarılı olarak yönetilmesi için yapılan gelişmeler kıymetlidir. M. Baumann ve ekibinin çalışması görüntü işleme metotlarıyla desteklenmiş prostat kanseri tespitine yönelik geliştirilen robot tasarımı üzerinedir. Prostat robotu, hastalığın teşhis edilmesinde, hasta vücuduna yayılmış olan tümörlü dokuların tespitinde rol almaktadır.

İlginç bir robotik uygulaması olarak, el işaretlerinden çıkarımda bulunarak görsel hesaplamalar sonucu bir robot kola nesne bildirimi yaptırılmasıdır. Sebastian van Delden and Michael Alex Umrysh (2011) ekibinin yapmış olduğu çalışmada görüntü işleme algoritmaları kullanılarak insan elinin tespiti edilmesi ve tespit sonucunda robot kola komut verilmesi sağlanmıştır. Kaynak yapma robotu olarak güzel bir örnek taşıyan çalışmada insan eli gibi benzer cisimlerin yanlış tanınmasına ilişkin bulgular paylaşılmıştır. İşaret edilen objenin yaklaşık 5 saniyelik bir süre içerisinde tanınması sağlanmıştır. İşaret ile cisimlerin belirlenmesindeki doğruluk %95 olarak bildirilmiştir. Robot kol endüstriyel bir potansiyel kazandırmak amaçlanmış olup al ve yerleştir gibi işlemlerin daha etkin şekilde sağlanması planlanmıştır.

Robotik alanı neredeyse her alana hizmet ettiği gibi farklı fikirlere de hizmet etmektedir. İlginç bir robotik örneği Fish Li Wen, Tianmiao Wang, Guanhao Wu, Jianhong Liang and Chaolei Wang (2012) grubu tarafından ortaya konmuştur. Tasarladıkları balık robota gerçek bir balık kimliği kazandırılmaya çalışılmıştır. Halen daha üzerinde çalıştıklarını belirten makalelerinde metalurji ve fiziksel hesapları belirtmişlerdir. Bir balık yapısının oluşturulması ve balık hareketinin modellenmesi fizik biliminden yola çıkılarak tasarlanmıştır. Oldukça karmaşık süreçler gerektiren çalışmada neredeyse gerçek bir balığın tüm kas hareketleri fiziksel ve matematiksel olarak modellenmiş ve balık robota uygulanmıştır.

Yine aynı yıl benzer bir çalışma Hyunchul Choi, Semi Jeong, Cheong Lee, Youngho Ko, Seong Young Ko, Jong-Oh Park, Sukho Park (2012) tarafından

sunulmuştur. Bilindiği gibi bazı durumlarda robot tasarımı yapmak sadece onu hareket ettirebilmekle sınırlı değildir. Çünkü hareketi yumuşak ve gerçeğe yakın bir şekilde tasarlamak onların daha ilgi çekici olmasını sağlar. Günümüzde bile halen daha robotlara hareket kabiliyeti kazandırma üzerine ciddi yatırımlar yapılmaktadır. Ekip çalışmalarında bir yavru kurbağa robotu tasarlanmıştır. Yavru kurbağa bilindiği üzere jel yapılı kıvamdadır ve su ortamına bağımlı yaşar. Meraklı ekip yavru kurbağa yapısındaki bu robotu ayrıca elektromanyetik olarak hareket ettirebilmektedir. Bunun için elektromanyetik ortam tasarımını da gerçekleştirmişlerdir. Jel kıvamlı bu robot harici bir elektromanyetik bobin sistemi yardımıyla gerçek bir kurbağa yavrusu gibi hareket sağlayabilmektedir.

Robot sistemleri hissedilir bir şekilde insana fayda sağlamak yönündedir. Buna güzel bir örnek olarak Bilgin Seçkin, Tuna Ayan ve Emin Germen' in (2012) yayınladığı çalışma verilebilir. Doğal afetlerin meydana getirdiği yıkımlar ve zararlar dünya yaşamının bir parçasıdır. Özellikle deprem bölgesinde bulunan ülkelerin bu gerçeklerle yüzleşmektedir. Bilindiği gibi Türkiye' de bir deprem bölgesi ülkesidir. Özellikle yıkıcı özelliğe sahip doğal afetlerin meydana getirdiği göçükler ve enkazlar arama ve kurtarma faaliyetlerini zorlayabilmektedir. Çalışmada arama ve kurtarma ekiplerinin enkaza bağlı olarak zorlanması ve ulaşılması güç yerlere geç varabilmesi gibi nedenlerden dolayı bir robot çalışması yapmışlardır. Yıkıntı ve göçükler altında kalan insan ve hayvanların tespitinin yapılması üzerine tasarlanan robot, engebeli arazide hareket edebilmekte ve yaşam belirtilerini algılayabilmektedir. Çalışmada robotun küçük boyutlu olması engebeli arazide hareket edebilmesini ve zorlu şartlara meydan okumasını sağladığı gibi uzaktan kontrol edilebilir bir robot olduğu da anlatılmaktadır.

Ambuj K Gautam, V Vasu ve USN Raju (2014), insan başına odaklı olarak yön analizi yapabilen ve bu analiz sonucuna göre hareket tayini gerçekleştirebilen robot çalışması yayınlamışlardır. Robot tekerlekli bir mekanizmaya sahip olup insan ile etkileşim halindedir. Çalışmalarında kullandıkları algoritma ve robotun genel devre şeması açıkça bildirilmiş olup hem verimli çalışabilme yeteneğine

sahiptir hem de gerçek hayat problemlerine karşı uygulanabilir bir robot tasarımı örneğidir.

Ying Wang ve arkadaşları (2014), öncesinde tasarladıkları bir araba robot üzerine kamera desteği sağlayarak çevreyle etkileşebilen bir çalışma yayınlamışlardır. alışmalarında mobil robot bir kol sistemine sahiptir. Bu kol sistemine daha sonradan iki adet kamera yerleştirilmiş olup evre ile ilgili görsellerin analizlerini yapmaktadır. Kameralardan alınan verilere göre derinlik ve aı analizleri yapılmaktadır. Genel iki farklı ama yakın içeriklere sahip görsel veriler matematiksel metotlara göre değerlendirilmektedir. Bu değerlendirmeler sonucunda mobil robotun kol sisteminin hızlı ve yüksek doğrulukta tepkiler vermesi amaçlanmıştır.

Aynı yıl Fei Chao ve Zhengshuai Wang (2014), insan kolu hareketlerini taklit edip öğrenebilen bir robot kol tasarımını da yapmıştır. İnsan uzuvlarının hareketlerini öğreterek insansı hareketleri taklit edebilen robot kol tasarımının sonuçları detaylı olarak değerlendirilmiş, başarım sonuçları üzerinde tartışılmıştır.

Bu gibi çalışmaların yapılması ve bilginin yayılması birçok insanın yeni fikirler üretmesinde ilham kaynağı olmuştur. Eduardo M. Rubino ve Diego Centelles (2015), alışmalarında Arduino mikro işlemcili değiştirme kartı, algılayıcı elektronik bileşenler ve kameralar yardımıyla su altı görüntü işleme robotu tasarımından bahsedilmektedir. Su altında elde edilen görüntüler analiz edilmektedir. Analiz edilen bu görseller kablosuz haberleşme ile başka bir ortama transfer edilmektedir.

Tabi ki robotların sadece elektronik bileşenleri ve kabiliyetleri beyin görevi üstlenen algoritmalarından bağımsız olarak düşünülemezler. Ayrıca yıllar ilerledikçe bu zorlu algoritmaların icra edilebilmeleri mümkün hale gelmiştir. Bu bağlamda Pramod Kumar Naik, Arun Tigadi, Dr. Hansraj Guhilot, Vyasaraj. T. (2015), çalışmalarında yüksek performanslı ve bellekte fazla yer kaplamadan süreçlerin gerçekleştirildiği kısıtlı bir robot düzeneği sistemi de anlatılmıştır.

Xiao Dengyu, Gong Liang, Liu Chengliang ve Huang Yixiang (2016), diğerlerinden farklı olarak bitki odaklı bir çalışma gerçekleştirmişler. Bu çalışmada tasarlanan robot örneği bitkiler üzerinde çeşitli ölçümler yapabilmektedir. Tasarlanan robot bitki cinsi, bitkinin büyüme hızı, verimi ve benzeri özellikleri değerlendirerek bilgi çıkarımı yapabilmektedir. Robot, laboratuvar tipi servo motor desteğiyle görüntü kontrolü yapmakta olup başarı oranı oldukça yüksektir.

Alejandro J. Malo Tamayo, Juan Manuel Ibarra Zannatha ve Andres Enriquez Cobo (2017) tarafından The AH1N2 adı verilen insansı robot tasarımı yapılmış, tamamen fiziksel hesaplara dayalı olarak dengede kalabilen dinamik bir robot tasarlanmıştır.

György Csaba, László Somlyai, Zoltán Vámosy'ın (2018) yılında yayınlamış olduğu makalede ise iki tekerlekli bir robotun farklı test ortamlarında karşılaştığı engelleri tespit edebilmesi üzerinedir. Mobil robotun üzerine yerleştirilen farklı yapıdaki sensörler sayesinde yol haritası çıkartabilmekte ve sensör verilerini başka bir cihaza aktarabilmektedir. Ayrıca geliştirmiş oldukları motor sürücü devresinin testi yapılmıştır. Light detection and ranging tipi sensör, ultrasonik mesafe sensörleri ve lazer sensörler sayesinde ortama ilişkin veriler toplanıp bir bilgisayara aktarılır. Verilerin işlenmesi işlemi yine kendi geliştirdikleri bir uygulama sayesinde olduğu belirtilmiştir. Ayrıca filtreleme yöntemleri sayesinde mobil robotun hareketinin daha yumuşak şekilde gerçekleşmesini sağlamışlardır. Mobil robota uyguladıkları yöntemlerin gerçek zamanlı sistemlerle uygulanabilir olduğunu savunmakla birlikte zorlu arazi şartlarında da performans sunabileceği anlatılmıştır.

2.2. Makine Öğrenimi ve Obje Tanıma Literatürü

İlk kısımda bahsedilenler genel olarak robot tasarımı odaklı çalışmaları içermektedir. Ancak çalışmada tasarlanan mobil robotun karar verici yapısı atıflarda bulunulan yayınlara göre farklı bir yöntemi ele almaktadır. Çalışmanın donanım kısmını oluşturan bölümünün hızlı ve verimli bir şekilde icra edilmesi

için daha az donanım kaynaklarına ihtiyaç duyan bir algoritmanın uygulanmasını gerekli kılmaktadır. Çünkü işlemci tabanını oluşturan elektronik kart belirli işlemleri yerine getirebilecek yetkinliğe sahiptir. Bu nedenle karar verici algoritma olarak Paul Viola ve Micheal Jones'un (2001) çalışması miras alınmıştır. Popülerliği nedeniyle Viola-Jones nesne tanıma (VJNT) algoritması olarakta adlandırılmaktadır. VJNT algoritması hızlı çalışabilen, yüksek doğruluk değerlerine sahip, daha az sistem kaynaklarına ihtiyaç duyan ve kolay uygulanabilen bir algoritmadır. VJNT algoritması temel olarak genel insan yüzü tanıma üzerine kurulu olsa da birçok farklı objenin eğitilip tanınmasında oldukça başarılıdır.

Farklı bir bakış açısıyla Ramana Isukapalli, Ahmed Elgammal ve Russell Greiner (2006), VJNT algoritmasını temel alarak kendilerinin geliştirmiş olduğu çok sınıflı tanıma algoritması (multi-class detection algorithm) geliştirmişlerdir. İlgili nesneler üzerinde eğitimler gerçekleştirildikten sonra nesneler üzerindeki tanıma başarısı ve performans değerlerini belirtmişlerdir. VJNT algoritması tek sınıflı objeleri tanımak için kullanılsada geliştirilmiş olunan algoritma 4 farklı objenin tanınmasını mümkün kılmaktadır. Bu sayede tek bir VJNT çerçevesi sayesinde 4 farklı objenin tanınması mümkün hale getirilmiştir. VJNT algoritması tek bir veri seti üzerinde eğitilir ve tek bir objenin tanınmasını mümkün kılar. Eğer bir görsel veride birden çok nesneye ait tanıma yapılacaksa o sayı kadar eğitim gerçekleştirilecek ve veri üzerinde o kadar çok tarama yapılacaktır. Bu büyük bir işlem yükü anlamına gelmektedir.

Ayrıca VJNT algoritması farklı algoritmalarla harmanlanabilmesi onu diğer algoritmalarından ayrı kılar. Örneğin, Liu Yun ve Zhang Peng'in (2009) yapmış oldukları çalışmada, VJNT algoritmasını SVMs ile harmanlayarak insan elini ve onun farklı pozisyonlarını tanıyabilen gerçek zamanlı uygulanabilir bir sistem geliştirmişlerdir. Bu sayede networke bağlı bilgisayarlara insan eli hareketini tanımasına bağlı olarak kapatma sinyali gönderilmesi sağlanmıştır. İnsan elinin görsel yapısına göre kapatma sinyali üreten yapay zekâ destekli uzaktan kontrol mekanizması gerçekleştirilmiştir.

Güçlü donanım özelliklerine sahip bilgisayarlar için VJNT algoritması çok kısa sürelerde icra edilebilir. Ancak VJNT algoritması düşük sistem özelliklerine sahip bilgisayarlar için de tercih edilebilecek en iyi algoritmalarından biridir. Buna rağmen VJNT algoritması bile belirli bir seviyede işlem maliyeti oluşturur. Özellikle gömülü sistemler baz alındığında VJNT algoritması zorlu bir süreç halini alacaktır. Bu bağlamda çözüm olabilecek bir çalışma Moad. Benkiniouar ve Mohamed Benmohammed (2010) tarafından yayınlanmıştır. Düşük enerjili ve düşük performansa sahip sistemler için VJNT algoritması esas alınarak optimizasyon çalışması niteliğindedir. Kendilerinin de belirttiği üzere elektronik alt yapının gelişimiyle performans kayıpları giderilecektir. Ancak uygulanabilir olması ufak ölçekli sistemlerde halen yetersiz kalmaktadır. VJNT algoritmasının performans problemine ilişkin eğitim aşamaları, eğitimin yapıldığı sistem ve modeller detaylıca ele alınmış, elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Bilimsel çevreler tarafından da bilindiği üzere öğrenen algoritmalar yüksek başarı oranlarına sahip olduğu kadar belli bir oranda hata oranına da sahiptir. Ancak kullanıldıkları alanlara ve uygulandıkları bölgelere göre farklı sonuçlar vermekle birlikte sonuçlar memnun edicidir. Hatasız bir algoritmanın varlığı neredeyse yok denecek kadar azdır. VJNT algoritması aynı şekilde belli bir hata oranına sahiptir. Yasaman Heydarzadeh, Abolfazl Toroghi Haghighat ve Nazila Fazeli (2010) çalışmaları sonucunda geliştirmiş oldukları model, klasik VJNT algoritmasına göre dört kat daha hızlıdır. Ayrıca, doğru-yanlış oranını %10 seviyesinden %2,4 seviyelerine kadar düşürebilmişlerdir. VJNT algoritması miras alınarak geliştirdikleri algoritmanın odağı insan yüzüdür. Ayrıca VJNT algoritmasının bir türevi olarak yapılan çalışmada başarı oranı belirtildiği üzere yüksek seviyelerdedir.

Rapee Krerngkamjornkit ve Milan Simic (2013), yapmış oldukları çalışmada yine insan odaklı bir yaklaşım sergilenmiş olup, çalışmanın hedefi insan vücudu tanıma algoritması üzerinedir. Gerçek zamanlı uygulamalarda nesne tanıma algoritmaları ciddi performans problemlerini beraberinde getirir. Bu nedenle çalışmada VJNT algoritması miras alınmış, video verisi üzerinde VJNT algoritması miras alınarak performans kayıplarının önüne geçilmiştir.

VJNT algoritması gerçek zamanlı çalışmalarda oldukça hızlı tanıma yapabilen bir algoritmadır. Ancak VJNT algoritmasının eğitim aşaması yoğun hesaplama yükünü de içinde barındırır. Tanıma esnasında hızlı, eğitim aşamasında yavaş çalışan algoritma olarak karşımıza çıkmaktadır. Güçlü donanıma sahip sistemler bile VJNT algoritmasının eğitim aşamasında yetersiz kalabilmektedir. Çünkü Adaptive Boosting algoritması Cascade sınıflandırıcının eğitimi için uzun süreçleri ele alır. Jan Masek, Radim Burget, Vaclav Uher, and Selda Guney'in (2013) çalışması VJNT algoritmasının eğitim maliyetinin azaltılmasına yöneliktir. İlk olarak VJNT algoritmasını, genel amaçlı işlemcisi üzerinde daha sonra CUDA programlama aracılığı ile grafik işlemci üzerinde denemişlerdir. VJNT tanıma algoritmasının eğitim sürecini paralel programlayarak grafik işlemcisinin çekirdeklerine dağıtmışlardır. Önce bir çekirdekli, iki çekirdekli, üç çekirdekli ve dört çekirdekli paralel işleme ile eğitim süresini kısaltabilmeyi başarmışlardır. Bilindiği üzere her grafik çekirdeği kendi içinde alt çekirdeklere sahip birimlere sahiptir. Eğitimde kullanılan her alt çekirdek seviyesine kadar incelenmiş olup oldukça güzel bir çalışma ortaya koymuşlardır. Eğitimi 151 kat daha hızlı tamamlamayı başarmışlardır. Kullandıkları genel amaçlı işlemci ve grafik işlemciler günün şartları baz alındığında oldukça iyi bir çalışmadır. Geçen süre zarfında gelişen donanımlar sayesinde çok daha kısa sürelerle indirgenebilir.

Yine benzer bir çalışmada Dewiani Djamaluddin ve arkadaşları (2014), trafik yoğunluğunu ölçebilmek için VJNT algoritmasından faydalanmışlardır. Simetrik ve benzer içeriğe sahip taşıtlardan alınan az sayıdaki örneklerle bile %92 başarı oranına erişilmiştir. VJNT algoritmasının az sayılı örneklerle eğitilmesi sonucunda elde edilen başarı oldukça iyidir.

Yüz tanıma algoritması prensibinden yola çıkarak VJNT algoritmasını Canonical Correlation Analysis istatistiksel metot ile harmanlayan Shrutika S. Gayakwad ve Prakash S. Mohod (2015), insan kafatası ile insan yüzü arasında benzerlik yakalama ve eşleştirme üzerine ilginç bir çalışma sergilemişlerdir. İnsan kafatasına ait parçaların tespit edilmesi ve görsel veri üzerinden çıkartılıp

ayrıştırılması işlemini VJNT algoritması kullanarak sağlamışlardır. VJNT algoritmasının genel başarısı ve yüksek hızlı bir algoritma olmasından dolayı ekip içerik çıkartılması konusunda atıflarda bulunmaktadır.

VJNT algoritmasının bir varyasyonu olarak Gulbadan Sikander, Shahzad Anwar, Yasser Abd Djawad (2017) tarafından yapılan çalışma örnek verilebilir. Ancak çalışmaları insan yüzünü oluşturan içerikler üzerine bir çalışmadır. Orijinal VJNT algoritması insan yüzünde bulunan göz, burun ve ağız gibi organların tanınması konusunda biraz yetersizdir. Bu neden ekip VJNT algoritması için önerdikleri eğitim algoritmasıyla VJNT algoritmasının başarısını geçtiklerini belirtmişlerdir. FASSEG veri tabanı üzerinde gerçekleştirdikleri testte VJNT algoritması ve önerdikleri algoritmayı karşılaştırmışlardır. Orijinal VJNT algoritması sağ ve sol göz ayrımı yapabilen bir algoritma olmadığından geliştirdikleri algoritma sağ ve sol gözün tanınmasında ve tespitinde büyük başarı sağlamıştır. VJNT algoritması YALE veri tabanında bulunan 50 adet burun görseli üzerinde hiç hata olmadan sadece 27 tanesini burun olarak tespit edebilmiştir. Önerilen algoritma ise aynı veri tabanında 50 tane burun görselinden 46 tanesini doğru tespit edebilmiştir. Yine FASSEG veri tabanı kullanılarak VJNT algoritması 200 adet yüz görseli üzerinde 88 adet tanıma gerçekleştirmiştir. Savundukları algoritmada ise 200 adet yüz görseli üzerinde 170 adet tanıma sağlanmıştır. Ayrıca diğer yüz belirleyici içerikler içinde oldukça başarılı sonuçlar alınmış ve doğruluk tabloları paylaşılmıştır.

Birçok çalışmada ışık, renk ve objenin karmaşık yapısı; makine öğrenmesi algoritmaları için zorlu problemlerdir. En ufak renk ve ışık şiddeti değişimi, objenin tanınamamasına neden olmaktadır. Bunun yanında karmaşık objelerin eğitimi oldukça zordur. Karmaşık objelerin eğitilmesi ve eğitim sonrasında elde edilen başarısı genellikle düşüktür. Bu durum VJNT algoritması için de geçerlidir. Yongzheng Xu, Guixhen Yu (2017) ve diğerleri ilgili nesnelerin tanınmasında, nesnelerin görüntü düzleminde farklı rotasyonlarda bulunması ya da eğitim verisine göre farklı yönlerde görsellerinin elde edilmesinin, tanıma oranını büyük ölçüde düşüreceğini bildirmişlerdir. Yine de VJNT algoritmasını temel alarak bu problemin çözülebilir olduğunu belirtmişlerdir. İnsansız hava

aracı (UAV) üzerinde geliştirdikleri algoritma sayesinde havadan belli bir yükseklikte trafik yoğunluğu kontrolü sağlamışlardır. VJNT algoritması yönlere duyarlı bir algoritmadır. Eğitilen örnekler belirli açılarda ve benzerlikte olduklarından, gerçek zamanlı ortamda karşılaşılan yön farklılıklarından dolayı obje tanıma işlemi oldukça zorlaşır. Bir kavşak kontrol edildiğinde birden fazla farklı yönlere dağılan taşıt görüntüleri elde edilir. Ekip farklı rotasyon algoritmalarını VJNT algoritması ile kombine ederek bu zorluğun üstesinden gelmişlerdir.

VJNT algoritmasının kullanım alanı bunlarla sınırlı değildir. Özellikle olumsuz durumların giderilmesinde oldukça yararlı bir algoritmadır. Muhammad R. Wiratama (2017) ve arkadaşları tarafından yapılan çalışma en güzel örneklerden biridir. Özellikle toplumun genç bireylerinin internet ortamında çok fazla vakit geçirdikleri bilinmektedir. Ayrıca toplumun değerlerini zayıflatan ve zarar veren içerik sağlayıcı internet siteleri ve oyunlar genç bireyler için oldukça tehlikelidir. İstemsiz olarak telefon ve bilgisayar ekranlarına gelen içerikler genç bireylerin gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir. Çalışmanın odak noktası istenmeyen içeriklerin önceden tespit edilip sansürlenmesine yöneliktir. Bu sansürlenmenin sağlanması için VJNT algoritmasından faydalanmışlardır. Farklı ırklara mensup insanlardan cinsiyet belirleyici örnekler alınarak VJNT algoritmasının eğitimi sağlanmıştır. Buna ek olarak ten dedektörü algoritması (Skin Detector) yardımı ile odak noktaların renk uzayı daha net hale getirilerek doğruluğu ve performansı artırılmıştır.

Bunun yanında VJNT algoritması farklı objelerin tanınmasında oldukça esnek imkanlar tanımaktadır. Farklı bir veri kümesi üzerinde uygulama olarak Mohammad Mahdi Moghimi, Maryam Nayeri, Majid Pourahmadi ve Mohammad Kazem Moghimi (2018) ekibinin yapmış olduğu çalışma verilebilir. Bilindiği gibi şehirleşmenin hızla arttığı son yıllarda karayollarında trafiğin kontrol edilmesi güç hale gelmiştir. Ekip karayollarında trafiğin kontrol edilebilmesi VJNT algoritmasından faydalanmışlardır. VJNT algoritması özellikle simetrik içeriklere sahip benzer objeler üzerinde oldukça verimli çalışmaktadır. Karayollarında belirli noktalara yerleştirilen izleme kameralarından alınan anlık

görüntüler VJNT algoritması tarafından denetlenir ve akış kontrolü sağlanır. Taşıt ve vasıtalarından alınan pozitif örnekler hem benzer görsel içeriklere sahip hem de simetrik özellikleri oldukça fazladır. Ayrıca farklı aydınlatmalar altında da değerlendirmeler yapılmıştır. İzleme kamerası gidiş ve dönüş noktasını denetlemektedir. Tek bir izleme kamerası ve VJNT algoritması kullanılarak taşıtların tanınmasında %94'e varan başarı oranı sağlamışlardır.

VJNT algoritması tasarlanma amacı insan yüzünün tespiti üzerineydi. Ancak yıllar geçtikçe VJNT algoritmasının farklı objelerle denenmesi ve yapılan araştırmalar sonucu onun birçok alanda uygulanabilir olduğu kanıtlanmıştır. Kartika Candra Kirana, Slamet Wibawanto ve Heru Wahyu Herwanto (2018) çalışma arkadaşları her ne kadar yine insan yüzü odaklı bir çalışma gerçekleştirmiş olsa da insan yüzündeki göz, burun ve ağız gibi organlar üzerinden aldıkları örneklerle eğittikleri VJNT algoritmasını test etmişlerdir.

Çoğunlukla VJNT algoritmasının iyi sonuçlar verdiği söylenebilir. Ancak bu durum VJNT algoritmasının düzgün eğitilmesiyle ilişkilidir. Çünkü düzgün eğitilemeyen algoritmanın başarı oranı düşük seviyelerde olacaktır. VJNT algoritmasının en önemli kısmı Adaptive Boosting algoritmasıdır. VJNT algoritmasına verilen pozitif örneklerin değerlendirilmesi ve ilgili HAAR-Like sınıflandırıcıların bulunması Adaptive Boosting algoritması tarafından gerçekleştirilir. Düzgün örneklerle beslenemeyen algoritmanın başarı oranı düşük olacaktır. Pooya Tavallali, Mehran Yazdi ve Mohammad Reza Khosravi (2017) makalelerinde, sunulan eğitim verilerinin verimsizliği ve tutarsızlığı, VJ nesne tanıma algoritmasının negatif yönde sonuçlar doğuracağını belirtmişlerdir.

Eğitime sunulacak olan veri seti örneklerinin benzer ve simetrik içerikleri sahip olması oldukça önemlidir. Örneklerin birbirine göre tutarsız içerikleri sahip olması VJNT algoritmasında geçerli olduğu kadar diğer öğrenme algoritmaları için de geçerlidir. Benny Hardjono ve diğerleri (2018), VJ nesne tanıma algoritmasının performans ve doğruluk değerlerini, farklı görüntü işleme

algoritmaları yardımıyla ölçmüşlerdir. Ayrıca derin öğrenme algoritması kullanarak (YOLO) VJNT algoritması ile karşılaştırmışlardır.

Farah Nadia Ibrahim, Zalhan Mohd Zin, Norazlin Ibrahim (2018) ekibi VJNT ve biyolojik yapay sinir ağı algoritmalarını harmanlayarak insan gözünü tespit edebilen bir çalışmaya imza atmışlardır. İnsan yüzü tespitinde VJNT algoritması kullanılarak video verilerinden, önce insan yüzleri ve onun koordinatları çıkartılmaktadır. Daha sonra çember bulma algoritmasıyla insan gözünün irisleri ve merkez noktaları elde edilmektedir. Elde edilen bu iris görselleri önce depolanmış daha sonra derin öğrenme algoritmasına girdi olarak verilmiştir. Depolanan iris verileri 10 adet nörona sahip bir ağ üzerinde eğitilmiştir. Eğitime göre insan gözünün takibi ve baktığı yönlerin tespiti sağlanmaktadır. Görüldüğü gibi VJNT algoritması temel algoritma olabildiği gibi bazı durumlarda ön işleme algoritması şeklinde de kullanılmıştır.

Yine aynı yıl içinde VJNT algoritması miras alınarak kalabalığın şiddetine göre alarm veren sistem tasarımı yapılmıştır. Mahaveer Penna, Shivashankar, Tulasi K., Reddy Vasavi N., Swathi N., Swapna S. R. (2018) ekibi yaptıkları çalışmada VJNT algoritmasının aslına sadık kalarak bir izleme kamerasından alınan görsel verilere göre insan yüzü tespiti yaparak çevrede veya kameraya yansıyan görüntülerdeki insan yüzü sayısına göre alarm mekanizmasını tetiklemektedir. Ayrıca tespit edilen yüz sayısı üç ve üzeri olduğunda alarm mekanizması tetiklenir. Ayrıca kullandıkları Arduino UNO ve uyumlu siren ile bu süreci yönetmeyi sağlamışlardır.

Bunun yanında VJNT algoritması sadece hazır sistemlerde uygulanan bir algoritma olarak kullanılmaz. Birçok çalışmada, çalışma sahipleri tarafından tasarlanan elektronik bileşenlerin testinde de başarı sağlamaktadır. VJNT algoritması bir ilk test algoritması olarak görev alabilir. Çünkü uygulanabilirliği kolay olması onun test aşamalarında kullanılmasını mümkün kılmaktadır. Saygın firmalar tarafından çıkarılan elektronik devre kartların belki de ilk test odağı VJNT algoritmasıdır. Çünkü gömülü sistemler için de oldukça popüler algoritmadır. Afnan Alahmadi, Saeed Mian Qaisar (2019) yayınladıkları çalışma

buna en iyi örnektir. Çalışmayı DE2-115 geliştirme kartı üzerinde uygulamışlardır. Bu karta bağlı kamera ile alınan görüntüler otonom olarak yüz tanıma sağlamaktadır. FPGA kamera üzerinde 6 metreye kadar insan yüzü tanıma testi yapabilmışlardır.

Hızlı tanıma işlemi gerçek zamanlı çalışmalarda çok büyük önem taşır. Durağan veriler üzerinde tanıma yükü pek fazla olmayabilir. Ancak sürekli akan ve anlık olarak değişen veriler üzerinde hızlı tanıma işlemi oldukça zorlayıcı bir süreçtir. Bunun yanında yüksek doğruluk ve düşük hata oranı gerçek zamanlı çalışmalarda beklentileri karşılamalıdır. Eğitim algoritmalarının birçoğu belli bir hata oranına göre çalışır. Aslında bu hata oranları o algoritmanın tolerans seviyesini belirler. Bu tolerans değeri aşırı öğrenmenin önüne geçmek içindir. Ayrıca tanınacak cisimlerin görüntüleri arasına giren harici objeler tanımda başarıyı oldukça düşürmektedir. Yüz tanıma üzerine, VJ nesne tanıma algoritmasına dayalı ve doğruluğun artırılmasına yönelik bir çalışma Lu Wen-yao ve Yang Ming (2019) tarafından yapılmıştır. Kameralara yansıyan insan yüzleri bazı durumlarda başka objelerle iç içe geçmiş olabilir. Bahsi geçen çalışmada bu Çin toplumuna has yemek çubukları ve bardak gibi objeler anlık olarak alınan görüntülerde yüz önünde konumlandığında VJNT algoritmasının yanlış karar vermesine veya hiç karar verememesine neden olur. Daha önce de belirtilen çalışmalarda VJNT algoritması diğer görüntü işleme algoritmalarıyla uyarlanabilir esnekliktedir. Orijinal VJ nesne tanıma algoritmasının ve bu algoritmaya pekiştirici bir yaklaşımla geliştirdikleri algoritmanın karşılaştırmasını yapmışlardır. Composite Feature yaklaşımı ile VJ nesne tanıma algoritmasının doğruluğu artırılmıştır.

VJNT algoritmasının performansı ve başarı oranının yüksek olması onu sistem dostu algoritma olarak kılmıştır. Tabi ki öğrenen algoritmaların her biri uygulama alanına göre farklı başarı oranlarına sahip olmaktadır. VJNT algoritmasının temel performansı, piksel parlaklık integrali alınan resim üzerinde işlemler yapmasından dolayıdır. Çünkü integral resmi HAAR-like içeriklerinin hesabını şaşırtıcı derece ivmelendirerek genel algoritmanın çalışma hızını artırır. Jana Alghamdi, Renad Alharthi, Raneem Alghamdi, Wafaa

Alsubaie, Rawan Alsubaie, Dana Alqahtani, Rawan Al ramadan, Leena Alqarni, Reem Alshammari (2020) ekibi yaptıkları çalışmayla öğrenme algoritmalarını kıyaslamışlardır. Elde edilen sonuçlara göre yüz tanıma konusunda VJNT algoritması en iyi sonucu veren algoritma olmasa bile kolay uygulanabilir olması bakımından diğerlerine göre bir adım öndedir. Belirtilmelidir ki farklı veri setleri üzerinde farklı sonuçlar elde edilebilir. Ayrıca VJNT algoritması bileşke algoritmadır. Eğitimin sağlandığı ve eğitim yükünün üstlenildiği aşama Adaptive Boosting algoritmasıdır. Adaptive Boosting algoritması tek başına kullanıldığında bile yüksek performansa sahip ve birçok nesneyle uyumlu olduğu belirtilmektedir. VJNT algoritması başarısı bu algoritmaya dayalıdır.

Bu çalışmada, önceki bilgi ve deneyimlerden esinlenerek, tarım arazilerinde ve bahçelerde kullanılabilecek, çevredeki nesneleri belli koşullar altında tanıyabilen ve bu tanımlama sonucu ilaçlayabilen, hareket becerisine sahip robotik bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışma kontrollü biçimde oluşturulmuş deneysel ortamlarda sınanmıştır. Başarı oranı ilaçlama veya sulama yapılacak nesnelerin tanınması ile ölçümlenmiş olup (gereksiz su veya ilaç kullanımının önlenmesi amaçlanmış), ilk sürüm olarak başarılı sayılabilecek düzeyde olduğu görülmüştür. Daha sonrasında mobil robotun genel yapısı biraz değiştirilerek ikinci versiyona yükseltilmiştir. Bu yükseltme işlemi hem donanımsal hem algoritmik değişimleri kapsamaktadır. Mobil robotun ikinci versiyonunda elde edilen sonuçlar mobil robotun ilk versiyonuyla karşılaştırılmış ve daha başarılı olduğu gözlemlenmiştir. Mobil robotun ilk versiyonu için elde edilen başarı oranı %50 iken Mobil robotun ikinci versiyonu için %96 olarak ölçülmüştür.

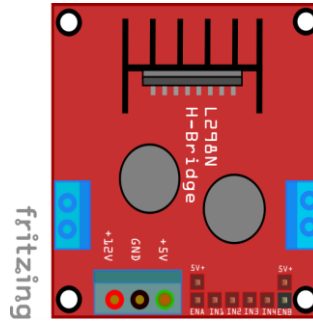
3. MOBİL ROBOT ve GENEL ÇALIŞMA PRENSİBİ

Mobil robotun tasarlanması birkaç aşamalı olarak gerçekleştirilmiş olup farklı türde elektronik bileşenlerin kombinasyonlarıyla hareket kabiliyeti kazandırılmıştır. Hareket kabiliyetinin yanı sıra bir usta ve bir köle mantığıyla iki farklı geliştirme kart birbiriyle haberleştirilmiştir. Bu haberleşme iş bölümümü mantığına göre planlanmış olup geliştirme kartlarından birisi görüntü işleme süreçlerinden sorumlu iken, diğeri mobil robotun mekanik hareketlerin yönetimini gerçekleştirmektedir. Görüntü işleme sonucuna göre elde edilen bilgi mobil robotun ilerleme, yön değiştirme ve sulama gibi fonksiyonlarının icra edilmesini sağlayacaktır. Süreçlerin gerçekleşebilmesi için biri diğerdan çok daha fazla performansa sahip güçlü bir geliştirme kartıdır. Diğeri ise daha düşük seviyeli ve belirli işleri yönetebilecek kadar performansa sahiptir. Bunu yanında, mobil robotun hareket fonksiyonları içine ara devre elemanları kullanılmıştır. DC motorlar, servo motorlar, DC motor pompa, voltaj regülatörleri ve sensör gibi donanım bileşenleri ara devre elemanlarını oluşturmaktadır. Kullanılan devre elemanları ve geliştirme kartları için bir zemin ve iskelet oluşturacak yapı malzemeleri kullanılmıştır. Yer yer vidalama, törpüleme ve delik açma gibi işlemler uygulanarak devre elemanlarının düzgün ve dayanıklı biçimde konumlandırılması amaçlanmış bu sayede mobil robotun daha düzgün ve tutarlı çalışması hedeflenmiştir. Mobil robotun ilk tasarımından sonra VJNT algoritması için örnek toplama mekanizması geliştirilmiş. Geliştirilen bu mekanizma sayesinde mobil robotun tanıma yapıp sulayabilmesi için bitki objelerinden örnekler alınmıştır. Testlerin yapılabilmesi için uygun boyutlarda ev ve bitki objeleri oluşturulmuş ve farklı senaryolar denemek için test ortamında kullanılmışlardır. Bölgesel örnek yaklaşımına göre bu bitki objelerinden örnekler elde edilmiştir. Bu sayede daha yüksek başarı değerlerine ulaşılması sağlanmıştır.

3.1. Motor Sürücü Devre Elemanı

L298N iki kanallı motor sürücü aynı anda iki farklı DC motoru sürmek için kullanılan ve kanal başına 2 amper akım çekebilen bir karttır. Arduino veya

Raspberry Pi kartlarıyla rahatça kullanılabilir. Kendinden soğutma modülü bulunduğundan dolayı, ısıdan kaynaklanabilecek problemlere karşı koruma sağlar. Muadili olan birçok modele göre, ısının düşük seviyelerde kalması konusunda başarılıdır. Dezavantajı ebatlarının biraz daha büyük olmasıdır. Ancak yüksek hız ve güç gerektiren uygulamalarda oldukça iyi bir performans sergilemektedir. Besleme gerilimi 5 ile 30 volt arasında yapılabilir. Ancak gerilimin artması ısı artışına neden olmaktadır. 5 ile 12 volta kadar beslendiğinde gerekli olan iş gücünü rahatlıkla karşılar. Ancak 12 volt ve üzeri değerlerde üzerinde bulunan jumper kaldırılmalıdır. Bu sayede hem kendi için gerekli gücü karşılar hem de 5 volt çıkış aktif olarak başka kartlar için çıkış gerilimine olanak tanımış olur. 12 volt gerilimden daha az gerilim verildiğinde 5 volt pini çıkış vermez. Üzerinde bulunan diğer 6 adet pin, DC motorların birbirinden bağımsız olarak hareket yönlerini ve hızlarını kontrol eder. Bu devre kartın harici kaynakla beslenmesi, ilgili olduğu diğer modüllerin üzerinden akım çekmesini önler ve istenmeyen durumları büyük ölçüde azaltır. Devre şemasının temsili görseli aşağıda verilmiştir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. L298N için Fritzing programı tarafından oluşturulmuş görsel

Bu çalışmada gerekli DC motor hareketlerini karşılamak için 3 adet L298N DC motor sürücü kartı kullanılmıştır. Bunlardan iki tanesi 4 adet DC motorun, sistemin ileri geri olarak hareketi için kullanılmıştır. Bir tanesi sadece DC motor pompa için tek kanalını kullanmaktadır. Bu kartın DC motorların hareket ve yön tayini için üzerinde bulunan ENA, IN1, IN2, IN3, IN4 ve ENB giriş pinleri bulunmaktadır. Bu pinlerden ENA ve ENB sırasıyla sağ ve sol kanallar olmak üzere DC motorların hareket hızlarını kontrol etmek için kullanılabilir. IN1, IN2 ve IN3, IN4 giriş pinleri, sırasıyla sağ ve sol kanallara yön sinyali gönderir. DC

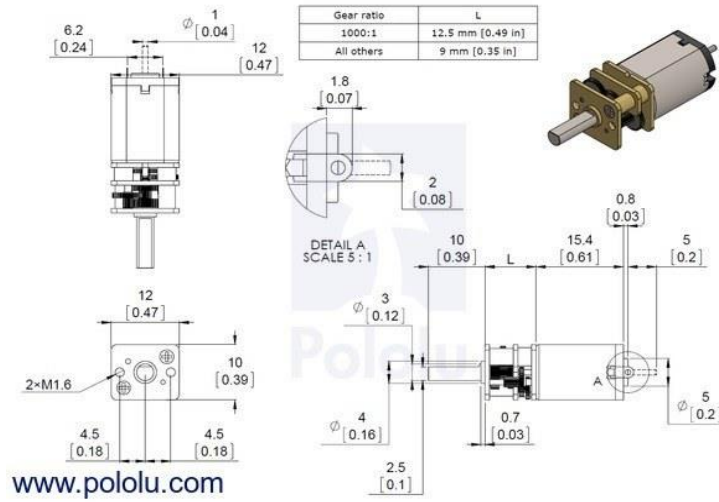
motorların ileri geri yön hareketi IN pinleri ile hız seviyeleri ise EN pinleri ile kontrol edilir. EN ile adlandırılan pinler kullanılmadığında, DC motorlar maksimum hız seviyesinde devirlenir. Hız seviyeleri 0 ile 255 arasındadır.

Çalışmada kullanılan L298N DC motor sürücü kartların beslenmesi 12 Volt geriliminden daha düşük olduğundan jumperın kaldırılması gerekmemektedir. Çünkü kullanılan 2 adet Li-On pil 8,4 Volt gerilim sağladığından risk taşımamaktadır. Ayrıca kanal başına 2 Amper akım çekilmesi Li-On pillerin seri bağlanması yardımıyla rahatlıkla karşılanmaktadır. Li-On piller seri bağlandığından üzerinden 40 Amper ve üzeri akım çekilebilir. Bu sebeple robotik uygulamalar açısından çok önemli bir yere sahiptir. Ve çok fazla güç gerektiren uygulamalarda bile seri ve paralel bağlanarak güç ihtiyacı rahatlıkla sağlanır. L298N için gereken güç bu piller ile kolayca sağlanmaktadır.

3.2. Mobil Robot için Hareket Mekanizması

Çalışma dahilinde kullanılan DC motorlar Pololu marka DC motorlardır. Bu DC motorların seçilmesinin temel nedeni, robotun mekanizmasında kullanılan plastik yapıları DC motorların bu iş için uygun olmaması kararındandır. Çünkü piyasada çok temel amaçlar için kullanılan redüktörlü DC motorlar gereken gücü karşılayamamaktadır. Robot gövdesinde artan ağırlıkla birlikte artan akım ihtiyacı plastik DC motorlar tarafından sağlanamamaktadır. Bununla birlikte sistemin genel kararlılığını da etkileyen birtakım problemler meydana gelmektedir. Daha da önemlisi plastik yapıları mil ve şaft yapısı ile kullanılan plastik tekerlekler, ilerlenen yol üzerinde doğrusal ilerleyişi büyük ölçüde bozmaktadır. Eğrilen tekerleklerin farklı yönlerde ilerleme isteği, kararlı ilerleyişi güçleştirmektedir. Her teker eğrildiği yön doğrultusunda ilerleme isteğinde olacağından motorların güç verimliliğini de düşürmektedir. Ayrıca harekete geçmesi ve durması durumlarında ani hareketler yapması mobil robotun yüzeyde kaymasına da yol açmaktadır. Bu gibi sorunlar doğrusal ilerleyişi önemli ölçüde bozmaktadır. Çalışmanın daha sonraki aşamalarında, plastik yapıdaki DC motorlar ile çalışılmasının uygun olmayacağı kanaatine varılmıştır.

Plastik DC motorların yerine Pololu marka DC motorların kullanılmasıyla yön sapması büyük ölçüde engellenmiştir (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Pololu Metal Gear High Power 6 Volt 120 RPM DC motorun mekanik yapısı (Pololu, 2019)

Pololu marka DC motorlar saygın projelerde sıkça kullanılan DC motorlardır. Hem kaliteli hem dayanıklı yapısı sayesinde çok ağır yapıları bile bozulmadan taşıyabilecek dayanıklıdır. Şekil bakımından farklı modelleri bulunmakla birlikte en yaygın yapılı olan model Şekil 1.3'te belirtilen modeldir.



Şekil 1.3. Pololu Metal Gear High Power 6 Volt 120 RPM DC motorun dış görünüşü (Pololu, 2019)

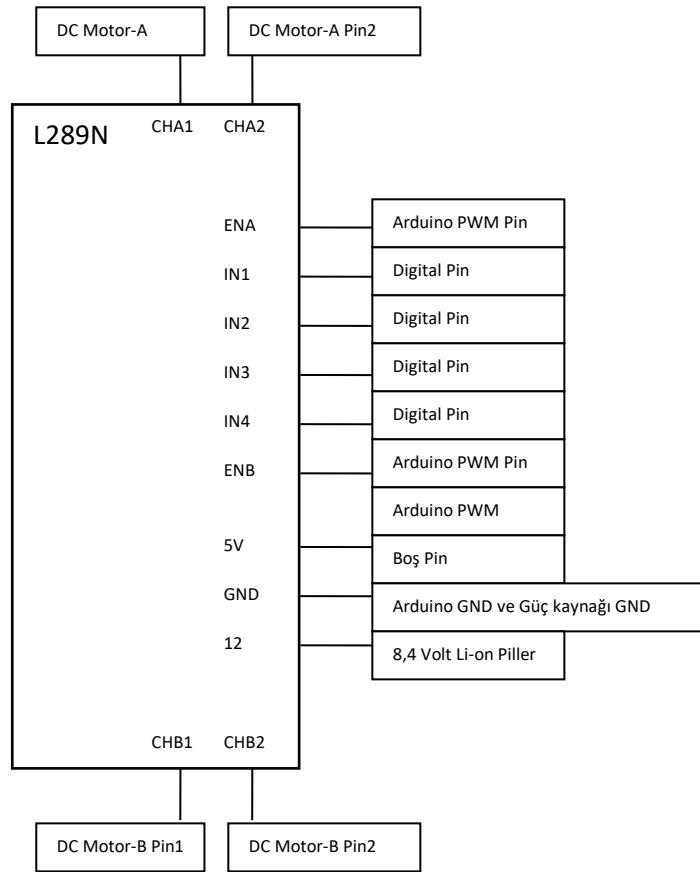
Pololu Metal Gear High Power DC motorların, 6 Volt gerilim ve dakikada 120 devir ile dönen modeli kullanılmıştır. Bu devir sayısı daha önce kullanılan plastik DC motorun devir sayısına göre iki kat daha azdır. Kalkış ve duruş esnasında anlık ivmelenmeden kaynaklanan yön bozulmasının önüne geçilmesi planlanmıştır. İstenirse daha yumuşak kalkış ve duruşlar Arduino kart üzerinde programlanarak da sağlanabilir. Ayrıca bu DC motorların kararlı çalışma oranı yüksektir. Adından da anlaşılacağı üzere yüksek zorlanma akımı sayesinde, daha

ağır yükler altında daha iyi performans sergilemektedir. Mil ve şaft aksamları tamamen metal ve redüktör görevini üstlenen dişliler karbon alaşımlı sert yapılardan oluşmaktadırlar. Bu sayede kullanım ömrü daha da artırılmıştır. Bu DC motorlar ayrıca çok küçük ebatlardadır. Küçük yer kaplamasından dolayı da çok büyük avantaj sağlamıştır. Herhangi bir yüzeye montelenmesi için ek olarak mini DC motor tutucular kullanılmıştır. Ancak bu tutucu parçalar metal değil plastiktir. Metal aksamlar plastik aksamlara göre oldukça pahalıdır. Metal DC tutucuların kullanılması çok daha iyidir ancak plastik tutucu aparatlar bu çalışma kapsamında yeterliliği sağladığı düşünülmektedir. Ayrıca Pololu DC motorlara bağlanacak olan tekerlerde plastik türevi bir malzemeden yapılmıştır. Bu tekerlekler daha önceki DC motorlarda kullanılan tekerleklerin yapısına göre çok daha sert ve dayanıklıdır. Tekerleklerin yapısı Şekil 1.3'te belirtilen ilk görselde olduğu gibidir. Ek olarak 3 mm şaft uyumlu gövde aparatı ile tekerleklerle M2 vidalar yardımıyla birleştirilmektedir. Tekerleklerin çapları ise yaklaşık 6 cm uzunluğunda ve 1 cm kalınlığında, yüzeye temas eden kısmı ise kaymayı engelleyen bir lastik ile kaplanmıştır. Bu lastiğin yapısı gereği dört tekerlek üzerinde oluşan sürtünme ile neredeyse hiç kayma yapmamaktadır. DC motorun yüksüz ve hareketsiz halde çektiği akım 70 mA, zorlanma anında çektiği akım 1,6 Amper ve torku 3,4 kg/cm' dir. Bu bilgilerden de anlaşılabileceği üzere L289N DC motor sürücü kartı her bir kanal için 2 Amper akım sağlayabilmekteydi. DC motorlar, L289N DC motor sürücü kartı ile her bir kanalda gereken gücü rahatlıkla alabilmektedir.

Pololu DC motorlar artı ve eksi uçları boş ve herhangi bir kablo bağlantısı ile üretilmemektedir. Bu nedenle uçlara kablo çekilip lehimlenmesi gerekmektedir. Çalışma dahilinde kullanılan kablo türü tek damarlı kablodur. İsteğe bağlı olarak çok damarlı kablo da bağlanabilir. Tek damarlı kablo kullanılmasının nedeni, daha kolay şekil verilebilir olmasından kaynaklıdır. Tek damarlı kablonun kullanılmasındaki dezavantaj hareketli alanlarda kullanılması durumunda kırılmaya neden olmasıdır. Çok damarlı kabloda ise şekil verilebilirlik zayıf seviyelerde olmakla birlikte, kırılmaya karşı dirençli ve esnemeye yatkın olması bir avantajdır. İçinde bulundurduğu çok sayıda ince kablo sayesinde, esneme bölgesinde oluşan keskin kıvrımlarda kopmasını engeller. Lehim yardımı DC

motorlara bağlanan kablolar karmaşayı engellemek amaçlı iki farklı renge sahip olmak üzere kırmızı ve siyahtır. Kullanılan lehim RA 26 Flux %3, 60/40 kalay/kurşun ve 0,75 mm kalınlığındadır. Lehim kalınlığının 0,75 mm kalınlığında olmasının nedeni, lehimlenecek kısımların küçük olmasından dolayıdır. Bu nedenle havya ucu da ince uçlu havyaadır. Ayrıca ısı ayarlı lehim istasyonu yardımıyla 350 derecelik ısı ile lehimlenmiştir. Ayrıca robotun genel lehimleme kısımlarında iyi kalite lehim pastası ve havya ucunu temizlemek için lehim süngeri ve teli kullanılmıştır. Bu sayede havya ucunda oluşan oksit ve yağ tabakası oluşumu engellenmiş ve daha temiz şekilde lehimlemeler yapılmıştır. Montelenen kırmızı ve siyah renkli kabloların uzunluğu 15 ile 20 cm uzunluğundadır. Bir ucu DC motorlara bağlanmış, diğer uçları ise DC motor sürücü kartın uygun pinlerine bağlanması için kablo soyucu yardımıyla 0,5 cm uzunluğunda uç açılmıştır. Ucu boş bırakılan uçlar L298N DC motor sürücü kartın IN pinlerine monteleneceklerdir. ENA ve ENB ile belirtilen pinler PWM sinyali ile tetiklenmektedir. Diğer belirtilen IN serisi pinler digital olarak tetiklenmekte ve Arduino Mega (AM) kartın digital çıkış veren pinlerine bağlanacaktır. Besleme kaynağından gelen 8,4 Volt gerilim, 12 Volt giriş pinine ara devre elemanı olmadan direkt bağlanabilir. Eğer 12 Volt üzeri gerilim kaynağı ile beslenmesi gerekirse, 5 Volt pini üzerinde bulunan jumper kaldırılmalıdır. Ayrıca kaldırılan jumperın bulunduğu pinden 5 Volt regüle edilmiş çıkış gerilimi alınabilir. Bu sayede haricen beslenmesi gereken modül veya modüller varsa buradan beslenebilir. AM kart bu gerilim ile beslenmek istense beslenebilir ancak 8,4 Volt gerilim ile L289N DC motor kartı beslendiğinden çıkış alınamamaktadır. Ek olarak AM kart ve L289N için GND pinleri ortak kullanılmaktadır. Çünkü EN ve IN serisi pinler AM kart tarafından gönderilen işlenmiş sinyallerin AM kart üzerinde bulunan GND ye geri dönüş sağlaması gerekmektedir. L289N DC motor sürücü kartının GND sinin ortak kullanılma nedeni bu yüzdendir ve bu sayede devre kararlılığı sağlanmış olur. Ortak GND kullanılmadan da çalışabilir ancak kararsızlığın önüne geçilmesi açısından ortak GND kullanılmasında yarar vardır. L289N üzerinde bulunan sinyal pinleri soket pinlerdir. İki ucu erkek olan jumper kablolar sayesinde hem AM kart hem de L289N DC motor sürücü kart birbirine kolayca bağlanabilir, harici olarak lehimlemeye gerek yoktur. Lehimlenerek yapılması daha kararlı

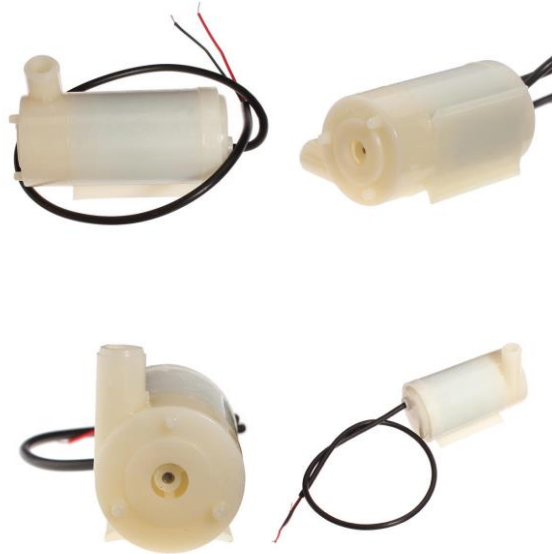
bir yapı sağlayabilir ancak çalışmanın ilerleyişi esnasında konumlar değiştirilmiş denemeler yapılmıştır. Bu yüzden lehimleme işlemleri soket pinler üzerinde fazla tercih edilmemiştir. L289N üzerinde bulunan kanal pinleri, besleme pini, GND pini ve 5 Volt pini vidalı klemens ile sıkıştırılarak bağlantılar sağlanmaktadır. Aşağıdaki şekilde L289N ve AM kart bağlantısına ilişkin blok yapısı verilmiştir (Şekil 1.4).



Şekil 1.4. L289N'in DC motorlar ile AM kartın uygun pin bağlantı blok şeması

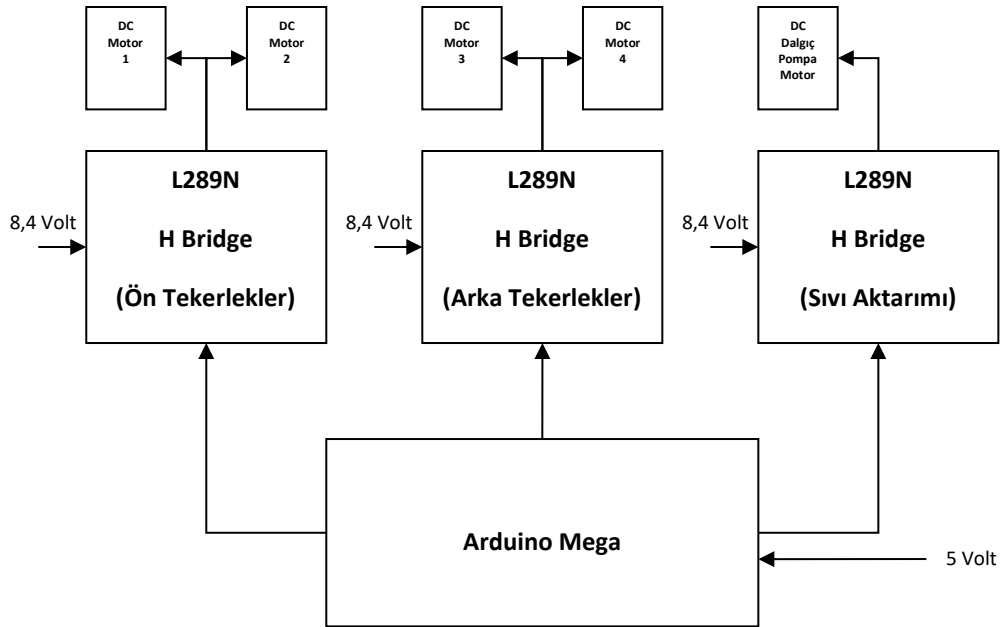
Daha önceden de bahsedildiği gibi 5 Volt pininin çıkışı boştur ve bağlantılı olduğu bir bileşen yoktur. CHA ve CHB ile belirtilmiş klemens pinler DC motorlardan gelen artı ve eksi uçlu kabloların yerleştirildiği pinlerdir. Anlaşılacağı üzere 2 kanallı bir DC motor sürücüdür. AM kart üzerinde 7 adet pin L289N için adanmıştır. Aynı işi yapan iki adet L289N sürücü için, Arduino Mega üzerinde 13 adet pin yer işgal edecektir. Daha sonra bahsedilecek olan DC motor pompası için kullanılmış olan ek bir L289N DC motor sürücüsü için ENA,

IN1, IN2 ve GND uçları da AM kart üzerinde bağlanmıştır. Ortak pin dahil edilmediğinde ek 3 pin daha yer işgal edecektir. Bu nedenle toplam 16 adet pin, AM kart üzerinde kullanım için sabitlenmiştir. Yukarıda anlatılanlar doğrultusunda, AM kart 3 adet L289N DC motor sürücü kartını kontrol etmektedir ve haberleşmektedir. L289N DC motor sürücü kartları ise Pololu Metal Gear High Power DC motorları ve DC motor pompayı kontrol etmektedir. DC motorların hızları, yönleri her kanal için farklı olmak üzere birbirinden bağımsız olarak kontrol edilebilmektedir. Toplamda yönetilen DC motor sayısı 5 tanedir ve DC motor ailesindendir. DC motor pompada standart DC motorlar gibi çalışmaktadır. Ancak iç yapısında sıvı teması ile izole edilmiştir. Bu sayede sıvı teması olmadan sıvı aktarım işlemini gerçekleştirmektedir. Piyasada çok farklı amaçlar için çok değişik model ve şekillerde sıvı aktarım işi için kullanılan DC motor ve DC motor olmayan motorlar mevcuttur. Kalitesine göre çok ucuzdan çok pahalıya kadar sayısız türü bulunmaktadır. Fiyat aralığının çok geniş bir aralıkta olması, çalışma gerilimi ve akımı, sıvı itme gücü, boyutu ve kullanım alanına bağlıdır. Bu çalışmada yer hacmi küçük olduğundan DC dalgıç motor pompası kullanılmıştır. Hem ucuz hem az enerji tüketmesinden dolayı tercih edilmiştir. Aşağıdaki şekilde DC dalgıç motor pompasının yapısı gösterilmiştir (Şekil 1.5).



Şekil 1.5. DC dalgıç motor pompasının farklı açılardan görüntüleri

Bu DC dalgıç motor pompası 2 ile 6 Volt gerilim arasındadır. Akış hızı 80 ile 120 L/H, suyun atılma mesafesi 40 ile 110 cm, belirtilen şekilde suyun çıkış kanal dış çapı 7,5 mm, su çıkış kanalının iç çapı 4,7 mm, DC motorun genel çapı yaklaşık 2,4 cm, uzunluğu 45 mm, yüksekliği 33 mm ve sert yapılı esnekliği zayıf bir plastikten yapılmıştır. Uygun çalışma gerilimi 5 Volttur. L289N DC motor sürücü kartı ile uyumlu olarak çalışmaktadır. Diğer bir adı da Selenoid Su pompasıdır. Küçük hacimli kutulara rahatlıkla yerleştirilmektedir. Ayrıca sıvının çekildiği kısım tabana çok yakın olduğundan neredeyse tüm sıvı çekilebilmektedir. Isınması gibi bir durum söz konusu olmamaktadır. Çünkü sürekli sıvı içinde kaldığından soğutma işlemi direkt olarak sağlanmaktadır. Ek olarak yüzeylere sabitlenebilmesi için bir yüzeyinde bulunan çıkıntılı yapı da bulunmaktadır. Bu kısım sıvıya dayanıklı silikon veya yapıştırıcı ile kap iç yüzeyine oturtulup sabitlenebilir. Anlatılanların son haline ilişkin blok şeması aşağıda belirtildiği gibidir (Şekil 1.6).



Şekil 1.6. L289N, DC motorlar ve AM kartın birbiri ile ilişkisini gösteren blok diyagram

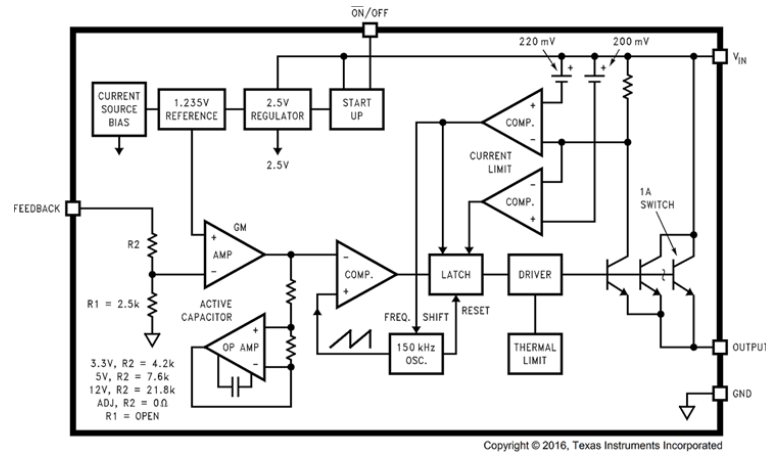
AM kart, gerekli sinyalleri L289N DC motor sürücü kartlarına göndererek mobil robotun ileri veya geri, gereken hız seviyesini ve sıvı aktarımını sağlar. Gelen sinyaller L289N DC motor sürücü kartı tarafından okunarak DC motor

sürücülere gereken sinyal aktarımı yapılır. Ancak AM kartın mobil robotun hareketini sağlamak haricinde başka görevleri de bulunmaktadır. Bunlar daha sonra da bahsedileceği üzere engel ve yol sonu bulma ve sulama mekanizmasının hareketidir. DC motorlar DC motor sürücü kartı olmadan da direkt olarak AM karta bağlanabilirdi. Ancak AM kartın 5 Volt gerilim çıkışı hattından çok düşük seviyede akım çekilebilmektedir. Bu nedenle verim çok düşük olmaktadır. DC motor zorlanma anında daha çok akım çekeceğinden AM kart hasar görecektir. DC motor sürücü kartların kullanılmasının temel nedeni yukarıda bahsedilen nedenlerden dolayıdır.

3.3. Voltaj Regülatörleri

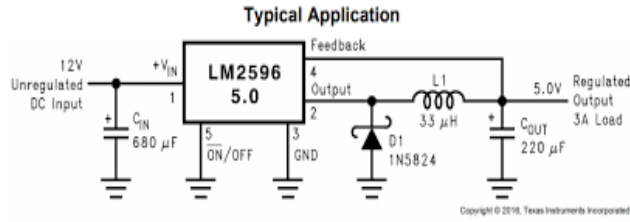
AM kart, Raspberry Pi 3 (RB3) ve sulama mekanizması için kullanılan 2 adet SG90 modeli servo motorun gücü daha önce bahsedilen 2 adet seri bağlı Li-on pilden direkt olarak sağlanamaz. Çünkü yüksek gerilimden dolayı devre yolları bozulacaktır. Bunun önüne geçebilmek amacıyla, voltajı düşürüp maksimum çekilebilecek akımı sabitlemek gerekmektedir. Voltaj ve akımı uygun seviyelere çekebilmek ve sabitleyebilmek amacıyla voltaj düşürücü regülatör kullanılması uygun görülmüştür. Piyasada farklı amaçlar için farklı güçlerde, farklı kalite ve performanslarda voltaj düşürücü regülatör devreleri veya kartları bulunmaktadır. Performans ve güç verimliliğine göre fiyat aralığı değişmektedir. Kart bünyesine giren gücün en iyi şekilde kullanılması ve en az kayıp ile aktarılması voltaj düşürücü devreler için önem taşımaktadır. Ayrıca yüksek güçlü voltaj regülatörleri daha pahalıdır. Bunun temel nedenlerinden birisi de üzerinde bulunan sinyal artırıcı ya da düşürücü entegre çiplerin daha dayanıklı olarak üretilmesidir. Çünkü taşıyacakları yük miktarı artacağından ısınma sorunu oluşacak ve harici olarak soğutma mekanizmalarının eklenmesi zorunlu olacaktır. Aynı şekilde voltaj düşürücü regülatörler olduğu gibi voltaj yükseltici ya da her ikisini de yapabilen devre kartlarda mevcuttur. Çalışma dahilinde 2 adet DC den DC ye (DC to DC voltage) olmak üzere voltaj düşürücü regülatör devre kartı kullanılmıştır. Bu devre kartı LM2596 entegresi üzerinden güç yönetimi sağlamaktadır. Kart ayarlanabilir (Adjustable) olması açısından büyük kolaylık sağlamaktadır. Ayrıca verimliliği oldukça yüksek ve ucuzdur. Kullanımı oldukça

kolaydır. Giriş (input) için pozitif ve negatif pinler bulunmaktadır. Ancak bu pinler klemens ya da benzeri bir soket girişiyle lehimli olarak gönderilmez. Bu nedenle uygulamada kolaylık sağlaması açısından erkek tipi header ile lehimlenmiştir. Bu sayede bir ucu dişi ya da her iki ucu da dişi olan jumper kablolar ile güç sağlanacak devre elemanına kolayca bağlanabilir. Çıkış (output) uçları da benzer şekilde iki adet pozitif ve negatif olmak üzere pinlere sahiptir. Özet olarak toplam 4 adet pin bulunmaktadır. Kullanımı ise daha önceden regüleli kaynaktan gelen doğrultulmuş akımı (DC) tekrar regüle ederek istenen değerdeki gerilime ayarlar. Bu yüzden üzerinde röle devre elemanı bulunur. Üzerinde bulunan M1 tipi vida ile kolayca istenen gerilim değerine getirilebilir. Ancak giriş gerilimi çıkış geriliminden fazla olmak zorundadır. Aksi halde giriş ve çıkış gerilimi aynı değerde ölçülür. Giriş voltajı DC 4 Volt ile 35 Volt arasında, çıkış voltajı DC 1,25 Volt ile 30 Volt arasındadır. Çıkışta alınacak maksimum akım 3 Amperdir. Eğer sürekli olarak 3 Amper ve civarında akım çekilecekse, soğutucu metal levhaların kullanılması, kartın ömrünü uzatmak açısından faydalıdır. Çünkü sürekli çekilen akım LM2596 entegre devresinin ve diğer pasif devre elemanlarının ısınmasına yol açacaktır. Boyutları 48 mm, 23 mm ve 14 mm olmak üzere sırasıyla uzunluk, genişlik ve yüksekliği belirtmektedir. Küçük boyutlarda bir devre kartı olduğundan robotik uygulamalarda tercih edilebilir. Çalışma sıcaklığı ise -40° derece ile $+80^{\circ}$ derece arasındadır. Daha detaylı olarak bilgiler datasheet üzerinde belirtilmiştir (Şekil 1.7).



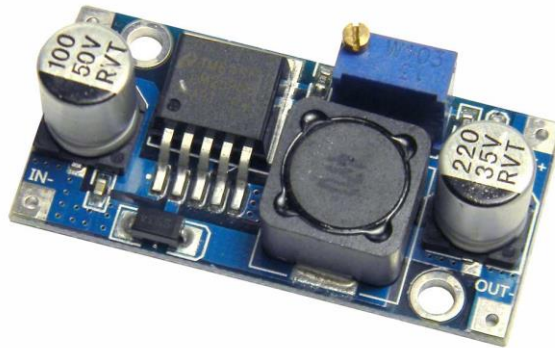
Şekil 1.7. LM2596 voltaj düşürücü regülâtör kartı blok şeması (Ti, 2016)

Genel kullanımı oldukça basittir. Bu basitlik birçok uygulama için LM2596 voltaj düşürücü regülatörü popüler hale getirmiştir (Şekil 1.8).



Şekil 1.8. LM2596 voltaj regülatörü konfigürasyonu

LM2596 voltaj regülatörü üzerinde bulunan M3 vida yolları sayesinde yüzeylere kolayca montelenebilir veya yapıştırılabilir (Şekil 1.9).



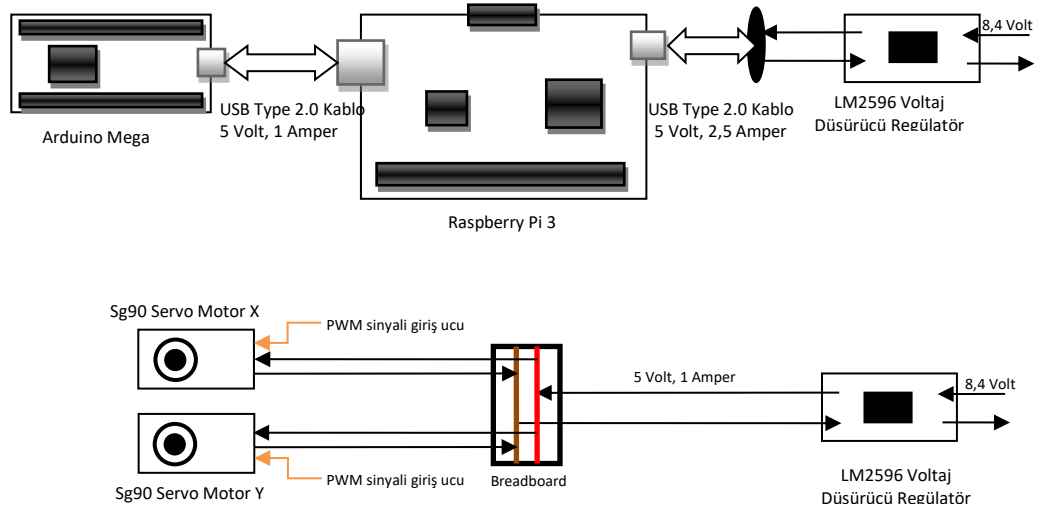
Şekil 1.9. LM2596 voltaj düşürücü regülatörün fiziksel yapısı

Li-on pillerden gelen yaklaşık 8,4 Volt gerilim RB3 karta yaklaşık olarak 5 Volt olarak verilmesi gerekmektedir. RB3 kart, yoğun iş yükü altında iken yaklaşık olarak 2,5 Amper akım çekmektedir. Bu sebeple LM2596 voltaj düşürücü regülatör devresi, RB3 kart için gerekli gücü sağlayabilmektedir. AM kart için USB port üzerinden güç 5 Volt, 1 Amper olmak üzere verilir. Ancak daha önce de bahsedildiği üzere güç pinler üzerinden de verilebilir. Ancak pinler üzerinden verilen gerilimin kontrol edilmesi çok önemlidir. Gerilimdeki ufak dalgalanmalar bile AM kartın kararsız davranmasına yol açabilmektedir. Bu yüzden pinlerden verilen güç temiz ve düzgün filtrelenmiş olması gerekmektedir. AM kartın çalışmanın sonraki aşamalarında pinler üzerinden güç verilerek değil, RB3 kartın üzerinde bulunan USB portlarla, bağlanan bir

USB kablo yardımı ile AM kartın USB portuna bağlanarak sağlanmıştır. Bu sayede daha AM kartın güç yönetimi RB3 kart tarafından daha güvenilir şekilde sağlanmıştır.

3.4. Sulama Mekanizması Elemanları

Daha sonra da detaylıca bahsedilecek olan 2 adet SG90 servo motorların (SM) güçlerinin sağlanması bir adet LM2596 voltaj düşürücü regülatör devresiyle sağlanmıştır. SG90 SM'lerin her biri 5 Volt gerilim ile 1 Ampere kadar akım çekebilmektedir. Ancak bu SM'lerin içinde bulundurduğu çarklı yapıların, bazı zamanlarda sıkışma yapması ya da dış kayması yaşadığı durumlarda anlık olarak yüksek akımlar çekebilmektedir. Ancak kullanılan voltaj düşürücü regülatör devresi sayesinde az da olsa koruma sağlanmıştır. Burada kullanılan voltaj düşürücü regülatör devresinin gerilim ayarı 5 Volttur. İlk akla gelen soru ise aynı kanala neden iki SG90 SM'nin bağlandığıdır. SG90 SM'lerin hareketleri sırasıyla gerçekleşeceğinden dolayı, her SM 5 Volt gerilim üzerinden beslenecektir. Bu sayede çakışma durumu yaşanmayacaktır. Ancak çakışma durumunun yaşanması durumunda ise iki SM'den ancak birisi için güç sağlanacaktır. Bu nedenle daha sonraki aşamalarda SM'lerin pozitif uçlarına bağlı kablolar paralel olarak LM2596 voltaj düşürücü regülatör devre kartına bağlanmıştır. Bu durumda gerilim değil akım paylaşılacaktır. LM2596 voltaj düşürücü regülatör devre kartından 3 Ampere kadar akım çekilebildiğinden, her iki SG90 SM'nin de aynı anda çalışması durumunda ise normal kuşular altında 2 Amper akım çekilecektir. Çalışma sonunda SG90 SM'lerin paralel bağlanarak güç çekmesi daha uygun görülmüştür. RB3 kart gereken gücü LM2596 voltaj düşürücü regülatörden alırken, yukarıdaki şekilde belirtildiği üzere bir USB Type 2.0 kablonun RB3 güç giriş soketine girecek olan kısmı hariç diğer kısmı soyulmuştur. Soyulan USB Type 2.0 kablonun 5 Volt ve GND içeren kabloları, standartlar doğrultusunda bulunmuş ve LM2596 voltaj düşürücü regülatör devresinin uygun pinlerine lehimlenmiştir. SG90 SM'ler bir breadboard yardımıyla, gücü paralel bağlı şekilde çekebilmektedir. (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. AM kart, RB3 kart ve SG90 tipi SM'ler için LM2596 voltaj düşürücü regülâtör devresiyle olan ilişkileri ve bağlantıları

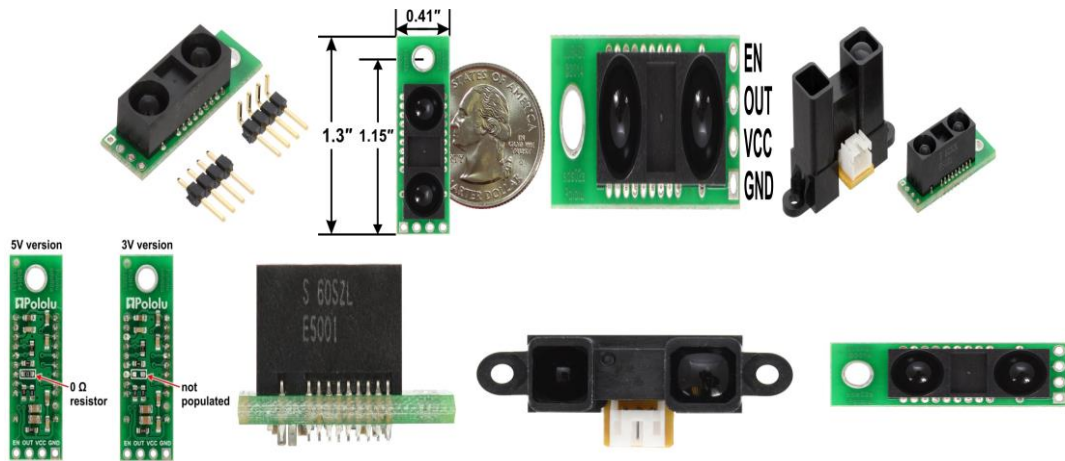
3.5. Mesafe ve Uzaklık Ölçümü Elemanları

Elektronik sistemlerin bulunduğu çevre ile haberleşmesi için amaca yönelik sensörler kullanılır. Bu sensörler çok farklı amaçlar doğrultusunda kullanıldığından sensör çeşidi yelpazesi de bir o kadar geniştir. Bunların bir kısmı elektromanyetik, bir kısmı mekanik ve hatta tek başına elektriksel veya tek başına manyetik olarak duyarlılığa sahip olabilirler. Çevre ile ilgili bilgilerin alınması ve alınan bilgilerin işlenmesi gerekmektedir. Sensörlerden bazıları dahili olarak işleyici mekanizmalara sahip bir kısmı sadece analog olarak bilgiyi alabilmektedir. Kullanılan sensörün uygulanacağı alan doğrultusunda analog (Sürekli) bilgidan sayısal (Digital) bilgiye çevrilmesiyle bilgiler toplanır analiz edilir. Bunlar tamamen, diğer devre elemanlarının bilgiyi nasıl değerlendireceği ile alakalı bir durumdur. Örneğin, kızıl ötesi sensörler hem sürekli bilgiyi ölçüp aktarabilir hem de sürekli bilgiyi sayısal bilgiye çevirip aktarabilir. Daha da özetlenecek olursa, RB3 kartın pinleri sayısal bilgiyi alabilir ancak sürekli bilgiyi veri olarak alamaz. AM kart için isteğe bağlı olarak hem sürekli bilgi hem de sayısal bilgi olarak veriyi alıp işleyebilir. Bu tamamen üreticilerin sistemlerini nasıl tasarladığı ile alakalı bir durumdur. RB3 karta, analog sinyaller aktarılamaz değildir. Analog to Digital Converter (ADC) adı verilen ara entegre

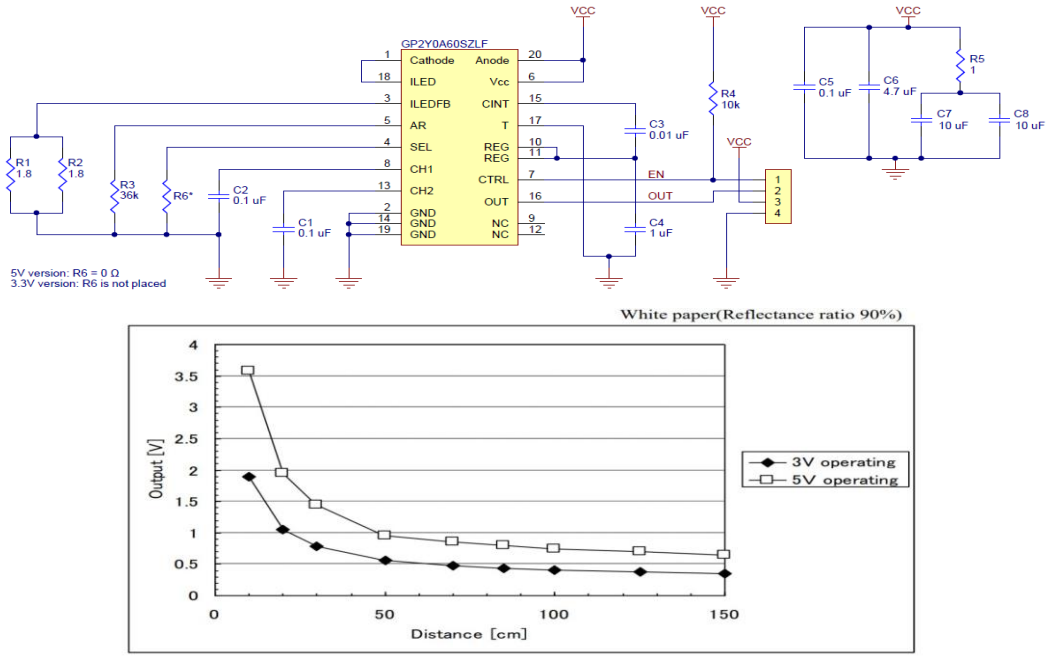
elemanlarla sinyalin dönüşümü yapılarak veriler RB3 karta aktarılır. Aynı şekilde, Digital to Analog Converter (DAC) adı verilen sinyal çevirici ara devre elemanı ile de sayısal olarak gönderilen sinyal analog sinyale dönüştürülerek başka bir entegre devreye ya da dış ortama aktarılır. Arduino serisi mikro işlemcili kartlar daha önce bahsedildiği üzere her iki tipte sinyali okuyabilme özelliğine sahiptirler. Örnek verilirse; Pololu Carrier with Sharp GP2Y0A60SZLF Analog Distance Sensor 10-150 cm tipindeki kızılötesi sensörün çıkış ucundan (Output Pin) analog sinyal alınır. Arduino serisi mikro işlemcili kartlar analog pinlerinden bu bilgiyi okur. Ancak okunan bilgi hangi amaçla kullanılacaksa ona göre yorumlanır. Pololu kızıl ötesi sensörün uzaklık bilgisini bize desimal olarak verilebilmesi için Arduino serisi mikro işlemcili kartın;

$$\text{double IRdistance} = 187754 * \text{pow}(\text{sensorValue}, -1.51); \quad (3.1)$$

şeklinde programlanması gerekmektedir. Üstte belirtilen ufak kod parçasının daha detaylı açıklaması, Pololu resmî sitesinde mevcuttur. Bu şekilde, uzaklık bilgisi sayısal olarak bir anlam kazanmış olur. Ancak bu çevirme işlemi olmadan gelen analog sinyalin gücüne göre başka mekanizmalar tetiklenebilir ve çevirmeye gerek olmayabilir. Bu tamamen yapılan işin türüne bağlıdır. Burada bahsedilen oldukça ufak ve kullanışlı bir sensördür (Şekil 2.2, Şekil 2.3). Ancak diğer sensör modellerine göre biraz daha pahalıdır.



Şekil 2.2. Pololu Carrier with Sharp GP2Y0A60SZLF Analog Distance Sensor 10-150 cm fiziksel yapısı (Pololu, 2020)



Şekil 2.3. Pololu marka Carrier with Sharp GP2Y0A60SZLF Analog Distance Sensor 10-150 cm tipi kızılötesi uzaklık ölçümü yapan sensörün genel şekli, blok şeması ve duyarlılığına ilişkin grafikler (Pololu, 2020)

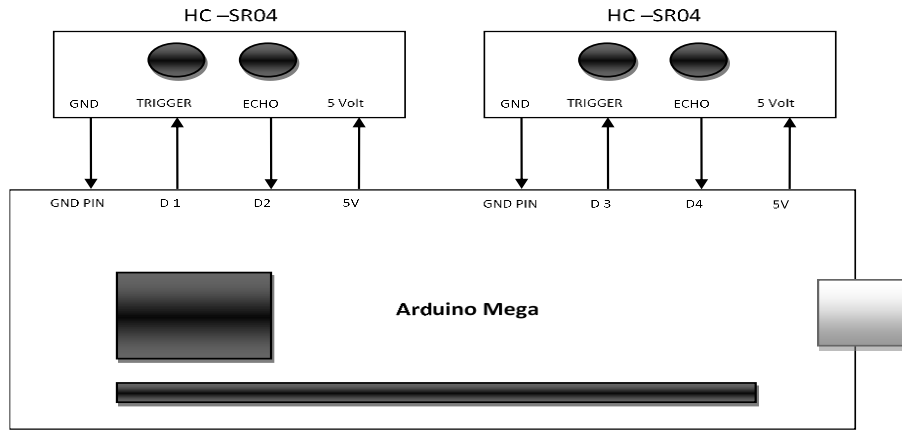
3.6. Ultrasonik Mesafe Sensörü HC-SR04

Mobil robotun ilk versiyonu için karar kılınan HC-SR04 tipi ultrasonik ses sensörü yardımıyla uzaklığın ölçülmesi sağlanmıştır. Bu sensörün seçilmensin temel amacı ucuz olmasından dolayıdır. Çünkü çalışma kısıtlı bütçe ile yapıldığından daha kaliteli parçalar kullanılamamıştır. Ancak ucuzluk beraberinde birtakım sorunlar da gelmektedir. Çabuk bozulabilen bir parça olmasının yanısıra da doğruluğu düşüktür. Piyasada temel amaçlar için oldukça sık kullanılan popüler bir sensördür. Birçok mikroişlemcili kart ile uyumlu ve programlanması basit bir mantığa dayanır. Mobil robot mekanizmasında 4 adet HC-SR04 ultrasonik uzaklık sensörü kullanılmıştır. Bunlardan 2 tanesini AM kart yönetirken, diğer 2 tanesini ise RB3 kart yönetmektedir. Kullanılmış olan 4 adet HC-SR04 ultrasonik uzaklık sensörünün tümünü AM kart yönetebilir. Ancak fiziksel alan sıkışıklığı nedeniyle bu sensörlerden iki tanesi RB3 kartın üzerine yönlendirilmiştir. Daha önce bahsedilen Pololu marka kızılötesi uzaklık sensörü ile HC-SR04 ultrasonik uzaklık sensörünün farkı, adlarından da anlaşılacağı üzere ölçümlerden biri kızılötesi dalgalar ile yapılırken diğerininki

yüksek frekanslı ses dalgalarıyla yapılmaktadır. Daha da özetlenirse, ölçümlerden biri elektromanyetik dalga ile diğeri mekanik ses dalgalarıyla sağlanmaktadır. Yapılan iş aynı ve görevleri uzaklığın saptanmasını sağlamaktır. Dikkat edilmesi gereken kısım ise her ikisi de uzaklığın ölçülmesini sağlıyorsa neden diğeri ihtiyacı duyulsun sorusudur. Her iki dalga yapısının farklı ortamlarda, farklı madde ve yapılar üzerinde yansıma ve soğurulma özelliği vardır. Sisli bir ortamda veya dumanlı bir çevrede, yansıtıcıların zayıf olduğu ve ışığın doğrultusunu ve gücünü bozan durumlarda kızılötesi ışığın kullanılması çok doğru olmayacaktır. Aynı şekilde ses emiliminin fazla olduğu alan ve ortamlarda; atılan ses dalgalarının geriye doğru bir şekilde gelmesi oldukça zordur. Örnek olarak kurşun yapılı cisimler ses dalgalarını büyük ölçüde soğurarak yansımaları zayıflatır. Bu yüzden ses yalıtım amaçlı, duvarları kurşun ve benzeri maddeler ile kaplı özel stüdyolar yapılmaktadır. Ayrıca sensörlerin alıcı yuvaları dalgaları alabilmeleri için belli bir açıya sabittirler. Problemin amacına yönelik çok geniş açılı veya dar açılı alıcı yuvalara sahip sensörler mevcuttur. HC-SR04 ultrasonik uzaklık sensörünün açısı 15° derecedir. Yansıyan yüksek frekanslı ses dalgalarının alıcıya bu açı doğrultusunda dönüş yapması önem taşımaktadır. Aksi durumda ölçümler hatalı olacaktır. Yapılan testlerde sapmaların bir kısmının açısal kaynaklı olduğu görülmektedir. Ancak çalışmada geniş açılı ses sensörü de test edilmiştir. Ancak geniş açılı olması beraberinde farklı cisimlerden yansıyan dalgaları da getirdiğinden uygun görülmemiştir. HC-SR04 ultrasonik uzaklık sensörü 40 KHz lik frekanslı ses üreterek, gönderici yuvasından ses sinyali gönderir. Çalışma esnasında çekilen akım 15 mA olduğundan AM, RB3 ve Orange Pi gibi mikroişlemcili kartların pinleriyle oldukça uyumludur. Çalışma gerilimi 5 Volt'tur. En iyi durumda 4 metre ile 2 cm aralığında bulunan cisimleri ve engelleri ölçebilmektedir. Trigger input (Tetikleyici giriş) 10 μ S ile ses dalgası oluşturur. Genişliği 45 mm, boyu 20 mm ve derinliği 15 mm' dir. Küçük boyutu sayesinde dar alanlarda kullanılması kolaydır. AM ve RB3 mikroişlemcili kartlarda ölçümler belli bir hesaplama göre yapılır. Temel fizik kurallarından yola çıkarak, ses dalgasının hava ortamındaki ilerleme hızı baz alınır. Öncelikle ses dalgasının havadaki ilerleme hızı yaklaşık olarak 340 m/s alınır. Oluşturulan 40 KHz'lik sesin süresi ile ses dalgasının yaklaşık hızıyla çarpımı, ses dalgasının gidiş ve dönüşte ilerlediği

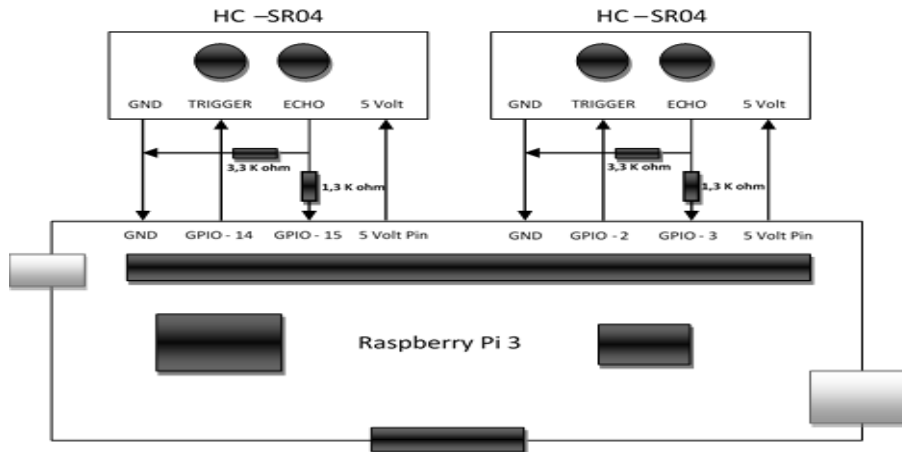
toplam mesafeyi verir. Bu nedenle elde edilen sonucun yarısı engelin veya cismin, HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörünün bulunduğu konuma olan uzaklığını verir. Ses dalgası üretilirken kullanım klavuzunda belirtilen açıklamada, ölçümlerin düzgün yapılabilmesi için 60 ms ve üzeri sürelerde yapılmasını öngörmektedir.

AM kart, mobil robotun ilerleme doğrultusuna bakan kısımlarına birer tane olmak üzere HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörü yerleştirilmiştir. Ancak burada cisimlerin ya da engellerin mobil robota olan uzaklıklarının bilgisi ölçülmemektedir. Diğer bir deyiş ile mobil robotun ilerleme esnasında yaklaştığı engel ya da yol sonuna gelmesi durumunda tersi yönde hareket etmesi için sabit bir değer belirlenmiştir. Engele yaklaşıldığında ölçülen değer eğer 20 cm'den daha az ise, mobil robot tersi yönde hareket etmek için DC motorların dönüş yönünü tersine çevirecektir. Mobil robotun test ortamına engeller dahil edilmemiştir. Ancak yol sonunun algılanması ve döngünün oluşturulabilmesi için mesafe sensörlerine ihtiyaç duyulmuştur. RB3 mikroişlemcili kartın 2 adet HC-SR04 yönetmesi durumu biraz daha farklıdır. Burada uzaklık bilgisinden çok, HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörünün ölçebildiği maximum aralıktan faydalanılmıştır. RB3 mikroişlemcili kartın yönettiği bu iki sensör mobil robotun aynı yüzeyinde, aynı dikey doğrultuda olmak üzere farklı noktalarda ve dik şekilde konumlandırılmıştır. Buradan anlaşılabileceği üzere bu sensörlerden gelen bilgiler aynı olacaktır. Daha önce de belirtildiği gibi HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörleri bazı durumlarda hatalı ölçümler yapabilmektedir. Ayrıca küçük ebatlı cisimleri görmezden gelebilir. Daha sonra anlatılacağı üzere senaryoyu oluşturan maket ev ve maket ağaçların, gerçeğe kıyasla çok ufak olmaları ve mobil robotun ilerlemesi esnasında cisimleri çok hızlı geçmesi nedeniyle ölçümleri yanlış yapabilmektedir. Ayrıca sunta türevi maddelerden oluşan senaryo ekipmanları, ses dalgalarını bir miktar zayıflatarak ölçüm doğruluğunu azaltmaktadır. Doğruluğu en çok bozan etken ise senaryo ekipmanlarının ufak olmasından dolayıdır. Bu kısım daha sonra açıklanacaktır. Aşağıda AM ve RB3 mikroişlemcili kartların HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörleri ile bağlantı şeklini içeren blok şema belirtilmiştir (Şekil 2.4).



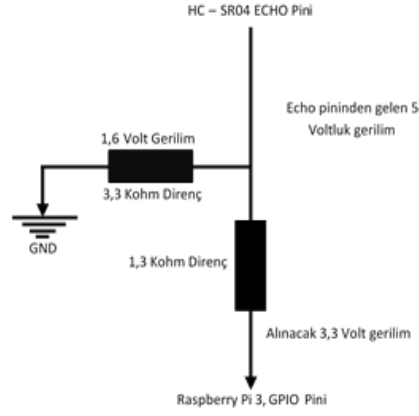
Şekil 2.4. AM mikroişlemcili kart ile HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörünün bağlantı şeması

D1, D2, D3, D4 ile belirtilen pinler AM kartın dijital pinlerini ifade eder. D harfi ile adlandırılan pinlerin belirteç numaraları ise örnek amaçlıdır. HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörleri araya ek devre elemanına ihtiyaç duymadan bağlanabilir. AM kartın tüm pinleri 5 Volt gerilim ile giriş ve çıkış sağlayabildiğinden bu sensörler AM üzerinden doğrudan güç alabilir. Ayrıca AM mikroişlemcili kart üzerinden HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörü tarafından çekilen akım ideal bir akım olduğundan her iki devrenin pinleri sağlıklı şekilde çalışmaktadır. Diğer bağlantı şeması RB3 kart ile HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörünün görseli aşağıda verilmiştir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. RB3 mikroişlemcili kart ve HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörünün bağlantı şeması

Üretilen her elektronik devre, kendine has belli karakteristiklere sahiptirler. Orange Pi, Asus Tinker, Raspberry Pi ve Arduino gibi mikroişlemcili kartlar yapısal olarak benzerlik gösterebilirler de belli farklılıkları vardır. Aynı şekilde RB3 ve AM, kart kullanımları bakımından farklıdır. Bunların en başında sahip oldukları giriş çıkış pinleri üzerindeki gerilim ve akım farklılıklarıdır. Hem pinlerden çekilen akımlar hem de pinlerinden verilen akımlar farklıdır. Ayrıca sağlanan ve alınan gerilim değerleri her iki kart için farklı seviyelerdedir. Her iki mikroişlemcili kartın üzerinden gerilim ve akımı sağlayan ve dış elemana güç tedarik eden iki farklı voltaj seviyesine sahip pinler bulunur. Bu farklı voltaj seviyelerine sahip iki adet pin hem AM hem de RB3 mikroişlemcili kart üzerinde de mevcuttur. İsteğe bağlı olarak kullanılabilirler. Kendilerine bağlantı sağlayacak olan dış birimlerin kabul ettiği seviyelere göre gerilim ve akım verilmektedir. Güç pinleri her iki mikroişlemcili kart için sırasıyla 3,3 Volt ve 5,0 Volt gerilim pinleridir. Aynı şekilde bir önceki bölümde belirtildiği üzere AM kart 5 Volt gerilimli güç pinine direkt olarak bağlanıp gücünü sağlayabilmektedir. AM kartın dijital ve analog pinlerinin çalışma gerilimleri de aynı seviyelerdedir. Bu sebeple uyumluluk problemi yaşanmaz. Ancak bu durum RB3 kartın dijital pinleri için aynı değildir. RB3 kartın pinleri analog sinyalleri direkt olarak işleyemez. Bu durumda ADC kullanılması gereklidir. RB3 mikroişlemcili kart üzerinde bulunan dijital pinlerin voltaj seviyeleri 3,3 Volt kadardır. Pinler input olarak görev alacaklarsa, lojik seviye dönüştürücü adı verilen (LLC) ek devre elemanı kullanılmalıdır. Bu devre elemanı genelde küçük yapıya sahip olmakla birlikte çok büyük yapıları da mevcuttur. Kullanımları kolay olduğundan birçok uygulamada tercih edilmektedirler. Lojik seviyeleri ayarlamak için mutlaka bu devrelerin kullanılması gerekmektedir. Basit olarak gerilimi yönlendirme işlemi sağlanabilir. Zaten çalışma dahilinde gerilimi yönlendirerek voltaj seviyeleri sağlanmıştır. Diğer bir ifade ile voltaj bölücü devre (Voltage Divider Circuit) ile gerilim indirgeme işlemi sağlanmaktadır (Şekil 2.6). HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörünün ECHO pininden Raspberry Pi 3 mikroişlemcili kartın GPIO pinlerine dönecek olan 5 Volt genlikli sinyalin 3,3 Volt seviyesinde geçirilmesi gerekmektedir.



Şekil 2.6. HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörünün ECHO pininden RB3 mikroişlemcili kartın GPIO pinine olan bağlantısı

Bağlantılar 3,3 Kohm ve 1,3 Kohm dirençler kullanılarak devre bölücü yapılmıştır. RB3 kartın giriş pinlerine yaklaşık 3,3 Volt gerilim girişi sağlanmaktadır. Ancak test edildiğinde ölçümler belli bir limit değerine düşmektedir. Kullanılan dirençlerin değerleri arttıkça, HC-SR04 ultrasonik ses sensörünün ECHO pininden dönen sinyali taşıyan akımın değeri düşmektedir. Belirtilen dirençler kullanıldığında, HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörünün maksimum ölçebildiği mesafe yaklaşık 100 cm kadar uzunluğa sahiptir. Bu nedenle ilk etapta denenen dirençlerin kullanılmasının yanlış olduğu saptanmıştır. RB3 kartın yönettiği 2 adet HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörlerinin olabildiğince uzun bir mesafeyi taraması tercih edilmektedir. Bunun nedeni, HC - SR04 ultrasonik mesafe sensörünün ECHO pininden çıkan akımın zaten az olmasıdır. Yüksek değerli dirençler ile sağlanan voltaj bölücü ile akım daha da az seviyelere geriletilir. Ölçümler bu durumda da yapılabilir. Ancak ölçülen ve taranan mesafenin uzunluğu kısılacaktır. Ayrıca 3,3 Kohm ve 1,3 Kohm dirençleri tam değer olarak bulmak oldukça zordur. Kullanılan dirençlerin değerleri, bu değerlere yaklaşık değerlerdir. Bu yüzden belli bir tolerans ile üretilirler. Bu tolerans değerleri ne kadar küçük olursa o kadar daha iyidir. Ancak uygulamalara göre tolerans değerlerinin küçük ya da büyük olmasının istenmesi değişiklik gösterebilir.

$$V_{in} = I_{in} \times R_{eş} \quad (3.2)$$

Temel elektrik prensiplerinden yola çıkarak, V_{in} giriş voltajı, I_{in} devredeki toplam akım miktarı ve $R_{eş}$ toplam direnç değerini ifade etmektedir. Bu denkleme göre giriş voltajı sabit tutulduğunda, toplam akım miktarı ve toplam direnç miktarı ters orantılıdır. Voltaj bölücü devre, seri bağlı dirençlerin ara noktalarından alınacak olan gerilim ile sağlanmaktadır.

$$V_{in} = I_{in} \times (R_1 \pm R_2) \quad (3.3)$$

HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörünün ECHO pini ile RB3 kartın GPIO pinleri arasına kurulan gerilim bölücü devrede iki adet direnç olduğundan bunlar sırasıyla R_1 ve R_2 dir. Toplam direnç değeri, bu kısıtlı alan için değerlendirilirse $R_1 \pm R_2$ toplamı ile elde edilir.

$$I_{in} = \frac{V_{in}}{R_1 \pm R_2} \quad (3.4)$$

Devre üzerinden geçen toplam akım değeri, her bir direnç üzerinden geçen akım değerine eşittir. Kirchoff yasası gereği, seri bağlı dirençler üzerinden aynı akım geçmektedir.

$$V_{in} = V_1 \pm V_2 \quad (3.5)$$

Tek bir doğrultuda, seri dirençlerle kurulan devrede, geçen akımlar sabit ancak gerilimler bölüşülür. Bu nedenle her bir direnç üzerinden çekilen gerilim sırasıyla V_1 ve V_2 dir.

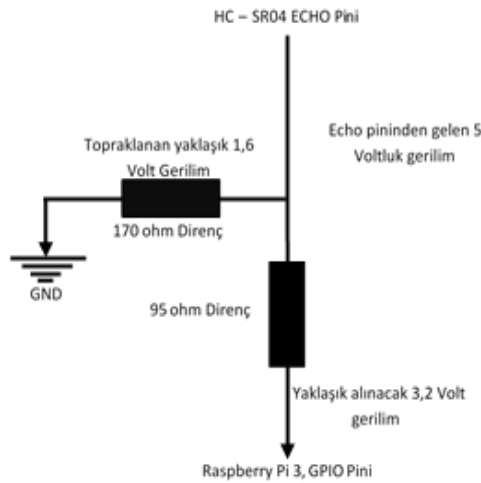
$$V_1 = \frac{V_{in}}{R_1 \pm R_2} \times R_1 \text{ ve } V_2 = \frac{V_{in}}{R_1 \pm R_2} \times R_2 \quad (3.6)$$

Her iki direnç üzerine düşen gerilim miktarları $V_1 = I_{in} \times R_1$ ve $V_2 = I_{in} \times R_2$ olacağından I_{in} yerine (1.2) de elde edilen denklem yazılarak (1.4) deki denklem elde edilir.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{R_1}{R_2} \quad (3.7)$$

Denklem 1.4'te belirtilen denklemden yola çıkarak V_1 ve V_2 'nin R_1 ve R_2 ile orantılı olduğu görülür.

Voltaj bölücü devre seri bağlı dirençler arasından alınan çıkışla gerçekleştirileceğinden (1.4) bağıntısı $V_1 = \frac{V_{in}}{R_1 \pm R_2} \times R_1$ ile V_{out} gerilimi elde ederiz. Sağlaması yapılırsa, kullanılan 170 Ohm ve 95 Ohm direnç; $V_1 = \frac{5}{170 \pm 95} \times 170$ değerler yerine konulur ve $V_1 \cong 3,20$ Volt gerilim elde edilir. Son durumda elde edilen devre şeması aşağıda belirtilmiştir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Daha düşük dirençler ile elde edilen voltaj bölücü devrenin şeması

Yüksek dirençlerin yerine daha düşük dirençler uygulandığında HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörü tarafından ölçülen maksimum mesafenin uzunluğunun arttığı saptanmıştır. Yukarıdaki şekilde yaklaşık olarak 170 ohm ile 90 ohm direnç kullanıldığında HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörünün ölçebildiği maksimum uzunluk yaklaşık olarak 320 cm kadar olmaktadır. Bu mobil robot uygulaması için yeterli bir ölçüm aralığıdır. Aşağıda bağlantının gerçekte uygulanış şekline ait görsel paylaşılmıştır (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörünün RB3 karta bağlantısı için gerilim bölücü

RB3 mikroişlemcili kartın GPIO pinlerine gelen volt değeri 3,3 seviyesinden aşağı olduğu durumlarda sinyalin işlenmesinde çok ciddi sorunlar meydana gelmemektedir. Ancak çok düşük gerilimlerde sinyal içine gürültü karışması söz konusudur. Belirtildiği üzere 3 Volt ve 3,3 Volt gerilim aralığında istenen ölçümler rahatlıkla yapılabilmektedir.

Ek olarak HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörleri için piyasada farklı şekiller bulunan yuva tipli tutucularda mevcuttur (Şekil 2.9). Yuva tipi tutucular bazı durumlarda kolaylık sağlayabilmektedir. Çalışma dahilinde hem yuva şeklinde üretilen tutuculardan hem de tutucu yardımı olmadan monteleme işlemleri yapılmıştır.



Şekil 2.9. HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörü için kullanılan tutucu modeline ilişkin görsel (Robolinkmarket, 2020)

Basit bir senaryo verilerek RB3 kartın iki adet HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörünü yönetmesindeki amaç daha kolay anlaşılabilir. Mobil robot çalışmaya başladığında AM kartın yönettiği kısımlar ve RB3 kartın görüntü işleme

yapmadığı veya o kısmın henüz işlemediği kabul edilsin. Mobil robot düz bir çizgide sadece ileri geri hareket yapmaktadır. Bu ileri ve geri gitme hareketi senaryonun bitiş kısımlarında değişmektedir. Yani başlangıçta ileri yönde giderken, senaryonun sonuna gelindiğinde yön değiştirerek geriye hareket etmektedir. Mobil robot ilk çalışmaya başladığında yanal yüzeylerinden birinde ve aynı dikey konumda, farklı yerlerde olmak üzere konumlandırılan HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörleri karşılaştığı veya karşılaşmadığı objelere ilişkin analog sinyalleri alarak sayısal sinyallere çevirerek RB3 kartın dijital input pinlerine aktarmaktadır. Bilindiği üzere HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörleri gerilim bölücü devreler yardımıyla uygun gerilim seviyelerine çekilerek RB3 mikro işlemcili kartın dijital input pinlerine bağlanmıştır. Bu gerilim bölücü devrede kullanılan dirençlerin bir getirisi olarak gelen akım gücü bir miktar zayıflamaktadır. Zaten hali hazırda HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörleri çok küçük akımlarda çalışmaktadır. Bu nedenlerden dolayı ölçüm aralığı ancak 300 cm kadardır. Burada yapılan işlem bir radar işlemi gibi de düşünülebilir. Mobil robotun yanal yüzeylerinin baktığı yöndeki alanın 300 cm veya sınırsız uzunlukta olduğu var sayılsın. Mobil robot çalışmaya başladığı anda her iki HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörünün de aynı anda çalıştığı düşünülürse, ölçülen değerler bir obje olmadığı durumda 300 cm uzunluğunu işaret edecektir. Mobil robot ilerledikçe bir objenin HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörlerinin çalıştığı açılarda yakalandığı düşünölsün. Bu tam dikey doğrultuda kabul edilebilir. Çalışma açısına giren bu objenin ses sinyallerini düzgün bir doğrultuda yansıtan ve temel tiplerde bir obje olduğu düşünölsün. Bu objenin dikey doğrultudaki boyu 50 cm ve yataydaki boyu 30 cm olsun. Derinlik bilgisinin bu esnada bir önemi yoktur. Objenin derinlik bilgisinin ölçölmesi gibi bir durumdan bahsetmek oldukça zordur. Ayrıca görüntü işleme algoritmaları iki boyutlu düzlem tarafından sağlanan değerler üzerinden gerçekleşmektedir. Bu durumda genel olarak uğraşılan kısım ve bilgiler iki boyutlu bilgiler şeklindedir. HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörlerinin açılarda giren objenin, yüzeyinden yansıyan sinyaller ECHO pinlerinden RB3 kartın sayısal giriş pinlerine sayısal bilgi şeklinde iletilecek ve gelen bu bilgiler yorumlanarak uzaklık bilgisine dönöştürölecektir. Her bir aşamayı yöneten birimin ve senaryo ortamının ideal olduğu düşünölsün, her şey tam zamanlamalı olarak çalışacaktır. Ancak çevre

koşulları ve sistemdeki kullanılan parçaların ideal olmaması ölçümlerle birlikte hesaplamaların da yanlış yapılmasına neden olmaktadır. Objelerin ilk kenarları HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörlerinin çalışma açısına yakalandıkları esnada varsayılan değerden; yani 300 cm'den bir anda daha az bir mesafe uzunluğuna düşmesi gerekir. İlerleme esnasında taranan yüzeyin uzunluğu aynı kaldıkça ölçülen değerlerde bir sapma meydana gelmeyecektir. Mobil robotun ilerlemesi ve HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörleriyle taranan cismin yüzeyi çalışma açısının dışına çıktığı anda tekrar 300 cm uzaklık olarak ölçülecektir. Gözlemler dahilinde, senaryoda kullanılan maket ev ve ağaçların uzaklık bilgilerinde bazı problemler yaşanmaktadır. Ya geç algılanmakta ya da algılanamamaktadır. Bu nedenlerden önemli olanları aşağıda listelenmişlerdir. Birincisi cisimlerin yüzeyleri farklı uzunluk bilgilerine sahip olmalarıdır. İkinci faktör kullanılan cisimleri oluşturan maddelerin yapılarıdır. Üçüncü faktör HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörlerin kalitesi ve tutarlılığıdır. Dördüncü faktör HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörlerinin 15 derecelik çalışma aralığıdır. Anlaşılabilirliği artırmak amacıyla kurulan senaryoda çoğu zaman hataya neden olmasa bile, bahsedilen dördüncü faktör, tam konumun yakalanması kısmında bazı problemlere neden olmaktadır. Çünkü HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörünün çalışma açısı, bu açığa giren cisimlerin daha ilk esnada tespit edilebilirliğini garanti etmez. Ayrıca kullanım klavuzunda belirtilen açıklamalarda 15 derecelik çalışma açısı şeklinde belirtilmiş olsa bile, bu değerler üretilen her bir HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörü ürünü için farklılıklar gösterebilmektedir. Bunun tespitini küçük farklılıklar içeren ürünler için yapmak zor olsa da büyük farklılık gösteren her iki ürün için tespiti yapılabilir. Çalışma açısına giren cisimlerin çok küçük boyutlarda olması da ölçümler sonucu elde edilen bilgilerde büyük hatalara neden olmaktadır. Cisimler HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörünün bulunduğu konumdan uzaklaşması da diğer nedenlerden biridir. Bunun nedenlerinden biri daha önce bahsedilen açisal çalışma aralığı ve uzaklaşan cisimlerin bir anlamda boyutlarının küçülmesi şeklinde yorumlanabilir. Bu açıklamalardan sonra akla ilk gelen düşünce, neden HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörünün kullanıldığı ve neden iki adet aynı işi yapan sensör mevcuttur. Burada amaç mobil robotun ilerlemesi esnasında objelerin tanınması ve tespitinde bir ön işlem olarak kullanılmasıdır. Cisimler görüntülerinin analiz

edilmesinden hemen önce bir cismin varlığının veya yokluğunun sanki bir sezgisel yöntemle tespiti yapılma şeklinde düşünülebilir. Burada ön tanılama işlemi yapılarak cisimlerin, maket ev, ağaç veya herhangi bir obje olmasına bakılmaksızın tespiti yapılmaktadır. Bu sayede yoğun işlem yükünden kaçınmak amaçlanmıştır. Bu yoğun işlemi gerçekleştiren birkaç neden vardır. Daha sonra da bahsedilecek olan görüntü işleme algoritmalarının çok fazla işlem yükü gerektirmesinden kaynaklıdır. Görüntü işleme algoritmaları yoğun işlem anında işlemci ve belleğe yüklenmesi, özellikle RB3 kartlar için ısınma problemine yol açmaktadır. Kullanılan algoritmaların yapısına ve çeşidine göre mevcut sistemin kaynaklarını kullanım miktarları değişmektedir. Mobil robotun görüntü işleme ve yapay zekâ süreçleri RB3 üzerinde yürütüleceğinden dikkate alınması gereken bir noktadır. Objeye tanılama veya tanıma algoritmaları büyük miktarda sistem gereksinimine ihtiyaç duyar. Facebook, Instagram, Google gibi yazılım devlerinin son zamanlarda uğraştıkları yüz tanıma sistemlerinden örnek verilirse, geliştirdikleri uygulamalar üzerinden kullanıcıya sundukları kamera yardımıyla belirlenen insan yüzleri üzerinde ister bir fotoğraf ister video olsun, çeşitli figürleri yamalayarak kitlesel eğlenceler sağlamaktadır. Android ve IOS tabanlı işletim sistemleri için tasarladıkları ve geliştirdikleri bu uygulamalar, çalışma anında, özellikle akıllı telefonlar için dahili olan kamera uygulamasına kıyasla performans ve kalitelerinde düşüşler meydana gelmektedir. Daha açık olması bakımından akıllı telefonlar üzerinde çalışan Instagram ya da Facebook uygulamasının eğlence amaçlı kamerası video olarak kullanıldığında, akıllı telefonlarda hem büyük güç tüketimi ve hız kaybı hem de görüntü kalitesinde düşüşler yaşanmaktadır. Bir canlı yayın üzerinde yapılan yüz tanıma ve tanınan yüzler için yapılan figür ya da obje yamalarının akıllı telefonların sistem kaynaklarını büyük oranda tükettiği bilinmektedir. Bunun sonucunda akıllı telefon ya da cihazlarda aşırı yüklenmeden kaynaklı ısınmalar meydana gelmektedir. Bu örneklerde verildiği gibi aynı durum RB3 kart içinde geçerlidir. Canlı yapılan bir yayın ya da kayıta yapılan obje tanıma algoritmaları ile daha önceden yapılmış bir videonun kaydı üzerinde yapılan obje tanıma algoritmalarının sağladıkları performanslar farklıdır. Aynı şekilde anlık olarak çekilen fotoğraflar içinde geçerlidir. Ancak fotoğraflar üzerinde uygulanan bu algoritmalar daha hızlı çalışmakta ve sistemi daha az yormaktadır. Bu nedenle

mobil robotun sürekli olarak çalışma anında video alması çok verimli olmamaktadır. Çünkü RB3 kart normal şartlarda kamera modülü yardımıyla sürekli olarak video alması bile, dahili olarak üzerinde bulundurduğu GPU'yu yormaktadır. Isınma nedeniyle performansı oldukça düşmektedir. Video ile eş zamanlı olarak yapılan obje tanıma işlemleri çok büyük miktarda ısının oluşumuna sebep olup, sistem duraksamalarına neden olmaktadır. Ayrıca testler esnasında RB3 kartın işletim sistemine VNC Viewer adı verilen bir uygulama ile canlı olarak erişilmektedir. Algoritmaların ve yazılan uygulamaların çıktılarının görülmesi için bir VPN bağlantısı yapılmaktadır. Zaten sınırlı sistem alanına sahip RB3 kart, ayrıca başka bir cihaza durumu hakkında bilgileri sürekli olarak iletmektedir. Bu nedenlerden dolayı, ilk bakışta HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörlerinin kullanılması iyi bir fikir gibi gözükmesede, bir taraftan sistem kaynaklarının fazla tüketilmesine neden olacak işlemlerden kaçınmayı sağlamaktadır. Ancak önceden belirtilenler doğrultusunda HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörlerinin kullanılmasının da bir bedeli olmaktadır. Ön nesne tanıma esnasında mesafeleri ölçülemeyen cisimler ve farklı açısal çalışma aralığında yakalanan cisimler en önemli sorunlardır.

3.7. Kullanılan Mikroişlemcili Kart Raspberry Pi Performansları

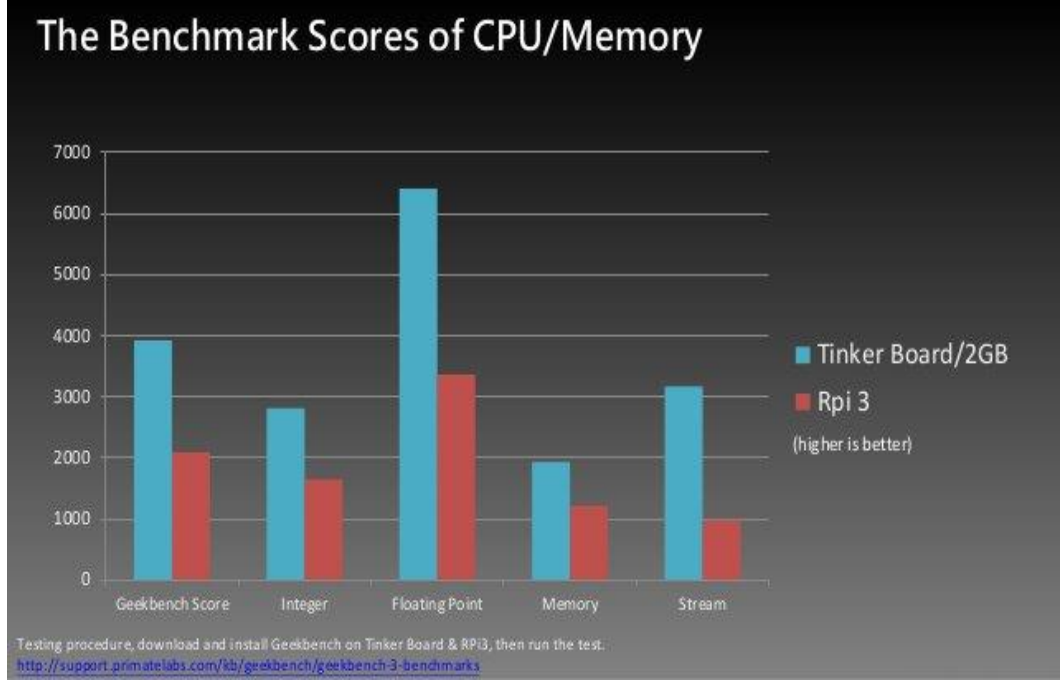
RB3 kartın kullanılmasına karar verildikten sonraki geçen zamanlarda daha güçlü ve benzer mikroişlemcili kartlar üretilmiştir. Örnek verilirse Asus robotik uygulamalar amaçlı benzer bir mikroişlemcili kart üretmiştir. CPU, GPU ve RAM gibi çalışma birimleri oldukça yüksek değerlikli özelliklere sahiptir. Kısıtlı imkanlardan ve çalışmanın gidiş yolunu değiştirmemek bakımından RB3 kart yerine başka bir mikroişlemcili kart kullanılmamıştır. Ayrıca 2019 yılında Raspberry Pi model yeni bir mikroişlemcili kart daha piyasaya sunulmuştur. Aynı şekilde 2020 yılının başlarında RB3 ve Raspberry Pi 4 model geliştirme kartları farklı RAM seçeneklerinde yeni versiyonları eklenmiştir. Adı Raspberry Pi 3 B+ olan yeni nesil mikroişlemcili kart performansı bakımından çok belirgin farklılıklara sahip olmamakla birlikte, bluetooth ve network tabanlı geliştirmeler içermektedir. Ancak RB3 model B'ye göre daha iyi bir performans sergilediği söylenebilir. Bu süre zarfında diğer bir firmaya ait Orange Pi de yeni

model mikroişlemcili kartlar piyasa sunmuştur. Aralarında neredeyse diz üstü bilgisayar performansı sergileyen modeller mevcuttur. Ancak performansın getirisi olarak maliyetlidirler. Asus Tinker Board ve RB3 model B mikroişlemcili geliştirme kartlarına ait karşılaştırma verileri paylaşılmıştır (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1. Asus Tinker Board ve RP3 mikroişlemcili geliştirme kartlarına ilişkin birim performanslar (Mybroadband, 2017)

Specifications	Asus Tinker Board	Raspberry Pi 3 Model B
Processor	Cortex-A17 Quad-core 1.8GHz	Cortex-A53 Quad-core 1.2GHz
Memory	2GB LPDDR3	1GB LPDDR2
Connectivity	Wi-Fi 802.11b/g/n, Bluetooth 4.0, Gigabit LAN	Wi-Fi 802.11n, Bluetooth 4.1, 10/100Mbit/s Ethernet
USB	4x USB 2.0	4x USB 2.0
Audio	1x 3.5mm jack	1x 3.5mm jack
Display	1x HDMI supports 4K	1x HDMI supports Full HD
Storage	MicroSD card slot	MicroSD card slot
Internal Headers	1x 40-pin header	1x 40-pin header
Price	<u>£55</u>	<u>R629</u>

Tabloda görüldüğü üzere Asus Tinker Board, RB3 model B karttan belirgin bir şekilde daha iyi bir performansa sahiptir. Genel olarak çevre birimleri aynı özelliklerde olmakla birlikte mobil modem performansı, kullanılan yonga çip performansı ve bellek birimi oldukça yüksek kapasitelere sahiptir. İlave olarak Asus Tinker Board; ARM tabanlı Mali™-T764 600 MHz GPU kullanırken RB3 model B; Broadcom VideoCore IV BCM2837 @400 MHz GPU kullanmaktadır. Yapılan GPU benchmark testlerinde Mali – T764 model GPU açık ara öndedir. Performans farklarının daha iyi gözlenebilmesi bakımından, hatırı sayılır firmalar tarafından yapılan performans testleri mevcuttur (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Asus Tinker Board ile RB3 model B geliştirme kartları arasındaki CPU performans tablosu (Mybroadband, 2017)

Belirtilen tabloda Asus Tinker Board ile RB3 model B mikroişlemcili kartlar arasındaki merkezi işlem birimi performans farkları net bir biçimde görülmektedir. Her iki mikroişlemcili kartın grafik işlemci birimi (GPU) performans testleri Asus Tinker Board'ın iki kata kadar daha fazla performans sergilediği gözlemlenmiştir. Bu test GeeXLab uygulaması sayesinde gerçekleştirmiş ve sonuçları paylaşmıştır. Bu sonuca göre çalışma dahilinde Asus Tinker Board mikroişlemcili geliştirme kartının kullanılması, görüntü işleme algoritmalarının daha rahat bir şekilde gerçekleştirilebileceğinin anlamını taşımaktadır. Ayrıca hem merkezi işlem birimi hızı hem de geniş direkt erişim belleği miktarı açısından daha geniş bir sistem kaynağı sunmaktadır. Bu sayede daha az ısınma ile daha az performans kaybı yaşanacaktır. Geniş bellek uzayı sayesinde sistem kesilmeleri RB3 mikroişlemcili karta göre daha az seviyelerde meydana gelecektir (Şekil 3.2).

SPEC Comparison		
	 ASUS Tinker Board	Raspberry Pi 3 Model B
Core Processor (SoC)	Rockchip RK3288 Quad-Core 1.8Ghz	Broadcom BCM2837 Quad-Core 1.2Ghz
Benchmark Score (tested by GeekBench)	3925 Almost 2X faster!!	2092
RAM	2GB	1 GB RAM
Display	HDMI with H.264 4K decode capability	HDMI with HD resolution
NIC	Gb LAN	100M LAN
Audio	Supports up to 192K/24bit sample rate	48K/16bit
Wi-Fi	Yes, Wi-Fi 802.11 b/g/n + swappable antenna	Yes, Wi-Fi 802.11 b/g/n
Bluetooth	Yes, 4.0 + EDR	Yes, 4.1 + LE
SDIO	SDIO 3.0	SDIO 2.0
Official Supported OS	Linux – Debian / KODI	Linux – Debian

Şekil 3.2. Asus Tinker Board ve RB3 model B geliştirme kartlarına ilişkin genel performans testi (Techpowerup, 2017)

3.8. HC-SR04 ile Görüntü Alımının Tetiklenmesi

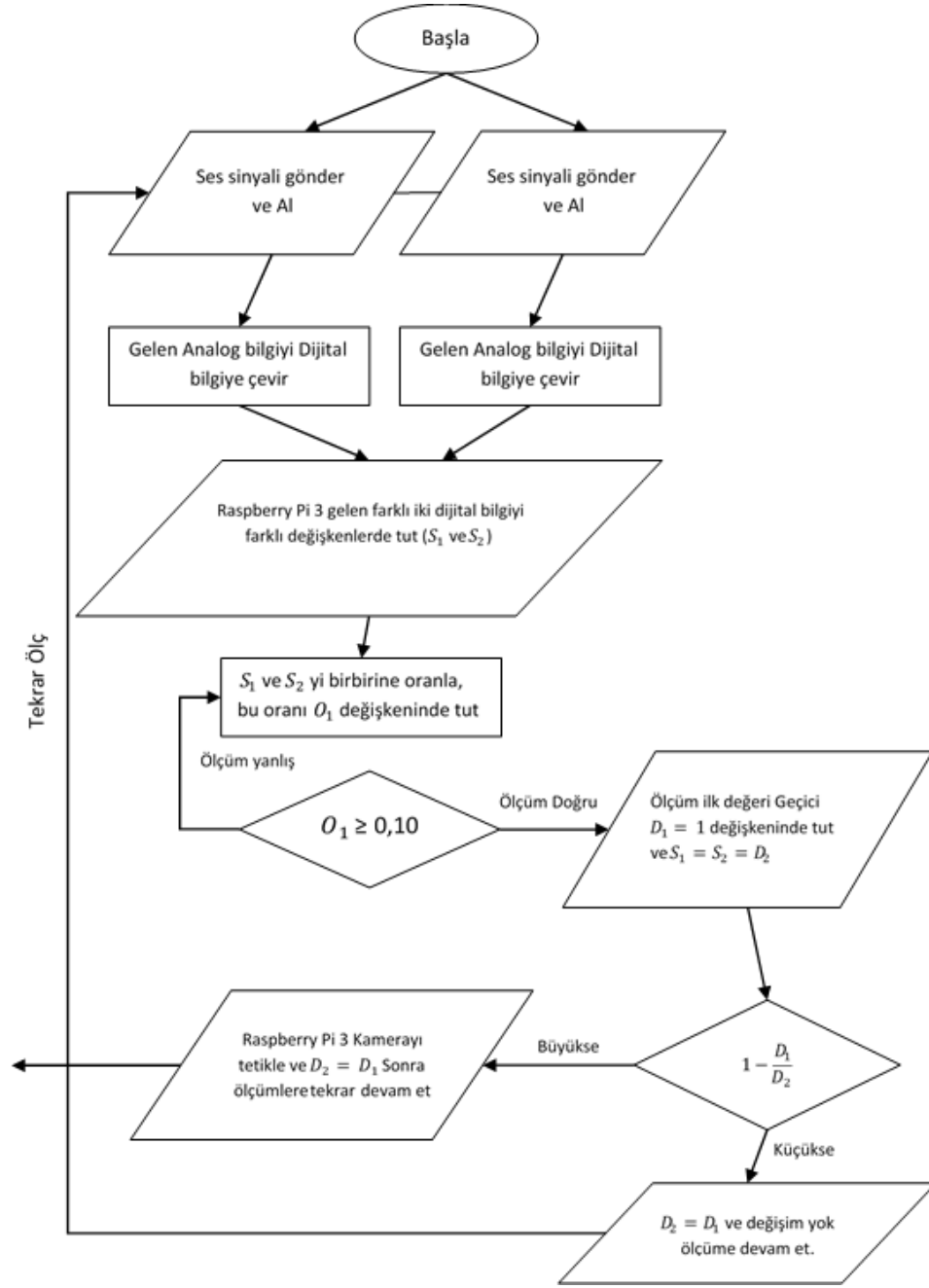
Planlanan sensör destekli görüntü tetikleme algoritması yardımı ile video ve fotoğraflama sayısının azaltılması, RB3 kartın CPU, GPU ve RAM gibi kaynaklarının fazla tüketilmesinin önüne geçmesi planlanmıştır. Bu sayede fazla ısınmayla beraber gelen performans kayıpları en aza indirilmiş olunacaktır. Henüz bahsedilmeyen kısım HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörünün hangi amaç için iki adet kullanıldığıdır. Tek bir mesafe sensörünün, daha önceden değinilen çevresel ve yapısal etkenlerden dolayı hatalı çıktılar üretildiği belirtilmiştir. Tek bir mesafe sensörünün getirdiği hatalı ölçümleri önlemek üzere doğrulamayı gerektirmektedir. Bu nedenle ikinci bir HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörü, mobil robot üzerinde diğer HC-SR04 sensörüyle aynı dikey doğrultu üzerinde olmak koşuluyla farklı bir konuma montelenmiştir. Bu sayede, her iki sensörden gelen bilgiler sayesinde doğruluk oranı bir miktar daha artırılabilir. Ancak çok sayıda HC-SR04 kullanılması da doğruluğu düşürecektir. Çünkü gelen bilgi sayısı arttıkça kıyaslamaların sayısı artacaktır. Gelen iki bilginin yakın sonuçlar üretmesi ve bunların karşılaştırılması daha kolaydır. Sensörlerin açılal alanına giren bir objenin yansıttığı ses dalgalarının sensörlere gelmesiyle birlikte üretilen sayısal bilgilerin yakınsallığı, bilginin

doğruluğuna dair çıkarımlar sağlamaktadır. Örnek verilirse, sonsuz alanı taradıkları anda her iki sensör tarafından elde edilen bilgilerin uzunluk birimine çevrilmesiyle yaklaşık olarak 300 cm elde edilmelidir. Objenin sensörlere olan uzaklığı 60 cm olarak düşünülürse, her iki sensörün açısal çalışma alanına girmesi durumunda $60 \pm$ cm olarak her iki sensörde de bilgi çıkarımı olacaktır. Durum sayısal olarak örneklenirse, birinci HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörü 57 cm ölçerken, ikinci HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörü 64 cm ölçerse, daha önceden belirlenen bir doğruluk eşik değerine göre daha kabul edilebilir olacaktır. Her iki sensörden gelen bilgilerin basit bir şekilde birbirine oranı, doğruluk değerine ilişkin bir çıkarım sağlayabilir. Birinci sensörden gelen bilginin, ikinci sensörden gelen bilgiye oranı yaklaşık olarak 0,89 dur. Eğer daha önceden belirlenen doğruluk eşik değeri kabulü 0,90 olarak kabul edilirse, obje her iki sensörün çalışma alanında olsun ya da olmasın bilgi yanıltır şeklinde yorumlanacaktır. Birinci sensörden gelen bilgi 58 cm ve ikinci sensörden gelen bilgi 62 cm uzunluğu işaret etseydi, doğruluk eşik değerinin üzerinde bir değer elde edilecekti. Yani gelen bilgilerin birbirine oranı 0,93 olacaktır. Bu durumda daha önceden belirlenen doğruluk eşik değerinin üzerinde bir değer olduğundan, objenin HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörlerinin açısal çalışma alanına girmiştir sonucu elde edilir. Bu çıkarım sonucunda olası bir nesnenin, şeklinden ve yapısından bağımsız bir şekilde ilk tespiti yapılmaktadır. Bu tespit sonrası RB3 kartı bir fotoğraf ya da belirli bir süre için video kaydı alması tetiklenecektir. Ancak diğer bir sorun objenin varlığı hangi faktörlere göre belirlenecektir. Çünkü ilk başta her iki sensör tarafından ölçülen değerler yaklaşık olarak 300 cm mesafeyi işaret etmektedir. Çalışma açıları içerisine giren objenin sensörlerden olan uzaklığı 290 cm olsaydı, bu durumda ne yapılması gerekmektedir? Dikkat edilirse 290 cm, sensörlerin ölçebildiği mesafenin yaklaşık olarak sınır değerindedir. Diğer bir deyişle gelen bir obje değil de sürekliliği olan bir duvar olsun ve bu duvarın sensörlere olan uzaklığı 120 cm var sayılsın. Çalışma esnasında sensörlerin ölçtüğü 300 cm uzunluk, mobil robotun ilerlemesi esnasında sürekli uzunluğa sahip bir duvarın ilk köşesinin bilgileri sensörlere gelmeye başladığında bu bir objedir yorumu yapılacaktır. Ancak mobil robot için gereksiz bilgidir. İlk köşe bilgileri geldiği anda bir görüntü alma mekanizmasının tetiklenmesi normal bir durumdur. Bu

durum için yapılacak çok fazla bir şey yoktur. Ancak duvarın sürekli olarak sinusoidal şekilde olduğu düşünülürse ilerlenen her durumda sürekli olarak görüntü alma mekanizmasının tetiklenmesi gerekecektir. Gelen bilgilerin değerleri sürekli olarak yakın değerler şeklinde değişecektir. Böyle bir durumun engellenmesi için ikinci bir kıyaslama durumunun gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Mobil robotun ilerlemesi esnasında, sensörlerden gelen bilgilerin sürekli olarak değişmesi sonucu, sürekli olarak kamera ile görüntü alma mekanizması tetiklenecek. Sadece görüntü alma mekanizması değil, ayrıca DC motorlara AM mikro işlemcili kart tarafından sürekli olarak dur-ilerle sinyali gönderilecektir. Hayal edilirse sürekli olarak titreyerek ilerleyen bir mobil robot yapısı olacaktır. Bu nedenle ikinci bir eşik değeri noktası belirlenerek anlık değişime karşı bir koruma yapılması gerekmektedir. Yüksek akım koruma devreleri ile çok benzerdir. Zaman değişkeni t kabul edilirse, t anında her iki sensörden gelen doğruluğu belirlenmiş bilgilerin, $t + 1$ anındaki ölçülen doğruluğu belirlenmiş bilgilerle oranı sayesinde bir çıkarım elde edilebilir. Anlık değişim eşik değeri olarak belirlenen bir değere göre, t anındaki bilgilerin, $t + 1$ anındaki bilgilere oranının sonucu kıyaslanacaktır. Sayısal olarak bir örnek verilirse, t anında ölçülen doğruluğu belirlenmiş bilgi grubu 100 cm uzunluğu işaret etsin, $t + 1$ anındaki ölçülen doğruluğu belirlenmiş bilgi grubu da 150 cm uzunluğu işaret etsin. Her iki bilginin birbirine oranlanması ile yaklaşık olarak 0,33'lük bir oranı temsil edecektir. Daha önceden belirlenen anlık değişim eşik değeri 0,25 olarak kabul edilirse, mobil robot t anından, $t + 1$ anına geçmesi durumunda RB3 kartın kamera modülü tetiklenecek ve görüntü alacaktır. Diğer yandan t anında sensörlerden ölçülen doğruluğu belirlenmiş bilgi grubu 70 cm uzunluğu işaret etsin, $t + 1$ anında sensörlerden ölçülen doğruluğu belirlenmiş bilgi grubu da 60 cm uzunluğu işaret etsin. Bu durumda 0,15'lik değişim söz konusu olacaktır. Bu değişim daha önceden belirlenen anlık değişim eşik değerinin altında kalacağından, mobil robotun herhangi bir mekanizması tetiklenmeyecek ve ilerlemeye devam edilecektir. Anlaşılacağı üzere, nesne tanımak üzere iki eşik değeri belirlenmiştir. Bu sayede gereksiz ve sürekli alınacak olan görüntülerin önüne geçilmiş olunur. Aynı benzer yaklaşımla mobil robotun ilerleyeceği yol üzerinde, belli aralıklarla olsun veya olmasın yerleştirilen objelerin ön aşamada tespiti bakımından da elverişli olacaktır.

Örneklesek, ilerlenecek olan yol üzerinde A, B ve C farklı noktaları temsil etmek suretiyle sırasıyla maket ev, maket ev ve maket ağaç yerleştirilsin. Bu noktalara yerleştirilen objelerin HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörlerinin 90 derecelik açıyla karşı konumunda bulunduğu var sayılsın. Ayrıca bu objeler sensörlerin bulunduğu doğrultudan bakıldığı durumda, birbirine uzak ve uzantılarının aynı ekseninde birbirini kesmediği düşünölsün. Bir O noktası (Orijin) mobil robotun başlayacağı nokta olarak belirlensin. Bahsi geçen noktaların O noktasına göre uzaklıkları $O < A < B < C$ şeklindedir. A noktasına yerleştirilen maket ev 30 cm genişlikte ve mobil robotun ilerlediği yol doğrultusuna olan uzaklığı 100 cm dir. Aynı kuralları uygulayarak B noktasına 40 cm genişlikte ve mobil robotun ilerlediği yol doğrultusuna 170 cm uzaklığa yerleştirilsin. Maket ağaç 10 cm genişlikte ve mobil robotun ilerlediği yolun doğrultusuna uzaklı 80 cm olarak C noktasına yerleştirilsin. Objelerin dikey uzunluklarının, her iki sensörün yerleştirildiği dikey uzunluktan fazla olduğu varsayılmalıdır. Her obje noktalara geometrik olarak orta noktalarından yerleştirilmesi koşuluyla senaryo kurulacaktır. O noktasından çalışmaya başlayan ve C noktasının bulunduğu yönde ilerleyen mobil robotun sensörleri ilk anda 300 cm uzunluğu işaret edeceklerdir. A noktasına 15 cm kaldığı anda ölçümler 300 cm'den 100 cm kadar düşecektir. Bu durumda mobil robot duracak ve kamera mekanizması tetiklenecektir. Belirli bir süre sonra mobil robot tekrar ilerlemeye başlayacak ve A noktasından 15 cm sonra sensörlerden ölçölen bilgi 300 cm uzunluğu işaret edeceklerdir. Bu durumda mobil robot ikinci kez durup kamera mekanizmasını tetikleyecektir. Mobil robot C noktasına 20 cm kalana kadar ilerleyecek ve sensörler 170 cm uzunluğu işaret edeceklerdir. Mobil robot gerekenleri yaptıktan sonra C noktasından 20 cm mesafeye kadar normal olarak ilerleyecek ve C + 20 cm noktasında tekrar durup mobil robot görüntü alacaktır. Bu esnada 170 cm olarak ölçölmüş değör 300 cm mesafeye artmıştır. Mobil robot C - 5 cm noktasına gelene kadar normal bir seyirde ilerleyecek ve işlem yapmayacaktır. Mobil robot C - 5 cm noktasına geldiği esnada sensörlerden ölçölen değör 300 cm mesafeden 80 cm mesafe değere düşecek ve mobil robot durup kamerayla görüntü alacak işlemler bittikten sonra C + 5 cm noktasına kadar normal bir şekilde ilerlemesini sürdürecektir. Son olarak mobil robot C + 5 cm noktasına geldiğinde son kez duracak. Sensörler C - 5 cm ile C + 5 cm

noktası arasında 80 cm mesafe olarak ölçtüğü uzunluğu bir anda 300 cm olarak ölçecektir. Senaryoda her bir bileşenin ideal olduğu kabul edilirse, 3 adet obje için toplam 6 kez durulacak ve 6 kez mobil robot görüntü alması için tetiklenecektir. Bu durumda görüntü işleme algoritmaları oldukça hızlı çalışacak ve RB3 kartın sistem kaynakları yeterli olacaktır. Diğer yandan alınan 6 adet görüntü aslında 6 farklı objeye ait değildir. Fazla alınan görüntü sayısı 3 adettir. Her bir durumun ideal olduğu düşünülürse, objelerin başlangıç ve bitiş noktaları arasında bir bilgi türü de elde edilebilir. Ancak ideal olmadığından mobil robotun testi esnasında bu bilgiler tam olarak alınamamaktadır. Bu nedenle temiz olarak ayıklanamayan bilgiler, objelerin genişlik bilgilerinin çıkartılmasına engel olmaktadır. İdeal olarak düşünülen senaryoda maket ağaçların genişlik bilgileri çıkarılacağından dolayı, sulanacak olan mesafede belirlenecektir. Ancak test anında bu bilgiler net olarak elde edilemediğinden dolayı mobil robotun algoritmasına böyle bir mekanizma yerleştirilmemiştir. Duruma ilişkin ikili HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörünün, RB3 kart çalışması esnasında gerçekleşen ve gelen bilgileri filtreleyen çalışmanın daha iyi anlaşılması amacıyla akış şeması belirtilmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörlerinden gelen bilgilerin kademeli olarak daha önceden belirlenen eşik değerlerine göre sonuçlar çıkarılmasına yönelik akış şeması

S_1 , birinci HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörlerinden (UMS) gelen dijital bilginin desimal bilgisini tutan değişken, S_2 ikinci HC-SR04 UMS'den gelen dijital bilginin desimal bilgisini tutan değişken, O_1 değişkeni S_1 değişkeninin S_2 değişkenine oranını temsil etmektedir. D_1 , D_2 değişkenleri sırasıyla ölçülen bilgilerin bir önceki ve bir sonraki değerlerini desimal olarak içermektedir. D_2 ,

sürekli değişen desimal değeri tutarken, D_1 sadece güncellenen desimal değerleri tutmaktadır.

3.9. SG90 SM'lerin Detaylı Özellikleri ve AM kart ile Kullanımı ve Tetiklenmesi

Daha önce bahsedilen iki adet SG90 SM'lerin AM kart tarafından suluma mekanizmasını yönetmek amaçlı kullanıldığına ilişkin bilgiler verilmişti. Sulama mekanizmasının tasarlanması esnasında, sulamaya yön vermek amaçlı SG90 SM'ler kullanılmıştır. Bu SM'lerin türü küçük ebatlarda olmasından dolayı montelenebilirlikte esneklik sağlamaktadır. Bunun yanında DC motor pompasının sıvı sirkülasyonu için kullanıldığı daha önceki kısımlarda aktarılmıştır. Daha özetlenecek olursa, bir adet SG90 SM yatay konumda hareket sağlamaktadır. Diğer SG90 SM ise dikey konuda hareketi sağlamak için kullanılmaktadır. Bu SM'ler hali hazırda montelenmek üzere 2 adet M3 vida yuvasına ev sahipliği yapmaktadır. Ancak bu M3 tipi vida yuvaları SG90 SM'lerin gövdesine çok yakın bir konumdadır. Bu nedenle uygun yüzeylere montelenmesi gerekir. Aksi durumda monteleme işlemleri zor olmaktadır.

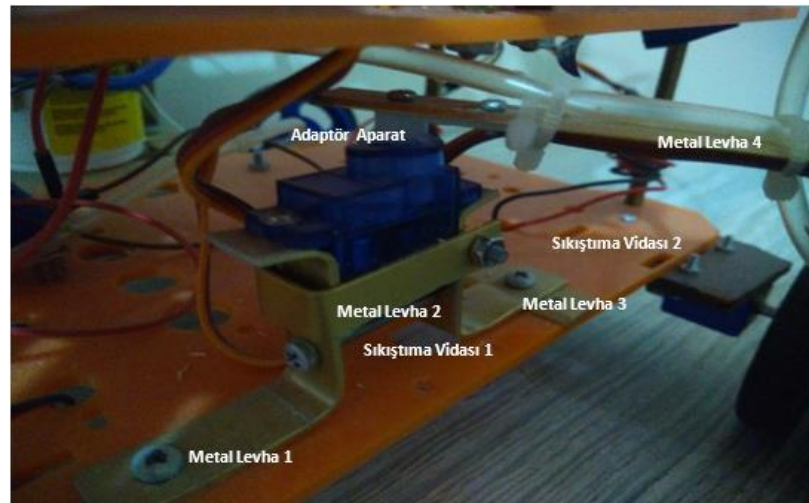
3.9.1. SG90 SM'lerin montelenmesi

Monteleme yapılırken birtakım sıkıntılarla karşılaşmıştır. Ayrıca monteleme yapılırken gerekli yapısal malzemelerin temini güç olmuştur. Eğer bir 3D yazıcı ile gerekli kalıp ve şekiller oluşturulabilseydiler, daha kararlı hareket mekanizmaları yapılabilirdi. Buna rağmen çevrede atık malzemesi olarak bulunan materyallerden faydalanılarak bu eksik giderilmeye çalışılmıştır. Örnek olarak SG90 SM'ler birbirine ve zemine montelenmeleri esnasında alüminyum plakalar kullanılmıştır. Bu alüminyum plakalar, bir mağazanın kapatılması esnasında, ürünlerin konduğu rafların bileşenlerinden sökülerek elde edilmişlerdir. Daha sonra bu alüminyum plakalar, söküldükleri gibi kullanılamayacağından dolayı bir miktar işlenmiştir. Bu işleme yöntemleri frezeleme, kesme ve çapak alma şeklindedir. İşlenmeler bir el tipi gravür makinesi ve uygun uçlar yardımıyla yapılmıştır. El tipi gravür makinesi hem

ahşap hem metal yüzeyler ve materyaller üzerinde şekil verdirmeye yaramaktadır. Basit tornalama işlemlerinde de oldukça kullanışlı olmakla birlikte kullanımı tehlikeli olabilmektedir. Bu nedenle koruyucu gözlük kullanılarak gravür işlemleri yapılmalıdır. Alüminyum plakalar belirli ölçülerde ve inceliklerde, testere uçlu mini diskler kullanılarak ana gövdelerinden ayrılmıştır. Kesim sırasında meydana gelen çapaklar, uygun mandrene uygun zımpara uç yerleştirildikten sonra, gözlük kullanmak suretiyle kaldırılmış ve parlatılmıştır. Daha sonra elde edilen yapı malzemeleri, monteleme yapılabilmesi için, daha önceden yerleri belirlenerek üzerlerine vida yuvaları açılmıştır. Bu sayede monteleme esnasında yapıştırıcı kullanımının meydana getireceği olumsuzluklardan kaçınılmaktadır. Kesilen bu plakalar düz plakalar olduğundan, bazı kısımlarının eğilip bükülmesi gerekmektedir. Uygun şekillerde bükülüp montelemeye hazır hale getirilmişlerdir. Ancak ana yapıya iliştilmeden önce, hareket sisteminin daha önceden denenmesi ve test edilmesi iyi bir yaklaşımdır. O sebeple, basit bir sunta yapı üzerinde montelenerek hareketi gözlenmiştir. Hareket için gerekli PWM sinyali bir Arduino Mini (AMİ) mikroişlemcili kart üzerinde programlanarak SG90 SM'ler için sağlanmıştır. Kullanılan AMİ kart, mobil robot üzerinde kullanılan AM kart ile aynı değildir. Çok daha küçük ve az sayılı giriş çıkış pinlerine sahiptir. Çok küçük yapılarda olması, basit deneylerin yapılmasını kolay kılmaktadır. AMİ kart üzerinde gerekli kod yapısı yazılarak SG90 SM'lerin hareketleri gözlemlenmiştir. Ancak bilindiği üzere SM'lerin farklı çalışma yeteneğine sahip modelleri mevcuttur. Bir kısmı 180° derecelik açıyla, bir kısmı 360° derecelik açıyla yani tam tur dönebilen ve bir kısmı belirlenmiş daha farklı açılarda dönme yeteneğine sahiptir. Mobil robot üzerinde kullanılması planlanan SG90 tipi servo motorların açısız yön kabiliyeti yaklaşık olarak 180° derece kadardır. Yani belirli bir açıda dönebilme kabiliyeti vardır. Sürekli döndürülemez veya belirli bir açının dışında tur atamazlar. Bu açısız değerler her SG90 servo motor için değişmektedir. Her ne kadar 180 derece açı ile çalıştığı kullanma klavuzunda vurgulansa da üretim hatalarından sebep her SM farklı çalışma açılara sahiptirler. Ancak genel olarak bu açı 180° dereceye yakın bir değerdir. Metal plakalar, montelenirken bu kısım dikkate alınmalıdır. Çünkü SG90 SM'in çıkış miline perçinlenmiş olan ve dış dünya ile temasta bulunan sert plastik

dişlinin konumu çok önemlidir. Herhangi bir konumda bulunan dişli plastik çarkın üzerine montelenen bir materyalin, istenilen yönde ve ayarda dönmesi sırasında problemlere neden olacaktır. Bu problemin önüne geçmek amaçlı, her bir SG90 SM'in dişlisi el veya bir pens yardımıyla döndürülerek sınır noktalara çekilmesi lazımdır. Döndürme işlemi yapılırken çok fazla kuvvet uygulanmadan gerçekleştirilmeli ve zorlanma anında bırakılmalıdır. Sınır değere ulaştıktan sonra SG90 SM'lerin hangi yönde dönmesi gerektiği bilindiğinden dolayı programlama aşaması daha kolay gerçekleştirilmektedir. Ayrıca programlanırken, SM'lerin çok hızlı çalışması engellenmelidir. Çünkü SG90 SM'lerin içinde bulunan ve redüktörlemeyi sağlayan ufak plastik dişliler arasında ara sıra kaymalar meydana gelmektedir. Böyle bir olayın gerçekleşmesi ile ya takılı kalmakta ya da kayan dişliler tekrar yerlerine oturana kadar titrek çalışmaktadır. Programlama ile bir gecikme veya diğer bir deyiş ile geciktirici fonksiyon yardımıyla hızlı hareketin önüne geçilmesi daha iyi bir yaklaşımdır. Minik dişlilerin kayma olasılığı azaltılmış olur. Takılmaların azalmasıyla güç tüketimi azalır. Isınma probleminin de önüne geçilmiş olur. Her ne kadar ufak yapılı SM'ler olsalar da çektikleri akım zorlanma anında 1 Amperin üzerine çıkabilmektedir. Bu nedenle güç bir batarya yardımı ile sağlanmaktadır. Kontrol işlemi PWM sinyalinin aktığı uçtan sağlanacağından sadece bu uç bir mikroışlemcili devrelerin bulunduğu kartlara bağlanır. Bu sayede mikroışlemcili kartlar, SM'lerin ani akım ihtiyacı durumundan etkilenmeyeceklerdir. Monteleme işlemlerinden sonra Şekil 3.4'te görüldüğü gibi talaşlama işlemlerinden dolayı yüzeylerde tozlu yapılar görülmektedir. Yatayda bulunan ya da fotoğrafa göre alt konumda bulunan SG90 SM'lerin üç parça alüminyum plaka yardımıyla mobil robotun taban katmanında bulunan yüzeye montelenmiştir. Bu SM'ler ortam ile ilişkilendirilen plastik dişlinin bulunduğu kısım yukarıdadır. Sağ ve sol kısmında bulunan alüminyum plakalar ilk kesildiklerinde düz ve eğimsiz olarak bulunmaktaydı. SG90 SM'in her iki yanında bulunan M3 vida yuvalarına iliştilerilebilmeleri için belirli noktalardan alüminyum plakalara bükme işlemleri uygulanmıştır. M3 vidaların monteleme kısmında kullanılan boyları 1 cm kadardır. Ancak SM'nin her iki yanında bulunan ve SM'yi mobil robotun yüzeyine montelemeyi sağlayan plakaların ortalarında bulunan uzun M3 vidanın görevi, SM'yi sabit tutabilmek amaçlı

sıkma görevindedir. Yani SG90 SM'nin sağa veya sola kıpırdamasını ve kaymasını önlemek amaçlı kullanılmıştır. Her iki metalin aynı noktalarına açılan M3 vida deliği sayesinde uzun bir M3 vida kullanılarak bir M3 somun yardımı ile sıkma işlemi yapılmıştır. Ayrıca her M3 vida, bir M3 somun ile ilişkilendirilmiştir. M3 somunlar kullanılarak daha sıkı ve kolay bir monteleme işlemi gerçekleştirilmektedir. Buna ek olarak sarmalayan plakanın görevi SG90 SM'nin dik konumda sıkıca kalmasını ve herhangi bir durumda konumundan sapmasını engellemek için kullanılmıştır. Tek parça olarak kullanılan bu plaka, her iki uç noktasından, bitiş konumlarına eşit uzaklıklarda M3 vida yolları açılmıştır. SM'yi tam sarabilmesi için alüminyum plakanın bükülme genişliği SM'nin genişliği ile yakın bir değerdedir. Her iki ucunda bulunan M3 vida yuvasından yaklaşık 1,5 cm uzunluklu bir M3 vida geçirilerek bir somun ile sıkıştırılmıştır. X ekseninde hareket görevini üstlenen bu SM'nin dişlisine uzun bir alüminyum plaka M2 vidalar yardımı ile iki noktasından sabitlenmiştir. Dişli tek bir vida yoluna sahiptir. Bu nedenle, dişlinin diğer parçalar ile rahatça birleştirilebilmesi amacıyla bir adaptör parça takılmaktadır. Bu adaptör parça, birkaç kısımdan M2 vidaların kendisine sıkılabilmesini sağlamaktadır. Her iki SM'yi birbirine bağlayan alüminyum plakanın bir ucu bu adaptöre montelenmiştir. Adaptör parça dişliye bir USB sokete giren USB uç gibi düşünülebilir. Adaptör aparat adıyla aşağıdaki şekilde belirtilmiştir. Bahsedilen tüm alüminyum plakalar şekil üzerinde işaretli haldedir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. X ekseninde hareketi sağlayan SG90 SM'nin, mobil robotun alt katında bulunan yüzeydeki konumu

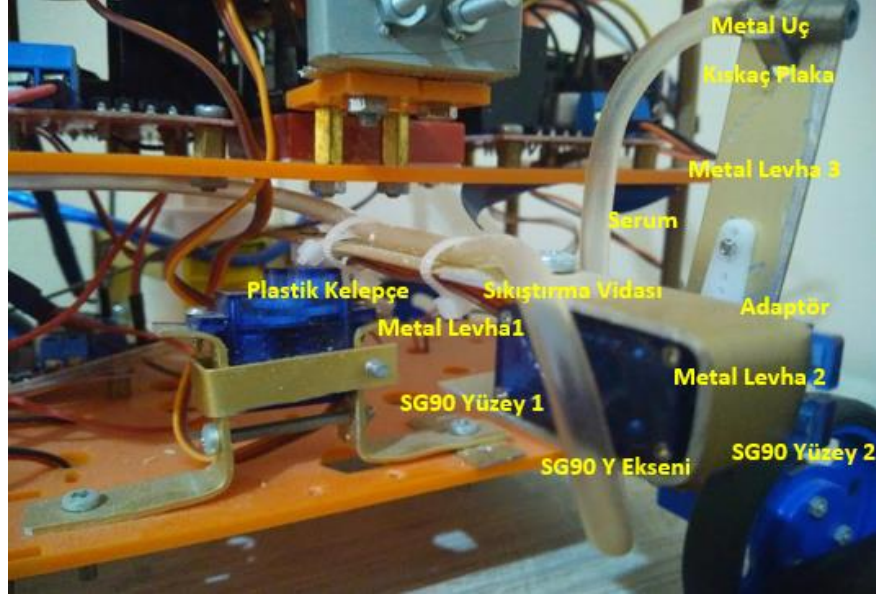
Yatay ekseninde hareketi sağlayan SG90 SM'nin bağlantıları kurulduktan sonra, dūşey ekseninde hareketi sağlamak için ikinci bir SG90 SM kullanılması gerekmektedir. Bu nedenle yatay ekseninde bulunan SG90 SM dış dūnya ile alakalı dışli plastiğe bağlanan ara aparat görevinde bulunan adaptör parçaya ince uzun bir alūminyum plaka bağlanmıştır. Bu alūminyum plaka, ikinci SG90 SM ile bağlantı sağlayan plakadır. Bu sayede her iki SG90 SM'nin bağlantısı tamamlanmış olacaktır. Her iki SG90 SM'nin birbiri ile bağlantısını sağlayan plaka, aşağıdaki şekilde metal levha 1 ile ifade edilmiştir. Bu alūminyum levhanın bir ucu yatay ekseninde bulunan SM'nin adaptörüne vidalar yardımıyla rahatça montelenmiştir. Ancak bu levhanın diğer ucu, yani dūşey ekseninde hareketi sağlayacak olan SM'nin herhangi bir yerine vidalar yardımı ile montelenememektedir. SG90 SM'lerin dahilinde bulunan ancak iki adet vida yuvası bulunmaktadır. Monteleme işlemi için kısıtlı imkana sahiptir. Boř kalan levhanın ucu, SM'nin uzun olan gövdesine eř değer uzunlukta olmak üzere kalibre edilmiştir. Bağlantı sağlayan bu plaka ile SM'nin yanal yüzeyi arasına ufak bir silikon sıkılarak geçici sabitleme yapılmıştır. Daha sonra, yatay ekseninde bulunan SM'ye yapılan uygulamaların bir benzeri olarak sıkıştırma işlemi yöntemiyle, bağlantı plakası dūşey ekseninde hareketi sağlayan SM'nin gövdesine sıkıca sabitlenmiştir. Güçlü bir yapıştırıcı ile de bu sabitleme işlemi yapılabilir. Ancak tutkal ve benzeri kuvvetli yapıştırıcılar ile monteleme yapıldığında, olası bir parça değişimi için büyük bir zorluk çıkaracaktır. Bu nedenle yapıştırıcı kullanılmadan mekanik olarak monteleme yapılması daha akıllıca bir yoldur. Ayrıca alūminyum plaka ve SM'nin dış yüzeyini oluşturan maddelerin yapıları, yapışkanlara karşı dirençli yapılardır. Montelemin yapıştırıcı yöntemi ile yapılması için tutkal türevi kuvvetli yapıştırıcılar ile yapılması gerekmektedir. Her iki SM'nin mekanik olarak bağlantısını sağlayan metal plakanın boşta olan ucunu sıkıştırarak sabitleyen metal plaka şekil 3.5'te metal levha 2 adıyla işaretlenmiştir. Bu levha, SG90 SM'nin dış yüzeyini sararak kaplamaktadır. Dūşeyde bulunan SG90 SM'nin yüzey yönlerini belirtmek amacıyla şekil 3.5'te SG90 Yüzey 1 ve SG90 Yüzey 2 adıyla aşağıdaki şekilde etiketlenmişlerdir. Metal levha 2 ile belirtilen sıkıştırma görevini üstlenen bu levhanın SG90 Yüzey 1 adıyla etiketlenen yönde birleşimi yoktur. Bu sayede uzun bir M3 vida yardımı ile bu levhanın her iki ucu sıkıştırılmıştır. Sıkıştırma yapılmadan önce sıkıştırma

görevini üstlenen levhanın her iki uç bölgesine eş değer şekilde M3 vida yuvaları açılmıştır. Metal levhanın bir ucundan geçirilen M3 vida, diğer ucundan M3 somun yardımı ile istenilen ölçüde sıkılabilmektedir. Ancak çok fazla sıkılması, SG90 SM'nin dış yüzeyine uygulanan basınç yüzünden, iç dişlilerin dönüşünü de engellemektedir. Çok fazla sıkıldığında iç aksamda oluşan baskı, plastik mini dişlilerin dönüşünü zorlamaktadır. Bu nedenle ısınma ve yavaş harekete neden olmaktadır. Makul bir şekilde sıkıştırma yapıldığında, şekilde etiketlenen metal levha 1 ve SG90 SM kırıdamadan durabilmektedir. Bu nedenle fazla sıkılmasına gerek yoktur. Yatayda hareketi sağlayan SM ile düşeyde hareketi sağlayan SM'nin mekanik bağlantısını sağlayan metal plakanın bir ucu, yatayda hareketi sağlayan SM'nin dişlisine bir adaptör ile bağlanmıştır. Bu durumun bir benzeri, düşeyde hareketi sağlayan SM ile sıvı çıkış noktası arasında bulunan metal plaka içinde geçerlidir. Şekil 3.5'te adaptör ve metal levha 3 adıyla etiketlenmişlerdir. Metal levha 3 ile belirtilen bu plakanın bir ucu SM'un adaptörüne bağlantı sağlamak amacıyla M3 vidalar ile montelenmiştir. Diğer ucu ise sıvı çıkışını sağlayacak olan parçanın sıkıştırılması için belli mesafede iki deliğe sahiptir. Bu deliklerin her biri yaklaşık olarak M3 vidaların geçebileceği büyüklükte dirler. Ancak bu deliklerden M3 vida yerine ince bir levha geçmektedir. Bu ince levha sıvı çıkışı sağlayan metal aparatın sıkıştırılması için kullanılmaktadır. Sıkıştırılacak olan bu metal ve silindir şekilli uç, gravür makinesine bağlanan ve uç değiştirme işlemlerinde kullanılan bir ucun kesilmesi ile elde edilmiştir. Sıvının içinden geçmesi için 0,2 mm bir matkap ucuyla delinerek sıvı çıkış yolu açılmıştır. Bu metal parçacık Şekil 3.5'in üzerinde etiketlenen kısaç plaka yardımıyla, metal plaka 3 adlı gövdeye montelenmiştir.

3.10. DC Motor Pompa ve SG90 SM'ler ile Bağlantısı

Bir önceki bölümde SG90 SM'lerin bağlantıları oldukça sıkı ve sağlam olmaktadır. DC motor pompa ile metal uç etkileşimi sağlandıktan sonra, DC motor pompanın çalışması durumunda 2 m'lik bir mesafeye kadar, sıvıyı noktasal olarak atabilmektedir. Ayrıca sıvı çıkışının sontası olan bu ucun daha ince olan kısmına, sağlık alanlarında kullanılan serum hortumu sıkı bir şekilde

geçmektedir. Bu sayede sıvı dışarı sızdırılmaz bir haldedir. Metal uç ile serum bağlı olduğu durumda, sıvı bağlantı noktasından sızmamaktadır. Serum hortumu, metal ucun ince kısmından kalın kısmına doğru iyice itilmiş durumdadır. Kısaç plaka ile hem serum hortumu metal uç ile daha sıkı durmaktadır, hem de metal uç, metal levha 3 ile etiketlenen plaka ile montelenmiş olmaktadır. DC motor pompasının sıvı çıkış ucundan düşey ekseninde hareketi sağlayan SG90 SM'sine kadar uzanan serum hortumu, belli noktalardan olmak üzere plastik kelepçeler yardımı ile tutturulmuştur. Plastik kelepçeler çok sıkılmamak kaydıyla bu işlem gerçekleştirilmiştir. Bu sayede hareket esnasında serum hortumunun esnemesine yardımcı olunmuştur. Hareket esnasında özellikle eklem kısımlarında serum hortumu eğilmelerden dolayı daralmaya neden olabilmektedir. Eğilmenin çok olduğu durumlarda DC motor pompası tarafından itilen sıvının akış hızı yavaşlamaktadır. Dar boğaza giren sıvının akış hızı düşeceğinden, metal uçtan atılan sıvının gideceği mesafede düşmektedir. Bu nedenle plastik kelepçeler serum hortumunu mümkün olduğu kadar az sıkmalıdır. Plastik kelepçelerin kullanılmasının temel nedeni, serum hortumunun, mobil robotun iç kısımlarında gelişi güzel hareketini engellemesinden dolayıdır. Bu sayede daha kararlı bir hareket sistemi tasarlanmıştır. Ayrıca serum hortumu, ihtiyaç duyulan uzunluğundan bir miktar daha fazla uzunlukta kullanılmıştır. Bu sayede hareket noktalarında oluşan boğulmaların engellenmesi amaçlanmıştır. Özellikle hareket noktalarında serum daha uzun olarak montelenmiştir. Eğer bu noktalarda bir boğulma olursa, serum bu bükülme noktalarında kendinde bir büküm noktası oluşturacaktır. Böyle olduğu durumda serumu oluşturan materyal, bükülen noktayı ezberlemiş olacaktır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Düşey ekseninde hareketi sağlayan SG90 SM ve çevre parçalar ile ilişkisini ve bağlantısını gösteren temsili fotoğraf

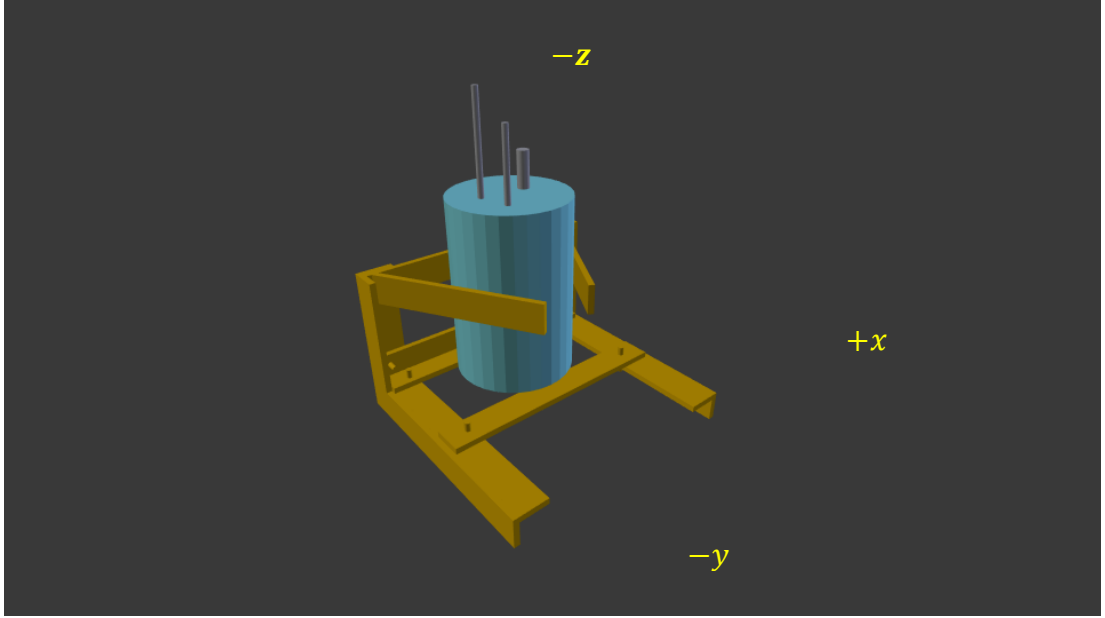
SG90 SM'lerin x ve y doğrultularda hareket eden mekanizması kurulduktan sonra, y doğrultusunda bulunan SG90 SM'nin bağlantıda bulunduğu alüminyum plakanın ucuna montelenmiş olan metal uç ile sıvı deposu arasına serum konulmuştur. Bu serumun bir ucu DC motor sıvı pompasının sıvı çıkış ucuna sıkıca bağlanmıştır. Bu sayede DC motor pompanın sıvı çıkış ucu ile serum arasında, sıvı aktarım esnasında oluşan anlık basınç ile sıvı taşması meydana gelmez. Metal uca gereken basınç ve sıvı itme kuvveti, sürtünmeler hariç tam verimle iletilir.

3.11. Sıvı Deposu için Düzenek

Sıvı deposu için küçük boyutlu ve DC motor pompanın neredeyse içine tam olarak oturduğu bir ilaç kutusu kullanılmıştır. Bu ilaç kutusunun kapağı çok uygun olmadığından, kapak üzerinde birtakım düzeltmeler ve oynamalar yapılmıştır. Kapağın iç kısma bakan yüzeyi, genel ilaç kutularında da olduğu üzere kalın ve çıkıntılı yapılmaktadır. Bu nedenle DC motor pompa hali hazırda bulunan durumu ile içine yerleştirilememektedir. Bu sorunu bir gravür makinesi yardımıyla, bir miktar keserek ve bir miktar talaş kaldırarak uygun hale getirilmiştir. Bu sayede DC motor pompa düşeyde olmak kaydı ile tam

olarak ilaç kutusunun içine oturmaktadır. DC motorun sıvıyı içine çektiği yüzeyi ilaç kutusunun tabanına denk gelmektedir. Bu sayede kap içinde bulunan sıvı mümkün olduğunca çekilebilecektir. Yatay, çapraz veya farklı bir konumda yerleştirildiği durumda, hangi kap olursa olsun sıvının tamamen kullanımı mümkün olmamaktadır. İlaç kutusunun kapak kısmında birtakım değişikliklerin yapılması gerekmektedir. Bu değişiklikten kasıt, DC motor pompa sıvı atımının yapılmasının gerçekleşmesinden dolayı, iç basınç ve dış basıncın dengelenmesi gerekmektedir. Sıvı aktarımı her gerçekleştiğinde, kapalı olan kapaktan dolayı basınçta azalma olur. Azalan basınçtan dolayı DC motor pompa sıvıyı dışarı atmakta zorlanır. Zamanla sıvı aktarımının miktarına bağlı olarak bir daha sıvı aktarımı yapamaz hale gelecektir. Bu nedenle dış kapak üzerinde bir delik açılarak basınç dengesinin kurulması gerekmektedir. Bu deliğin açılıp bırakılması çok uygun olmamaktadır. Bu nedenle çok ince ve 5 cm civarında bir plastik borunun, bu deliğe çok az hata payı ile uygun bir biçimde girmesi gerekmektedir. Bunun için bir kulak çöpünün pamuklarının kaldırılıp kullanılması çok uygun olacaktır. Kulak çöpünün pamuklarının bağlı olduğu yüzey tırtıklı olduğundan, açılan uygun deliğe kademeli olarak girmesi kolaydır. Kulak çöpünün bir ucu 0,5 cm ile 1 cm arasında bir uzunlukta kapağın iç yüzeyine doğru itilmiştir. Daha sonra bu kısma ekstra bir yapıştırıcı uygulamaya gerek yoktur. Çünkü açılan delik düzgün ve eş değer boyutta olduğundan, kulak çöpünün plastik borusu tam oturmaktadır. Ancak sıvının aktarılması için kullanılan serum içinde bir delik daha gravür yardımıyla düzgün bir şekilde plastik kapak üzerinde açılmalıdır. Açılan bu delik tam dairesel olmakla birlikte, serumun çapından bir miktar küçüktür. Çünkü serumun yapıldığı malzeme bir miktar esneme kabiliyetine sahiptir. Bu esneklikten yararlanarak serum, açılan bu yuvadan sıvı sızdırmayacak şekilde sıkıca geçmektedir. Ancak bu sıkılık sıvı aktarım hızını çok fazla engellememektedir. Son olarak üçüncü bir delik daha, DC motor pompanın çalışması için gereken güç kablosuna ayrılmıştır. Açılan bu yuva DC motor pompanın güç kablosunun çapına eş değer miktarda çaptadır. Bu yuvadan geçen güç kablosu ile yuva arasına sıcak silikon tabancası ile silikon sıkılıp sıvı taşmasının önüne geçilmiştir. Bu işlem kapağa açılan yuvanın dış ve iç tarafında olmak üzere uygulanmıştır. Bu işlemlerin yapılması, sıvının bitmesi durumunda tekrardan doldurulması esnasında büyük kolaylık ve esneklik

sağlamaktadır. Kapak sıkmalı kapak olduğundan tam olarak oturmaktadır. Bu sayede kutunun herhangi bir yüzeyinden, mobil robotun ani hareketi esnasında bir sıvı taşması olmayacaktır. Şekil 3.6'da bulunan görüntüde mavi silindirik yapı kabaca ilaç kutusunu temsil etmektedir. Mavi silindirik yapının üzerinde bulunan gri renkli ve ince silindirik yapılar ise soldan sağa olmak üzere basınç dengelemesi amacıyla kullanılan kulak temizleme çöpünün plastik borusu, serum ve DC motor pompanın güç kablodur. Çıkan serum SG90 SM'lerin bağlantı mekanizmasına gidecektir. DC motor pompadan çıkan güç kablosu ise DC motor sürücü kartın uygun pinlerine bağlanacaktır. Sıvı deposunun genel hatları ve bileşenleri belirtildikten sonra bu deponun sabitlenmesi gerekecektir. Bunun gerçekleştirilmesi için, daha önce de SG90 SM'lerin hareket mekanizmasında kullanılan alüminyum plakalardan kullanılmıştır. Bu plakalar tahmin edileceği üzere, üzerlerinde birtakım işlemler yapılmadan direkt olarak kullanılamamaktadır. Bu nedenle her parça, gravür makinesi yardımıyla düzgün bir şekilde ve belirli uzunluklarda kesilmiş daha sonra kesme işlemi sonucu meydana gelen talaşlar zımparalanarak alınmıştır. Kesilen bu düz alüminyum levhaların bir kısmı düz olarak kullanıldığı gibi bir kısmı bükülerek kullanılmıştır. Daha sonra bu levhaların birbirine montelenmeleri için üzerlerinde M3 vida yuvaları açılmıştır. Monteleme yapıldıktan sonra aslında bir sandalyeye bir sıvı bidonu koymuş görüntüsü oluşmaktadır. Bükülen iki adet alüminyum levha ise sürücünün emniyet kemerini takması durumuna benzetilebilir. Sıvı deposu X ve Y düzleminde, mobil robotun hareketi esnasında kaymayacaktır. Bükülen bu levhaların bükülme kabiliyetleri yeterince iyi olduğundan istenilen sıklığa ayarlanabilirler. Şekil 3.6'da verilen görüntüde mavi olan sıvı deposu, altın rengine boyalı yapı ise sıvı deposunun sıkıca oturduğu kafesi temsil etmektedir. Levhaların birbirine bağlandığı noktalarda M3 vidalar temsili olarak gösterilmiştir. Bu şekil sayesinde anlaşılabilirlik artırılması amaçlanmıştır. Şekil 3.6'da ki görsel temsili olarak verildiğinden dolayı ölçüler bire bir değildir.



Şekil 3.6. Sıvı deposu ve sıvı deposunun sabitlenmesi için kullanılan sıvı deposu kafesinin yapısı (Blender programı yardımıyla 3 boyutlu şekli hazırlanmıştır.)

Sıvı deposu kafesi, Şekil 3.6'da $-y$ ile belirtilen yöndeki yüzeyinde bulunan taban bacaklarının uç kısımlarından M3 vida yuvası açılarak mobil robotun ana gövdesine bağlanacaktır. Bu sayede sıvı deposu mobil robotun elektronik bağlantılarının bulunduğu bölgenin dışında bir konumda bulunacaktır. Bu sayede sıvı takviyesinin yapılması esnasında büyük kolaylık sağlamaktadır. Ana blok yapısının dışında olması el ile müdahale etmeyi kolay hale getirmektedir. Ayrıca metal levhaların kullanılması, genel gövde ile bağlantıyı sıkıca sağlamaktadır. Bu haliyle, genel gövdeyle birlikte daha dayanıklı durmaktadır. Ani darbelere karşı bir ölçüde dayanıklılık sunar. Ani hareketlerde ve çarpmalarda, sıvı deposundan olası bir sıvı sıçraması durumuna karşı bir ölçüde koruyuculuk sağlamaktadır. Çünkü ufak bir sıvının, elektronik bileşenler ile teması durumunda devrelerin bozulması kaçınılmazdır. Burada amaç, ana süreçlerin döndüğü elektronik bileşenlerin, sıvı ile ilgili süreçlerin sürdürüldüğü kısımlardan mümkün olduğunca uzak noktalarda bulundurulmasıdır. Sıvı hareketinin sağlandığı kısımlar daha sonra detaylıca anlatılacağı üzere, mobil robotun ana gövdesinde aşağı kısımlarda konumlandırılmışlardır.

3.12. HC-SR04 UMS'ler için Ana Gövde

HC-SR04 UMS'lerin ana gövdeye bağlanacağı bir katmandır. Bu ek gövde olarak düşünülebilir. Gövdeyi oluşturan malzemeler ve bu gövdenin üzerinde bulunan elektronik bileşenler bu gövdeyi bütün kılmaktadır. Gövdeyi oluşturan malzemeler sunta yapılı malzemelerdir. Sıkı ve esnekliği az ancak dayanıklı bir yapıdadır. Bu sayede elektronik bileşenler, bu sunta yüzeye sıkı bir şekilde montelenebilmektedir. Sıkı montelemenin bu aşamada yapılması önemlidir. Çünkü açısallığın yakalanması gerekmektedir. Açısallığın bu esnada önemli olmasının temel nedeni, gövde üzerinde kamera modülü ve iki adet HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörünün bulunmasından dolayıdır. Mesafe sensörleri daha önce de anlatıldığı üzere RB3 kart tarafından, ön nesne tanılama amaçlı kullanılmaktadır. Aynı şekilde, RB3 uyumlu Pi Camera modülü de RB3 tarafından görüntülerinin alınıp işlenmesinden dolayı kullanılmaktadır. Anlaşılacağı gibi çevre ile bilgilerin girdilerinin yapıldığı nokta bu harici gövde ile ilişkilendirilmiştir. Bu gövde de sıvı deposu kafesi gibi mobil robotun yanıl yüzeyine montelenecektir. Bu kısımda da el ile müdahalenin kolay olması amaçlanmıştır. Çünkü denemeler esnasında, açısal konumlar ve bulunulan konumlar değiştirilmiştir. Harici gövde üzerinde müdahaleler yapmak mobil robotun ana gövdesine müdahaleler yapmaktan daha kolaydır. Şekil 3.7'de belirtilen kahverengi tonlarında bulunan yapı, sunta yapılı iskelet gövdeyi temsil etmektedir. Kalınlığı 0,3 cm ile 0,4 cm arasındadır. Dikey ve yatay bileşenlerin birbirine bağlanabilmesi amacıyla konektör görevinde metal levhalar kesilmiştir. Bu konektör alüminyum levhalar daha önce bahsedilen levhalar gibi manuel olarak yapılmıştır. Hem sunta hem alüminyum levhalar yatayda ve dikeyde birleşimleri için uygun noktalarından M3 vida yuvaları açılmıştır. Bu sayede M3 vidalar M3 somunlar ile sıkılarak genel sunta gövdeye bütünlük kazandırılmıştır. Şekil 3.7'de belirtilen gri ve parlak yapılar M3 ve M2 vidaları temsil etmektedir. Küçük olanlar M2 vida, büyük olanlar M3 vidalardır. M2 vidalar elektronik bileşenlerin sunta gövdeye yerleştirilmesi için kullanılmaktadır. RB3 kamera üzerinde dört adet M2 vida yuvası vardır. Bu nedenle dört adet M2 yuvası uygun bir biçimde sunta gövde üzerine açılmıştır. Bu sayede RB3 kamera sunta gövdeye M2 vidalar yardımı ile montelenmiştir.

HC-SR04 UMS'lerin M2 vidalar ile sunta gövdeye bağlanması Şekil 3.7'de gösterilmektedir. Ancak uygulamada daha sonra bundan vaz geçilmiştir. Daha önce de belirtildiği üzere sunta gövde ile HC-SR04 UMS'lere ince plastik kaplı kablo dolanarak yerleştirilmiştir. Kablo gerektiği gibi dolanıp sıkılarak HC-SR04 UMS'ler sunta gövdeye tutturulmuşlardır. Şekil 3.7 gerçek ölçüleri temsil etmemektedir, gerçek yapısı ve görüntüsüne uygun olarak oluşturulmuştur.

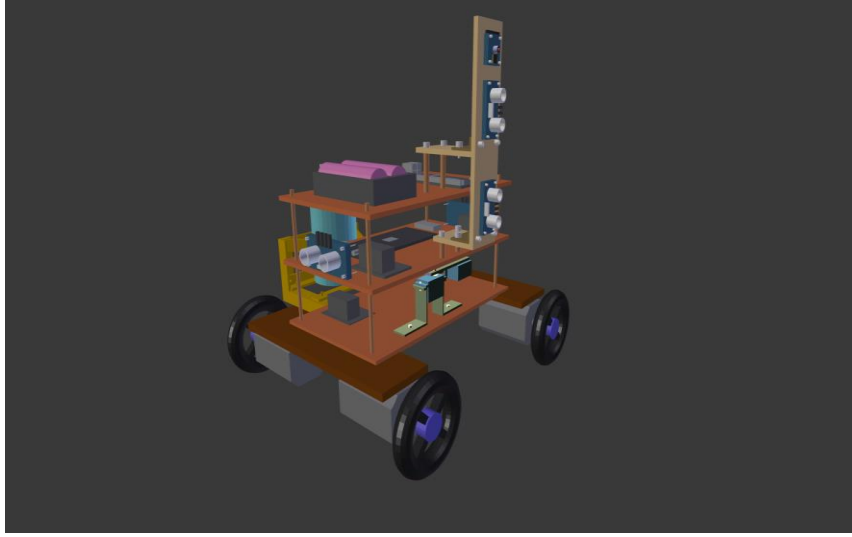


Şekil 3.7. Blender programı aracılığı ile oluşturulmuş, mobil robotun ana gövdesine eklenecek olan harici ek sunta gövde

3.13. Genel Mobil Robot Yapısının Oluşturulması

Sunta gövdenin yanal yüzeye eklenmesi, ölçümlerin tek bir yüzey ve doğrultudan yapılacağı anlamına gelmektedir. Mobil robotun bir yüzeyi sıvı deposu ve sıvı deposu kafesine ait, diğer yüzeyi ise ölçümlerin yapılacağı ve üzerinde sensör ve kameranın bulunduğu sunta gövdeye aittir. Basit bir şekilde modülerlik sağlanmıştır. Modülerlik müdahale için kolaylığı ve eklenebilirlik, çıkarılabilirlik açısından kolaylık sağlamaktadır. Mobil robotun ilerlemesi esnasında, ön nesne tanıma ve gerçek nesne tanımanın tek doğrultu üzerinde yapılmasının nedeni de budur. Daha sonraki aşamalarda hareketli bir ölçüm gövdesinin yapılması planlanmaktadır. Hareketli ölçüm gövdesi ile tek bir doğrultu değil çift doğrultulu analizlerin yapılması sağlanabilir. Ancak şu anki aşamada bu durum göz önünde bulundurulmamıştır. Hem sunta gövde hem de

sıvı deposu kafesi mobil robotun ana gövdesine eklendikten sonraki görüntüsü Şekil 3.8’de temsilen verilmiştir. Aslında bütün parçaların birleştirilmesi sonucunda oluşan genel görüntünün de temsilini yapmaktadır. Ancak katmanlarda neler bulunmaktadır ileriki başlıklarda daha detaylı olarak anlatılacaktır.



Şekil 3.8. Blender ortamında hazırlanan Sunta gövde ve sıvı deposu kafesinin, mobil robotun ana gövdesine birleştirildikten sonraki temsili görüntüsü

3.14. Mobil Robotun Tam Modeli ve Katmanları

Katman mimari mobil robotun anlaşılmasını daha kolay hale getirdiği aşikârdır. Bu şekilde her katmanda bulunan gruplanmış modüllerin tam bir model şeklinde verilmesi genel devre şemasının analizini kolaylaştıracaktır. Şekil 3.9’da mobil robota ilişkin tam devre diyagramı verilmiştir. Gereken tüm mekanik gövde sağlandıktan sonra, katmanlara yerleştirilen ilgili grup modüller mobil robotun çalışması esnasında meydana gelebilecek devresel hataların tespitinin yapılmasını kolaylaştıracaktır. Ayrıca ilgili grupların 18650 Li-on piller yardımıyla beslenebilmesi anahtarlamalar sayesinde gerçekleştirilmiştir. Daha önce de belirtildiği gibi 18650 Li-on piller yüksek akım verebilen pillerdir. Voltaj değerleri tam doluluk oranında iken seri bağlanmaları durumunda 8,4 Volt gerilim vermektedir. Test aşamasında bu şekilde gruplanarak anahtarlama yapılması, mobil robotun sadece ilgili alanlarının programlanmasında ve

3.15. RP3 ile AM Mikroişlemcili Kartlara Güç Sağlama

Bu RB3 ve AM kartlar üzerinde güç verme işlemi sadece RB3 karta seri bağlanan anahtar yardımıyla yapılır. RB3 kart güç aldığı anda, AM kart gücünü RB3 kartından sağlamaktadır. AM3 kart, Şekil 3.9'de gösterilen USB veri-güç kablosu yardımı ile RB3 kartın üzerinde bulunan USB Type-2 soketlerinden herhangi birine takılabilir. Ancak bu USB veri-güç kablosunun AM karta takılan ucu ile RB3 karta takılan ucunun modeli farklıdır. Soketler farklı olduğundan, klasik USB veri-güç kablosu da farklıdır. AM ve RB3 kart soketlerine takılacak olan uçların her ikisi de erkek uç olarak nitelendirilebilir. Soketler bilindiği üzere genelde dişi soket olarak adlandırılır. 18650 Li-on pillerden gelen yaklaşık 8,4 voltluk gerilim anahtar açıldığında önce ayarlanabilir regülatöre ulaşır. RB3 kart bilindiği üzere 5,1 volt gerilim ve 2,5 amperlik akım değerinde çalışır. Aslında bu değer maksimum yük altında RB3 kartın çekebileceği değerdir. Ancak normal standartlar altında RB3 kart bu kadar akım çekmez. Beslediği modüller ve anlık olarak yaptığı işlere göre bu akım değeri değişir. RB3 kartın Şekil 3.9'da belirtilen devre şemasından anlaşılacağı gibi birçok giriş çıkış modülüne sahiptir. Başta ses giriş-çıkış ve kamera modülü yuvası olmak üzere dört adette USB-2 şeklinde adlandırılan veri giriş-çıkış soketleri bulunur. RB3 kartın USB-2 veri giriş-çıkış soketleri USB portları şeklinde anılacaktır. Dört adet USB port her biri bir cihaza veya çevre birime bağlı olduğu anda toplam çekilebilecek akım 1200 mAh akım seviyesindedir. Ancak bunlardan biri takılı olduğunda USB portun tek bir port üzerinden besleyebileceği akım yine 1200 mAh akımdır. Anlaşılacağı gibi RB3 kartın portlarında aktif olan kanal sayısı arttıkça 1200 mAh akım aralarında paylaştırılır. Çalışma dahilinde tek bir kanal sadece AM kart tarafından işgal edileceğinden 1200 mAh akım AM kartın ihtiyacına hizmet eder. Ancak RB3 üzerinden sağlanan 1200 mAh lik akım USB port üzerinden sağlanacak olan akımın çok üstündedir. AM kart 5,1 volt gerilim ve 200 mAh akıma ihtiyaç duyar. Bu sebeple RB3 kart üzerinden çekeceği akım, AM kartın aşırı yük altındaki akımı temsil etmektedir. RB3 kart üzerinden çekilen 200 mAh oldukça az bir akım seviyesi olduğundan tehlike barındırmaz. Regülatör düzenleme kısmında ise ayarın hassas bir şekilde yapılması önemlidir. Çünkü üzerinde bulunan ayarlı direnç hassasiyeti oldukça fazladır. Üzerinde bulunan

vida çok ufak değişimleri büyük gerilim değerlerine dönüştürür. Bu sebeple sisteme dahil edilmeden önce kontrolünün iyi yapılması gerekir. Çünkü 5,1 volt üzerinde sağlanan gerilim RB3 kartın devre yolunu oluşturan kanalları ve bileşenleri yakabilir. Yapılan ayarlamalar ile 5,133 volt gerilime sabitlenmiştir. Ancak regülatör (LM2596 regülatör kart) uzun kullanımlar sonucu ısınmaya yol açabilir. Özellikle modem ile veri alışverişinin çok olduğu durumlarda ve görüntü işleme algoritmalarının hesaplanması anında RB3 kart daha fazla akıma ihtiyaç duyar. Bu ihtiyaç regülatör üzerinden sağlanacağından, regülatör üzerine düşen yükte artacaktır. Yüksek seviyede akım sağlanırken önemli ölçüde ısı meydana gelir. Bu ısının birikmesi regülasyon kalitesini olumsuz etkiler. Regülatör kart küçük olduğundan üzerine soğutucu konulması pek mümkün değildir. Bunun yerine ısının tamamını olmasa da bir miktarını dış hava ile paylaşabilmesi için alüminyum ızgara yapıştırılabilir. Hiç olmasa bile yoğunlaşan ısının dağıtımında fayda sağlayacaktır. Çalışma dahilinde kullanılan regülatörlerin her birine alüminyum ızgaralar termal yapıştırıcılar ile yapıştırılmıştır. Yapılan gözlemlere göre ısının bir kısmının alüminyum ızgaralar tarafından dış ortama yayıldığı gözlemlenmiştir. Bu şekilde her bir modüle ait iyileştirmenin yapılması genel yapının daha tutarlı ve güvenilir biçimde çalışmasını sağlayacaktır. Genel olarak ısı konusu, elektroniğin genel problemidir. Mobil robotun parçalarının üzerlerinin başka maddeler ile çevrelenmemesinin nedeni budur. Mobil robotun genel yapısı parça modellerine kadar indirgenip anlatılmıştır. Bu şekilde daha iyi anlaşılması hedeflenmiştir. Küçük bileşenlerden yola çıkarak genel yapının modeli oluşturulmuştur.

3.16. Mobil Robotun Bileşenlerinin Testi ve Hareketin Sağlanması

Gereken tüm parçaların eksiksiz olarak çalışması test öncesinde bir dizi denemeler ve yanımlar sayesinde gerçekleşmiştir. Örnek verilirse SG90 SM'lerin hareket yönleri programlanırken aynı zamanda gözlemlenmiştir. Çünkü ilk etapta SG90 SM'lerin yönleri kolayca tayin edilemez. Bir miktar mekanik bir miktar yazılımsal iyileştirmeler sonucunda istenen hareket mekanizması sağlanmıştır. Aynı şekilde ileri geri hareketi sağlayacak olan mini DC motorların ileri veya geri yön belirten pinleri mevcut olmadığından yazılım

bandında denenerek senkronize edilmiştir. Dört adet mini DC motor için her biri ayrı ayrı fonksiyon haline getirilmiştir. Mobil robotun durumuna göre aynı anda veya ters yönlerde hareketi senkronize biçimde sağlanacaktır. Ayrıca SG90 SM'ler, DC mini pompa ve DC mini motorların güçlerinin verilmesi RB3 kart ile regülatör arasına yerleştirilen anahtar yardımıyla sağlanmıştır. Bu şekilde katmanlara yayılan modüllerin ilgili olanlarının testlerinin yapılması ve hata taylorleri daha kolay yapılmaktadır. Test edilen kısım tekerlerin hareketi ise, o kısmı ilgilendiren anahtar açılır. Test edilen DC mini pompa motor ise, ona ilişkin anahtar açılır. Bu şekilde anahtarlama yapılarak olası kısa devrelerin de önüne geçilir. Genel modelin oluşturulması sürecini daha güvenli kılar. Parçala-yönet mantığıyla genel model alt parçalara dağıtılmıştır.

4. MOBİL ROBOT MAKİNE ÖĞRENİMİ YAKLAŞIMI

Bilindiği üzere bilgisayar tarihinin başlangıcından itibaren ses ve görsel algoritmaların gelişimi en çok uğraş gerektiren alanlardan biri olmuştur. Çünkü insan ile bilgisayar etkileşimi ne kadar iyi sağlanırsa o kadar daha iyi anlaşılır hale gelir. İnsan-bilgisayar etkileşiminin artırılması için mümkün olan en iyi yollardan biri ses diğeri ise görüntüdür. Ancak çok uzun süredir uğraşılan ses alanı neredeyse doygunluğa gelmiştir. Analog bilgisayar ve dijital bilgisayar sistemlerinin belki de ilk odak noktası ses ve ses sistemleri üzerine olmuştur. Bu sebeple ses ile ilgili algoritmaların birçoğu çok seneler önce oluşturulmuştur. Etkileşimi sağlayan diğeri bir alan ise görüntü alanıdır. Görüntüyü dahil eden bilgisayar grafikleri neredeyse bilgisayar ses sistemleri tarihi kadar eskidir. Ancak sürekli olarak güncel kalan ve yeniliğe açık bir alandır. İnsan için bilgisayarı anlamamın hemen hemen bir numaralı parametresi görüntüdür. Bu bağlamda mobil robot çalışması için de çevre birimleri (objeler) görsellerden oluşmaktadır. Tabi ki bunun yanında sensörler de birer çevre birim algılayıcıdır. Bu algılayıcılar aynı görüntü gibi önem taşımaktadır. Çevreden alınacak her bilgi, ilgilenilen bilgiye ait daha fazla içerik çıkarımını sağlar. Bu sayede istenilen detaylar ve kavramlar daha net hale gelir.

4.1. Uygun Makine Öğrenimi Algoritmasının Seçilmesi

Çalışma dahilinde kuşkusuz; bir anlam ve kavram çıkaran algoritmanın mobil robota uyarlanması, genelleştirme ve otomatik haline getirme açısından önemli bir yaklaşımdır. Genelleştirmenin sağlanması için bir yapay zekâ modeli ile test ortamında başarımlarının daha yüksek olması düşünülür. Hali hazırda var olan yapay zekâ algoritmaları belirli bir hata oranına göre çalışmaktadır. Bu hata oranı aslında, sistemin ya da algoritmanın esneklik veya tolerans payı şeklinde belirtilebilir. Çünkü bu hatalı yaklaşım onu diğeri algoritmalarından farklı kılar. Diğeri türlü düşünüldüğünde tek bir işi ezbere yapan algoritmanın toleransı olmaz. Katı kurallara göre oluşturulan algoritmalarda, işlenecek verinin yapısı ve modeli sabittir. Algoritmanın işleyeceği verinin modelindeki en ufak değişiklik verinin yorumlanamamasına, hatta sistemin hatalar üretip

sonlanmasına neden olabilir. Diğer bir yaklaşımla, katı kuralları olan algoritmalara gelen veriler otomatik eleme mekanizmasında fark edilip işleme bile alınmayabilir. Sistemde hata içeriğine sahip veriler, ön eleme aşamasında elenip sistemde işlem sürecine dahil edilmez. Bu sebeple veride kayıplar meydana gelir. Ancak yapay zekâ algoritmaları, tasarımları gereği hatalı veri girişlerine tolerans gösterebilir. Sonuç ve yorumlama açısından başarımlar değeri değişiklik gösterse de sisteme girdi olarak verilen bilgiler işlenir. Kullanılan yapay zekâ algoritmalarının belirli bir hata payı ile çalışması aslında onların esnekliğinin birer göstergesidir. Yapay zekâ algoritmalarının birçoğu büyük sistem kaynaklarına ihtiyaç duyar. Kullanıldıkları alanlara göre sistem ihtiyaçları değişkenlik gösterebilir. Aynı şekilde uygulandıkları verinin modeline göre sistem ihtiyaçları değişkenlik gösterecektir. Bu bağlamda üretecekleri sonuçlar veya çıktılar kurgulanan olay üzerindeki tükettikleri sistem kaynaklarına bağlı olarak değişecektir. Yapay zekâ algoritmalarının genel mantığı olasılık ve istatistik modelleri üzerinde kurgulanmıştır. Bağlam gereği matematiksel süreçlerin yoğun bir şekilde yürütüldüğü algoritmalar. Bu denli matematiksel yük, beraberinde elektronik alt yapının da güçlü olmasını zorunlu kılar. Yapay zekâ algoritmalarının modern tarihi son yüzyılı kapsayacak kadar uzundur. Günümüzde kullanılan bu yapay zekâ algoritmalarının birçoğu son yüzyılda geliştirilmiş olan algoritmaları miras almaktadır. Bu süre içerisinde, kendi dönemlerine ait gelişmiş sistemlerde kullanılabiliyorlardı. Yaygınlıkları sadece büyük yatırım desteğinde bulunan firmalarla sınırlıydı. Ancak elektronik bileşenlerin ucuzlaması ve performanslarındaki artış yapay zekâ algoritmalarının kullanım yaygınlığını artırmıştır. Son zamanlarda elektroniğin küçülen boyutları, az enerji tüketimleri, yüksek frekanslarda işlem yapabilme kabiliyetleri ve en önemlisi daha ucuza imal edilmeleri sayesinde son kullanıcının yeni fikirlerine cevap verebilir hale gelmişlerdir. Elektronik alt yapıdaki bu gelişim birçok zorlayıcı algoritmanın icra süresini kısaltmıştır. Yapay zekâ algoritmalarının işletilmesi ve çıktıların alınma süresi bu gelişmeler doğrultusunda düşmüştür. Yine de giriş seviyesi işlemciler için performans sorunu gibi görünse de orta seviye sistemlerde oldukça iyi performanslar verebilmektedirler. Daha önce bahsedildiği gibi RB3 kart bu algoritmaların birçoğunu icra edebilecek kapasiteye sahiptir ancak performans

konusunda biraz yetersizdir. Gelişen RAM teknolojisi algoritmaların bellek kullanımlarının birçoğunu karşılar. Ancak hız sadece RAM tabanlı olmadığından işlemcinin süreçleri işleyebilme kabiliyetiyle de yakından ilgilidir. Bu sebeple RB3 kart birçok algoritmanın icrasını gerçekleştirebilir ancak girdilere verdiği yanıt süreleri fazladır.

Yukarıda belirtilenler doğrultusunda mobil robotun beyin kısmını oluşturan RB3 karta en uygun algoritmanın seçilmesi temel alınmıştır. Görüntü işleme üzerinde çalışan yapay zekâ algoritmaları yoğun süreçleri beraberinde getirir. İlgili verilerin tamamı görsel tabanlı verilerdir. Parçala böl yönet işle şeklinde gerçekleşen süreçlerin birçoğu olasılık ve istatistik hesap yüküne sahiptir. En uygun içeriklerin bulunması veya sınıflandırılması RB3 kart için oldukça zorlayıcı süreçlerdir. Bu süreçlerin icrası esnasında RB3 kartın ARM tabanlı işlemcisinden yüksek miktarlarda ısı enerjisi açığa çıkar. Testler esnasında gözlemlenen bulgular artan ısınma düşen performans yönündedir. Bilindiği gibi elektronik sistemlerde ısı performans kayıplarına yol açmaktadır. Daha sonraki aşamalarda anlatılacağı üzere ısınma probleminin getirdiği negatif sonuçlar giderilmiştir.

4.2. Viola Jones Algoritmasının Kullanılması

Yapay zekâ algoritması olarak hızlı işlem yapabilen ve emsallerine göre daha az sistem kaynakları kullanan Viola-Jones nesne tanıma algoritması (VJNT) tercih edilmiştir. Çünkü VJTN algoritmasının en önemli özelliği, süreçlerinin toplama işlemleri şeklinde gerçekleşmesinden kaynaklanmaktadır. Toplama işlemi, işlemci mimarilerinde birincil işlem yapısıdır. Çarpma bölme gibi işlemler bile toplanarak elde edilir. Bu mantıkla bakıldığında süreçlerin icrası diğerlerine göre daha kolay şekilde gerçekleştirilir. Ancak Histogram of Oriented Gradient (HOG) algoritması baz alındığında bir görüntü verisinin matrisler şeklinde alt kısımlara bölünüp parlaklık şiddetlerine göre eğim içerikleri oluşturulur. Bilindiği üzere eğimlerin bulunması kayan noktalı sayılar üzerinde işlemler gerektiğinden performans kayıplarına neden olur. Gerek eğitim aşamasında gerekse nesne tanıma esnasında eğimler hesap yükü meydana getirir. Bu hesap

yükü RB3 kart için istenen bir durum değildir. Ayrıca alt kısımlara ayrıştırılan matrisler bir görsel veri içinde matris boyutlarının küçülmesiyle daha da artacaktır. Örneklenecek olursa, 24x24 piksellik bir örüntüde alınacak alt matris örüntülerin boyutları küçüldükçe üstel olarak performans kaybı yaşanacaktır. Diğer bir yaklaşım ise yapay sinir ağlarıdır. Yapay sinir ağları kendi içinde farklı algoritmalar şeklinde tasarlansalar da çok katmanlı yapay sinir ağlarının matematiksel süreçleri çok uzundur. İleri beslemeli ve geri beslemeli modellere göre bu performans değişiklik gösterse de genel olarak yoğun işlem yüküne sahiptir. Ancak belirtmelidir ki genel olarak en iyi başarımları veren algoritmalar yapay sinir ağlarıdır. Yapay sinir ağları neredeyse her alanda yüksek başarımlara sahiptir. Ancak negatif getirisi sistem kaynaklarının çok kullanılmasıdır. VJTN algoritması daha önce de belirtildiği gibi tam sayılar üzerinde süreçleri yönetir. Toplama ve çıkarma işlemi hesaplamalar sayesinde veri setinin eğitimi esnasında hız kazancı sağladığı gibi gerçek zamanlı tanıma esnasında da oldukça iyi performanslar sunmaktadır. Viola ve Jones'un (2001) yayınladığı ve test ettiği çalışma halen daha popüler olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmayı eşsiz kılan hızlı ve yeteri kadar başarımları sağlayabilmesindendir. Geçen 19 yıldan beri birçok çalışmada atıflarda bulunulmuş ve farklı alanlarda denenmiştir. Genel olarak simetrik yapıları olan objelerin tanınmasında büyük başarımlar sağlamaktadır. Yüz tanıma algoritması olarak geliştirilen VJTN algoritması yüz üzerinde bulunan içeriklerin simetrik yapısından faydalanır. Göz, kaş, burun ve ağız gibi belirgin içerikler yüz için temel içeriklerdir. Yüz diğer bölgelere göre daha belirgin yapıdır. Bu nedenle veri setindeki ufak değişimli yüz örnekleri en belirgin içeriklerin çıkartılmasında görev alır. Ufak ve az değişimli yüz içerikleri genel içerik çıkartılmasında etkin rol oynar. Benzer şekilde bir otoyol araç takibi sistemi için oldukça verimlidir. Çünkü taşıtlardaki içeriklerin benzerlikleri ve simetrik bileşenleri oldukça fazladır. İçerik çıkarımlarında, tekerlekler, farlar, camlar ve plakalar belirgin rol oynar. Ancak burada belirtilmesi gerek dezavantaj örneklerin belirli bir yüzeyinden elde edilen içeriklere göre belirlenmesidir. Yani yüz için sadece insan yüzüne ait örneklerde çalışması beklenen bir durumken, yan yüzeylerde başarımları sağlaması oldukça zordur. Başka bir yaklaşımla taşıtların ön kısmından alınan örneklere göre eğitilen VJNT algoritmasının taşıtların arka tarafından veya yan

yüzeylerinden alınan anlık görüntünün tanınmasında pek başarılı değildir. Çünkü VJNT algoritması eğitimi esnasında belirlenen içeriklerin yerleri sabittir. Hatta bir yüzün ters çevrilmiş hali VJNT tarafından tanınmayabilir. Aynı şekilde bir taşıtın ters çevrilmiş görüntüsü VJNT algoritması tarafından algılanamayabilir. Burada olasılık içeren cümle kurulmasının nedeni başarı oranının çok düşmesinden kaynaklıdır. VJNT algoritması VJNT çerçevesi sayesinde işlemler gerçekleştirir. 1024x768 çözünürlüğüne sahip bir görselde tarama işlemi, çerçeve sayesinde (Sliding Window) gerçekleştirilir. Çerçeve 0x0 noktasından başlayarak ve belirlenen bir çerçeve boyutuna göre tarama sağlar. Bu çerçevenin başlangıç boyutları kullanıcı tarafından belirlenir. 30x30, 24x24, 45,55 veya 15x19 gibi değerlerde olabilir. Küçük boyutlu çerçeve kullanıldığında, tarama esnasında olası küçük nesnelerinde tanınması amaçlanır. Verilen görüntü girdisi soldan sağa ve yukarıdan aşağı olmak suretiyle kaydırılarak taranır. Bu kaydırma değeri yine kullanıcı tarafından belirlenir. Kaydırma işlemi için belirgin bir değer olmamakla birlikte çok küçük veya çok büyük değerler olmamalıdır. Çünkü çerçevenin büyük adımlarla kaydırılması, aranan objenin kaçırılmasına neden olabilir. Ayrıca her bir tur sonunda çerçevenin boyutu kullanıcının verdiği bir orana göre artırılır. Aynı şekilde ani değişen çerçeve ölçüleri tanımadaki başarı oranını düşürebilir. İterasyonlardaki küçük değişimler hesap yükü oluşturur. Ancak başarıyı pozitif yönde etkiler. Büyük iterasyonlar ise performans verir ancak başarı oranını negatif yönde etkiler.

VJNT çerçevesi, VJNT algoritmasının eğitim aşamasında oluşturulur. VJNT çerçevesi bulunduğu bölgede bir dizi değerlendirmeler yapar. Bu değerlendirmeler aşamalar şeklinde gerçekleşir. Aslında her aşama bu çerçevenin bir içerik varyansına tekabül eder. Örneğin; 15 aşamalı bir çerçeve VJNT algoritması eğitimiyle elde edilsin. Her bir aşama aslında bir VJNT çerçevesinin içeriğini oluşturur. İlk aşamada yerleri sabit farklı içeriklere ev sahipliği yapan filtreleme elemanları bulunur. Bu filtreleme elemanları birer zayıf sınıflandırıcıdır. Bu sınıflandırıcıların yerleri her aşama için farklı olabilir. Bir VJNT çerçevesi bir alanda ilgili objenin tanınmasını sağlarken her bir aşamayı teker teker değerlendirir. Bu değerlendirilen aşamaların dizilimi

önemliden daha az önemliye şeklinedir. Çünkü çerçevenin bulunduğu bölgede ilgili obje yoksa önce en önemli aşama devreye girer ve testi sağlanır. Test sonucu daha ilk aşamada negatif çıkarsa geri kalan aşamaların testi yapılmaz. İlgili alanın daha ilk aşamasında elenmesi ve çerçevenin bir sonraki bölgeye kayması aslında performans artışını sağlar. Çünkü en önemli aşama, aranan objenin en belirgin içeriklerini taşımaktadır. Eğer ilk aşamada negatif sonuç alınıyorsa aranan objenin, fotoğrafın o bölgesinde olmadığı sonucunu verir. Çünkü her bir aşama eğitim aşamasında belirlenen birden fazla içeriğe sahiptir. Basit bir mantıkla her bir aşama 40 adet zayıf sınıflandırıcı filtrelerle sahip olursa, 15x40 adet içeriğin hesabı yapılması gerekecektir. Ancak daha ilk aşamada sadece 40 içerikle test yapıldığından geri kalan aşamalar ve onlara bağlı içeriklerin hesabı yapılmayacaktır. Bu büyük bir kazanç sağlar. Gerçek zamanlı tanıma bakımından çok küçük sürelerde cevap verir. Ancak her zaman ilk aşamada net bir şekilde sonuç alınamayabilir. Aşamaların ortasında, başında veya sonunda bile eleme işlemi yapılabilir. Çünkü aranan objeye benzer cisimler VJNT çerçevesi içinde analiz ediliyor olabilir. Bu sebeple ilk aşamalardan başarıyla geçebilen ortam objeleri olabilir. Aranan objeyle ilgisi olmayan ancak şekilsel veya parlaklık bakımından benzer olan objeler son aşamaya kadar ilerleyebilir hatta aranan obje şeklinde bile işaretlenebilir. Bu sebeple VJNT algoritmasının hata yapabilmesi mümkündür. Aslında daha önce de söylendiği gibi bu bir hata veya eksiklikten çok bir tolerans payıdır. Bu şekilde aşamalı değerlendirmeye şelale sınıflandırıcı denir. Şelale sınıflandırıcı genel performansı artırmak amaçlı kullanılır. VJNT algoritmasının genel performansına büyük ölçüde katkı sağlar. Ek olarak testi yapılacak olan herhangi bir görüntü sadece parlaklık değerlerine göre değerlendirilir. Yani VJNT algoritması renklerle doğrudan ilgilenmez. Ancak renk uzayında her bir rengin parlaklık karşılığı vardır. Doğrudan olmamakla birlikte bir miktar renk katkısı bulunmaktadır. VJNT algoritmasının asıl duyarlılık noktası aslında parlaklıktır. Eğitimi tamamlanan VJNT çerçevesi parlaklığa oldukça duyarlıdır. Çünkü eğitim esnasında elde edilen en uygun zayıf sınıflandırıcı içerikler belirli bir eşik değerine göre değerlendirilip seçilir. Gerçek zamanlı tanıma esnasında aranan objenin ortam aydınlatması aslında objenin genel içeriğini bir miktar değiştirecektir. Çünkü yüzeylere etki eden ışık yoğunluğundaki keskin

değişimler objenin başka bir objeymiş gibi görünmesine neden olmaktadır. Yukarıda belirtilenler doğrultusunda analiz edilen görüntünün birinci parametresinin parlaklık veya ortamın aydınlatması olduğu sonucu çıkartılabilir. Bunun yanında analiz edilecek görüntünün kalitesi de çok önemli bir etkidir. Analizi yapılan görüntünün çok bulanık veya gürültülü olması, VJNT çerçevesinin sonuçlarını büyük ölçüde saptıracaktır. Aranan objeler tanınamayacak kadar kötü olursa başarımlar düşer. Ayrıca ortamda bulunan ilgisiz objelerin görsellerinin bulanması veya gürültülü olması da aranan objeye benzeme durumunu ortaya çıkartabilir. Bu durumda VJNT çerçevesinin aşamalarını başarıyla geçen ilgisiz objeler sanki aranan objeymiş gibi işaretlenir ve yanlış yapmasına neden olabilir. Görsellerdeki netlik başarımlar sonucunu olumlu yönde etkiler. Özetlenecek olursa ani parlaklık değişimleri aranan objenin fotoğraftaki görüntüsünü bozacaktır. Ayrıca kalitesiz görüntülerdeki bozunumlar ilgili objenin tanınmasını engelleyebildiği gibi ilgisiz objelerinde yanlış değerlendirilmesine neden olabilmektedir. Bunun yanında aranan objelerin açı değişimleri sonuçların yanlış değerlendirilmesine neden olduğundan tek yönlü bir algoritma olarak değerlendirebiliriz. VJNT algoritmasının bu gibi eksiklikleri farklı yaklaşımlar ve algoritmalar sayesinde giderilebilir. Eğer ışıklandırma kurgulanan sistem için önemli değilse yapay ışıklandırma algoritmaları veya normalizasyon bağıntılarıyla giderilebilir. Bazı durumlarda ışıklandırma içerik oluşturulmasında önem taşıyabilir. Bu çalışmada sabit ışık yoğunluğundan faydalanılarak içeriklerin oluşturulduğu gözlemlenmiştir. İçerikler belli bir açıyla gelen ışığa göre şekillendiğinden çalışmada anahtar etken olarak rol almıştır.

4.3. Viola Jones Algoritması Eğitimi ve Adaptive Boosting

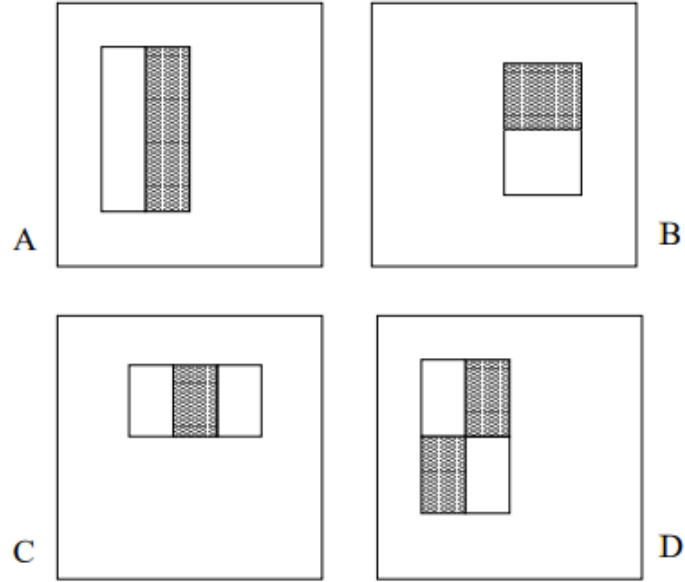
Adaptive Boost Algoritması (ADB) HAAR-Like içeriklerinin eğitimini gerçekleştirir. Aslında HAAR-Like içerikleri belirli bir alanı maskeleyen dikdörtgen yapıları basit sınıflandırıcılardır. Basit sınıflandırıcılardır, çünkü bir fotoğraf üzerinde belli yerleri sınıflandırabilir. Ancak bilindiği gibi fotoğraflar değiştiğinde bu belirli yerler farklı içeriklere sahip olacağından dolayı HAAR-Like içerikleri o bölgede doğru sınıflandırma yapamayacaktır. Ancak belirli bir

objenin örnekleri üzerinden olasılık modeline göre en uygun olan ve en fazla var olan HAAR-Like içerikleri bulunursa o zaman düzgün bir sınıflandırma yapılabilir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. VJNT algoritması için genellikle popüler olan Lena fotoğrafı üzerindeki uygun HAAR-Like içeriklerinin bir kısmını içeren fotoğraf (Flickr, 2012)

HAAR-Like içerikleri veya sınıflandırıcılar (HLS) insan yüzünde belirli bölgeleri düzgün şekilde maskeleyerek sınıflandırır. Göz, ağız, burun, kaş ve çene altında bulunan çizgisel yüz belirleyici içeriklere uygun gelen HLS o bölgeyi kendi başlarına sınıflandırabilirler. Bir insan kaşı için kaş bölgesinin hemen üstü parlak, kaşın kendisi ise daha koyu renklerde ve siyaha yakındır. Bu bölge uygun gelecek şekilde bir veya daha fazla HLS ile sınıflandırılabilir. HLS içerikleri Macar bilim adı Alfréd Haar'ın Haar wavelets içeriklerinden esinlenerek geliştirilmiştir. Her obje için HLS olabilir. Ayrıca, 24x24 piksellik bir görüntü için olası yaklaşık 160 bin HLS vardır. Bu değer piksel sayısının artmasıyla üstel olarak artmaktadır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. VJNT algoritmasının kullandığı temel yapıları HLS örneklerinden birkaçı (Viola, Jones, 2001)

HLS'ler farklı çalışmalarda farklılık gösterebilir. Ancak genel olarak kullanılan içerikler Şekil 4.2'de belirtildiği gibidir. Bunun yanında VJNT algoritmasını güçlü kılan bileşen integral algoritmasıdır. Bir fotoğrafın en üst pikselden başlayarak tüm piksellerinin parlaklık seviyeleri toplanır. İşlem ayrıca soldan sağa ve yukarıdan aşağı olmak kaydıyla gerçekleşir. Yinelemeli olarak integral alındığından hızlıdır. İntegrali alınan bir görsel verinin yeni görseli en uçtan olmak kaydıyla fotoğrafın soldan sağa ve aşağıya doğru koyulaştığı görülür. Çünkü çevrilen yeni görsel birikimli olarak koyulaşma eğilimdedir. Bunun sağladığı fayda HLS içeriklerinin çok basit şekilde hesaplanmasından dolayıdır. İntegrali alınan bir görselin her bir pikseli artık kendinden önceki piksellerin parlaklık seviyelerinin toplamına denktir. Basit bir yaklaşımla, bir görsel hayal edilsin. Bu görsel üzerinde kavramsal olarak basitleştirilmiş bir dikdörtgenin konumlandırıldığı varsayalım. Dikdörtgenin *A*, *B*, *C* ve *D* köşeleri görsel üzerinde herhangi bir konumda bulunmaktadır. Soldan sağa olmak üzere *A* ve *B* dikdörtgenin üst köşeleri *C* ve *D* dikdörtgenin alt köşeleridir. Dikdörtgenin bu köşeler içinde kalan alanının parlaklığı şu şekilde kolayca hesaplanacaktır.

$$\text{Dikdörtgenin Parlaklık Alanı} = (D \text{ pikselinin parlaklığı} - B \text{ pikselinin parlaklığı} - C \text{ pikselinin parlaklığı} + A \text{ pikselinin parlaklığı}) \quad (4.1)$$

Denkleme göre dikdörtgen hangi konumda bulunursa bulunsun hesap sadece toplama ve çıkarma işlemi şeklinde gerçekleşecek ve oldukça az maliyetli bir hesaplama yapılacaktır. Bu dikdörtgen veya kare olabildiği gibi farklı dilimlere ayrılmış ve farklı bölgelerin hesabını yapacak şekilde organize edilmiş olabilir. Ayrıca HLS içerikle çok farklı kombinasyonlara göre de tasarlanabilir. Bir HLS kare ve eşit şekilde ikiye bölünsün. Karenin bir parçası daha parlak noktaları hesapladığı bir parçasının da koyu renkli noktaların toplamını hesapladığı düşünölsün. Bu içerik uygun bir görsel parçaya konumlandırıldığında, koyu renklerin toplamı parlak renklerin toplamından fazla gelecektir. Bu o noktada bir HLS vardır anlamına gelir. Tabi ki bahsedildiği gibi 24x24 piksellik bir görsel örüntü için bu sayı oldukça fazla olabilir. Bu sayı oldukça fazla işlem yükü getireceğinden ADB algoritmasına ihtiyaç duyulur. Bunun bir diğer getirisi ise ilgili objeden örneklerin alınması demektir. Çünkü olasılık yaklaşımı ile bir objenin içeriklerinden en uygun ve en çok bulunan HLS içeriklerinin seçilmesi toplam HLS sayısını azaltacak ve işlem yükünde hafifleme sağlayacaktır. ADB algoritması ilk uygulanabilir makine öğrenmesi olarak literatürde yerini almıştır. Oldukça yüksek başarımlı değerine sahip olmakla birlikte eğitim esnasında büyük işlem maliyeti sunar. ADB algoritması VJNT algoritmasında şelale sınıflandırıcı oluşturma görevini üstlenir. ADB eğitimi sağlanırken pozitif ve negatif örneklere ihtiyaç duyulur ve eğitimin ilk aşamasında her bir örnek için eşit ağırlıklar atanır. Bu sayede doğal eleme işlemi için ön hazırlık sağlanır. Bu nedenle $i = 1, \dots, m$ olmak üzere (x_i, y_i) ve $y_i \in \{-1, 1\}$ şeklinde ikililerden oluşur. Burada m pozitif ve negatif örneklerin toplam sayısı, x örnekler ve y sınıf belirleyicisidir. Sınıf belirleyici eğer 1 ise pozitif -1 ise negatif örnekleri belirtir. Bu örneklerin sınıfları kullanıcı tarafından önceden belirli olarak ADB algoritmasına sunulur. Aslında bu yaklaşım denetimli öğrenme yaklaşımına tekabül eder. Her bir HLS için örnekler sırayla değerlendirilir. Bu değerlendirme her bir aşamada tekrar tekrar yapılır. Bu nedenle HLS içeriklerden 100'de 50'nin aşağısında hata oranı varsa bu HLS değerlidir. Çünkü rastgele sınıflandırmadan daha iyi bir orana sahiptir. Her turda örnekleri

sınıflandırmada en az hataya sahip olan HLS o turun kazananı ve belirleyicisidir. Bir sonraki turda içeriklerin ağırlıkları kazanan HLS'nin hata fonksiyonuna göre belirlenir.

$$\alpha_t = \frac{1}{2} \log \left(\frac{1 - W_{a(t)}}{W_t} \right) \quad (4.2)$$

α_t , turun galip gelen HLS'sinin ağırlığı $W_{a(t)}$, o turun en az hata yapan HLS'sinin hata oranını belirtir. Bu durum her HLS için her aşamada tekrar tekrar hesaplanır. Bu aşamalar, HLS içerikleri 100'de 50'nin altında hata oranına sahip olmadıklarında eğitim sonlandırılır. Yani son tur aslında kalan HLS'lerin 100'de 50'nin altında hata yapamadıkları anlamına gelir ve artık eğitimin devam etmesinin önemli olmadığı anlamına gelir. Son durumda elde edilen güçlü sınıflandırıcı bağıntısı aşağıda verilmiştir.

$$H(x) = \text{sign} \left(\sum_{t=1}^T \alpha_t \cdot h_{a(t)}(x) \right) \quad (4.3)$$

$H(x)$, son durumdaki güçlü sınıflandırıcı, T son başarılı tur yani 100'de 50'nin altında hata oranına sahip HLS barındıran tur, t o anki tur, $h_{a(t)}(x)$ o anki turda seçilen HLS'dir.

$H(x)$ ADB algoritması tarafından inşa edilen zayıf sınıflandırıcıların oluşturduğu güçlü sınıflandırıcıdır. Dikkat edilirse her turda ağırlıklar güncellenerek bir sınıflandırıcı seçilimi sağlanır. Her turda seçilen en az hata yapma potansiyeline sahip HLS bulunur. Bir turda birden fazla ve sırayla en az hata yapan içeriklerin seçimi yapılmaz. Sürekli olarak her turda bir tane HLS bulunur ağırlıklar güncellenir tekrar ağırlık hesabı yapılır ve süreç devam 100'de 50'nin altında hata oranına sahip HLS bulunamayınca kadar devam eder.

İlgili objenin en saf ve temiz örneklerinin eğitim algoritmalarına sunulması gerekmektedir. Çünkü ufak iterasyonlara sahip örneklerin içerikleri olasılık çıkarımı açısından önemlidir. En fazla bulunan içerik objenin tanınmasında önemli etkindir. İçeriklerin, sunulan örneklerdeki olasılık dağılımına göre en

fazla olanı nesne tanınmasında yapıtaşdır. Çünkü standart sapması fazla olan örneklerden çıkarılacak olan içeriklerin doğruluk değerleri düşük olacaktır. Bu mantığa göre ufak değişimlere sahip örnekler en belirgin içeriklerin elde edilmesine ve ilgisiz içeriklerin elenmesine neden olacaktır. Ancak eğitime sunulan örneklerin görsellerindeki ani ve tutarsız değişimler en uygun içeriklerin seçilmesini engelleyebileceği gibi uygun olmayan içeriklerinde seçilmesine sebebiyet verecektir. ADB, VJNT algoritmasının gövdesini oluşturan aşamadır. Çünkü en uygun HLS'lerin bulunması ADB algoritması sayesinde gerçekleşir. VJNT algoritmasının geneli baz alındığında, ADB algoritması yoğun hesap yüküne sahip aşamadır. Ancak bu aşama sadece eğitim esnasında gerçekleşir. Örneklerin VJNT algoritmasına sunulması ve en uygun HLS'lerin seçilmesi günler hatta aylar sürebilir. Bu alınan örneklerin yapısına, VJNT algoritmasının örnekleri dönüştürdüğü vektör çerçeve boyutuna seçilen ADB algoritması varyansına ve eğitimin gerçekleştirildiği sistemin özelliklerine bağlı olarak değişir. Buna ek olarak genişletilmiş HAAR içerikleride etki etmektedir. ADB algoritması sürekli olarak ve aşamalar halinde hesaplamalar yapar. Bu hesaplamalar genellikle ondalık sayılar, logaritmik fonksiyon ve üstel fonksiyon şeklinde yineleyerek gerçekleşir. Bu sebeple verilen örneklerin sayısı arttıkça eğitim maliyeti artacak ve eğitim süresi uzayacaktır. Farklı ve popüler platform sağlayıcılar farklı ADB algoritmaları kullanabilirler. Bunların bir kısmı birden fazla ADB algoritması varyansını destekleyebilir. Aynı şekilde genişletilmiş HLS seçeneğini kullanıcı insiyatifine bırakan platformlarda mevcuttur. Genişletilmiş HLS'ler işlem yükünü artırmaktadır. Çünkü genişletilmiş HLS'ler standart HLS'lere içeriklerine ek olarak eğimlendirilmiş dikdörtgensel yapıları da kullanır. Sadece dikdörtgensel bölgelerden elde edilen parlaklık değerlerinin elde edilmesi oldukça kolaydır. Çünkü basit alan hesabı prensibine dayanır. Ancak eğimlendirilen HLS'ler, alt içeriklerinin bulunduğu bölgelerdeki çevreleyen alandaki parlaklık değerlerini elde etmesi eğim hesabını zorunlu kılar. Eğimlendirilen iç bölge içeriklerinin sınır bölgelerindeki piksellerin koordinatlarının bulunması ancak eğim hesabı ile mümkündür. Buna benzer olarak dairesel içeriklere sahip iç bölge ayırıştırıcı algoritmalarda mevcuttur. Ancak kullanımı sayılıdır. Dairesel iç bölgelerin sınırlarının hesaplanması ekstra işlem maliyeti oluşturur. ADB algoritması temel olarak pozitif ve negatif

örnekler üzerinde çalışarak en uygun HLS içeriklerinin seçilmesini yapar. Pozitif örnekler aslında kullanıcı tarafından belirlenen ve tanınmasının istendiği obje örnekleridir. Negatif örnekler ise ilgili objeyi içermeyen çevre örnekleridir. Negatif örnekler doğa, iç alan, yazı ve resim gibi farklı örnekler olabilir ve kısıtlama yoktur. Negatif örneklerin sisteme sunulmasındaki tek koşul tanınması istenen objenin içeriğine sahip olmamasıdır. Çünkü negatif örnekler daha önceden etiketlenerek ADB algoritmasına bildirilir. HLS'lerin doğruluk hesabı yapılırken negatif örneklerin sınıflandırılması gerekmektedir. Negatif örneklerin içerisinde ilgili objenin bulunması eğitimi negatif yönde etkiler ve sonuçları değiştirir. Negatif örnekler esasında tek bir renk içeren düz örneklerde olabilir. Ancak düzgün dağılımlı negatif örnek setinin sisteme sunulması her zaman daha iyi bir yaklaşım olacaktır. Çünkü negatif örnekler ile sistemde oluşturulacak hata üretimi daha düzgün dağılıma sahip olacaktır. Özetlenecek olursa, negatif örnekler sistemde bir miktar hata üretmek için kullanılır ve en uygun HLS'lerin tek başlarına pozitif ve negatif olarak işaretlenmiş örnekleri sınıflandırabilmesi ve ayırım yapabilmesini sağlar. Bu bir anlamda denetimli öğrenme şeklidir. Çünkü sisteme sunulan örnekler kullanıcı tarafından bildirilerek sunulurlar. ADB algoritmasına istenen obje ve ilgisiz objeler daha önceden bildirildiğinden HLS'ler bu örnekler üzerinden seçilir. Yukarıda belirtildiği gibi HLS'ler tek başlarına sınıflandırma sürecine sokulurlar. Aşamalı olarak gerçekleşen en uygun HLS seçilimi ile son aşamada güçlü sınıflandırıcı elde edilir. Güçlü sınıflandırıcı en uygun HLS'lerin kombine edilmiş halidir. Bu sebeple lineer sınıflandırma yapan ve lineer olarak filtreleme görevi gören bir algoritmadır denilebilir. Bir önceki bölümde bahsedildiği üzere HLS'lerin VJNT çerçevesindeki konumları sabittir. İşte bu sebepten dolayı en uygun HLS'ler nesne tanıma aşamasında ve VJNT çerçevesinde belirli bölgeleri filtreler. HLS'ler, bulundukları yerde hesap yapan filtreler olmakla birlikte ikili sisteme göre sonuç döndürür. Bu 0 ya da 1 sonuçlarını döndürmesi anlamına gelir. VJNT çerçevesi içinde bulunan güçlü sınıflandırıcıyı oluşturan en uygun HLS'lerin her biri kendi bölgelerine göre hesap yapar. Her bir hesabın sonucu toplamına göre güçlü sınıflandırıcı da ikilik sisteme göre bir cevap verir. Güçlü sınıflandırıcının yanıtına göre objenin varlık ve yokluk bilgisi elde edilmiş olunur. Her bir HLS'nin ürettiği sonuçların toplamı güçlü sınıflandırıcının

sonucunu belirler. Bu sebeple VJNT algoritması lineer filtreleme görevi üstlenen bir algoritmadır denilebilir. Buraya kadar olan kısımda genel içerikler ve örneklerden bahsedilmiştir. Ancak bahsi geçen HLS içeriklerin en uygun olanlarının neye göre seçildiğini açıklamamaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi ADB algoritmasının farklı varyansları bulunmaktadır. Ancak varyansları genel ADB algoritmasına çok yakındırlar ve miras almışlardır. Bu sebeple anlatım temel ADB algoritmasına göre yapılacaktır.

4.4. Test Ortamı için Kullanılan Objeler ve Yapısal Özellikleri

Örneklerin toplanması farklı bir yöntem ile gerçekleştirilmiştir. Genellikle bu ve benzeri çalışmalarda gelişmiş veri tabanları desteğinden faydalanılır. Bu veri tabanları aslında saygın veri tabanları olmakla birlikte bir kısmı ticari olarak bir kısmı halka açık olarak geliştiricilerin hizmetine sunulmaktadır. Kaynaklarından kâr amacı gütmeyen kurum ve kuruluşlar çoğunluktadır. Ancak yapılan çalışmalarda eğer bu kurumların verisi üzerinde birtakım uygulamalar geliştirilip deneniyorsa atıfta bulunmak zorunludur. Aksi halde yasal olmayan kullanım statüsüne girmektedir. Bazı çalışmaların fikrî tabanında yatan veriler o çalışmaya has içeriklere sahip olabilir. Bu veriler her tip veri kümesine ait olabilirler. Ses, fotoğraf, istatistiksel veriler veya video verileri olabilirler. Bunlar kendi içlerinde de alt parçalara ayrıldığından aslında mevcut veri tipi sayısı oldukça fazladır. Çalışmaların spesifik yapısına bağlı olarak istenen veriler bu kadar çeşitli büyük veri tabanlarında bile bulunmayabilir. Bulunsa bile çalışma mekânında test etmek için ya yetersiz ya da ön elemeyi geçirmeye muhtaçtır. Bahsi geçen çalışmada bu gibi problemlerle karşılaşmamak için örnek elde edilmesi aşamasında farklı bir yöntem uygulanmıştır. Çünkü test aşaması ve sınav ortamı için görsel veriler kullanılmıştır. Bu görsel veriler büyük ve saygın veri tabanlarından elde edilseler bile sınav ortamı için üç boyutlu düzlemde uygulanması mümkün olmayacaktır. Çünkü bu çalışmanın amacı hareketli bir mobil robotun doğrusal bir alanda ilerlemesi esnasında çekeceği görüntülerin analiz edilmesi prensibine dayanmaktadır. Veri tabanlarında elde edilecek veri setlerinin sıvanması, verilerin kâğıt ve karton gibi materyallere baskılarının yapılmasıyla sağlanabilir. Bu durumda doğrusal

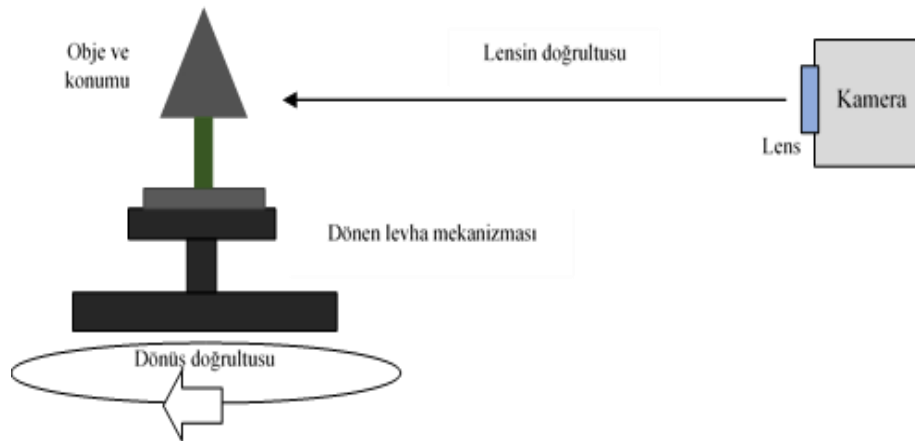
sınama yolunun belirli noktalarına dikey olarak baskı haldeki veri seti objelerinin konumlandırılmasıyla gerçekleşecektir. Bu yaklaşım yanlış olmamakla birlikte, çalışmanın kalitesini düşürecektir. Çünkü üç boyutlu düzlemde iki boyutlu ortam oluşacağından, üç boyutlu ortamın sunduğu farklılıklar ve obje kombinasyonları sınırlı olacaktır. Kâğıda baskısı yapılan obje görselleri gerçek ortamın sunduğu ışıklandırma gibi faktörlerden yoksun kalacak ve çok daha basite indirgenecektir. Kâğıda basılı objeler yerine, çalışmanın daha önceki bölümlerinde bahsedilen üç boyutlu maket objeler kullanılmıştır. Bu objelerin endüstrideki diğer bir adı terrarium objeleridir. Çalışmada terrarium objelerini oluşturan yapılar ağaç objelerinin sadece yapraklı bölgelerini oluşturan kısımlardır. Bunlar parçalı yapıya sahiptirler. Ev dekorasyonu için kullanılırlar. Bu bağlamda, gerçek bir bitki yapısının üç boyutlu yapısı ancak bu şekilde sağlanabilir. Aynı öz niteliklere sahip terrarium bitki parçaları ikili gruplanarak bir çubuk üzerinde sabitlenmiştir. Bu çubukların hangi maddelerden yapıldığı önemli olmamakla birlikte çok kalın değildirler. Yapıları anormallik içermeyen bu çubukların diğer bir ucu konik yapıdaki taban görevini üstlenen yapılara montelenmişlerdir. Bu sayede dikey olarak herhangi bir noktaya konumlandırılabilirler. Bu konumlandırma kabiliyeti sınama ortamında farklı varyasyonların elde edilmesini sağlamaktadır. Yukarıdaki mantık çerçevesinde toplamda dört adet bitki objesi oluşturulmuştur. Bunlardan iki tanesi yapısal içeriği bakımından diğerlerinden biraz farklıdır. Ancak bir bütün olarak değerlendirildiğinde standart bitki yapısının çok dışında düşünülmemektedir. Genel olarak bitki objelerinin yapraklı bölgeleri aynı renk aralığındadır. Aynı olmamakla birlikte, renkleri koyu yeşil tonundaki aralığa tekabül etmektedir. Oluşturulan bitki objelerinin taban konumdan en uç konuma olan yükseklikleri 42 ile 50 santimetre arasında değişmektedir. Bu değişken aralık test aşamasının genel işleyişini ve ölçümlerin hatalı yapılmasına neden olmamaktadır. Çünkü mobil robotun bitki objelerine olan uzaklığı kadrja giren görsellerde eksikliğe neden olmaz. Bitki objelerinin neredeyse her parçası tam olarak kadrja girmektedir. Bu nedenle tanıma sürecinde olumsuz etkisi olmaz.

Bitki objelerinin yanında, sınama ortamında başka objelerin de bulunması zorlayıcı durumların oluşmasını sağlayacak ve test kalitesini artıracaktır. Sınama ortamında bitki objelerinin yanında başka objelerin bulunması genel sistem için bir gürültü faktörüdür. Farklı objelerle sağlanan görsel görüntülerdeki içeriklere bağlı olarak yapılan tanıma, VJNT algoritmasının gürültüye sahip görseller üzerindeki davranışı ve başarısı test edilecektir. Bu sayede elde edilen başarı değeri arka fonu temiz ve tekdüze yapıdaki objelere göre değil daha zorlayıcı şartlara göre yapılacaktır. Bu bağlamda elde edilecek sonuç basit şartlara göre değil, daha zor şartlara göre oluşacaktır. Özetlenecek olursa, zorlu görseller üzerinde test edilen VJNT algoritmasının vereceği sonuç ölçülecektir. Ortamda görsel gürültü oluşturacak diğer obje maket ev objeleridir. Toplamda dört adet ev maketi test ortamında farklı senaryolarda kullanılmıştır. Maket evler piyasada herhangi bir e-ticaret sitesinden kolayca alınabilen ürünlerdir. Ortam gürültüsü oluşturmak için kullanılan bu maket evlerin boyları yaklaşık 35 santimetre ve genişlikleri 20 santimetre kadardır. Ev objelerinden üçü aynı biri farklı yapıdadır. Ancak maket yapısı olduğundan her bir yüzey farklı içeriklere sahiptir. Bir yüzü iki pencere, bir yüzeyi daha fazla sayıda pencere, kapı ve balkon gibi içeriklere sahiptir. Diğerlerinden farklı içeriğe sahip ev maketinin yüzeyleri daha karmaşık yapılar içermektedir. Ayrıca özdeş yapıdaki ev objelerinden bir tanesinin bir yüzeyi bitki objelerinin yapraklarını oluşturan koyu yeşil tonundaki renge boyanmıştır. Bir yüzeyi yeşil renge boyanan ev objesinin kullanılmasının nedeni nesne tanıma esnasındaki zorlayıcı durumu bir adım daha ileri taşıması içindir. Koyu yeşil renge boyanan ev objesinin bu yüzeyi bitki yapraklarıyla iç içe geçtiği durumlarda VJNT algoritmasının doğruluğunu ölçmek amaçlı kullanılmıştır. Çünkü daha önceden de belirtildiği gibi aynı renk uzayında bulunan renklerin parlaklık seviyeleri birbirine yakındır. VJNT algoritması renklerle uğraşmadığı aşikâr olmakla birlikte, göreceli olarak renge duyarlıdır. HLS içeriklerin ADB aşamasında seçilmesi parlaklık seviyeleri üzerindeki süreçlere göre işler. Koyu yeşil renge boyalı yüzey ile bitki objesi iç içe geçtiği durumlarda VJNT algoritmasının hangi objeyi tanıyacağı durumu bu çalışmada büyük önem taşımaktadır. İç içe geçmiş durumlarda VJNT algoritmasının koyu yeşil renge boyalı bir yüzeyi değil, bitki

objesini tanıması ve işaretlemesi kıymetli bir durumdur. Kavram gereği; zor durumlardaki başarı, gerçek başarı değerine daha yakındır.

4.5. Örnek Toplama Yöntemi

Test ortamını oluşturan objelerin elde edilmesinin ardından bu objelere ilişkin görsel örneklerin alınması ve veri setinin oluşturulması gerekmektedir. Bu kısımda örneklerin alınması işleminin manuel olarak yapılması uğraştırıcı bir iştir. Teker teker her bir objeden farklı açılarda görsel örneklerin alınması ve alınan görsellerden ilgili objeye ilişkin kısımların çıkartılıp VJNT algoritmasının eğitim aşamasına girdi olarak amacıyla sürekli ve yavaş hızda dönen bir levha düzeneğinden faydalanılmıştır. Dönen levha üzerine yerleştirilen bitki ve ev objeleri sürekli olarak y koordinatına göre döneceğinden, referans bir noktadan bakıldığında zamana bağlı olarak farklı yüzeylerin bu referans noktasına göre iz düşümleri elde edilecektir. Aşağıda sürecin işleyişine ilişkin grafik paylaşılmıştır (Şekil 4.3).

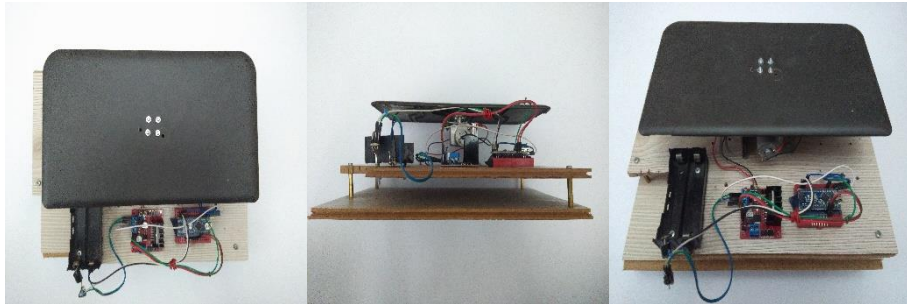


Şekil 4.3. Objelerden örnek toplama mekanizması

4.6. Örnek Toplama Mekanizması ve Tasarımı

Dönen levha mekanizmasının tasarlanması oldukça kolaydır. Çünkü düşük hızda dönen bir DC motor, motor sürücü, Arduino tipi mikroişlemcili kart ve güç kaynağı yeterlidir. Geri kalan kısmı, zeminde ağırlığı ve dengeyi sağlayabilecek materyallerden oluşmaktadır. Tasarlanan dönen levha mekanizmasında

kullanılan DC motor yüksek torklu olmakla birlikte dakikada yaklaşık 6 tur dönebilmektedir. Yüksek torka sahip olması, DC motorun kendisine bir metal gövde aparat ve ona bağlı sert plastik levhanın oluşturacağı ağırlıktan kaynaklanmaktadır. Üzerine yerleştirilen objelerin ağırlığı da buna etki edecek ve DC motorun zorlanması artacaktır. Düşük hızda tur atmasına karşılık yüksek torklu olmasından dolayı, üzerine konan objelerin ağırlıklarından kolayca etkilenmeyecektir. Böylece objelerin ağırlığına göre değişken tur sayısının (RPM) önüne geçilmiş olunur. Dönen levhanın taban kısmı bir suntadan oluşturulmuştur. Bu suntanın köşelerinden açılan M3 vida genişliğindeki yollara M3 somunlar vidalanarak yerleştirilmiştir. Bu sayede tabanda bulunan suntanın bir kopyası zemin olarak eklenmiştir. İkinci katın zeminini oluşturan sunta, tabanda bulunan suntaya bağlı somunlarla vidalanmıştır. İkinci katta bulunan somun, AMİ mikro işlemcili kart, 18650 2'li Li-on pil yuvası, DC motor ve onu tutacak olan metal aparatlar ve L298n DC motor sürücü kartın tutunacağı zemini hazırlamıştır. Sunta levhalar sıkı yapılı olduğundan üzerlerine açılan M3 vida yolları ile parçalar belirli konumlarda yerleştirilmiştir. Zeminin sıkı yapılı olması ve parçaların kolayca ve düzgünce yerleştirilmesi taşınabilirliği de kolaylaştırdığından farklı alanlarda örnek alınımını iyi bir şekilde sağlamaktadır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Dönen levha mekanizmasının üstten, yataydan ve çapraz açıdan çekilmiş fotoğraflarına ilişkin örnek görseller

Ek olarak DC 6 RPM'lik DC motorun düzgün çalışma gerilimi 12–18 Volt arasındadır. Hali hazırda bulunan 2'li 18650 Li-ion pil yuvasından sağlanabilecek gerilim 18650 Li-ion pillerin seri bağlanması durumunda en fazla 8,4 volt kadar olacağından çok ufak düzeyde hız ve tork gerilemesi

meydana gelmiştir. Ancak ihmal edilebilir bir seviye olduğundan çalışmanın genel sürecini etkileyen bir durum değildir. Ayrıca 2'li 18650 Li-ion pil yuvasının pozitif çıkış hattına 6 amper 1000 volt diyot lehimlenmiştir. Bilindiği üzere 18650 Li-ion piller denemeler ve testler esnasından birçok kez şarj edilmiştir. Ters bağlanmaları durumunda ani olarak kısa devrelere neden olmaktadır. Çünkü bu piller yapısı gereği yüksek gerilimli ve oldukça fazla akım sağlayabilmektedir. Bu akım değeri multimetre ile ölçüldüğünde 15-20 Ampere ulaşabildiği gözlemlenmiştir.

4.7. Objelerden Örnek Toplama Öncesi Mobil Robotun Konfigüre Edilmesi

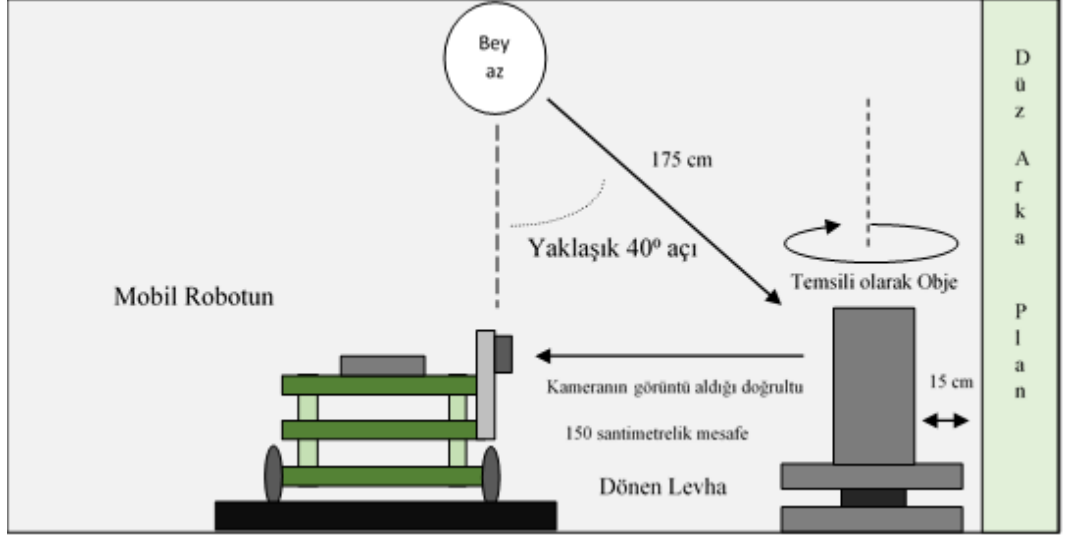
Dönen levhanın tasarlanmasından sonraki aşama örneklerin alınmasıyla devam etmektedir. Örneklerin fotoğraflarının çekilmesi daha önce tasarlanan mobil robotun kamerası kullanılarak gerçekleşmiştir. Öncesinde hazırlanması gereken birkaç durum söz konusudur. RB3 kart bilindiği gibi küçük bir bilgisayar yapısındadır. 32 GB'lık bir SD class 10 tipi mikro depolama kartına kurulan işletim sisteminin kart soketine takılmasıyla çalışabilmektedir. Class 10 tipi SD kartın seçilmesinin nedeni hem RB3 vakfı hem de saygın çevrelerce önerilmesinden dolayıdır. Çünkü Class 10 tipi günümüzde en hızlı okuma ve yazma oranlarına sahip SD kartlardır. Üzerinde bir işletim sisteminin verimli bir şekilde çalışması ancak bu tip SD kartlarda sağlanabilir. Tabi ki diğer sınıflara ait SD kartlar üzerinde de işletim sistemlerinin çalışması mümkündür ancak iyi bir performans gözlemlemek söz konusu olmayacaktır. Bu SD karta RB3 için desteklenen herhangi bir işletim sistemi yüklenip çalıştırılabilir. Çalışmada tercih olarak Linux dağıtımlarından biri olan Raspbian işletim sistemi kullanılmıştır. Microsoft'un sunmuş olduğu IoT işletim sistemi de mevcuttur ancak performans bakımından Linux dağıtımlarının kullanılması daha uygun bir yaklaşım olacaktır. Linux işletim sisteminin SD karda kurulmasından sonra RAM paylaşımının organize edilmesi gerekmektedir. Organize işlemi SD karta kurulan config dosyası üzerinden yapılabileceği gibi RB3 kartın Linux işletim sistemini ön yüklemesinden sonra da yapılabilir. RAM paylaşımının temel amacı, ortak kullanılan video belleğinin paylaşılması esasına dayanır. Video ve grafik süreçlerinin daha hızlı ve uygun şekilde gerçekleştirilebilmesi için 128

MB RAM RB3 üzerinde gömülü ve built-in olarak gelen grafik işlemciye paylaştırılmıştır. Ancak 128 MB RAM'in üzerinde bir paylaştırma işleminin yapılması OpenCV 3.4.2 versiyonunun derlenmesi sırasında birtakım problemlere yol açmaktadır. Çünkü OpenCV açık kaynak kodlu bir kütüphanedir ve pre-built olarak sunulur. Son zamanlarda farklı yükleme metotları sağlanmakla birlikte pre-built dosyaların derlenmesi yöntemi daha popülerdir. RAM paylaştırma işleminin ardından, OpenCV 3.4.2'nin kurulumu ve derlenmesi gerçekleştirilebilir. Bazı OpenCV versiyonlarının derlenmesi RB3 kart ve Raspbian işletim sistemiyle birlikte problemler çıkarabilmektedir. Problemsiz ve kararlı çalışma yapısına sahip 3.4.2 versiyonun seçilmesi bu yüzdendir. OpenCV nin bu versiyonu ayrıca Windows işletim sistemi için de kararlıdır. OpenCV ve Raspbian kurulum ve yükleme işlemleri burada anlatılmayacaktır. Yayıncıların ve içerik sağlayıcıların resmi sitelerinde gerekli kurulum adımları belirtilmiştir (OpenCV, Raspberrypi, 2020). Bu kurulumlara ek olarak PiCamera kütüphanesi gerekmektedir. Çünkü PiCamera kütüphanesi RB3 kartın kamerası için geliştirilen açık kaynaklı bir kütüphanedir. Tam uyumlu olarak tüm kamera aksiyonları kusursuz şekilde desteklenmektedir. PiCamera Python programlama dili üzerinde programlandığından anlaşılması ve gerekli algoritmaların tasarımı oldukça kolaydır. PiCamera modülü içinde birçok aydınlatma ve görsel kalite artırmaya yardımcı olan algoritmalarla birlikte hizmet sunar. Bu sayede kullanıcı dostu bir modül olarak kullanıcının yükünü hafifletir. Aynı şekilde gerekli yönergeler ve kullanım-programlama yönergeleri hem RB3 resmî sitesinde hem de geliştiricilerin resmi sitelerinde mevcuttur (Raspberrypi, Pypi, 2020).

4.8. Obje Örneklerinin Toplanacağı Ortam ve Koşullar

Yukarıda belirtilen tüm hazırlıklar yapıldıktan sonra örnek alımlarına ilişkin koşulların belirlenmesi gerekmektedir. Bahsi geçen koşul; örneklerin fotoğraf kalitesi, örneklerin fotoğraflarının alınacağı ortam ve arka plan, ortam ışıklandırması ve hangi aralıklarda örneklerin alınmasıyla ilişkilidir. Objelerin fotoğraflarının çekilmesi ve çekilen bu fotoğraflardan örnekler çıkartılması için birinci koşul ışıklandırmanın düzgün sağlanmasıdır. Çünkü normallerin dışında

ortama sağlanan ışıklandırma VJNT algoritmasının eğitim aşamasını doğrudan etkileyecektir. Objeler ne olursa olsun ışıklandırma objeler üzerinde değişime yol açan birinci faktördür. Çalışma kapsamında ortam bir evin boş odasında seçilmiştir. Genel olarak çok fazla güneş almayan bir ortam olduğundan ışıklandırmanın kontrol edilebilirliği sağlanmaktadır. Ortamın aydınlatması 8 Watt gte, beyaz ışık 6500K' lık bir led ampul ile sağlanmıştır. Beyaz ışığın kullanılmasının nedeni, objelerden yansıyan ışınların yaklaşık olarak kendi renklerinde ve parlaklıklarında kamera sensörünün alıcısına ulaşmasından kaynaklanmaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi VJNT algoritması renkler üzerinde çalışmaz ancak renklerin karşılıklı düştüğü parlaklık uzayında dolaylı olarak etki meydana geleceğinden VJNT algoritmasının eğitimini etkileyecektir. İkinci parametre olan arka plan mümkün olduğunca temiz içeriğe sahip ve desensiz olması gerekmektedir. Çünkü alışma dahilinde yapılan farklı eğitimler arka plan içeriğine sahip örneklerde farklı sonuçlar meydana getirmiştir. Ancak bu eğitimlerin sadece en iyi sonucu vereni üzerinde tartışılacağından diğer eğitim aşamaları göz ardı edilecektir. nc olarak görüntülerin znrlklerinin 1024x768 olarak seçilmesi objelerden alınan fotoğrafların detay kalitesini iyi sağlayabilmesinden dolayıdır. RB3 kamerası daha yüksek znrlkleri de desteklemesine karşın objelerden alınan fotoğrafların depolanması ve işlenmeleri uzun süreceğinden yüksek znrlklerde fotoğrafların çekilmesi tercih edilmemiştir. Yüksek znrlkl fotoğraflar depolama biriminde daha fazla yer işgal edecektir. Bu yüzden her olası duruma karşı alınan fotoğraflar RB3 kartın SD kartına değil 32 GB lik bir USB flash karta depolanmıştır. Bu sayede alınan fotoğraf verileri daha güçlü bir dizüstü bilgisayar üzerinde işlenmiştir. Son aşama ise dönen levha mekanizmasının düzgün bir arka plan ve zemin üzerinde, ışıklandırmanın geometrik doğrultusunda konumlandırılması ve bu mekanizma üzerine yerleştirilen objelerin fotoğraflarının hangi aralıklarda çekilmesi gerektirdiği ile ilgilidir (şekil 4.5).



Şekil 4.5. Objelerin fotoğraflarının çekildiği ortam, mobil robot, dönen levha, ışık kaynağı ve diğer bileşenlerin konumları ve mesafeleri

Örneklere ilişkin fotoğraflar alınırken dönen levhanın pozisyonu arka planı oluşturan duvardan yaklaşık 15 cm kadar ayrıktır. Çünkü objeler arka plana ne kadar yaklaşık olurlarsa o kadar fazla gölge oluşturmaktadırlar. Bunun önüne geçmenin en kolay yolu arka plan ile dönen levha mekanizmasının arasına mesafe koymaktır. Ayrıca mobil robot ile dönen levha arasında yaklaşık 150 cm'lik mesafe bulunmaktadır. Yine aynı şekilde ışık kaynağı ile dönen levha arasında 175 cm'lik bir mesafe vardır. Bu mesafe objelerin yüzeyinde ani parlaklık değişimlerine neden olmaz. Bu sayede ortalama bir ışık şiddetinde eşit dağılımlı bir aydınlatma sağlanmıştır.

4.9. Test Ortamında Kullanılan Objeler ve Örneklerin Toplanması

Örnek toplama levhası için bahsedilen koşullara göre objelerden alınan fotoğraflardan 360° derecelik dönme açısıyla normal şartların dışına taşmadığından benzer yapılara sahip örneklerin elde edilmesi kolayca sağlanacaktır. Objeler, uyumlu boyutlarda olmak şartıyla herhangi şekilde olabilir. Örneğin elma, armut, saat, telefon, maket yapıları eşyaların fotoğraflarının sırayla ve hızlıca çekilmesi oldukça kolaydır. Önce fotoğrafı çekilecek olan obje dönen levhanın dönme merkezine tam oturacak şekilde yerleştirilir. Çünkü objelerin fotoğraflarından kırılarak elde edilecek olan ilgili alanın örnekleri

birkaç satır kodlamayla seri şekilde gerçekleştirilecektir. Yüzeyde oturmayan objelerin fotoğrafları alınırken ilgili alana ait örneklerin kayması, istenen örnek alma kalitesini sağlamayabilir. Ayrıca çalışma dahilinde 360° derecelik dönme açısının dışında da açılar kullanılabilir. Örneğin bir insan yüzü modeli içeren obje için 45° derecelik sağa ve sola dönme hareketi ile fotoğraflar çekilebilir. Bu kullanıcının objelerden alacağı örneklere göre değişebilir. Objeye fotoğraflarının seri bir şekilde ve aynışmanın önüne geçmek için zamanlama ve değişken zaman kaydırmaları şeklinde uygulanmıştır. Daha önceden de bahsedildiği gibi bu objelerden sadece üçünün fotoğrafları çekilmiştir. Bitki objelerini içeren görselde soldan birinci ve sağdan ikinci objenin bitki kısmını oluşturan bölgeler aynı içeriğe sahip olduğundan eğitim esnasında sadece üç objenin örneklerini içeren veri seti kullanılmıştır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Bitki objelerini oluşturan yapılar

Yinede her bir objeden 10000 adet olmak üzere 40000 fotoğraf toplanmıştır. Bir objeden elde edilen 10000 fotoğrafın RB3 kamera tarafından çekilmesi ve 32 GB'lık USB flash diske kaydedilmesi yaklaşık 13150 saniye kadarlık süre harcamıştır. Her saniye için fotoğraf çekmek yerine değişken zaman aralıklarına göre fotoğraflar çekilmiştir. Bu işlemin yapılması 0 ile 1 arasında uniform dağılıma göre olarak oluşturulan kaya noktalı sayıların üretilmesiyle sağlanmıştır. [0, 1] arasında düzgün dağılıma sahip sayılar üretilir, üretilen sayı saniye olarak gecikmeye yansıtılır. Aşağıda gecikmeyi sağlayan Python programlama dili ile yazılan kod parçası verilmiştir.

```

kp = 0
while kp < 10000:
    b = random.uniform(0, 1)
    time.sleep(0.1 + b)
    #ledopen()
    time.sleep(0.1)
    kamera_pick(kp)
    time.sleep(0.1)
    #ledclose()
    kp += 1
    print("Random wait time -> {}, Picture Queue -> {}".format(b,
kp))

```

Kp ile belirtilen değişken sayaç olarak kullanılmış ve kayıtların düzgün etiketlenmesinde görev almaktadır. ledopen() ve ledclose() fonksiyonları kod içerisinde belirtilmemekle birlikte tasarlanan power ledleri flash olarak kullanmayı sağlamaktadır. Ancak kullanıma power ledli flash düzeneği örnek alımlarında kullanılmadığından anlatılması gerekli görülmemiştir. Burada dikkat edilmesi gereken husus, kameranın fotoğrafı çekme gecikmesi ve sistemin olası yanlış tepkilerini önlemek içinde 0, 1 saniyelik gecikmeler eklenmiştir. Bu doğal olarak toplam süreyi etkilemektedir. Gecikmelerin düzgün dağılıma sahip olarak sağlanması, aynı fotoğrafların birden çok çekilmesini engeller. Ayrıca her yüzeyin tamamının taranmasına yardımcı olur. Çünkü belirli bir zaman aralığı belirtilerek elde edilen fotoğraflarda, dönen levhanın hızına bağlı olarak aynılık meydana gelecektir. Şöyle ki; dakikalık 6 tur atan DC motora göre, 1 saniyelik zaman aralığına sahip fotoğraf çekilme işlemi neredeyse hep aynı fotoğrafların çekilmesine neden olacaktır. Ancak düzgün dağılıma sahip gecikmelerle aynılığın önüne büyük oranda geçilmiş olunur. Bu bilgilere ek olarak ham olarak elde edilen fotoğrafların 10 binlik gruplarının her biri USB flash depolama biriminde yaklaşık 3,75 GB yer tutmaktadır. Ev objelerini oluşturan maketlerden alınan fotoğraf örnekler de aynı yöntem ile gerçekleştirilmiştir. Bu objeler VJNT algoritmasının negatif örneklerini oluşturan objelerdir (Şekil 4.7).



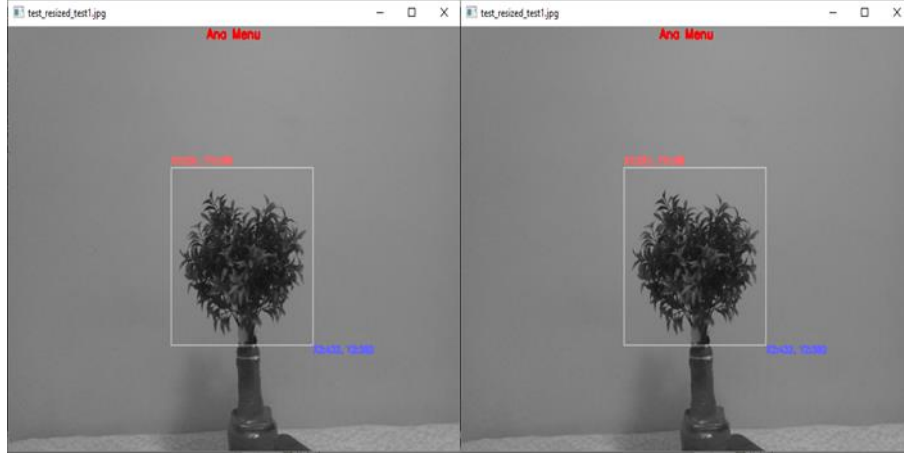
Şekil 4.7. Ev objelerini oluşturan maket evlerin dönen levha üzerindeki görselleri

Negatif objeler grubunu temsil eden fotoğraflar her obje için 2 bin tane olmak üzere 8 bin tanedir. Bunlardan rotasyon ve parçalama yapılarak 40 bin alt negatif örnek elde edilmiştir. Ancak VJNT algoritmasının eğitim aşamasının gerçekleştirilmesi bir dizüstü bilgisayarda yapılmasından dolayı elde edilen bu alt negatif örneklerin sadece 3000 tanesi eğitime dahil edilmiştir. Ancak bu yöntem ile istenen objelere ilişkin birçok fotoğraf çekilip örnekler türetilir. Bu sayede çok kısa sürede gerek pozitif gerek negatif örnekler olsun birçok fotoğraf kolayca elde edilebilir. Üstelik her objenin maketi üzerinden gerçek dünya objeleri için çözümü sağlanabilir.

4.10. Bitki Objelerinden Alınacak Örnekler için Bölge Yaklaşımı

OpenCV kütüphanesi RB3 üzerinde kurulduğu gibi aynı şekilde veri setinin eğitileceği dizüstü bilgisayara da kurulması gerekir. Geliştiricilerin resmi internet sitesinde (Opencv.org) belirtilen yönergeler adım adım uygulanarak OpenCV 3.4.2 versiyonu derlenir ve kurulur. Daha sonrasında VJNT algoritmasının uygun şekilde çalışabilmesi ve toplanan obje fotoğraflarının vektör formatına dönüştürülmesi gibi işlemleri gerçekleştiren araçlar .exe formatında OpenCV'nin kurulu olduğu alt dosyalarda oluşur. VJNT algoritmasının eğitim aracından önce diğer araçlarda bir dizi işlemlerin yapılması gerekir. Bu araçlar aslında objelere ilişkin fotoğraflardan sunulacak

örneklerin seçilmesi sonrasında vektör dönüştürücü aracın çalıştırılması işlemine tekabül etmektedir. Toplanan objelerden örneklerin elde edilmesi yine OpenCV kütüphanesinden yola çıkılarak programlanmış ve çalışma dahilinde ara görev üstlenen bir araçtır. Bu çalışmada yazarların kendi oluşturmuş olduğu program ile otomatikleştirilmiş örnek alım yöntemi geliştirilmiştir. Çalışmanın odak noktasını oluşturmadığından detaylara değinilmeyecektir. Daha önceki VJNT algoritması anlatılırken objelerden alınacak olan örneklerin objelerin ilgi bölgelerinden bahsedilmişti. Örnekler objelerin ilgi bölgelerine göre alındığında o objenin ilgili bölgesi eğitileceğinden tanıma sadece o bölgede gerçekleşecektir. Çalışmada pozitif örnek grubunu oluşturan bitki objelerinden alınacak örneklerin hangi bölgelerinden alınacağı önemlidir. VJNT algoritmasının eğitime sunulacak olan örnekler bitki objelerinin bol yapraklı kısmını oluşturan bölgelerinden elde edilmiştir. Objelere ilişkin fotoğraflar dönen levha ortamında çekilirken arka planı oluşturan bölgede dahil olmaktadır. Bu nedenle eğer alınan örnekler bitki objesinin çevresindeki bir miktar arka planı içeriyorsa VJNT algoritmasının ADB aşamasında elde edilecek olan içerikler buna göre değişecektir. Ancak bitki objelerinden alınacak olan örnekler bitki objesinin sadece yapraklı bölgesini içeren örneklerden oluşacaksa ADB algoritması tarafından seçilecek olan HLS'ler ve dolayısıyla güçlü sınıflandırıcının modeli de değişecektir. Objeden alınacak örnekler alındığı bölgelere göre ADB algoritması yorumlanacak ve güçlü sınıflandırıcıyı oluşturan zayıf sınıflandırıcı içerikler obje bölgesine göre farklılık gösterecektir. Dikkat edilmesi gereken durum ise objenin belirli bir bölgesinden alınacak örnekler aynı bölgelere ilişkili olmasıdır (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Bitki objesinin dış kısmından alınan örnekleri içeren görseller ve bitki objelerinin dış kısmındaki parlak dörtgen örnek koordinatları

Bitki objesinin bol yapraklı bölgesinden alınan örneklerin koordinat noktalarının kare özelliği göstermesi önemlidir.

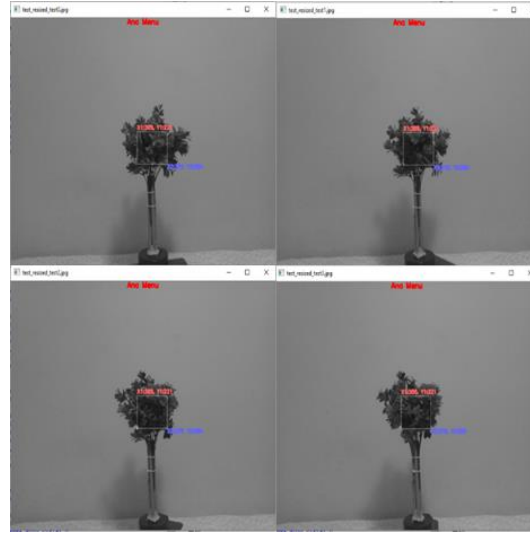
4.11. Toplanan Örneklerin Vektör Formatına Dönüştürülmesi ve Önemli Noktalar

OpenCV'nin vektör dönüştürme aracına sunulan örnekler yine kare boyutlarda sıkıştırılıp işleneceklerdir. Eğer alınan örneklerin boyutları tutarsızlık içerirlerse OpenCV vektör dönüştürme aracında sıkıştırılmaları esnasında boyutsal tutarsızlıklar oluşacaktır. Çünkü vektör formuna dönüştürme işlemi, kullanıcının girdiği x ve y değerlerine göre sabit kalacağından alınan tutarsız boyutlardaki örnekler x v y değerlerine dönüştürülecektir. Tutarsız boyutlarda örneklerde içerik değişimleri meydana gelecektir. Aynı şekilde eğer objeden alınacak olan örnekler dikdörtgensel içeriğe sahipse OpenCV vektör dönüştürme aracında dikdörtgensel boyutların katları cinsinden verilmesi gerekir. Örnek olarak alınan örneklerin x ve y koordinatlarındaki uzunlukları sırasıyla 90x90 piksel değerinde ise vektöre dönüştürülmeleri 24x24 piksel değeri şeklinde olmaları gerekir. Eğer alınan örnekler 100x50 piksel değerinde ise OpenCV vektör aracından sıkıştırma değerleri 50x25 piksel değerinde olmaları gerekir. Bu şekilde düzgün oranlar her alanın doğru olarak sıkıştırılması anlamına gelmektedir. Ayrıca çok ufak değerler içeren vektör dönüşümleride içeriklerin kaybolmasına ve detayların azalmasına yol açacaktır. Örnek olarak 100x100

piksel standardına olan örnekler 10x10 piksel vektör boyutuna dönüştürülürlerse içeriklerinde kayıplar meydana gelecektir. Bu kayıplar ADB algoritmasının içerik seçim sonuçlarını değiştirecektir. Çok detay içeren objelerde de yollar önem arz etmekteyse, vektör formuna dönüştürülmelerinde kayıp olması iyi bir yaklaşım olmaz. Ancak objeyi oluşturan doku içerikleri çok belirgin ve az sayıda ise vektör formuna dönüştürülmelerindeki sıkıştırma küçük değerlerde olabilir. Bilindiği gibi örneklerin vektör formlarının boyutları arttıkça, HLS'lerin sayısı üstel olarak artacaktır. Bu artış ADB algoritmasının işlem yükünü artıracığından eğitimin maliyetini artıracak ve dolayısıyla eğitimin tamamlanma süresini de artıracaktır. Alınan obje örnekleri 24x24 piksel boyutlarında ise vektör formuna dönüştürülme boyutları en fazla 24x24 piksel olmalıdır. Bunun üzerindeki boyutlar gereksiz işlem maliyeti oluşacaktır. Objeden alınan sabit çerçeveli örnekler sırasıyla vektör dönüştürme aracına verilir. Son halde oluşan vektör dosyası OpenCV' nin VJNT algoritmasının eğitim aracına girdi olarak sunulur. Bu vektör boyutu aslında maske boyutudur. Çünkü eğitim sonrasında bu boyutlara göre belirlenen HLS'ler ile hesaplamalar gerçekleştirilir.

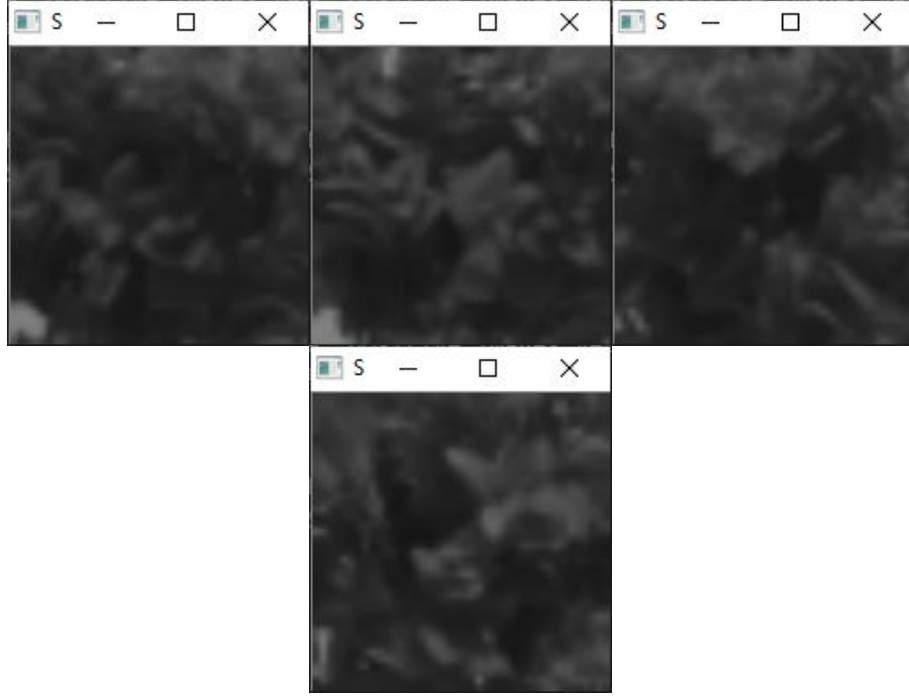
4.12. Objelerinin İç Bölgelerden Oluşturulması

Çalışma dahilinde alınan örnek bölgeleri her iki durumda da denenmiştir. Ayrı ayrı olarak hem bitki objesinin dış bölgesinden alınan örnekler, hem de bitki objesinin iç kısmından alınan örnekler eğitilmiş ve denenmişlerdir. Bitki objesinin dış kısmından alınan örneklerle yapılan bitki objesi tanıma testinde tanıma oranı arka plan rengine göre değişmektedir. Çünkü ADB algoritması tarafından seçilen HLS'lerin bir kısmı arka plan ile bitki objesinin sınır bölgelerine göre hesap yapmaktadır. Test aşamasında arka plan renginin koyu bir renge sahip olması bitki objesinin tanınmasını geçersiz kılmaktadır çünkü zayıf içeriklerden bir kısmı arka planı oluşturan kısım ile ilişkilidir. Eğer arka plan daha açık renklerde olursa tanıma işlemi gerçekleşmektedir. Bu nedenle tanıma işleminin arka plandan bağımsız olması gerektiği düşünülmüş ve bitki objelerinden alınan örneklerin bitki objesinin iç bölgelerinden elde edilmesi gerektiği anlaşılmıştır (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Bitki objelerinden alınan örneklerin bölge yapısını içeren temsili görseller (Zenodo, 2020)

Bu sayede ADB algoritması tarafından seçilen HLS'ler arka plandan bağımsız olacaklardır. Bitki objesinin yaprak içeren ve arka plandan bağımsız bölgesinden alınan örneklerin eğitimi sayesinde aynı renge sahip bir obje, bitki objesinin önüne geçmemesi koşuluyla dip dibe bulunsalar bile VJNT algoritmasının tanıma oranını çok fazla değiştirmeyecektir. Arka plan renkleri ve içerikleri değişse bile test aşamasında VJNT çerçevesi sadece bitki objelerinin yapraklı kısmının iç bölgesinde doğru sonucu verebilecektir. Ancak arka planda bitki objesinin yapısal özelliklerine çok benzer başka içerikler bulunması söz konusu olabilir. İyi eğitilen örnekler yanlış tanıma oranını oldukça indirir. Bahsedilen koşullara göre alınan obje örnekleri VJNT algoritmasına sunulmuştur. Üç farklı bitki objesinin yapraklı bölgesinin ağırlık merkezlerinden alınan örnek boyutları 42x42 piksel şeklindedir. Her bir bitki objesi örneğinden 500 adet olmak üzere vektör dönüşümü yapılmıştır. Vektöre dönüştürülme siyah beyaz tonlamalı olduğundan parlaklık değerlerine göre form alır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Yukarıda bir bitki objesinden alınan örneklerden birkaç tanesinin vektör formuna dönüştürülmüş hali

Vektör formu boyutları 42x42 olduğundan içerik kaybı meydana gelmemiştir. Alınan örneklerin bire bir ölçüleri eşleştiğinden vektör formları aynı içeriğe sahip olmaktadır. Burada en önemli durum; örneklerin kare boyutlarında olmasıdır. Vektör formları da kare özelliğini taşıdığından bitki objesi örneklerinin dokusunu oluşturan içeriklerin boyutsal oranları değişmez.

4.13. Eğitim Süreci ve Parametreler

OpenCV'nin VJNT eğitim aracına minimum hit rate 0,999, maksimum false alarm rate 0,40, 42x42 vektör boyutları (gerçekte maskeleme çerçevesi) ve 10 aşama olarak belirlenmiştir. Eğitimin yapıldığı donanım bir diz üstü bilgisayardır. Diz üstü bilgisayar i5-2430m işlemcili ve 8 Gb 1333 MHz RAM sistem kaynaklarına sahiptir. Eğitim çoğunlukla tek çekirdek üzerinde 2,95 MHz Turbo saat hızında çalışmakla birlikte çok nadiren ikinci çekirdeği de aktif ettiği saptanmıştır. Ancak ikinci çekirdeği kullanımı oldukça az olduğundan yok sayılabilir. OpenCV'nin eğitim aracı ve örneklerin hepsi 32 GB USB3 flash bellek üzerinden çalıştırılmış ve eğitim süresi 2 gün 20 saatte tamamlanmıştır.

4.14. Eğitim Sonrası Mobil Robotun Birinci Versiyonu ve Test Aşaması

Eğitim sonucunda OpenCV' nin VJNT algoritması eğitim aracı ADB ve şelale sınıflandırıcılar sayesinde HLS'leri seçer ve güçlü sınıflandırıcıyı bir .XML file içine kaydeder. Bu .XML file OpenCV kütüphanesi ile Python programlama dili yazılan VJNT dedektör programı aracılığı ile kullanılır. RB3 karta daha önceden bahsedilen mekanik hareketlerin yönetildiği programla etkileşimi sağlanır. Mobil robotun birinci versiyonu olarak nitelendirilen modeline göre, 3 metrelik test yolu üzerine eşit aralıklarda olmak şartıyla yerleştirilen bitki objeleriyle test yapılmıştır. Test ortamı bir evin standart ışıklandırma altında olan bir odasında gerçekleştirilmiştir. Ancak destek amaçlı 4 adet 6 Watt gücünde 6500K beyaz ışıkla aydınlatılmıştır. Bitki objeleri 45 santimetrelik aralıklarla yol üzerine yerleştirilmiştir. Mobil robot başlama noktası yolun herhangi bir uç noktası olabilir. Ancak anlaşılır olması açısından mobil robotun başlangıç noktası sol uç nokta olarak belirlenmiştir. Bitki objeleri ile mobil robotun arasındaki mesafe ise 75 santimetre kadardır. Test yolu 8 kere taranmıştır. Bu 8x3 olarak düşünüldüğünde 24 metrelik bir yol gibi düşünülebilir. Ayrıca mobil robot ve bitki objelerinin karşılaşma sayısı 8x4 olduğundan 32 kez karşılaşma olmuştur. Mobil robotun ilerleme doğrultusunda bulunan ve biri ön biri arka olmak üzere HC-SR04 UMS'ler, test yolunun her iki ucunda bulunan engellere 15 santimetreden az kalıncaya kadar tetikleme sinyali üretmez ve ilerleme yönünü değiştirmez. Bu sayede yolun genel uzunluğundan mümkün olduğunca fazla faydalanılmaya çalışılmıştır. Karşılaşmalarda elde edilen başarı oranı 100'de 50'dir. Bunun temel nedeni kamera doğrultusunu tarayan her iki UMS'nin bitki objeleriyle karşılaşma anındaki anlık uzunluk değişimini kaçırabilmelerinden kaynaklanmaktadır. Daha önceki anlatımlarda da bahsedildiği gibi HC-SR04 UMS'lerinin hatalı çalışmaları ve nedenleri belirtilmişti. Bitki objeleri sensörlerle karşılaştığında, sensörlerin anlık değişimi düzgün hesaplayamaması ve bunun sonucunda elde edilen bilgiye göre RB3 kartın kamerasının tetiklenememesi görüntü alımını sağlayamadığından başarı oranının %50 ile sonuçlanmasına neden olmuştur. Çünkü sensörlerin anlık değişimi düzgün yakalayamaması sonucunda RB3 kartın kamerası tetiklenememektedir. Elde edilemeyen fotoğraflarda VJNT algoritması çalıştırılmayacağından dolayı

sadece 100’de 50’lik kısmı tam tanıma ile gerçekleştirmiştir. Aslında tetiklenebilen bitki objesi karşılaşmalarında başarı oranı 100’de 100’dür. Kısacası elde edilen görsellerde bitki objelerinin tanınma oranı 100’de 100’dür. HC-SR04 UMS ile yaklaşık yarı yarıya tetiklenme kayıplarının olması istenen başarının sağlanmasına engel olmuştur. Elde edilen sonuçların ardından genel mobil robotun üzerinde ufak parça değişimlerinin yapılması sonucuna varılmıştır. Ayrıca tanılama elde edilen fotoğraflarda kadrja giren bitki objelerine göre yapıldığından sulama mekanizması bitki objeleriyle aynı doğrusal düzlemde olmasa bile tetiklenmesine neden olmuştur. Çünkü kameranın kadrajı çok geniş bir alanı gördüğünden mobil robotun bitki objesine göre ileride veya geride olması, sulama mekanizmasının isabet doğrultusunun kaymasına neden olmuştur. İlk test esnasında bu gibi problemlerin görülmesi mobil robotun mekanik, donanımsal ve algoritma yapısının değiştirilmesine ve güncellenmesini gerekli kılmıştır. İlk gözlemlere göre bu problemlerin giderilmesi daha iyi sonuçların elde edilebileceği tespit edilmiştir. Birinci seviye donanım probleminin giderilmesi bile sonuçların 100’de 50’den çok daha iyi sonuçlar sağlayabileceği aşıkardır. Şekil 5.2’de görüldüğü gibi mobil robotun bitki objesini tanıması esnasındaki konumu bitki objesine göre daha sağa ilerlemiş konumdadır.



Şekil 5.2. Kameranin görüş açısına giren bitkinin mobil tanınmasına ilişkin fotoğraf (Zenodo, 2020)

Ayrıca daha önceden bitki objesinin dış konumundan alınan örneklerle göre eğitilen sisteme göre çalışmaktadır. Bu konuma göre sulama mekanizmasının

aktif olması ve tetiklenmesi aslında fotoğraf koordinatlarının tam ortasına tekabül etmektedir. Bu yanlış bir tanıma olmamakla birlikte kalibrasyon hatası olarak tanımlanabilir.

5. MOBİL ROBOTUN İKİNCİ VERSİYONA GÜNCELLEMESİ

Tekrardan ana hatları bozmadan mobil robot üzerinde bir takım geliştirme ve güncellemeler yapılmıştır. Mobil robotun katlarını oluşturan plexi levhaların boyu 35 santimetreye artırılmıştır. Ayrıca bir kat daha fazladan eklenerek sıkışıklık giderilmiştir. Tüm HC-SR04 UMS'ler kaldırılmıştır. Kaldırılanlardan ileri geri yön değişimi için engel yakalayan sensörlerin yerine kızıl ötesi sensör ölçerler konulmuştur. E18-D80NK tipi kızıl ötesi sensörlerin tepikime süreleri 2 ms kadardır. Bu HC-SR04 UMS'ye göre en az 16 kat daha hızlı tepkime süresine sahiptir. Ayrıca HC-SR04 UMS'lerden gelen sinyallerin ses hızına göre işlenip çevrim yapılması gerekmektedir. Burada hem işlem yükü meydana gelmekte hem de gecikmeye olumsuz yönde etkisi olmaktadır. Ancak E18-D80NK kızıl ötesi sensörlerden gelen sinyallerin işlenmesine gerek yoktur. Çünkü dahili olarak ayarlanabilir yapıdadır. Gelen bilgiler ayar yapılan değere göre 1 ya da 0 şeklinde çıkış bilgisi üretir. Bu sayede AM ya da RB3 gibi kartlarda hesap yükü oluşturmaz. Tetikleme işlemi ise sadece 1 ya da 0'a göre gerçekleştirilir. Ancak uzun ve büyük yapısı mobil robotun bir katının bu iki sensörle işgal edilmesine neden olduğundan daha önce de söylendiği gibi bir kat daha mobil robotun genel yapısına eklenmiştir. Tüm bağlantı şemaları aynıdır. Ayrıca RB3 en kata taşınmış yani 4. Katta konumlandırılmıştır. Kolaylık sağlaması bakımından siren modülü eklenmiş. RB3 kartın kapanmasını ve açılmasını daha kolay hale getirmek için button eklenmiş. Bu buttona basıldığında Linux işletim sistemi açılır veya kapatılır. Buzzer ise bitki objesinin tanınması esnasında ince bir ses çıkarır ve kullanıcıyı uyarır. Buzzer ayrıca RB3 kartın açılması ve kapanması sırasında da ince ses çıkarır ve bilgilendirme yapar. Bunlara ek olarak katlar arasında bulunan somunların boyları 10 santimetreye artırılmıştır. Böylece mobil robotun elektronik bileşenlerinin görülmesi ve hata tespitinin kolayca yapılabilmesinin önü açılmıştır. Mekanik olarak yapılan güncellemeler ayrıca mobil robotun hareketini daha kararlı hale getirmiştir. Uzunluğun artması ile ilerleme esnasındaki rota sapması daha azaltılmıştır. Algoritmada kullanılan eğitim modeli, bitki objelerinden alınan örnekler daha önce açıklandığı gibi iç bölgelerden sağlanmış ve örnekler eğitilmiştir.

5.1. Algoritmanın Tekrardan Tasarlanması

Kamera görüntülerinin geniş açılı olmasının neden olduğu sulama mekanizması problemi için yeni bir fikir sunulmuştur. Sulama mekanizmasının doğrusal olarak hedefi yaklaşık olarak merkezden vurabilmesi için her fotoğrafın belli bir kısmı kırpılır. Bu kırılma işlemi çekilen fotoğrafların çözünürlüğüne göre üçte birine denk gelmektedir. Yani çözünürlük x koordinatına göre veya yataydaki uzunluğa göre eş parçalar olmak üzere üçe bölünür. Bu parçalardan x eksenine göre ortada bulunan kısmı VJNT algoritmasına girdi olarak verilir. Şekilde temsili olarak verilen görsel ayrıştırıldığında disk üzerinde sadece orta kısımda bulunan parça kaydedilir. Yani siyah alanlar yoktur ve kesip çıkartılmıştır. Mobil robot tarafından çekilen 1024×768 çözünürlüğünde fotoğrafların üç parçadan ortanca olanı alındığında yaklaşık 341×768 piksel çözünürlüğünde parça fotoğraf oluşur (Şekil 5.3).



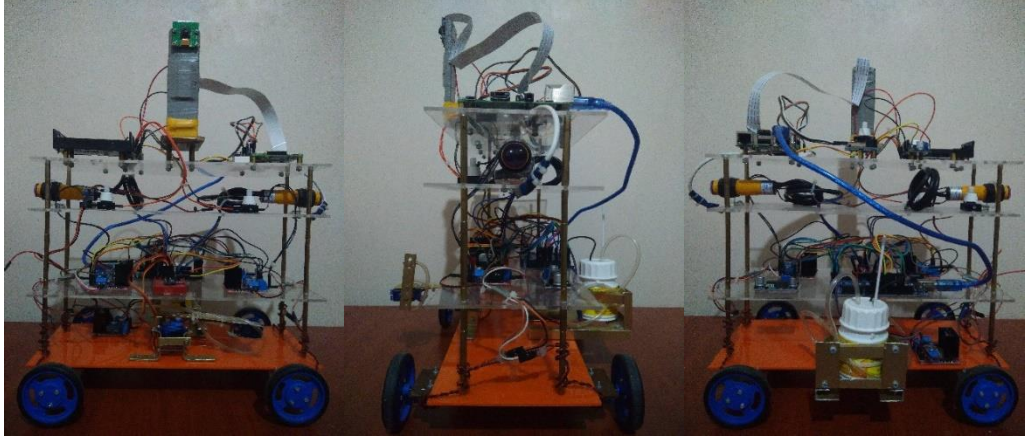
Şekil 5.3. Mobil robot tarafından çekilen fotoğrafın kırılışına ait temsili görsel (Siyah alanlar kırılan alanları temsil etmektedir.)

Bu sayede VJNT algoritmasının maskeleme çerçevesi sayısı üç katı azalacaktır. Aslında işlem yükünün de 3 katı kadar azalması anlamına gelmektedir. Ayrıca tanıma olayının gerçekleşmesi bu dar kesitte gerçekleşeceğinden mobil robot ile bitki objesi aynı doğrultuda karşılaşma sağlayacaktır. Böylece sulama mekanizmasının hedef üzerinde konumlanması sağlanmıştır. Bunun yanında kameranın bulunduğu yönleri tarayarak ani değişimleri yakalayan ve kamerayı tetikleyen sensörler kaldırılmıştır. Sensörlerin kullanılmasının nedeni sadece az

sayıda kamera kullanımı sağlamak ve hesap yükünü azaltmaktı. UMS'ler kaldırıldığı için bunun yerine adımlı fotoğraf çekilmesi uygun görülmüştür. Adımlı fotoğraf çekme işlemi mobil robot çalışmaya başladığı anda bekle fotoğraf çek değerlendir duruma göre sula ya da ilerle şeklinde gerçekleşmektedir. Test esnasında 750 milisaniyelik ilerleme sonunda durulur ve bir fotoğraf çekilir değerlendirilir. Değerlendirme sonucuna göre sulama mekanizması tetiklenir ve ilerlemeye yine aynı süre boyunca düşük hızlarda olmak kaydıyla devam edilir. Eğer değerlendirme sonucu obje tanınmadıysa tekrar 750 milisaniye ilerlenir ve tekrar fotoğraf çekilir. Test yolunun sonuna gelindiğinde kızıl ötesi sensör işaret verir ve yön tersine doğru aynı şekilde ilerler (Şekil 5.4, Şekil 5.5). Kısa adımlara yapılan bu yöntem sayesinde hesap yükü azaltılmıştır. Test yolunun birçok yüzeyi her adımda taranarak bitilir. Bu tarama ile test ortamının neredeyse her bölgesi değerlendirilir. Bitki objelerinin mobil robotla karşılaşmaları esnasındaki fotoğraflarının çekilmeme olasılığı çok aza indirilir. Son durumda yapılan ufak güncellemeler sayesinde ileri düzeyde tanıma başarıları elde sağlamıştır. Yapılan güncellemeler hem az hesap yüküne hem de tüm objelerin değerlendirilmesini ve testin düzgün yapılabilmesini sağlamıştır.



Şekil 5.4. E18-D80NK tipi kızıl ötesi sensörüne ilişkin görsel (Kartalotomasyon, 2020)



Şekil 5.5. Mobil robotun donanımsal değişiklikten sonraki son haline ilişkin görseller

5.2. İkinci Versiyon Mobil için Daha Kapsamlı Test Ortamı Oluşturulması

Testlerin hepsi 3 metrelik yol üzerinde gerçekleştirilmiştir. Test yolunun başı ve sonunda engeller bulunmaktadır. Test ortamı 4 adet 6 Watt 6500K beyaz renk led ampul ile yaklaşık 3 metrelik mesafeden aydınlatılmış ve test ortamı gün saatlerinde direk olmayan ışıkla doğal aydınlatmaya sahiptir. Led ampuller test ortamı aydınlatmasını desteklemek amaçlı kullanılmıştır.

Test için beş farklı senaryo düşünülmüştür. Her senaryo kendi için farklı durumların testini gerçekleştirmek planlanmıştır. Aşamalı test senaryosu sayesinde VJNT algoritmasının farklı koşullar altındaki başarımı ölçülmüştür. VJNT algoritmasının başarımlarına göre mobil robot tasarımı fikrinin uygulanabilirliğinin ispatı sağlanmıştır. Senaryolar sırasıyla değerlendirilmiş olup başarımlar oranları belirlenmiştir.

5.3. İkinci Versiyon Mobil Robotun Test Edilmesi

İlk senaryoda 4 adet bitki objesi kullanılmış olup 3 metrelik test yoluna eşit aralıklarda yerleştirilmiştir. Mobil robotun başlangıç noktasında yani test yolunun en başındadır. Yol 3 kere taranmış olup bitki objeleri ve mobil robotun karşılaşma sayısı 12'dir. Toplam alınan yol uzunluğu 9 metredir. Tüm karşılaşmalarda bitki objeleri tanınmış olup başarımlar oranı 100'de 100'dür.

Aşağıdaki tabloda birinci senaryoya ilişkin doğruluk değerleri belirtilmiştir. Bu ve diğer senaryolara ilişkin tablolarda kullanılan ✓ simgesi tanıma olduğu, X simgesi ise tanıma olmadığı anlamına gelmektedir (Çizelge 1.2).

Çizelge 1.2. Mobil robotun senaryo yolundaki bitki nesnelerini tanıma başarı tablosu

Test-1	Bitki-1	Bitki -2	Bitki -3	Bitki -4
Soldan-Sağa	✓	✓	✓	✓
Sağdan-Sola	✓	✓	✓	✓
Soldan-Sağa	✓	✓	✓	✓

İkinci senaryoda 3 metrelik yol üzerine ev objeleri yerleştirilmiştir. Dört adet ev kullanılmış ve eşit mesafelerde uzaklıklara sahiplerdir. Yeşile boyalı yüzeye sahip ev objesinin bu yüzeyi kameranın görüş yönündedir. Mobil robotun çalışmaya başladığı konum test yolunun sol uç noktasıdır. Mobil robotun objelere olan uzaklığı 85-90 santimetre arasındadır. Çünkü ilerleme esnasında ufak kaymalar meydana gelmektedir. Ancak bu kaymalar testin yapılmasına engel olmamaktadır. Test yolu 3 kere taranmış olup alınan toplam yol 9 metredir. Mobil robot ve ev objesi karşılaşma sayısı 12'dir. Ev objelerinden hiçbiri bitki objesi olarak tanınmamış olup başarı 100'de 100'dür. Aşağıda ikinci senaryoya ait doğruluk tablosu verilmiştir (Çizelge 1.3).

Çizelge 1.3. Mobil robotun senaryo yolundaki ev nesnelerini tanıma başarı tablosu

Test-2	Ev-1	Ev-2	Yeşil Ev-3	Ev-4
Soldan-Sağa	X	X	X	X
Sağdan-Sola	X	X	X	X
Soldan-Sağa	X	X	X	X

Üçüncü senaryo bitki ve ev objeleri kullanılarak senaryo oluşturulmuş. Ev, bitki, ev, bitki sırasıyla 2 bitki ve 2 ev objesi kullanılmıştır. Ev objelerinden biri yeşile boyalı olandır. Ev objesinin yeşile boyalı yüzeyi kameranın görüş doğrultusunda konumlandırılmıştır. Her bir obje bitki ve ev olmaksızın eşit aralıklarla konumlandırılmış olup aralarındaki mesafeler yaklaşık 75 santimetredir. Mobil robot test yolunun sol ucunda konumlandırılmıştır. Test yolu üç kere taranmış

olup alınan yol 9 metredir. Mobil robotun bitki objeleriyle karşılaşması 6 ve ev objeleriyle karşılaşması 6 kez gerçekleşmiştir. Bitki objelerinin tanınması 6'da 6'dır. Ev objeleri bitki objesi olarak tanınmamıştır. Başarım oranı bitki objeleri için 100'de 100'dür (Çizelge 1.4).

Çizelge 1.4. Mobil robotun senaryo yolundaki ev ve bitki nesnelerini tanıma başarı tablosu

Test-3	Ev-1	Bitki-1	Ev-2 (Yeşil)	Bitki-2
Soldan-Sağa	X	✓	X	✓
Sağdan-Sola	X	✓	X	✓
Soldan-Sağa	X	✓	X	✓

Dördüncü senaryoda ev ve bitki objeleri çok yakın konumlara yerleştirilmiştir. Senaryoda 4 adet bitki 4 adet ev objesi rol almıştır. Ev ve bitki objeleri kesişmemekle birlikte çok yakın konumlandırıldığından ikili grupmuş gibi düşünülebilir. Her bir ikili yaklaşık olarak eşit mesafelerde konumlandırılmış olup yeşil yüzeyli ev objesi kameranın görüş açısındadır. Mobil robotun objelere olan uzaklığı 85-90 santimetre arasındadır. Bitki objelerinin tanınma başarıları 100'de 100 olup, hiçbir ev objesi bitki objesi olarak tanınmamıştır. Ayrıca yol 3 kere taranmış olup alınan toplam yol 9 metredir. Karşılaşılan bitki-ev objesi sayısı 12'dir. EB ev-bitki objesi, EBY ise ev-bitki objesi ikilisinde kullanılan ev objesinin yeşil renkte olduğu anlamına gelmektedir. Aşağıdaki tabloda dördüncü senaryoya ait bilgiler verilmiştir (Çizelge 1.5).

Çizelge 1.5. Mobil robotun senaryo yolundaki maket ev ve bitki nesnesinin çok yakın olduğu durumda nesneleri tanıma başarıları

Test-4	EB İkili-1	EB İkili-2	EBY-İkili-3	EB İkili-4
Soldan-Sağa	Ev: X Bitki: ✓	Ev: X Bitki: ✓	Ev: X Bitki: ✓	Ev: X Bitki: ✓
Sağdan-Sola	Ev: X Bitki: ✓	Ev: X Bitki: ✓	Ev: X Bitki: ✓	Ev: X Bitki: ✓
Soldan-Sağa	Ev: X Bitki: ✓	Ev: X Bitki: ✓	Ev: X Bitki: ✓	Ev: X Bitki: ✓

Beşinci senaryoda kullanılan objelerin dağılımı dördüncü senaryoda olduğu gibi aynı olup bitki-ev objeleri iç içe geçmiş şekilde konumlandırılmıştır. Bu sayede iç içe geçmiş objelerin oluşturduğu renk ve içerik karmaşasının tanıma oranına etkisi gözlemlenmiştir. Test yolu yine 3 metre olup, ikili ve iç içe geçmiş bitki

objeleri bu yola eşit aralıklarda yerleştirilmişlerdir. Ancak bitki objeleri ev objelerinin önündedir. Yol üç kere taranmış olup alınan yol uzunluğu toplam 9 metredir. Bitki-ev objeleri karşılaşma sayısı 12'dir. Mobil robot test yolunun sol uç kısmında konumlandırılarak teste başlanmıştır. Mobil robotun bitkilerle karşılaşma sayısı 12 olup 10 tanesi doğru olarak işaretlenmiştir. Ev objelerinden hiçbirisi bitki objesi olarak işaretlenmemiştir. Başarım oranı 100'de 83,33'tür. EB ev-bitki objesi, EBY ise ev-bitki objesi ikilisinde kullanılan ev objesinin yeşil renkte olduğu anlamına gelmektedir. Beşinci senaryoya ilişkin doğruluk tablosu aşağıda sunulmuştur (Çizelge 1.6).

Çizelge 1.6. Mobil robotun senaryo yolundaki iç içe geçmiş maket ev ve bitki nesnelerini tanıma başarısı

Test-5	EB İkili-1	EBY İkili-2	EB İkili-3	EB İkili-4
Soldan-Sağa	Ev: ✗ Bitki: ✓	Ev: ✗ Bitki: ✓	Ev: ✗ Bitki: ✓	-
Sağdan-Sola	Ev: ✗ Bitki: ✓	Ev: ✗ Bitki: ✓	Ev: ✗ Bitki: ✓	Ev: ✗ Bitki: ✓
Soldan-Sağa	Ev: ✗ Bitki: ✓	Ev: ✗ Bitki: ✓	Ev: ✗ Bitki: ✓	-

Daha kapsamlı ve zorlayıcı test senarolarında bile ikinci versiyona yükseltilen mobil robotun başarı oranları oldukça iyidir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Görüldüğü gibi VJNT algoritması genel olarak değerlendirildiğinde iyi bir tanıma başarısına sahiptir. Son senaryoda belirtildiği üzere en sağ kısımda bulunan bitki objesinin tanınması üçte bir oranındadır. Bunun temel nedeni ev objesinin oluşturduğu görsel zorluk, ikincisi ışıklandırma açısından diğerlerine göre daha zor bir pozisyonda bulunmasından dolayıdır. Çünkü hem güneş ışınlarının o noktayı aydınlatması hem de destek amaçlı sağlanan ledlerin o noktaya olan uzaklıklarının fazla olması VJNT algoritmasının doğru bir şekilde değerlendirilmesine engel olmaktadır. Ancak bu beklenmeyen bir durum sayılamaz. Hem görsel zorluk hem de ışıklandırma bakımından diğerlerine göre daha az orana sahiptir. Bunun yanında bazı durumlarda iki kere tanıma olayı gerçekleşmiş olup genel başarıyı etkilememektedir. Çünkü ufak iterasyonlardan dolayı gerçekleşen fotoğraf çekimleri bir bitki objesinin iki kere kameranın görüş açısına girmesine neden olmuştur. Ayrıca VJNT algoritmasında Min Neighbors algoritması parametresi 3-7 arasında genel bir kullanıma sahiptir. Bu çalışmada Min Neighbors algoritması için verilen parametre 6'dır. VJNT algoritmasının maskeleyici çerçevesi bir bitki objesinin birden fazla benzer bölgesinin işaretlenmesine neden olabilir. Eğer bitki objesinin ilgili bölgelerinde birden fazla tespit yapılmışsa altı ve üzerini yakınlık derecesine göre gruplar ve kullanıcıya tek bir işaretli alan döndürür. Bu sayede çevrede oluşan yanlış tanınmış bölgeler varsa bunların birçoğu tekli veya ikili gruplar içerebileceğinden dolayı elemine olacaktırlar. Min Neighbors alında son filtreleme görevi gören adımdır. Doğruluğu artırma ve seçicilik konusunda önem taşır. Ayrıca VJNT algoritmasının tarama çerçevesi 1,1 artıma sahiptir. Çerçeve birimi analiz edilecek olan fotoğrafı her taramasından sonra başara döner ve 1,1'lik oranda çerçeve boyu artırılır. Çerçeve her ölçekte tarama yaparak büyük ve küçük bitki objesinin ilgili bölgesini bulmaya çalışır. Mobil robot, tüm senaryolarda karşılaştığı bitki objeleri sayısı göz önüne alındığında 60 bitki objesinden 58'i doğru olarak işaretlenmiş ve başarı oranı 100'de 96,5 olarak sonuçlanmıştır. Görüldüğü gibi VJNT algoritması karmaşık objelerin tanınmasında da oldukça başarılı sonuç vermiştir. Bu çalışmanın diğer bir getirisi VJNT algoritmasının karmaşık objeler karşısındaki uygulanabilir

olduğunun bir ispatıdır. Düşük seviye donanıma sahip sistemde bile oldukça verimli çalışabildiği anlaşılmıştır. Daha sonraki aşamalarda benzer bir çalışma olarak arazi robotu ile denenmesi planlanmaktadır. Arazi robotu şeklinde yapılması planlanan çalışmada zorlu çevre koşulları ve sisteme girdi olarak verilen bilgilerin oluşturduğu karmaşık süreçlere karşı başarısının ölçülmesi planlanmaktadır. Bir diğer planlanan çalışma ise otomasyon sistemlerinde bitki toplama, sulama ve bakımı gibi süreçlerin daha hızlı yapılabilmesine katkı sağlamak üzerine olacaktır.

KAYNAKLAR

- Alahmadi, A., Qaisar, S. M., 2019. Robust Real-time Embedded Face Detection Using Field Programmable Gate Arrays. Advances in Science and Engineering Technology International Conferences, 26 March-10 April, Dubai.
- Alghamdi, J., Alharthi, R., Alghamdi, R., Alsubaie, W., Alsubaie, R., Alqahtani, D., Ramadan, R. A., Alqarni, L., Alshammar, R., 2020. A Survey on Face Recognition Algorithms. 3rd International Conference on Computer Applications & Information Security, 19-21 March, Riyadh.
- Baumann, M., Bolla, M., Daanen, V., Descotes, J. L., Giraud J. Y., Hungr, N., Leroy, A., Longa, J. A., Martin, S., Troccaz, J., 2011. Image and Robot Guided Prostate Brachytherapy, Innovation and Research in Biomedical Engineering, 32, 63–65.
- Benkiniouar, M., Benmohammed, M., 2010. Optimisation the Real Time Implementation of the Viola and Jones Face Detection Algorithm on RISC Processor. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, XIth International Workshop on Symbolic and Numerical Methods, Modeling and Applications to Circuit Design, 4-6 October, Gammath.
- Chao, F., Wang, Z., Shang C., Meng, Q., Jiang, M., Zhou, C., Shen, Q., 2014. A Developmental Approach to Robotic Pointing via Human–Robot Interaction, Information Sciences, 283, 288–303.
- Choi, H., Jeong, S., Lee, C., Ko, Y., Ko, S. Y., Park, J., Park, S., 2012. Biomimetic Swimming Mini-Robots Using Electro-Magnetic Actuation. 12th International Conference on Control, Automation and Systems, 17-21 October, Jeju Island.
- Csaba, G., Somlyai, L., Vámosy, Z., 2018. Mobil Robot Navigation Using 2D LIDAR. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, SAMI 16th World Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics. 7-10 February, Kosice.
- Delden, S. V., Umrysh, M. A., 2011. Visual Detection of Objects in A Robotic Work Area Using Hand Gestures. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, International Symposium on Robotic and Sensors Environments, Research on Steiner Education, 17-18 September, Montreal.
- Dengyu, X., Liang, G., Chengliang, L., Yixiang, H., 2016. Phenotype-based Robotic Screening Platform for Leafy Plant Breeding, International Federation of Automatic Control, 49-16, 237–241.

- Djamaluddin, D., Indrabulan, T., Andani, Indrabayu, Sidehabi, S. W., 2014. The Simulation of Vehicle Counting System for Traffic Surveillance Using Viola Jones Method. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Makassar International Conference on Electrical Engineering and Informatics, 26-30 November, Makassar.
- Flickr, 2012. Lena Fotoğrafi ve HAAR İçerikleri. Erişim Tarihi: 14.08.2020. <https://www.flickr.com/photos/unavoidablegrain/6884354772>
- Gautam, A. K., Vasu, V., Raju, U.S.N., 2014. Human Machine Interface for Controlling a Robot Using Image Processing, Procedia Engineering 97, 291-298.
- Gayakwad, S. S., Mohod, P. S., 2015. Revealing Skull Identity Through a Fusion of Viola-Jones and CCA. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, International Advance Computing Conference, 12-13 June, Bangalore.
- Hardjono, B., Tjahyadi, H., Rhizma, M. G. A., Widjaja, A. E., Kondorura R., Halim, A. M., 2018. Vehicle Counting Quantitative Comparison Using Background Subtraction, Viola Jones and Deep Learning Methods. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 9th Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference, 1-3 November, Vancouver.
- Heydarzadeh, Y., Haghighat, A. T., Fazeli, N., 2010. Utilizing Skin Mask and Face Organs Detection for Improving the Viola Face Detection Method. UK Society for Modelling and Simulation, European Symposium on Computer Modeling and Simulation, 17-19 November, Pisa.
- Ibrahim, F. N., Zin, Z. M., Ibrahim, N., 2018. Eye Center Detection Using Combined Viola-Jones and Neural Network Algorithms. International Symposium on Agent, Multi-Agent Systems and Robotics, 27-28 August, Putrajaya.
- Isukapalli, R., Elgammal, A., Greiner, R., 2006. Learning to Detect Objects of Many Classes Using Binary Classifiers. 9th European Conference on Computer Vision, 3951, 1, 352-364.
- Kartalotomasyon, 2020. D80NK Kızılötesi Sensör. Erişim Tarihi: 14.08.2020. <https://www.kartalotomasyon.com.tr/urun/e18-d80nk-kizilotesi-engel-kacinma-fotoelektrik-sensor>
- Kirana, K. C., Wibawanto, S., Herwanto, H. W., 2018. Facial Emotion Recognition Based on Viola-Jones Algorithm in the Learning Environment. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, International Seminar on Application for Technology of Information and Communication, 406-410, 21-22 September, Semarang.

- Krerngkamjornkit, R., Simic, M., 2013. Enhancement of Human Body Detection and Tracking Algorithm Based on Viola and Jones Framework. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 11th International Conference on Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services, 1, 115-118, 16-19 October, Nis.
- Lu, W., Yang, M., 2019. Face Detection Based on Viola-Jones Algorithm Applying Composite Features. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, International Conference on Robots and Intelligent System, 82-85, 15-16 June, Haikou.
- Masek, J., Burget, R., Uher, V., Guney, S., 2013. Speeding up Viola-Jones Algorithm Using Multi-Core GPU Implementation. 36th International Conference on Telecommunications and Signal Processing, 2-4 July, Rome.
- Moghimi, M. M., Nayeri, M., Pourahmadi, M., Moghimi, M. K., 2018. Moving Vehicle Detection Using AdaBoost and Haar-Like Feature in Surveillance Videos. International Journal of Imaging and Robotics, 18, 1.
- Mybroadband, 2017. Asus Tinker Board, Raspberry Pi 3 Model B. Erişim Tarihi: 14.08.2020. <https://mybroadband.co.za/news/hardware/195442-asus-tinker-board-vs-raspberry-pi-3-specifications-and-pricing.html>
- Naik, P. K., Tigadi, A., Guhilot, H., Vyasraj, T., 2016. Design and Analysis of Real Time Video Processing Based on DWT Architecture for Mobile Robots. Procedia Computer Science, 78, 544 – 549.
- OpenCV, 2020. OpenCV Kütüphanesi, Görüntü İşleme, Yapay Zekâ Algoritmaları. Erişim Tarihi: 14.08.2020. <https://opencv.org>
- Özgen, H., Turan, M., 2018. Assisted Mobile Medication and Irrigation Robot Design, Elektrik-Elektronik ve Biyomedikal Mühendisliği Konferansı, 30 Kasım - 1 Aralık, Bursa.
- Özgen, H., Turan, M., 2020. Sulama ve İlaçlama Robotu için Nesne Tanıma Çalışmaları, 2nd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications, 21, 26-27 June, Turkey.
- Penna, M., Shivashankar, Tulasi, K., Reddy Vasavi, N., Swathi, N., Swapna, S. R., 2018. Stampede Monitoring and Alarm System Using Viola-Jones Algorithm. 3rd The Institute of Electrical and Electronics Engineers International Conference on Recent Trends in Electronics, Information & Communication Technology, 18-19 May, Bangalore.
- Pololu, 2019. Pololu Metal Gear High Power 6 Volt 120 RPM DC Motor. Erişim Tarihi: 14.08.2020. <https://www.pololu.com/product/3065>

- Pololu, 2020. Carrier with Sharp GP2Y0A60SZLF Analog Distance Sensor 10-150 cm. Erişim Tarihi: 14.08.2020. <https://www.pololu.com/product/2474gear>
- Pypi, 2020. Python Programlama Dili ve Paket Yönetici. Erişim Tarihi: 14.08.2020. <https://pypi.org>
- Raspberrypi, 2020. Raspberry Pi ve Özellikler ve Kullanım Talimatları. Erişim Tarihi: 14.08.2020. <https://www.raspberrypi.org>
- Robolinkmarket, 2020. HC-SR04 Ultrasonik Mesafe Sensörü Plastik Tutucu. Erişim Tarihi: 14.08.2020. <https://www.robolinkmarket.com/hc-sr04-ultrasonic-sensor-tutucu>
- Rubino, E. M., Centelles, D., Sales, J., Marti, J. V., Marin, R., Sanz, P. J., 2015. Wireless Image Compression and Transmission for Underwater Robotic Applications, International Federation of Automatic Control, 48-2, 288–293.
- Seçkin, B., Ayan, T., Germen, E., 2012. Autopilot Project with Unmanned Robot, Procedia Engineering, 41, 958–964.
- Sikander, G., Anwar, S., Djawad, Y. A., 2017. Facial Feature Detection: A Facial Symmetry Approach. 5th International Symposium on Computational and Business Intelligence, 11-14 August, Dubai.
- Tamayo A. J. M., Bustamante, P. V., Ramos, J. J. M., Cobo, A. E., 2017. Inverse Models and Robust Parametric-step Neuro-control of a Humanoid Robot, Neurocomputing, 233, 90–103.
- Tavallali, P., Yazdi, M., Khosravi, M. R., 2017. An Efficient Training Procedure for Viola-Jones Face Detector. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, International Conference on Computational Science and Computational Intelligence, 828-831, 14-16 December, Las Vegas.
- Techpowerup, 2017. Asus ve Raspberry Pi 3 Testleri. Erişim Tarihi: 14.08.2020. <https://www.techpowerup.com/230999/asus-unveils-the-tinkerboard-to-rival-raspberry-pi-and-intel-edison>
- Ti, 2016. LM2596 Voltaj Düşürücü Regülatör Devre Kartı. Erişim Tarihi: 14.08.2020. <https://www.ti.com/product/LM2596>
- Vadakkepat, P., Sin, N. B., Goswami, D., Xiang, Z. R., Yu, T. L., 2009. Soccer Playing Humanoid Robots: Processing Architecture, Gait Generation and Vision System. Robotics and Autonomous Systems, 57, 776-785.
- Viola, P., Jones, M., 2001. Rapid Object Detection Using a Boosted Cascade of Simple Features. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 511-518, 8-14 December, Kauai.

- Wanga, Y., Zhang, G., Lang, H., Zuo, B., Silva, C. W., 2014. A Modified Image-Based Visual Servo Controller With Hybrid Camera Configuration For Robust Robotic Grasping, *Robotics and Autonomous Systems*, 62, 1398–1407.
- Wen, F. L., Wang, T., Wu, G., Liang, J., Novel, C. W., 2012. Method for the Modeling and Control Investigation of Efficient Swimming for Robotic. *The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Transactions On Industrial Electronics*, 59, 8.
- Wiratama, M. R., Endah, S. N., Kusumaningrum, R., Wibawa, H. A., 2017. Pornography Object Detection Using Viola-Jones Algorithm and Skin Detection. *The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1st International Conference on Informatics and Computational Sciences*, 29-34, 15-16 November, Semarang.
- Xu, Y., Yu, G., Wu, X., Wang, Y., Ma, Y., 2017. An Enhanced Viola-Jones Vehicle Detection Method From Unmanned Aerial Vehicles Imagery. *The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 18, 7, 1845-1856.
- Yun, L., Peng, Z., 2009. An Automatic Hand Gesture Recognition System Based on Viola-Jones Method and SVMs, *Second International Workshop on Computer Science and Engineering*, 72-75, 28-30 October, Qingdao.
- Zenodo, 2020. Örnek Toplama Mekanizması Kullanılarak Toplanan Bitki ve Ev Objelerinin Görsel Verileri. Erişim Tarihi: 17.09.2020. <https://zenodo.org/record/4022939>

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Haluk Özgen

Doğum Yeri ve Yılı : Kartal, İstanbul, 24/02/1990

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : haluk.ozgen90@gmail.com



Eğitim Durumu

Lise : Hayrullah Kefoğlu Anadolu Lisesi, 2007

Lisans : Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü (Terk)

Lisans : İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik ve Tasarım Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 2015

Yüksek Lisans : İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği

Mesleki Deneyim

Cihan İnşaat 2013-2014

Öğretim Görevlisi,
İstanbul Bilgi Üniversitesi 2016-2017

I2I Systems,
Türk Telekom Geniş Bant F. Operasyon 2019-2019

Yayınları

Akın M., Çakır M., Yıldız D., Özgen H., Yarkan S., 2015. Gerçek-Zamanlı, Kısa Mesafeli ve Yazılım Tabanlı Bir Sayısal Kablosuz Haberleşme Alıcı-Verici Tasarımının Gerçekleşmesi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 30, 2.

Özgen H., Turan M., 2018. Assisted Mobile Medication and Irrigation Robot Design, Elektrik-Elektronik ve Biyomedikal Mühendisliği Konferansı, 30 Kasım – 1 Aralık, Bursa.

Özgen H., Turan M., 2020. Sulama ve İlaçlama Robotu için Nesne Tanıma Çalışmaları, 2 nd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications, 26-27, 21, Turkey.