TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

ROBOTAKSİ – BİNEK OTONOM ARAÇ YARIŞMASI KRİTİK TASARIM RAPORU

TAKIM ADI: BeeM

TAKIM ID: 467037

İÇERİK

1. Takım Organizasyonu 4
2. Ön Tasarım Raporunun Değerlendirilmesi 5
3. Araç Mekanik Özellikleri 5
3.1. Aracın Fiziksel Özellikleri 5
3.1.1. Şasi ve Kabuk 6
3.1.2. Tekerlekler 7
3.1.3. Mekanik Fren 7
3.2. Sistem Ürün Kırılımı 9
3.3. Alt Sistemler 10
3.3.1. Elektro-Mekanik Direksiyon Sistemi 10
3.3.1.1. Lineer Potansiyometre ve DC Motor ile Direksiyon Kontrolü 10
3.3.1.2. Step Motor ile Direksiyon Motor Kontrolü 11
3.3.2. Elektronik Gaz ve Fren Sistemi 12
3.4. Aracın Elektronik Mimarisi 13
3.4.1 8.5Nm Nema34 Step Motor 16
3.4.2 DM860H Step Motor Sürücü 16
3.4.3. BLDC (Fırçasız DA) Motor 16
3.4.5. Otonom Araç Kontrol Sistemi 19
3.4.7.1. Devre Çizimleri 22
3.5. Alt Sistem ve Temel Birleşenler Arası Fiziksel Arayüzler 23
4. Donanım Mimarisi 24
4.1. Sensörler 24
4.1.1. Lidar 24
4.1.1.1. Lidar Kullanımı 25
4.1.2. Kamera 26
4.1.2.1. Kamera Kullanımı 27
4.1.3. LM393 Hız Sensörü 27
4.1.4. ACS712 Akım Sensörü 27
4.1.5. DHT11 Sıcaklık ve Nem Sensörü 27
4.1.6. DS18B20 Sıcaklık Sensörü 27
4.1.7. MAX471 Voltaj Sensörü 28
4.2. Kablosuz Haberleşme 28
4.2.1. LoRa E32 433T20D 29
4.2.2. HC06 Bluetooth Modülü 29

4.2.3. Seri Haberleşme 30
4.3. Batarya Yönetim Sistemi (BMS) ve Pil Paketi 32
4.4. Kontrol Bilgisayarı 33
4.5.Donanımsal Güvenlik Önlemleri 34
4.5.1 Acil Durum Butonları 34
4.5.2 Sigorta ve Yüksek Akım 34
4.5.3 Yüksek Sıcaklık 35
4.5.4 Sıvı, Nem ve Toz Teması 35
5.Yazılım Mimarisi 35
5.1. Şerit Takip Algoritması 35
5.1.1. Mask RCNN 35
5.1.2. Faster RCNN 38
5.2. YOLOV4 Nesne Tespit Algoritması 42
5.3. Otonom Araç için Yazılım Akış Diyagramları 45
5.4. Yazılımsal Güvenlik Önlemleri 47
5.4.1. Ana Kol Akımının Kesilmesi 47
5.4.2. Uzaktan Araç Kontrol 48
5.4.3. Aracın Şerit Çizgisi Kaybetme ve Çizgiden Çıkma Durumu 48
6.Özgün Bileşenler 49
6.1.Şerit Tespit ve Takip Algoritması 49
7. Test 50
7.1. İvmelenme Testi 50
7.2. Frenleme Testi 53
7.3. Yönlendirme Testi 54
Hız değeri 5 km/h dönme miktarı 0.3 radyan için: 54
Hız değeri 5 km/h dönme miktarı -0.3 radyan için: 56
Hız değeri 5 km/h dönme miktarı 45° için: 58
Hız değeri 5 km/h dönme miktarı -45° için: 60
Yapılan İşlem Değerlendirmesi: 66
7.4. Parkur Testleri 67
8.Referanslar 69

1. Takım Organizasyonu

Geliştirilecek olan araca ait yapılacak iş paketleri gruplandırılarak planlanmıştır. Bu süreçte ortaya çıkan gruplar Mekanik, Elektrik-Elektronik, Şerit Takip İşlemi ve Yazılımı, Simülasyon ve Yazılım şeklindedir. Takım üyeleri yetenek ve istekleri doğrultusunda iş paketlerine ait gruplara yönlendirilmiştir. Oluşturulan her grup bir lider tarafından yönetilerek görev dağılımları ve süreç takibi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca düzenli toplantılar ve iş-zaman grafikleri ile iş-takip ve düzeni sağlanmaktadır. Genel olarak grup dağılımı Şekil 1'de verilmiştir.

Şekil 1. Takım Organizasyon Şeması

Takım üyelerinin görev dağılımları ve uzmanlık alanları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Grupların Uzmanlık Alan ve Görev Dağılım Tablosu

Grup İsmi	Görev Dağılımı	Uzmanlık Alanı
Mekanik	Şasi, Kabuk, Fren, Tekerlek, Direksiyon Kutusu Seçimi	Mekanik İşlemler ve Tasarım
Elektrik- Elektronik	Otonom Sürüş Kart Tasarımı ve Üretimi, Gömülü Sistem Yazılımı, Elektrik Sistem Tasarımı ve Kurulması, Yazılım- Sistem Entegrasyonu	Elektrik Sistemi, Elektronik Kart Tasarımı, Gömülü Sistem Yazılımı
Şerit Takibi ve Nesne Tanıma	Model Eğitimlerinin Gerçekleştirilmesi, Modellerin Test İşlemleri, Görüntü İşleme, Yazılım- Sistem Entegrasyonu	Yapay Zekâ Algoritmaları, Görüntü İşleme, Python
Simülasyon ve Yazılım	Simülasyon Oluşturulması, Görüntü İşleme, Sensör Kurulumu ve Yazılımı, Yazılım-Sistem Entegrasyonu, Sistem Kurulumları	ROS, Python, Sensörler, Görüntü İşleme

2. Ön Tasarım Raporunun Değerlendirilmesi

Ön tasarım rapor sürecinde otonom sürüş için gerçekleştirilen yazılım çalışmaları ile simülasyon başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Bu süreçte yapılan çalışmalar ile ekibimiz nesne tanıma algoritmaları, görüntü işleme ve Robotics Operation Systems (ROS) ortamı gibi ile ilgili tecrübe kazanmıştır. Bu süreçte elde edilen bilgi ve beceriler daha sonraki çalışmalarımızı hızlandırmış ve başarılı bir şekilde aracımız üzerinde uygulanmasını kolaylaştırmıştır. Ön Tasarım Raporu aşamasında algoritmalarımızın testleri gerçekleştirilirken karşılaşılan donanımsal sorunların tespiti sağlanmış ve giderilmesi için gerekli çalışmalar başlatılmıştır.

Çalışmada kullanılacak derin öğrenme algoritmalarında ve simülasyon ortamında yaşanan sürüm çakışmalarından kaynaklanan problemler belirlenmiş ve mevcut durumda büyük oranda giderilmiştir. Aracın üzerinde kullanılması planlanan direksiyon kontrol sistemi ile ilgili bilgiler ön tasarım raporunda belirtilmiştir. Direksiyon kontrolünde kullanılması planlanan step motor için mevcut durumda maddi destek beklendiği için alımı gerçekleştirilene kadar araç üzerinde bulunan lineer potansiyometre ile DC motor yardımıyla araç üzerinde kullanılacak yöntem ve yazılımlar test edilmektedir. Ön tasarım rapor sürecinde geliştirilen eğitilmiş modellere ait yazılımların testleri simülasyon ortamında test edilmiş ve başarılı sonuçlar alınmıştır. Mevcut durumda tüm bu test işlemleri hazırlanan parkur üzerinde gerçek zamanlı olarak uygulanabilmesi için hazırlıklar yapılmaktadır.

Ayrıca Robotaksi Binek Otonom Araç yarışmasına takımımızın ilk kurulduğu 2019 yılından itibaren katıldığımız için geçen bu üç yıllık süreç içerisinde bu serüvene ait tecrübe birikimi olarak ortaya koyduğumuz ve temel birçok ihtiyacımızın bu süreçte tamamlandığı bir ürün ortaya konulmuştur. Her yıl kendi imkanlarımızla geliştirdiğimiz aracımızın üzerinde değişimler yapılarak geliştirmeye devam etmekteyiz. Bu nedenle bütçe olarak temel yazılımda kullanacağımız sensör, bazı elektronik malzeme, donanımsal eksiklikler ve mekanik ihtiyaçlarımız bulunmaktadır. Ayrıca ülke genelinde yaşanılan ekonomik sıkıntılar nedeniyle planlanan araca ait tasarımsal çalışmalar yeterli bütçe sağlanamadığı için gerçekleştirilemeyecektir. Bu nedenle Ön tasarım raporu aşamasında belirlenen bütçe de araca ait kabuk haricinde bulunan ürünlere ait ihtiyaç durumu devam etmektedir.

3. Araç Mekanik Özellikleri

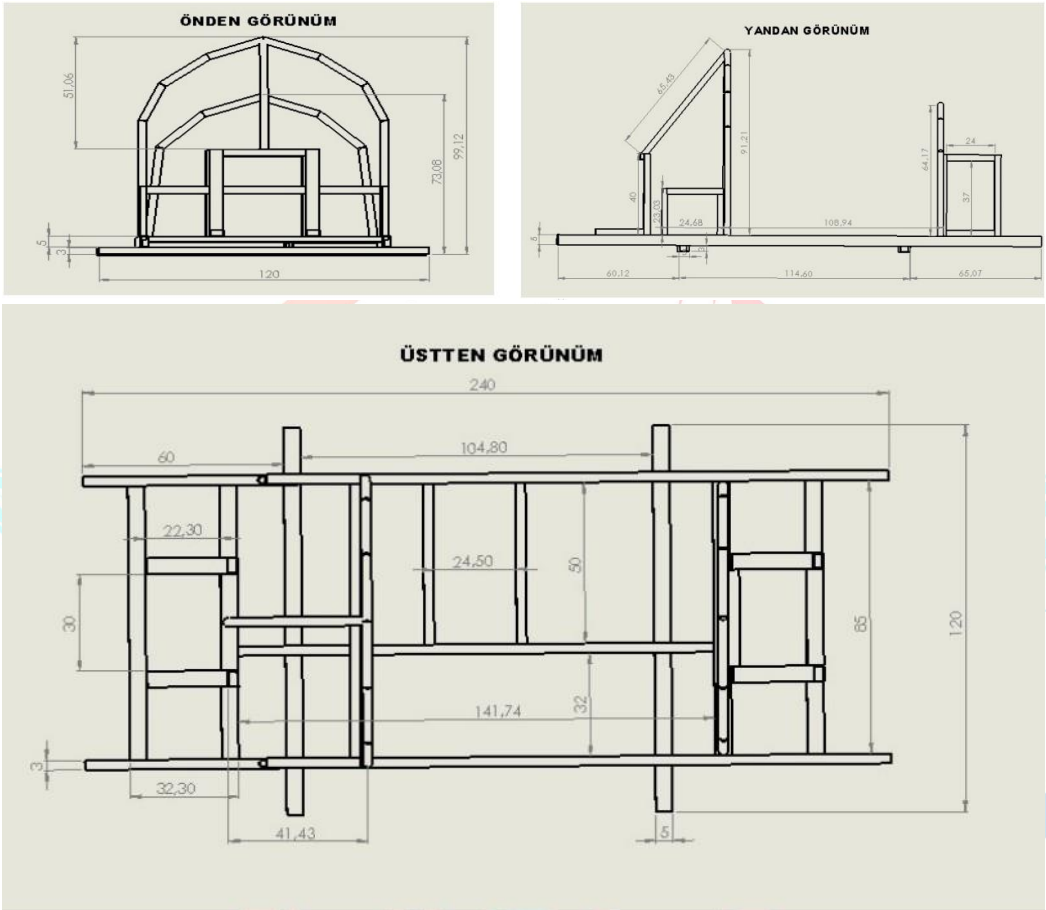
3.1. Aracın Fiziksel Özellikleri

Araca ait Robotaksi Binek Otonom Araç Yarışması Şartnamesine uygun şekilde bir şasi ve kabuk tasarımı gerçekleştirilmiştir. Araç mekanik olarak 5 alt sistemden oluşmaktadır.

- Şasi ve Kabuk
- Tekerlekler
- Mekanik Fren
- Direksiyon Sistemi

3.1.1. Şasi ve Kabuk

Araca ait şasi, kabuk ve alt sistem bağlantılarında kullanılan malzemeler Tablo 2' de verilmiştir. Yuvarlak profil ön teker bağlantısı, rollbar ve dış kabuk destek için kullanılmıştır. Kare profiller şasi alt yapısı için kullanılmıştır. Tasarıma ait görseller Şekil 2' de verilmiştir. Ayrıca araç üzerinde kullanılan kabuk görseli Şekil 3' te verilmiştir.



Şekil 2. Şasi Tasarımı ve Ölçeklendirilmesi

Şekil 3. Mevcut Araç Üzerinde Kullanılacak Kabuk

Tablo 2. Kullanılan Malzemeler

Kullanım Amacı	**Malzeme**
Kabuk	Epoksi ile Sertleştirilmiş Fiberglass
Şasi	ST37 Metal kare profil 40x40x3(mm)
Şasi	ST37 Metal Kare profil 20x20x2(mm)
Şasi	ST37 Metal Yuvarlak profil 30x5(mm)
Diğer (Lineer potansiyometre, step motor ve direksiyon kutusu birleşimi – teker dönüş ve şasi bağlantıları)	Çeşitli CNC Torna ve CNC Freze malzemeleri (ST37 Metal)

3.1.2. Tekerlekler

Araç üzerinde kullanılan tekerlek, jant ve içi hava dolu lastiklerden oluşur. Aracın tüm yükünü üzerine alır ve dönerek aracın hareket etmesini sağlar. Aracımızın sürtünme seviyesini minimum tutacak ve yükünü yeterli düzeyde kaldıracak bir teker tercih edilmiştir. Tercihimizde kural kitapçığına uygun gitmeye özen gösterilmiştir. Araç üzerinde kullanılan tekerleğe ait bilgiler ve görsel Şekil 4' te verilmiştir.

İnç	2,75/17
Kesit Genişliği	90
Kesit Oranı	90
İnç Cinsinden Jant Çapı	17
Taşıma Kapasitesi (218 kg)	55
Hız İndeksi (150km/s)	P

Şekil 4. Araçta Kullanılan Tekerlek

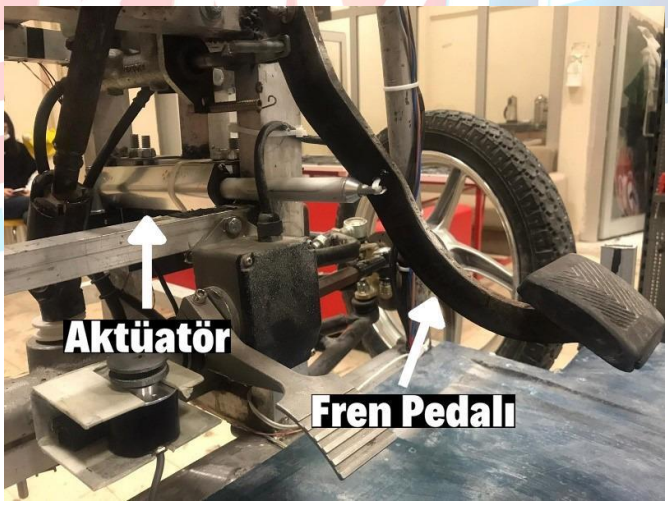
3.1.3. Mekanik Fren

Otonom araçta hem motor freni hem de güvenlik tedbiri olması amacıyla ekstra hidrolik fren bulunmaktadır. Hidrolik frenlerin çalıştırılması, fren pedalına bağlı elektrikli bir doğrusal aktüatör ile gerçekleştirilecektir. Otonom sürüş algoritması tarafından elektronik frenleme sisteminin çalışmaması durumunda ikincil güvenlik frenlemesi amacıyla araçta bulundurulacaktır.

Şekil 5. Fren Sistemi ve Ön Takım Bileşenleri

Kullanım alanı en çok otomobil sınıfında olan Hidrolik fren sistemi, sürtünme kuvvetinin yağ basıncı ile sağladığı frenlerdir. Şoförün frene basarak sıkıştırdığı yağ, merkez pompasından tekerleklere yayılarak aracın frenlenmesini sağlar. Hidrolik frenlerde kullanılan hidrolik yağ, özel bir madeni yağdır. Günümüzde, araç fren pedalına uygulanan mekanik kuvvet, servo fren ve ana merkez üzerinden fren hidroliği sayesinde hidrolik kuvvet olarak tekerlere iletilir ve frenleme gerçekleşir. Araç üzerinde kullanılan lineer aktüatör Şekil 6' da verilmiştir. Şekil 7' de Sistemin araca entegrasyon şekli verilmiştir.

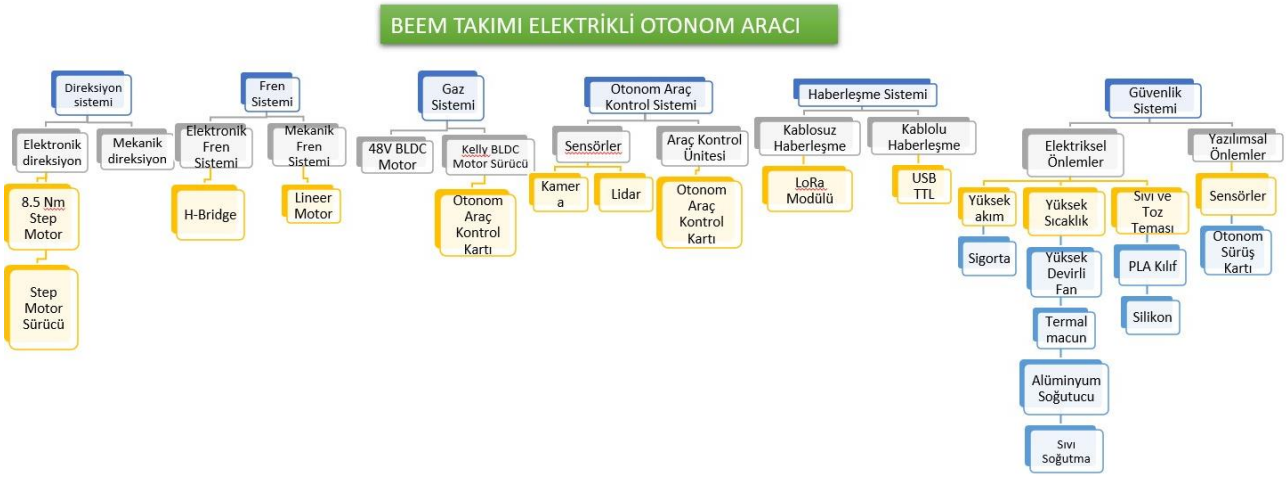
Şekil 6. Fren Pedalının Kontrolünü Sağlayacak Lineer Aktüatör



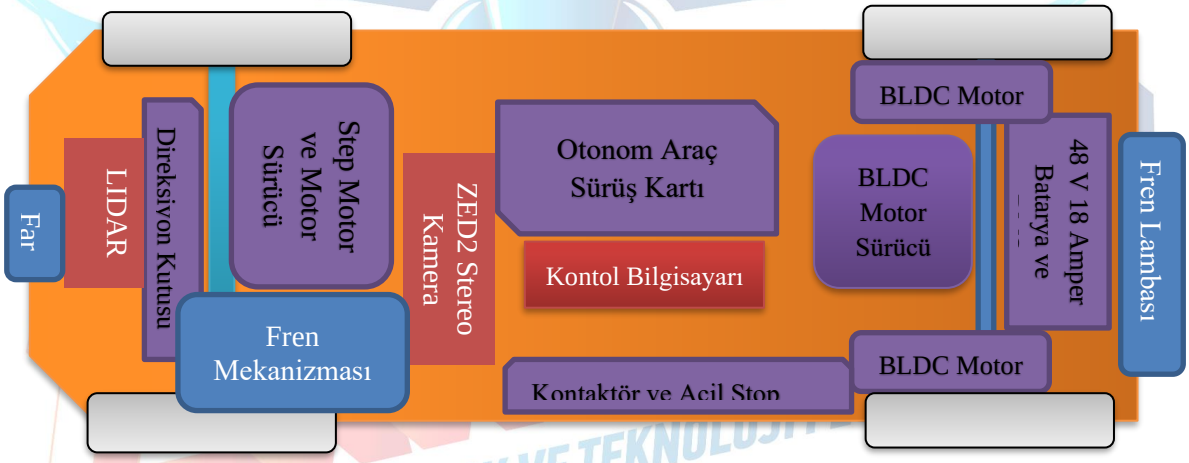
Şekil 7. Fren Pedalı ile Aktüatör Arasındaki Bağlantı

3.2.Sistem Ürün Kırılımı

Üretimi gerçekleştirilen araca ait sistem ürün kırılım şeması Şekil 8’ de genel sistem şeması ise Şekil 9’ da verilmiştir.



Şekil 8. Sistem ürün Kırılım Şeması



Şekil 9. Araç Genel Sistem Şeması

3.3. Alt Sistemler

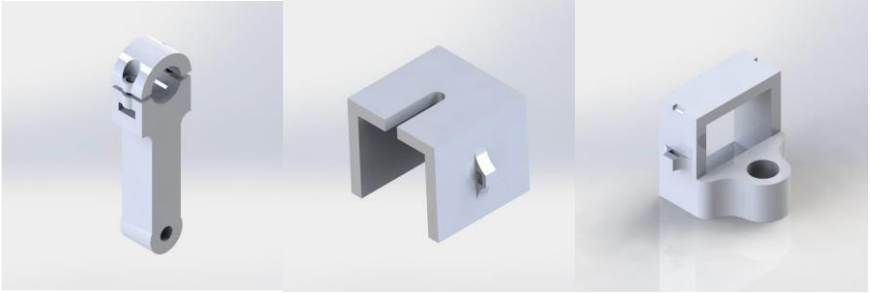
3.3.1. Elektro-Mekanik Direksiyon Sistemi

3.3.1.1. Lineer Potansiyometre ve DC Motor ile Direksiyon Kontrolü

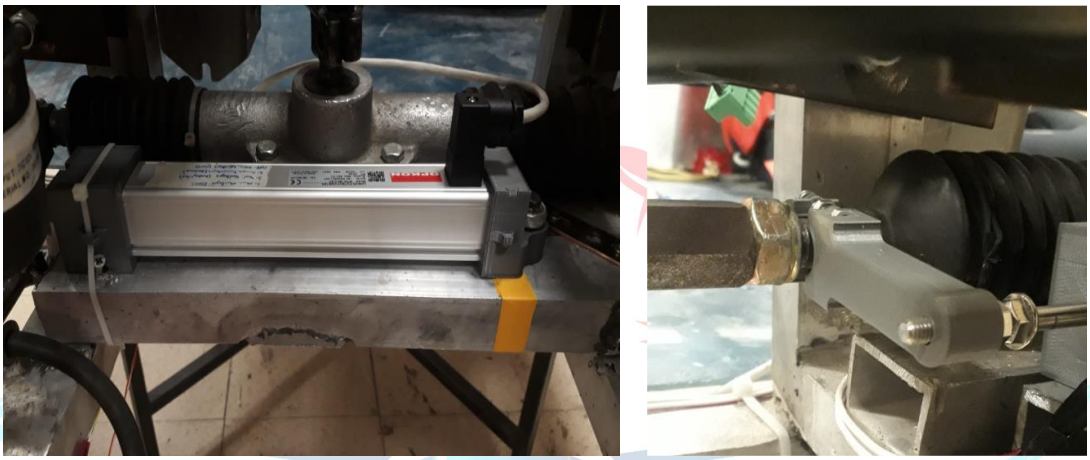
Araçta kullanılan temel ve en önemli parçalardan biri kullanılacak elektro-mekanik direksiyon sistemidir. Mevcut sistem de araç üzerinde bulunan direksiyon kutusu ve buna bağlı olarak kullanılan direksiyon motoru kullanılmaktadır. Araç üzerinde kullanılan mevcut sistem Şekil 10' da verilmiştir.

Şekil 10. Direksiyon Kutusu ile Motor Bağlantısı

Araç üzerinde mevcut sistemde bulunan elektro mekanik direksiyonun kontrolü için lineer potansiyometre kullanılacaktır. Bu sensor yardımıyla direksiyonun konumu belirlenerek, direksiyon motoruna iletilecek yön bilgisi elde edilmektedir. Lineer potansiyometre yardımıyla araçta bulunan şerit takip sistemi ve lidardan gelen veriler ile direksiyonun istenen açıda dönmesi amaçlanmaktadır. Böylelikle aracın stabil şekilde hareketi ve dönüşleri gerçekleştirmesi beklenmektedir. Potansiyometre aracın direksiyon mafsalına bağlanarak dönüş esnasında potansiyometrenin milinin içeri ve dışarı çıkmasıyla değer okuma işlemi gerçekleştirilmektedir. Araçta en uygun nokta belirlenmiş ve direksiyon mafsalının bulunduğu konumdaki şaseye ait bir alüminyum parçaya sabitlenmiştir. Çalışması esnasında istenmeyen şekilde sabitlendiği noktadan hareket ederek veri kayıplarına yol açmaması için yine Solidworks programı ile ara parçalar tasarlanıp 3D yazıcıdan baskılar alınmıştır. Üretilen ara parçalar ile belirlenen noktaya vidalanarak montajı gerçekleştirilmiştir. Şekil 11' da üretimi gerçekleştirilen parçalar verilmiştir. Araç üzerine montajı gerçekleştirilen lineer potansiyometreye ait montaj görseli Şekil 12' de verilmiştir.



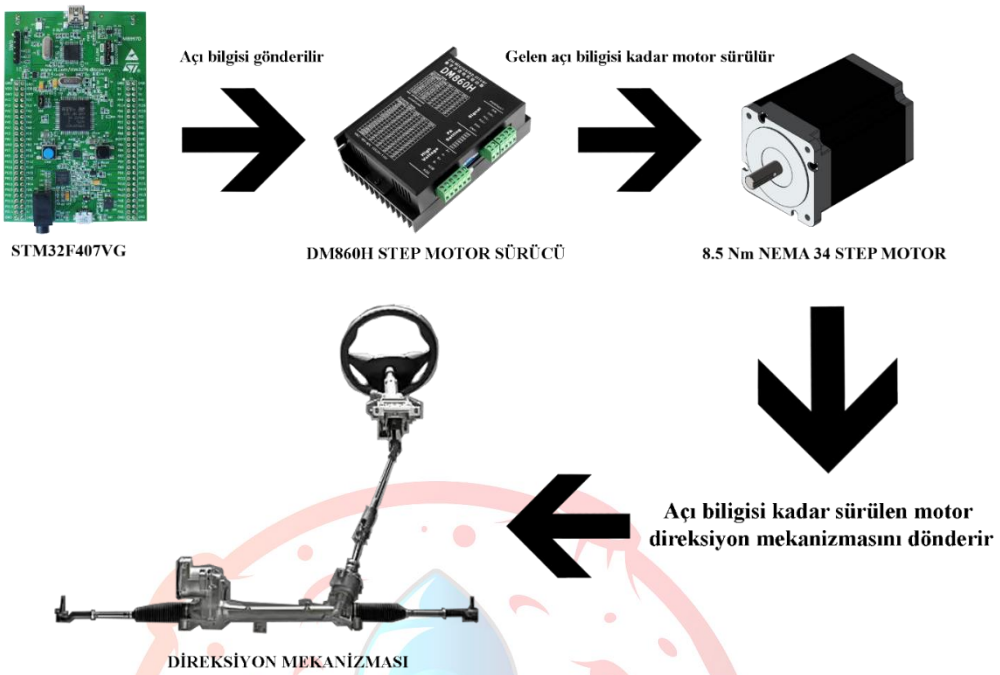
Şekil 11. Potansiyometre Sabitleme Parçaları



Şekil 12. Lineer Potansiyometrenin Araca Entegrasyonu

3.3.1.2. Step Motor ile Direksiyon Motor Kontrolü

Step motorlar adım sayısı kadar hareket edebilme kabiliyetlerinden dolayı daha hassas manevralar yapabilmek için araç üzerinde kullanılması planlanmaktadır. Yapılması planlanan bu sistemde aracın ağırlığı da göz önüne alındığında 8.5Nm torka sahip NEMA34 marka step motor seçilmiştir. Bu step motoru sürmek için de DM860H Step Motor Sürücü kullanılması planlanmaktadır. Gerçekleştirilmesi planlanan sistem de STM32F407VG üzerinden gönderilen açı bilgisi öncelikle sürücüyü tetikler. Ardından tetiklenen sürücü gelen açı bilgisi kadar step motoru istenilen açı kadar dönderir ve sonuç olarak step motor direksiyon mekanizmasını harekete geçirerek daha hassas manevralar yapılması sağlanır. Gerekli malzemelerin temini halinde yapılması planlanan direksiyon mekanizması ise Şekil 13' de gösterilmiştir.



Şekil 13. Step Motor Direksiyon Mekanizması

3.3.2. Elektronik Gaz ve Fren Sistemi

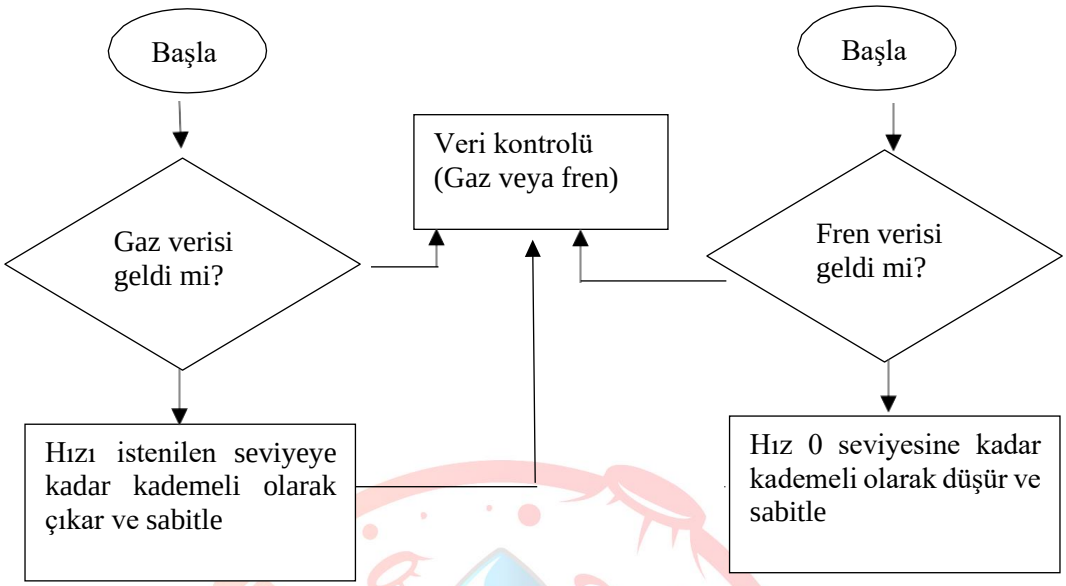
Tasarlanan otonom araçta kullanılacak olan Kelly Controls (Model= KBS72151E)' e ait programlanabilir motor sürücüsüdür. Gaz ve frenleme sistemi mevcuttur. Buna göre ilgili pine gelen gerilim (0-5V) üzerinden kontrolünü sağlamaktadır. Bu motor sürücüsü teknik özellikleri ve giriş portları Şekil 14' te verilmiştir [1].

Giriş Portları	
B+	Pozitif Giriş
B-	Negatif Giriş
A	Çıkış U/1/A Fazı
B	Çıkış V/2/B Fazı
C	Çıkış W/3/C Fazı

Teknik Özellikler	
Çalışma Frekansı	16,6kHz
Bekleme Batarya Akımı	<0,5mA
5V Sensör Bekleme Akımı	40mA
Kontrolör Besleme Voltaj Aralığı	18-90 V
Besleme Akımı	150mA

Şekil 14. Kelly Controls Motor Sürücü Teknik Özellikleri ve Giriş Portları

Motor kontrolü, elektronik gaz ve frenleme işlemleri için yaptığımız programımızın algoritma şeması akış diyagramı Şekil 15' de verilmiştir.



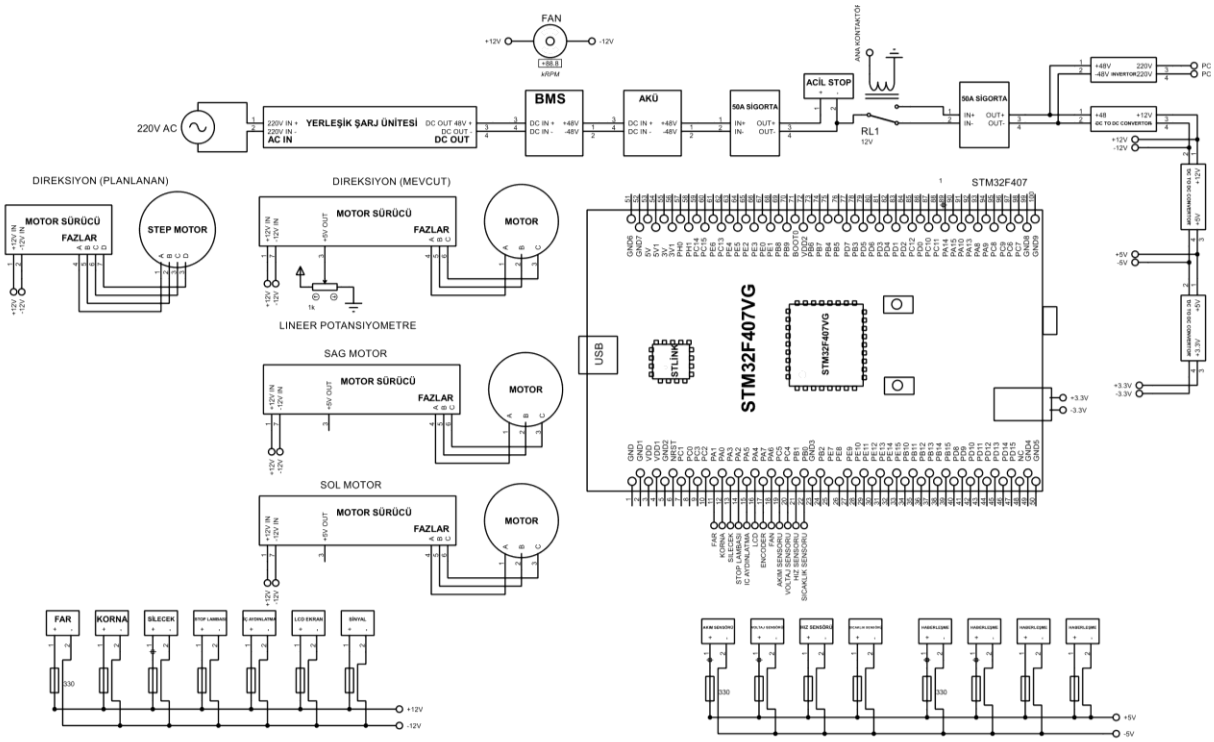
Şekil 15. Akış Diyagramı

3.4.Aracın Elektronik Mimarisi

Elektrikli ve otonom araç olarak şartnamede belirtilen görevleri gerçekleştirilmesi için araç üzerinde birçok donanım kullanılmaktadır. Araç üzerinde kullanılan donanımlar temel olarak aşağıdaki gibi sıralanmaktadır.

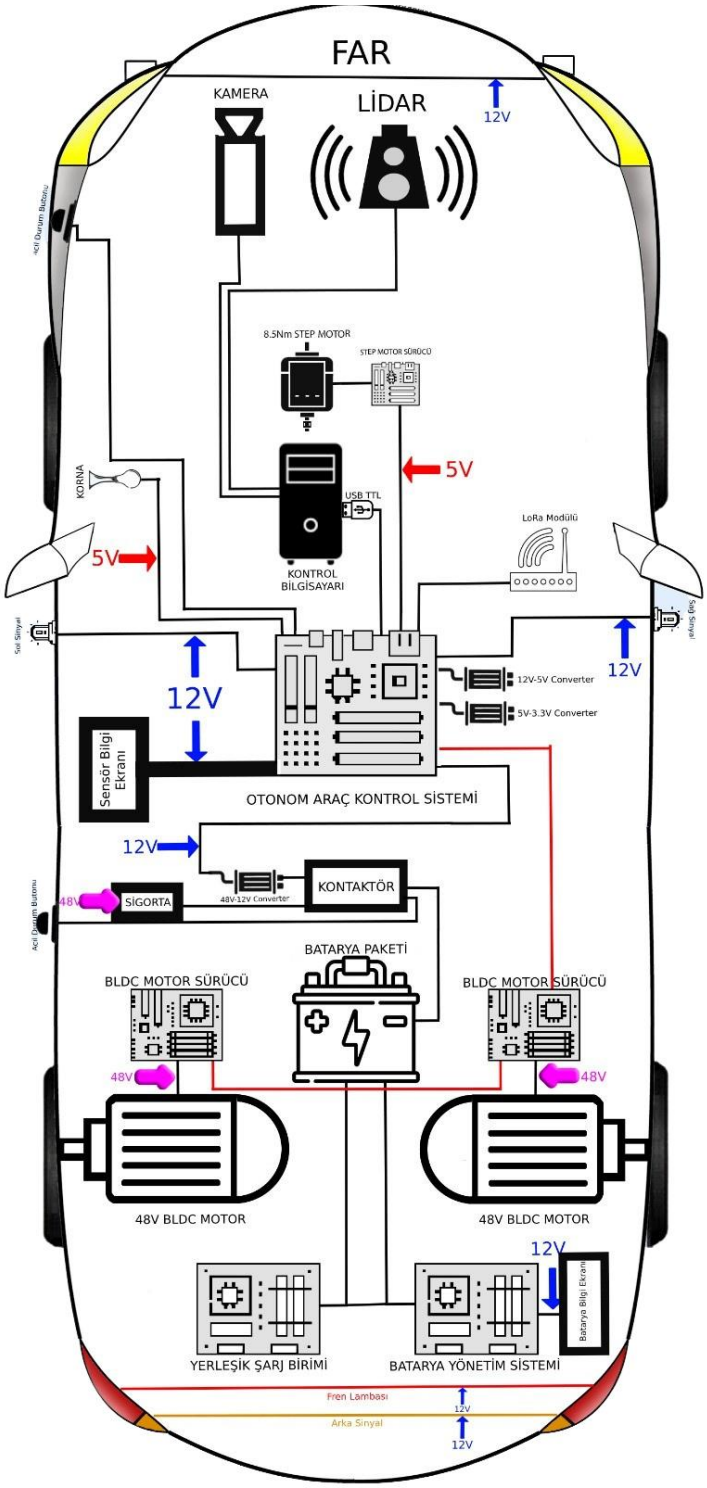
- Direksiyon Step Motoru
- Step Motor Sürücüsü
- BLDC Motor
- BLDC Motor Sürücüsü
- Haberleşme Modülü
- Batarya Yönetim Sistemi ve Batarya Paketi
- Otonom Sürüş Kartı
- Lineer Potansiyometre
- Yerleşik Şarj Birimi
- Kontrol Bilgisayarı
- Sinyal ve Far Sistemi
- Acil Durum Butonu
- Kontaktör
- Kamera
- Lidar
- Bilgi Ekranları
- Korna
- Lineer Aktüatör

Araç üzerinde kullanılan elektrik sistemine ait şema Şekil 16' da verilmiştir. Ayrıca kullanılan tüm bu elektronik parçaların kullanımı ve yerleşimi ile ilgili elektronik mimari detayları Şekil 17' de verilmiştir.



Şekil 16. Araç İçi Elektronik Bağlantı Şeması

TEKNOFEST
HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ



Şekil 17. Araca Ait Elektronik Mimari

3.4.1 8.5Nm Nema34 Step Motor

Kullanılması planlanan step motor özellikleri Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. 8.5Nm NEMA34 Step Motor Özellikleri [2]

STEP MOTOR TEKNİK ÖZELLİKLERİ	
Tutma Torku	8.5 Nm
Akım	4.9 Amper
NEMA	34
Flanş Ölçüsü	86x86 mm

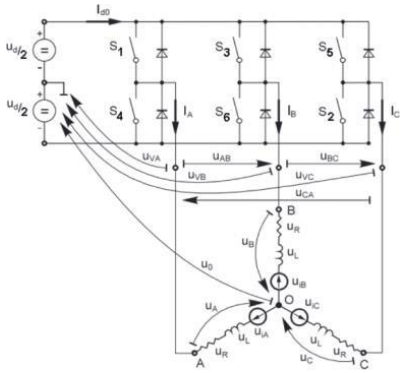
3.4.2 DM860H Step Motor Sürücü

Kullanılması planlanan step motor sürücü özellikleri şöyledir [3];

- 4 telli, 8 telli iki fazlı step motoru sürebilir
- Gerilim giriş aralığı: 24 ~ 110 VDC ya da 18 ~ 80 VAC
- Maksimum akım: 7,2A, çözünürlük: 0,1A
- Alt bölüm aralığı: 400 ~ 25000ppr
- Sinyal girişi: diferansiyel / tek uçlu, darbe / yön veya çift darbe
- Dürtü yanıt frekansı: 200KHz
- Yerleşik mikro segment
- Açılış parametresi otomatik ayarlama işlevi
- Hassas akım kontrolü, motor ısınmasını büyük ölçüde azaltır
- Akım dururken otomatik olarak yarıya iner
- Optik olarak izole edilmiş sinyal girişi, güçlü anti-parazit yeteneği
- Aşırı gerilim, aşırı akım ve diğer korumalar
- Ürün Ölçüleri: 150x97.5x27.5mm

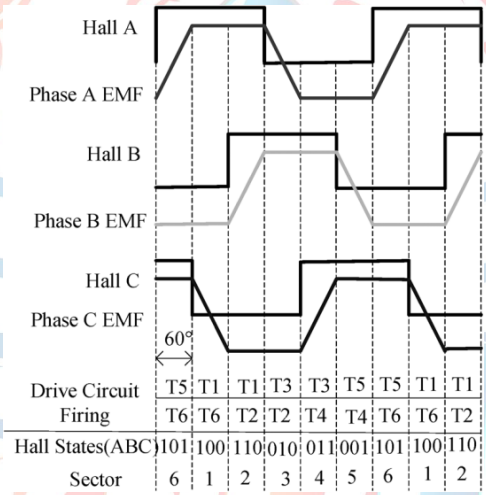
3.4.3. BLDC (Fırçasız DA) Motor

Otonom aracın hareket mekanizmasının çalıştırmasında 2 adet BLDC motor kullanılmıştır. BLDC motor, verimlilik, güvenilirlik, yüksek güç ve hacim oranı bakımından ideal bir yapıdır. Geniş bir hız aralığında çalışan yüksek miktarda tork sağlayan bir avantaja sahiptir. Bu motorlar tork/devir bakımından fırçalı DA motorlara benzeyen fakat çalışması bakımından fırçalı DA motorlardan farklı çalışan bir yapıya sahiptir. Rotor üzerinde fırça bulunmamaktadır belirli rotor konumlarında elektronik olarak komutasyon oluşturularak çalışmaktadır. Kontrol elektroniği komütatörün işlevini değiştirerek uygun sargılara stator etrafından döner bir şekilde enerji vermektedir. Stator sargısı rotor mıknatısını yönlendirerek anahtarlama yapmaktadır [4]. Motorun eş değer devre şeması Şekil 18' de gösterilmiştir.



Şekil 18. BLDC Eş Değer Devre Şeması

BLDC motorun rotor konumları hall effect sensörleri ile yapılmaktadır. Hall effect sensörü rotordan gelen konumu algılar ve PWM sinyali verir. PWM sinyalinin kombinasyonu rotorun konumunu belirlemektedir. Hall effect PWM sinyali Şekil 19' da gösterilmiştir.



Şekil 19. Hall Effect PWM Sinyali

Uygulamaların farklı olması, gereksinimlerin farklılığı gibi durumlarda motora duyulan ihtiyacın optimum düzeyde karşılanabilmesi beklenmektedir. İlk olarak kullanılacak olan motorun parametreleri belirlenmiştir. Parametreleri Tablo 4'de verilmiştir. Kullanılan motor 25 Amper 48 Volt 1.2 kW gücündedir ve motor sürücü kontrolüyle gerçekleştirilmiştir. Gerekli kontrollerden sonra araç üstüne monte edilmiştir. Motor, Şekil 20' de özellikleri ise Tablo 4' te verilmiştir.

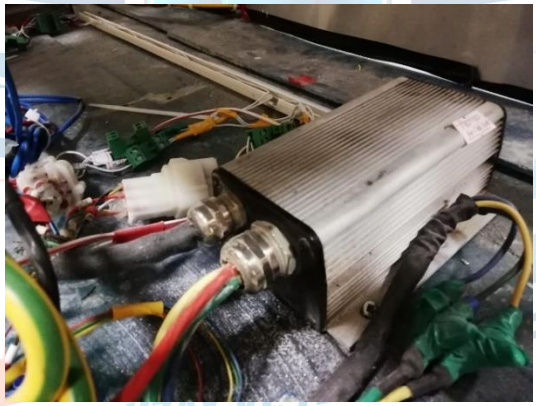
Tablo 4. Kullanılan BLDC Motor Parametreleri

BLDC Motor	1200W 2 Adet
Motor Çalışma Gerilimi	48V
Motor Sürekli Akım Değeri	25A
Motor Gücü	1200W
Azami Hız	30KM/S

Şekil 20. 1200W BLDC Motor

3.4.4. Motor Sürücü

Fırçasız motorun kontrolü oldukça zordur. Araç, hızlanması ve fren yapması durumunda fazla akı çekecektir. Akıyı azaltmak, motorun kontrolünü sağlamak, motora uygulanan gerilimlerini kontrol etmek için motor sürücüye ihtiyaç duyulmaktadır. Kullanılacak olan motorun kontrolü için 2 adet Kelly Control (model=KBS72151E) programlanabilir motor sürücüsü kullanılmış, gerekli kontrollerden sonra araç üzerine monte edilmiştir. Motora ait kullanılan motor sürücü Şekil 21' de verilmiştir. Motor sürücüde gaz kelebeği ve frenleme sistemi bulunmaktadır. Üç motor fazının tümünde veri yolu ve (5-12V) güç kaynağı üzerinde gerilim izlenebilmektedir. Akım algılama, akım kontrol döngüsü, aşırı akım ve aşırı gerilim koruması bulunmaktadır.



Şekil 21. Kelly Controls LLC Motor Sürücü

Kelly Controls BLDC motor sürücü teknik özellikleri Tablo 5' te verilmiştir.

Tablo 5. Motor Sürücü Teknik Özellikleri

Çalışma Frekansı	16,6kHz
Bekleme Batarya Akımı	<0,5mA
5V Sensör Bekleme Akımı	40mA
Kontrolör Besleme Voltaj Aralığı	18-90 V
Besleme Akımı	150mA
Analog Fren ve Gaz Kelebeği Girişi	0-5V (3 telli pot) 0-5V (sinyali üretmek için)
Ayarlanabilir Akü Voltaj Aralığı	18-90V Nominal
Tam Güç Çalışma Sıcaklığı Aralığı	0 °C ila 70 °C
Çalışma Sıcaklığı Aralığı	-40 °C ila 100 °C kapatma

Tepe Faz Akımı, 10 Saniye Sınırı	160A
Sürekli Faz Akımı Sınırı	80A
Maksimum Akü Akımı	Yapılandırılabilir

Kelly Controls motor sürücü genel özellikleri:

• RS232 Windows Gui kullanarak konfigürasyon programlanmasına ve yazılım yükseltmelerine olanak sağlar.

• Ana kontaktör sürücüsü herhangi bir arıza tespitinde gücünü keser.

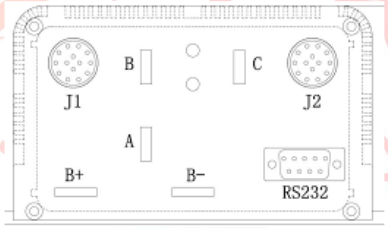
• Gelişmiş rejeneratif fren işlevi, yeni bir ABS tekniği güçlü ve pürüzsüzdür.

• İki simetrik bir 0-5 V analog sinyal ile isteğe bağlı olarak kumanda kolu hem ileri hem de geri hareket etme olanağı sağlar.

• KYT-130 termistör ile sıcaklık koruması yapabilmektedir.

• Motor sıcaklık yerine yapılandırılabilir 12V fren sinyali girişi bulunmaktadır.

Kelly Controls (Model=KBS72151E) motor sürücü bağlantı girişleri Şekil 22' de gösterilmiştir.



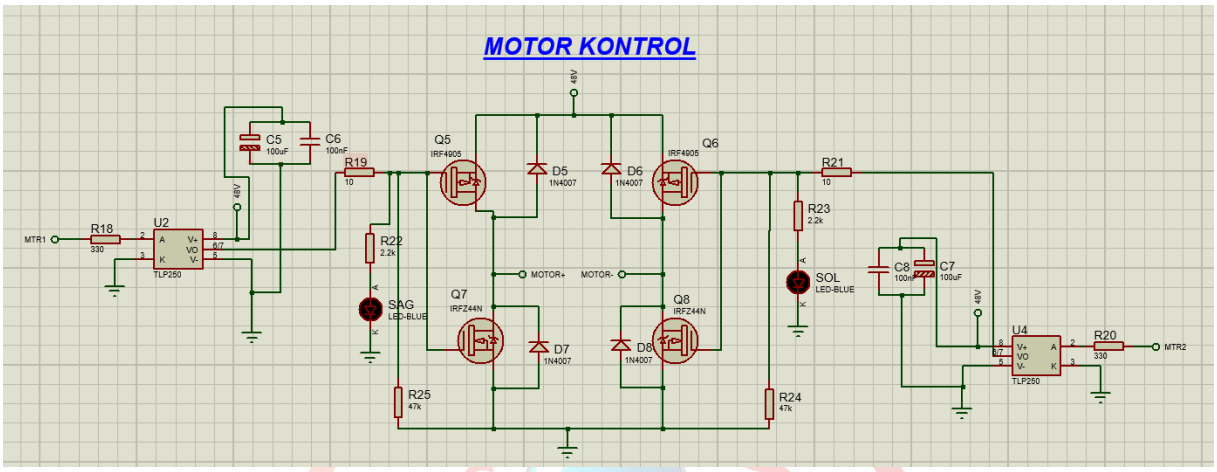
Şekil 22. Kelly KBS72151E Bağlantı Girişleri

3.4.5. Otonom Araç Kontrol Sistemi

En genel manasıyla araç üzerinde bulunan farklı cihaz, parça ve sensörlerden gelen sinyallerin işlendiği ve bu işlenen sinyallere göre yine araç üzerinde bulunan donanımların kontrolünü gerçekleştiren kontrol merkezidir. Araç üzerinde iki farklı kontrol sistemi bulunmaktadır. Bu sistemin birincisi otonom sürüş için kontrol bilgisayarından gelen veriyi araç üzerinde bulunan donanımlara aktarmak için tasarlanmıştır. İkincisi ise elektrikli araç için gerekli olan sinyal, far, korna, fren lambası, batarya ile ilgili temel bilgiler gibi verilerin alınması için tasarlanmıştır. İki farklı amaç için kullanılacak olan bu kartlar için tek bir devre kartında birleştirilerek Otonom Araç Kontrol Sistemi (OAKS) adı verdiğimiz donanım hazırlanmıştır. OAKS nın en önemli görevi motor yön kontrolüdür.

Motor yönü ve Fren kontrolünün sağlanması amacıyla H tipi kontrolcüler kullanılmaktadır. H tipi sürücüler basit olmasına rağmen, endüstride motor sürücülerin temeli olarak kullanılmaktadır. Genel anlamda bir H köprüsü, H benzeri bir şekil yapısıyla merkezde bir yük ve bunun kontrolünün sağlanması amacıyla dört adet anahtarlama elemanı içermektedir. Bu yapı, kontrol sistemi üzerinde dc motorların kontrolü için kullanılmıştır. Aşağıdaki şekilde de görüldüğü gibi Q1 ile Q4 mosfeti ve Q2 ile Q3 mosfeti birlikte tetiklenerek motora yön verme işlemi yapılmaktadır. Bu devrenin tetikleme işlemi yapılırken Q1 ve Q2 (veya Q3-Q4) aynı anda açılıp kapatılmamaktadır. Bu durum olduğu takdirde H köprüsü üzerinde kısa devre oluşacaktır ve devre nominal çalışma değerlerinin altında seyredip anahtarlama elemanlarının yanmasına sebep olacaktır. NPN Transistör ile H köprüsü denemelerinde bulunulmuş fakat transistörleri tetiklemek için yeterli akım miktarını işlemciden alınamaması sonucunda Darlington transistör yapısı ile mevcut akım değeri arttırılarak test edilmiştir. Bu çalışmadan yeterli miktarda verim alınamadığı için mosfet anahtarlama elemanları tercih edilmiştir. Burada kullanılan anahtarlama elemanının mümkün olduğunca az kayıplı, kolaylıkla iletime ve kesime

sokulabilen, hızlı olması gerekmektedir. Bu bağlamda 2 adet N kanal IRF44N, 2 adet P kanal IRFZ4905 mosfet kullanılmıştır. Optokuplör tetikleme yoluyla mosfet H köprüsü kurulmuştur. Kurulan devre şeması Şekil 23' de gösterilmiştir. Ayrıca yarışma esnasında oluşabilecek herhangi bir arıza durumuna hızlı bir reaksiyon gösterebilmek için Yedek Motor Kontrol Devresi de tasarlanmıştır.



Şekil 23. Motor Yön Kontrol Devresi

Kullanılan Malzemeler:

IRFZ44N N-Tipi Mosfet 	N kanallı bir mosfettir. Bu mosfetin gate ucuna artı ve eksi gerilimler verilerek mosfet kontrol edilir. N kanallı mosfetlerde akım mosfetin D ucundan S ucuna doğru, N tipi maddenin içinden geçer. Bu mosfet devrede P kanallı mosfet ile mikro denetleyiciden gelen sinyaller sayesinde motorlara yön kontrolü imkânı sağlamaktadır.
IRF4905 P-Tipi Mosfet 	P kanallı bir mosfettir P kanallı mosfetler çalıştırılması zahmetli mosfetlerdir bu mosfetlerin çalışması için gate ucu gerilimi ile source gerilimi eşit veya fazla olmalıdır bu durumda Source-Drain arası akım akar. Source gerilimi gate ucundan daha yüksek olduğu durumlarda mosfet kapanır ve Source-Drain arasından akım akmaz Bu mosfet devrede N-tipi mosfet ile koordineli bir şekilde çalıştırılarak motorlara yön kontrolü yaptırılır.
TLP250 Optokuplör 	Optokuplörler, birbiri ile optik bağlantılı ışın verici ve fotoalıcıdan oluşan, elektriksel bir bağlantı olmadan düşük gerilimlerle, yüksek gerilim ve akımları kontrol edebilen ve iki devrenin elektriksel olarak izolasyonu (yalıtılmasını) sağlayan, bir devre elemanıdır. Devrede optokuplör bir mosfet sürücü olarak kullanıldı. Devrede iki adet P-Tipi mosfet kullanıldığından mosfetin Gate-Source bacağını TLP250 yardımı ile bağımsız bir kaynaktan eşitleyerek mosfetin çalışması sağlandı. Bu sayede kolaylıkla mikro denetleyici ile TLP250 arasında ve TLP250 ile de mosfet arasında bağlantı kurularak kontrol edilmiştir.

1N4007Diyot	Diyot elektrik akımlarının yalnızca tek bir yönden iletilmesini sağlayan ve yarı iletken olan devre akımlarına verilen isimdir. Diyotun bu özelliğinden yararlanılarak motorun elektromanyetik alan etkisinden dolayı oluşan motora uygulanan gerilimin ters yönünde cok yüksek bir gerilim oluşur bu gerilim yüksek gerilimlere dayanabilen 1N4007 ile engellenerek mosfetlere zarar gelmesinin önüne geçilir.
Elektrolit kondansatör	Temelde iki adet iletken plakanın arasına yalıtkan bir madde koyulması ile elde edilir ve iki iletkenin arasına enerji depolanır. Yüksek değerli elektrolit kondansatör devredeki filtreleme görevini üstlenir.
Led diyot	Işık yayan diyot adıyla bilinen ve elektrik enerjisini ışık enerjisine dönüşümünü gerçekleştirir. Devrede led diyotlar motor yön tayini için kullanılır.
Mercimek Kondansatör	Temelde iki adet iletken plakanın arasına yalıtkan bir madde koyulması ile elde edilir ve iki iletkenin arasına enerji depolanır. Devrede kullanılan düşük değerli mercimek tipi kondansatör ile yüksek frekanstaki parazitleri maksimum seviyede ortadan kaldırmaya yarar. Aynı zamanda devre bir motor devresi olduğundan bobin tellerinin oluşturabileceği etkiyi minimuma indirmeyi sağlar.
Direnç	Direnç; akıma karşı zorluk gösteren ve seçilen değerlerle istenilen akımı sınırlayan devre elemanıdır. Devrede dirençler akım sınırlamak ve güvenlik amaçlı kullanıldı. Devredeki 47k'lık direnç devreyi ters geri beslemelerden korur.

Otonom araç kontrol sisteminde birçok sensör çeşitli donanımlar bulunmaktadır. Donanımlar seçilirken şeçim kısıtları sensörlerin uygun paremetreler içinde voltaj, akım, mesafe, haberleşme, donanımsal dayanıklılık, maliyet, ulaşılabilirlik gibi kısıtlar konulmuştur. Bu donanımları STM32F407 işlemcisi ile kontrol edilip çıkışa aktarılmaktadır. Kontrol sisteminin bölümleri aşağıda mevcuttur.

• STM32F407 Discovery Geliştirme Kartı
• LORA Sensörü
• HC-06 Bluetooth Modülü
• Güç Katı
• Motor Yönü ve Fren Kontrolü
• Far, Korna, Fren Lambası, Arka Sinyal, Sağ ve Sol Ön Sinyal, Gündüz Farı ve İç Aydınlatma
• LM 393 Hız Sensörü
• DHT11 Sıcaklık & Nem Sensörü
• DS18B20 Sıcaklık sensörü
• ACS 712 Akım sensörü
• MAX 471 Voltaj sensörü
• Araç İçi Ekran
• LM2596 Güç Girişi
• Araç İçi Haberleşme

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

Matematiksel ve Mantıksal Yaklaşımlar

Matematiksel ve mantıksal yaklaşımlar STM32F407 kart ile alt birimlerin çalışmasında aktif rol oynayan sensörlerden gelen verileri ve sensörleri iletim doğruluğunu etkileyecek formüller yığınıdır.

PWM Prescaler(PWM ölçeklendirme)

PWM sinyali motora uygulanan gerilimi artırıp azaltarak hızına doğrudan etki eder. PWM ölçekleme işlemi Timer frekansının, PWM frekansı ve PWM çözünürlüğünün çarpımına bölümünün 1 eksiği şeklinde tanımlanır.

$$\text{PWM Prescaler} = ((\text{Timer Source Freg})/(\text{PWM Freg} * \text{PWM Resolution}) - 1$$

Sıcaklılık Sensörü

Kullanılacak olan sıcaklık sensörünün gereken hesaplamalar dahilinde OAKS (Otonom Araç Kontrol Sistemi) sistemine uygun görülmüştür.

$$\text{tCelsius} = 357.558 - 0.187364 * \text{readValue}$$
$$\text{tFahrenheit} = 675.6 - 0.337255 * \text{readValue}$$
$$\text{VSENSE} = 5.0/4096 * \text{readValue}$$
$$\text{temperature1} = ((\text{VSENSE} - \text{V25}) / \text{Avg_slope}) + 25$$
$$\text{temperature} = ((1.43 - 5.0/4096 * \text{readValue})/0.0043)$$

Voltaj Sensörü

Kullanılacak olan voltaj sensörünün gereken hesaplamalar dahilinde OAKS (Otonom Araç Kontrol Sistemi) sistemine uygun görülmüştür.

$$\text{voltage} = (\text{float})\text{readValue}/4095 * 16.5$$

Akım Sensörü

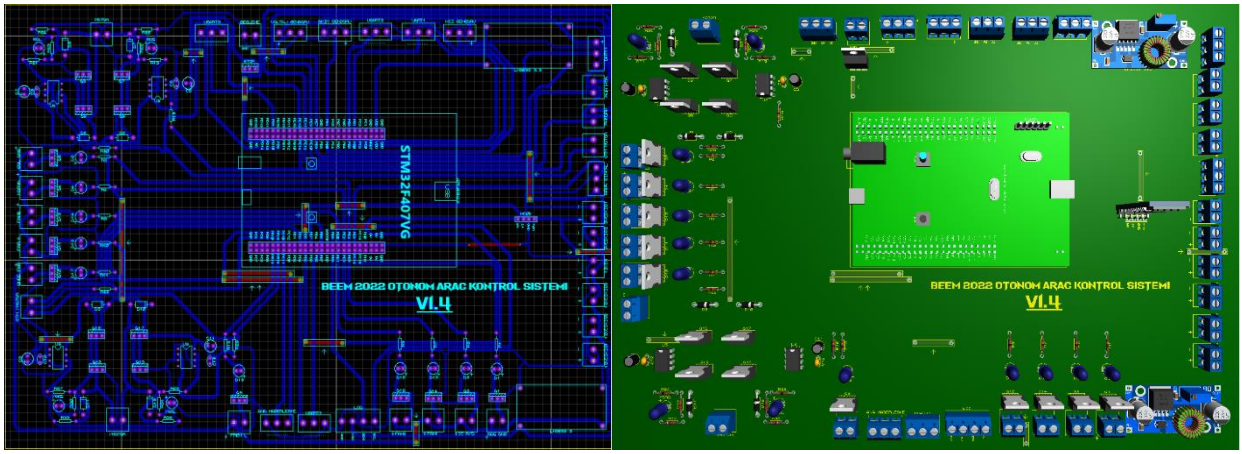
Kullanılacak olan akım sensörünün gereken hesaplamalar dahilinde OAKS (Otonom Araç Kontrol Sistemi) sistemine uygun görülmüştür.

$$\text{sensitivity} = 0.1$$
$$\text{rawVoltage} = (\text{float})\ \text{readValue} * 3.3 * 2 / 4095$$
$$\text{current} = (\text{rawVoltage} - 2.5)/\text{sensitivity}$$

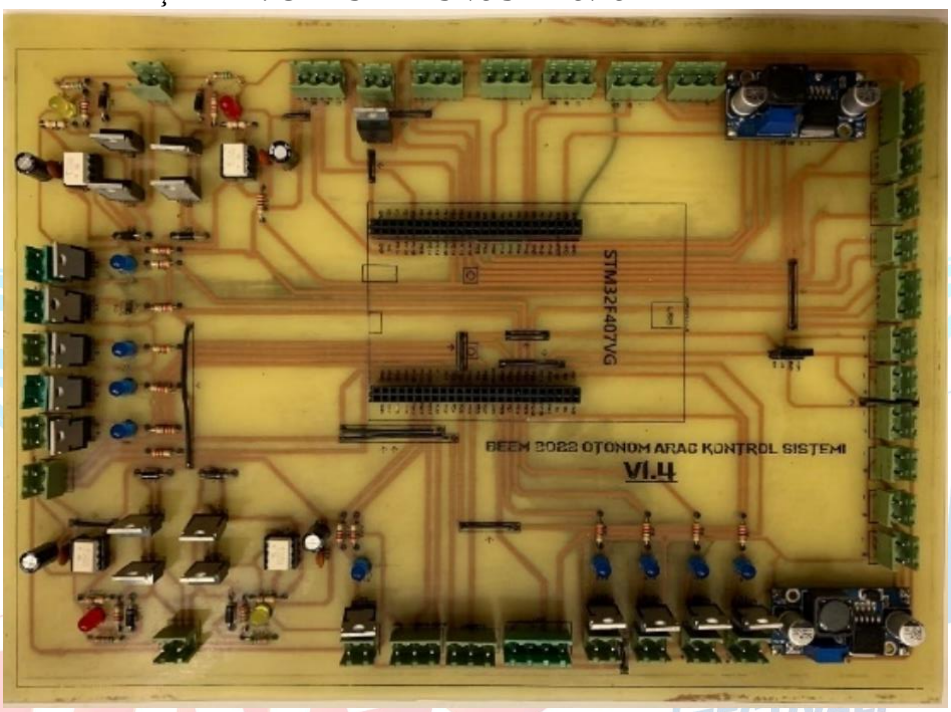
3.4.7.1. Devre Çizimleri

Otonom Araç Kontrol Sisteminin (OAKS) devre tasarımı Proteus programı ile tasarlanmıştır. Devre çizimine geçmeden önce mevcut devredeki alt bölümleri kablolar ve devre tahtası ile test edilip iyileştirmeler yapılmıştır. Yapılan iyileştirmeler neticesinde devrenin bağlantı şeması çıkartılıp baskı devre çizimleri yapılmıştır. Oluşan son devre yedi bölümden oluşmaktadır. Bunlar sırasıyla aşağıdaki gibidir ve Şekil 24' de devre kartına ait ares çizim ve 3D görüntüleri verilmiştir. Devre kartına ait görüntü ise Şekil 25' de verilmiştir.

- 5V Giriş ve Çıkış Devresi
- 12V Giriş ve Çıkış Devresi
- STM32F407 Giriş ve Çıkış Devresi
- Regülatör Devresi
- Motor Kontrol Devresi
- Yedek Motor Kontrol Devresi
- İşlemci



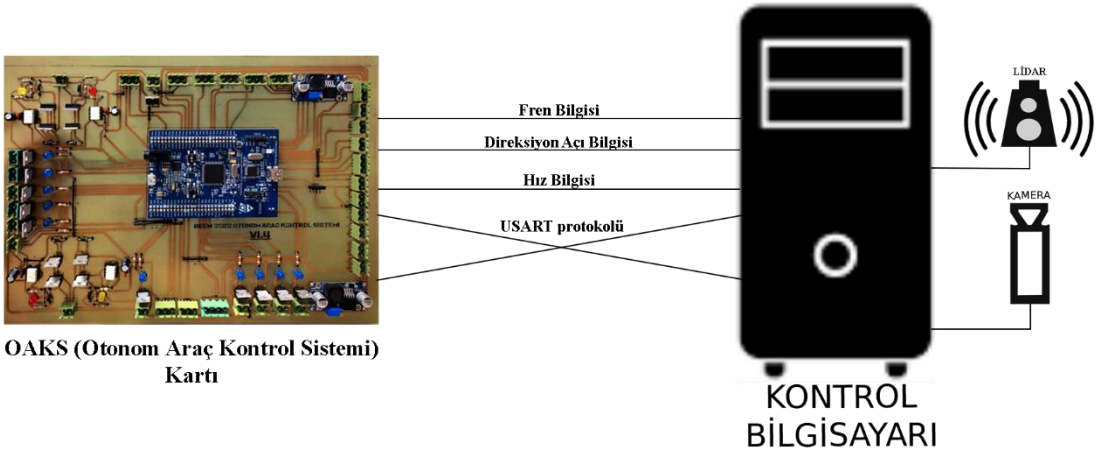
Şekil 24. OAKS ARES ve 3D Devre Görüntüsü



Şekil 25. OAKS Devresi

3.5. Alt Sistem ve Temel Birleşenler Arası Fiziksel Arayüzler

Şekilde görüldüğü üzere fiziksel ara yüzleri arasındaki bağlantılar gözükmektedir. Otonom Araç Kontrol Sistemi (OAKS) kartı alt sistemlerin kontrolünü sağlarken kontrol bilgisayarları kontrol algoritmalarını çalıştırmaktadır. Otonom Araç Kontrol Sistemi (OAKS) kartı ile kontrol bilgisayarı arasında USB-TTL yardımıyla USART protokolü kullanılarak haberleşme sağlanmaktadır bu haberleşme içerisinde kontrol bilgisayarından direksiyon açı bilgileri, fren durumu ve hız durumu bilgi alışverişi sağlanmaktadır.



Şekil 26. Alt Sistem ve Temel Birleşenler Arası Fiziksel Arayüzler

4. Donanım Mimarisi

4.1.Sensörler

4.1.1. Lidar

Araç etrafındaki nesneleri algılaması ve herhangi bir nesneye temas etmeden yoluna devam etmesi için lidar kullanılmaktadır. Lidar ile araç çevresinde bulunan nesnelere lazer ışını gönderip geri gelen ışınlar ile nesnelerin uzaklığı tespit edilmektedir. Araç üzerinde kullanılacak lidar Şekil 27' de verilmiştir.

Lidar Teknik Özellikler:

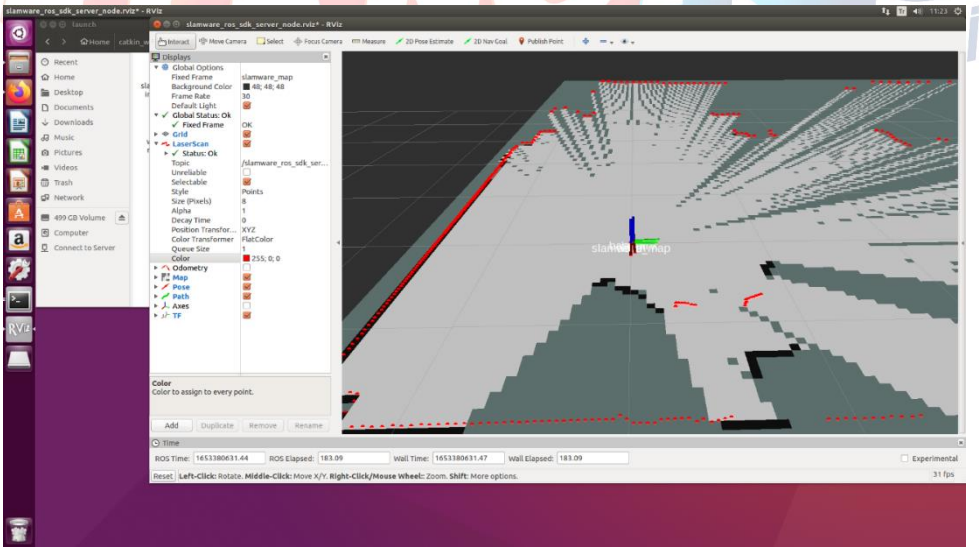
- Dönme hızı: 8Hz-15Hz
- Menzil: 40 metreye kadar
- Görüş alanı: 360 ° Yatay
- Boyutları: 77.1 x 57 x 74.9mm
- Ağırlığı: 165g

Şekil 27. RPLidar M2M1

4.1.1.1. Lidar Kullanımı

Araçta SLAMTEC RP LIDAR M2M1 isimli lidar kullanılmaktadır. Kullanılan lidar, 1 adet USB portu ve 1 adet Ethernet portuna sahiptir. USB portu ile güç ihtiyacı karşılanırken Ethernet portu ile veri alış-verişi yapılmaktadır. SLAMTEC' in paylaştığı geliştirici kit, Ubuntu 18.04 ve ROS Melodic ile uyumlu çalışmaktadır [5,6,7]. Kullanılan lidar cihazı bilgisayara bağladıktan sonra çalıştırılabilir duruma getirilmesi için ROS Melodic kullanılır. İlgili launch dosyası lidar cihazına ait IP adresi ile başlatılır ve rostopic yayınları elde edilir. İlgili rostopic yayını ile 360 dereceye ait mesafe bilgisi alınır. Bu mesafe verileri Python kullanarak kodlanan dosya tarafından ön, arka, sağ, sol olarak sınıflandırılır ve araç belirlenmiş yönlerden gelen verilere göre nesneleri tespit edip hareketini sağlıklı bir şekilde devam ettirmektedir. Lidarın kullanımına ait şematik gösterim Şekil 28' de verilmiştir. Rviz ortamında lidar verisine ait çalışma görseli Şekil 29' da verilmiştir.

Şekil 28. RP Lidar M2M1 Kullanımı



Şekil 29. Rviz Ekranından Lidar Çıktısı

```
import rospy
from sensor_msgs.msg import LaserScan
from geometry_msgs.msg import Twist
class LazerVerisi():
    def __init__(self):
        rospy.init_node("lidar_node")
        rospy.Subscriber("/slamware_ros_sdk_server_node/scan",LaserScan,self.lazerCallbac
        rospy.spin()
    def lazerCallback(self,mesaj):
        #print(len(mesaj.ranges))
        sag_on = list(mesaj.ranges[120:150])
        sol_on = list(mesaj.ranges[30:60])
        sol = list(mesaj.ranges[0:30])
        sag  = list(mesaj.ranges[150:180])
        on  = list(mesaj.ranges[60:120])
        min_on = min(on)
        min_sol = min(sol)
        min_sag = min(sag)
        min_sag_on = min(sag_on)
        min_sol_on = min(sol_on)
        if min_on < 1.0 :
            print("ON")
        elif min_sag < 1.732:
            print("SAG")
        elif min_sol < 1.0:
            print("SOL")

nesne = LazerVerisi()
```

```
utd@utd-MS-7C00: ~/catkin_ws/src/scripts
ON
ON
ON
ON
ON
ON
ON
ON
ON
ON
ON
ON
ON
SAG
SAG
SAG
SAG
SAG
SAG
SAG
SAG
SAG
SAG
```

Şekil 30. Lidar Kod Örneği

4.1.2. Kamera

Aracımızda bulunan kamera ile aracın hareketi için gerekli görüntüler elde edilmektedir. Bu görüntüleri işlenerek levha tespiti ve şerit takibi yapılmaktadır. Bu sayede aracımız hareketini kontrollü bir şekilde devam ettirmektedir. Kameranın seçiminde en önemli belirleyici özellik kameradan derinlik bilgisinin alınması için stereo kamera olmasıdır. Kamera modeli olarak Zed 2 seçilmiştir. Kullanılan ZED2 kamera 1 adet USB3.0 portuna sahiptir. Kamera USB portu ile veri akışı yaparken aynı zamanda güç ihtiyacını da karşılamaktadır. Kullanılan kamera görüntüsü Şekil 31' de verilmiştir.

Kamera Teknik Özellikler:

- Video Çözünürlükleri:
  - 2.2K 15fps
  - 1080p 30/15 fps
  - 720p 60/30/15 fps
  - 480p 100/60/30/15 fps
- Boyutları: 175 x 30 x 33 mm
- Ağırlığı: 124g
- Görüş açısı: 110°x 70°x120° maksimum.

Şekil 31. ZED2 Stereo Kamera

4.1.2.1.Kamera Kullanımı

ZED2 kamerasının üreticisi Stereolabs tarafından paylaşılan SDK ile kamera çalıştırılmaktadır [8,9]. Bu SDK, Ubuntu 18.04 ile uyumlu çalışmaktadır. ZED2 kamera bilgisayara bağlandıktan sonra Python kullanılarak kamera görüntüsü elde edilir. Oluşturulan Python dosyası ile birlikte elde edilen görüntüler Opencv kütüphanesi kullanılarak görüntü işleme için uygun duruma getirilir. Elde edilen görüntüler ile levha tespiti ve şerit takibi yapılmaktadır. Aracımız bu sayede hareketini yapmaktadır. Şekil 32' de örnek ZED2 kamera kullanımı verilmiştir.

Şekil 32. ZED2 Kamera Kullanımı

4.1.3. LM393 Hız Sensörü

Sensör kızılötesi iletişim metodu kullanarak verici ile alıcı arasına engel girdiğinde çıkış "Low", engel olmadığında ise "High" verir. Yani bir buton gibi devre açılıp kapatılır denebilir. "High-Low" durumları bir yorumlayıcı ile işlenerek saydırma işlemi yapılır ve motorun hızı, devri ölçülür. Tekerleklerin bulunduğu bölgelerde 2 adet kullanılacaktır.

4.1.4. ACS712 Akım Sensörü

ACS712, üzerinden geçen akıma karşılık olarak "0V-5V" arasında analog bir çıkış voltajı üretir. 150 Amperlik Unidirectional versiyonu ele alınırsa, üzerinden geçen 0 ampere karşılık 0V, 30 Ampere karşılık 1V, 60 Ampere karşılık 2V, 90 Ampere karşılık 3V, 120 Ampere karşılık 4V, 150 Ampere karşılık da 5V analog çıkış üretilir. Kullanımı kolaydır bundan dolayı OAKS(Otonom Araç Kontrol Sistemi) kartı üzerinde kullanılacaktır.

4.1.5. DHT11 Sıcaklık ve Nem Sensörü

DHT11 sıcaklık ve nem algılayıcı kalibre edilmiş dijital sinyal çıkışı veren gelişmiş bir algılayıcı birimidir. Yüksek güvenilirliktedir ve uzun dönem çalışmalarda dengelidir. 8 bit mikroişlemci içerir, hızlı ve kaliteli tepki verir. 0 ile 50°C arasında 2°C hata payı ile sıcaklık ölçen birim, 20-90% RH arasında 5% RH hata payı ile nem ölçer. Bunlardan dolayı OAKS(Otonom Araç Kontrol Sistemi) kartı üzerinde kullanılacaktır.

4.1.6. DS18B20 Sıcaklık Sensörü

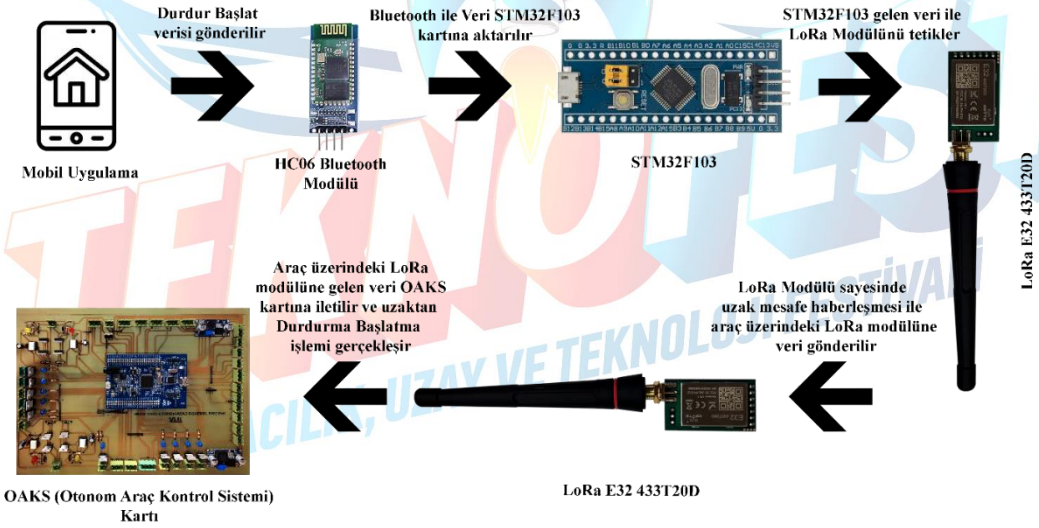
Tek kablo üzerinden haberleşebilen dijital sıcaklık sensörüdür. 12 bitlik iyi bir keskinliğe ve 1-tel özelliğine sahip bir sıcaklık sensörüdür. Çok sayıda sensör tek hatta bağlanabilir. Bu sensörün çalışma sıcaklığı -55 ile 125 derece aralığındandır çözünürlük ise 9-12 bit ve besleme voltajı 3V – 5V seviyesindedir.

4.1.7. MAX471 Voltaj Sensörü

Voltaj sensörü voltajı test etmek için kullanılır. Dirençli gerilim bölücü tasarım prensibine dayanan voltaj testi prensibi, giriş voltajını 5 kat daha küçük hale getirebilir. 5V'a kadar analog giriş gerilimleri için, voltaj algılama modülü giriş voltajı 5Vx5 = 25V'den büyük değildir (3.3V sistemleri kullanılıyorsa, giriş voltajı 3.3Vx5 = 16.5V'den büyük değildir). AVR çipleri 10 bit AD'ye sahip olduğundan, bu modül 0,00489V (5V / 1023) çözünürlüğünü simüle eder, bu nedenle giriş voltajı algılama modülünün minimum voltajı 0.00489Vx5 = 0.02445V'dir. Kart üzerindeki Max471 entegresi yükün tüketilen akımını test etmek için kullanılır.

4.2.Kablosuz Haberleşme

Aracın uzaktan kontrolü için kablosuz haberleşme modülü olarak Tablo 7' de özellikleri gösterilen LoRa E32 433T20D ve HC06 modülü kullanılmıştır. Mobil Uygulama ile "Durdur-Başlat" verisi HC06 bluetooth modülüne gönderilir. HC06 Bluetooth modülü ile gelen veri STM32F103 kartına gönderilir. Gelen veri burada STM32F103 kartı ile LoRa haberleşme modülüne aktarılır. LoRa modülü ise araç üzerindeki LoRa modülü ile haberleşerek araç üzerindeki LoRa modülü gelen veriyi OAKS (Otonom Araç Kontrol Sistemi) kartına göndererek uzaktan durdurma başlatma işlemi gerçekleşmiş olur. Uzaktan Kontrol Sistemi Şekil 33'de gösterilmiştir. LoRa modülünün tercih edilmesinin sebebi ise yarış esnasında araç başında durulması yasak olduğundan dolayı Bluetooth ile haberleşme mesafesi yetersiz geleceğinden dolayı kullanılmıştır.



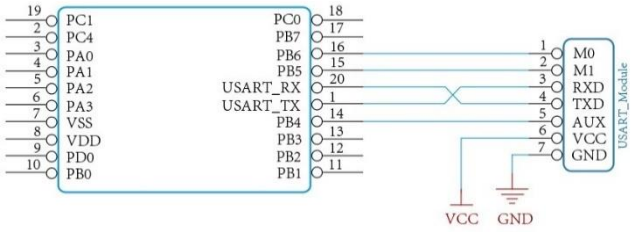
Şekil 33. Uzaktan Kontrol Sistemi

Tablo 7. Kablosuz Haberleşme Modüllerin Özellikleri

LORA E32 433T20D Modülü		**HC-06 Bluetooth Modülü [10]**	
Çalışma frekansı	*868 MHz*	*Çalışma frekansı*	*2.4 GHz*
Asenkron hızı	*Varsayılan 2.4KBps*	*Asenkron hızı*	*2.1 MBps/160KBps*
Çalışma gerilimi	*3.3V-5.2V*	*Çalışma gerilimi*	*1.8V-5V*
Akım tüketimi	*120mA*	*Akım tüketimi*	*50mA*
Menzil	*3000 metre*	*Menzil*	*10 metre*

4.2.1. LoRa E32 433T20D

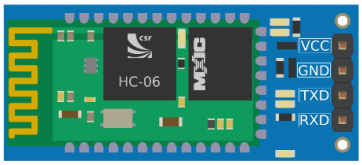
Yüksek haberleşme menziline sahip LoRa modülü kullanılırken dikkat edilmesi gereken hususlardan en önemlisi 3.3V-5.2V çalışma gerilimi aralığına sahip olmasına rağmen uzun süreli kullanım için 3.3V ile beslenmesi gerekmektedir. Lora modülü bağlantı şeması Şekil 18' de gösterilmiştir. M0 ve M1 pinleri, toprak veya besleme noktasına bağlanılarak cihaz programlama veya kullanma modları geçiş yapabilir. Bu pinlere 3.3V – 5.2 Volt arası bir gerilim uygulanarak, cihazı programlama moduna çekebilir ve buradan cihazın bütün parametreleri değiştirilebilir. Cihazın parametreleri ayarlandıktan sonra bu pinler GND noktasına bağlanır. Rx ve Tx pinleri ile STM32 ve LoRa modülü arasındaki haberleşme bu pinler sayesinde yapılır. AUX pini; cihazın beklemede mi, haberleşme mi yaptığını anlamaya yarar. VCC pini beslemedir 3.3V – 5.2V arası bir besleme gereklidir. GND pini ise topraklama pinidir.



Şekil 34. LoRa E32 433T20D Devre Şeması

4.2.2. HC06 Bluetooth Modülü

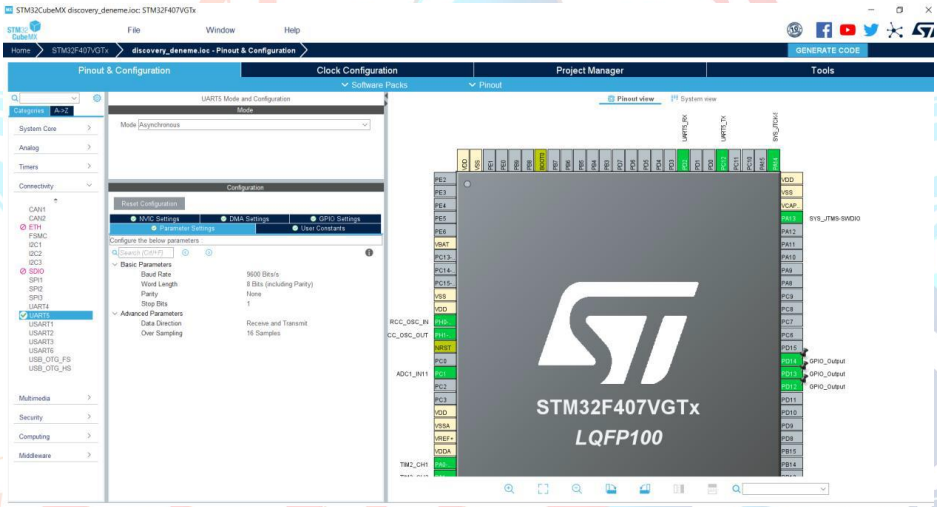
Hc-06 Bluetooth Modülü, kablosuz haberleşmeyi sağlayan ve kablosuz haberleşme için Bluetooth protokolünü kullanan bir kablosuz haberleşme modülüdür. HC06 Bluetooth Modülü sayesinde belirli mesafeler içinde (5m-10m) kablosuz haberleşme yoluyla seri haberleşme sağlar. HC06 modülü Şekil 19' da gösterilmiştir. VCC pinine 5V besleme gerilimi verilir. GND pini toprağa bağlanır. TXD pini ile seri haberleşme üzerinden veri iletilir. RXD pini ise seri haberleşme üzerinden veri alınmaktadır.



Şekil 35. HC06 Modülü

4.2.3. Seri Haberleşme

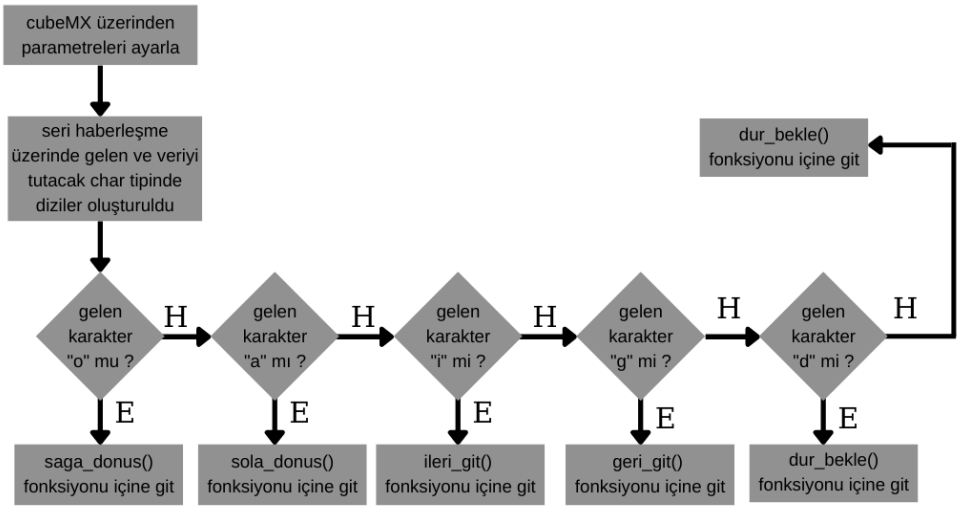
Aracın uzaktan kontrol edilebilmesi için seri haberleşme tercih edilmiştir. Seri haberleşme protokollerinden ise "UART" kullanılmıştır. UART (Universal Asynchronous Receive/Transmitter) iki elektronik cihaz arasında haberleşmeyi sağlayan bir protokoldür. Haberleşme RX ve TX olmak üzere iki kablo ile gerçekleştirilmektedir. RX kablosundan alınan veriler mikro denetleyiciye aktarılmakta ve lineer potansiyometre ile encoderden alınan veriler TX kablosu ile ana bilgisayara gönderilmektedir. Kullanılan mikrodenetleyicide UART 5 birimi kullanıma hazırlanmıştır. Seçilen UART 5 birimi için kullanılacak pinler ve STM32CubeMX üzerinden UART 5 biriminin yapılan ayarları aşağıda sırasıyla Şekil 36' da gösterilmiştir.



Şekil 36. UART 5 Birimi Ayarları ve Kullanılacak Pinler

Burada ayarlanması gereken parametreler temel ve gelişmiş olarak iki kısımdan oluşmaktadır. Temel parametrelerde baud rate 9600 Bits/s olarak belirlenmiştir. Baud rate gönderilen ya da alınan sinyalin saniyedeki değişim sayısını ifade etmektedir. Word Length 8 bit olarak seçilmiş ve burada veri alışverişi esnasında gönderilen ya da alınan verilerin uzunluğu belirlenmiştir. Parity bit kullanılmamıştır parity bit, ikilik sistemdeki bitlerin, tek ya da çift olması durumuna göre kontrol amacıyla kullanılmaktadır. Bu özellik fonksiyonel olarak kullanılmaktadır ve zorunluluğu yoktur haberleşmenin akışını bozan bir durum söz konusu değildir. Alıcının, iletilen baytın sona erdiğini anlamasını sağlayan bir değerdir. Stop biti kullanılmadığında, alıcının hata mesajı göstermesi ve gönderici ile iletişimde kalması yönünde sorunlara yol açabilmektedir. Bu nedenle "Stop Bits" değeri 1 olarak ayarlanmıştır. UART 5 haberleşme birimi üzerinden hem veri yollama hem de veri alma işlemi gerçekleştirileceğinden dolayı "Data Direction", receive and transmit olarak ayarlanmıştır. Örnekleme ise 16 olarak belirlenmiştir. Bağlantılar yapıldıktan sonra kullanılan STM32F407VG işlemcisinin

kodlanabilmesi için TrueSTUDIO programı kullanılmıştır. Seri haberleşmenin gerçekleşmesine ait akış diyagramı Şekil 37' de verilmiştir.



Şekil 37. Haberleşme Akış Diyagramı

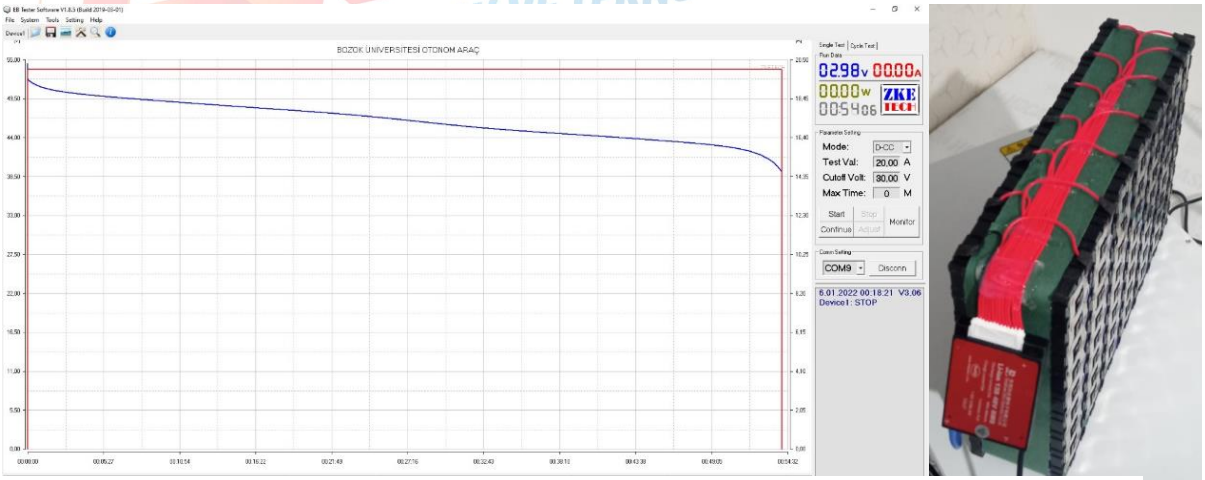
Seri haberleşme üzerinde gelen ve giden veriyi tutacak char tipinde değişken oluşturmak için kod örneği verilmiştir.

```
char data[16]=" "; // seri haberleşme üzerinden gelen veriyi tutacak char tipinde dizi
char tx_buffer[1];  // seri haberleşme üzerinden gönderilecek veriyi tutacak char tipinde dizi
//sola dönüş fonsiyonu;
void sola_donus()
{
if(adc_value<30 && adc_value>90) //adc üzerinden okunan değer 30 ile 90 arasında ise
 {
 __HAL_TIM_SET_COMPARE(&htim1,TIM_CHANNEL_1,0); //Timer channel 1'e 0 PWM uygula
 __HAL_TIM_SET_COMPARE(&htim1,TIM_CHANNEL_2,0); //Timer channel 2'ye 0 PWM uygula
 }
else
{
 __HAL_TIM_SET_COMPARE(&htim1,TIM_CHANNEL_1,100); //Timer channel 1'e 100 PWM uygula
 __HAL_TIM_SET_COMPARE(&htim1,TIM_CHANNEL_2,0); //Timer channel 2'ye 0 PWM uygula
}
//sağa dönüş fonsiyonu;
void saga_donus()
{
if(adc_value<25 && adc_value>90) //adc üzerinden okunan değer 30 ile 90 arasında ise
 {
 __HAL_TIM_SET_COMPARE(&htim1,TIM_CHANNEL_1,0); //Timer channel 1'e 0 PWM uygula
 __HAL_TIM_SET_COMPARE(&htim1,TIM_CHANNEL_2,0); //Timer channel 2'ye 0 PWM uygula
 }
else
{
 __HAL_TIM_SET_COMPARE(&htim1,TIM_CHANNEL_1,0); //Timer channel 1'e 0 PWM uygula
 __HAL_TIM_SET_COMPARE(&htim1,TIM_CHANNEL_2,100);//Timer channel 2'ye 100 PWM uygula
}
//İleri git fonksiyonu;
void ileri_git()
{  __HAL_TIM_SET_COMPARE(&htim1,TIM_CHANNEL_3,75); //Timer channel 3'e 75 PWM uygula
  HAL_GPIO_WritePin(GPIOE, vites_Pin, GPIO_PIN_RESET); //vites_pin bilgi bacağına lojik 0 bilgisi gönder
}
```

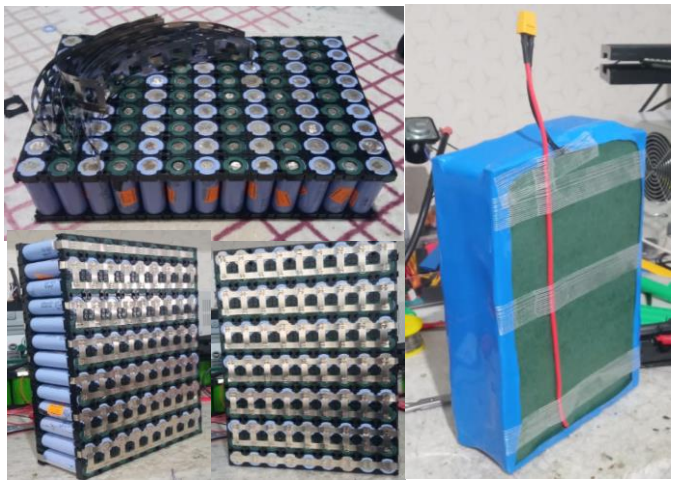
```
//Geri git fonksiyonu;
void geri_git()
{
  __HAL_TIM_SET_COMPARE(&htim1,TIM_CHANNEL_3,75); //htim1 Timer channel 3'e 75 PWM uygula
  HAL_GPIO_WritePin(GPIOE, vites_Pin, GPIO_PIN_SET); //vites_pin bilgi bacağına lojik 1 bilgisi gönder
}
//Dur bekle fonksiyonu;
void dur_bekle()
{
__HAL_TIM_SET_COMPARE(&htim2,TIM_CHANNEL_1,0);//htim2 Timer channel 1'e 0 PWM uygula
__HAL_TIM_SET_COMPARE(&htim2,TIM_CHANNEL_2,100);//htim2 Timer channel 2'ye 100 PWM uygula
HAL_GPIO_WritePin(GPIOD,GPIO_PIN_12,GPIO_PIN_SET); //PD12 bilgi bacağına lojik 1 bilgisi gönder
HAL_Delay(3000); // 3000ms bekle
__HAL_TIM_SET_COMPARE(&htim2,TIM_CHANNEL_1,0); //htim2 Timer channel 1'e 0 PWM uygula
__HAL_TIM_SET_COMPARE(&htim2,TIM_CHANNEL_2,0); //htim2 Timer channel 2'ye 0 PWM uygula
HAL_Delay(50); // 50ms bekle
__HAL_TIM_SET_COMPARE(&htim2,TIM_CHANNEL_1,100); //htim2 Timer channel 1'e 100 PWM uygula
__HAL_TIM_SET_COMPARE(&htim2,TIM_CHANNEL_2,0); //htim2 Timer channel 2'ye 0 PWM uygula
HAL_Delay(1500); // 1500ms bekle
__HAL_TIM_SET_COMPARE(&htim2,TIM_CHANNEL_1,0); //htim2 Timer channel 1'e 0 PWM uygula
__HAL_TIM_SET_COMPARE(&htim2,TIM_CHANNEL_2,0); //htim2 Timer channel 2'ye 0 PWM uygula
HAL_GPIO_WritePin(GPIOD,GPIO_PIN_12,GPIO_PIN_RESET); //PD12 bilgi bacağına lojik 0 bilgisi gönder
}
```

4.3. Batarya Yönetim Sistemi (BMS) ve Pil Paketi

Batarya yönetim sisteminin amacı elektrikli araçlarda kullanılan bataryanın yönetimini sağlamaktır. Bataryanın güvenli çalışma parametreleri içerisinde kalmasını sağlayan, gerilim, akım, sıcaklık gibi batarya verilerini sürekli izleyerek verileri depolayabilen, bataryada belirlenmiş optimum değerlerin dışına çıkıldığında bataryayı yöneterek güvenli olarak çalışmasını sağlayan elektronik bir sistemdir. Pil paketine entegre edilen bu sistem Şekil 20' de gösterilmiştir. Bataryanın şarj kontrolünü sağlayarak kullanımı sırasında kalan enerjiye göre planlama yapabilmesi bataryanın şarj durumunu belirlemesi oldukça önemlidir. Pil paketi Li-ion piller kullanılarak 13s Hücreden oluşmaktadır. Yapılan analizler sonucunda 837 W/saat 'lik bir enerjiye,48V gerilime sahiptir ve 18A akım sağlayabilmektedir. Yapılan analiz sonuçları Şekil 38' de ve Pil paketi Şekil 39' da gösterilmiştir. Her bir Li-ion pil ölçümler sonucunda 2000 mAh değerinde olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 38. Pil Paket Analizi ve Pil Paketi



Şekil 39. Pil Paketi

4.4. Kontrol Bilgisayarı

Otonom araç kontrolünde temel olarak bir bilgisayar kullanılacaktır. Mevcut kontrol bilgisayarında 3 yapay zekâ algoritmasının eş zamanlı çalışması gerçekleştirilmektedir. Kontrol bilgisayarında kullanılan donanımların tüm algoritmaların eş zamanlı çalışması durumunda bellek ve işlem hızı açısından yetersiz durumda kalarak yazılımsal anlamda kayıplar yaşandığı tespit edilmiştir. İşlemci çekirdek sayımız, RAM bellek ve ekran kartı VRAM kapasitemiz tam kapasite sınırına ulaştığı durumlarda kullandığımız yazılımların doğru veri işleme ve karar verme olasılığı azalmaktadır. Bu durumu simülasyon ortamında test edip donanım iyileştirme kararı alınmıştır. Tablo 8' de mevcut kontrol bilgisayarı üzerinde bulunan donanımlar verilmiştir. Tablo 9' da ise yeni oluşturulacak kontrol bilgisayarına ait donanım bilgileri verilmektedir. Yeni oluşturulan kontrol bilgisayarı üzerinde paralel bağlanacak 2 adet RTX2060 12 gb' lık ekran kartı kullanılacaktır.

Tablo 8. Mevcut Kontrol Bilgisayarı Donanım Bilgisi

MEVCUT DONANIM	
DONANIM İSMİ	DONANIM ÖZELLİKLERİ
Ekran Kartı	NVIDIA GTX 2060 12 GB VRAM Ekran Kartı
RAM Bellek	2 adet 8 GB Corsair RAM
Depolama	512 GB M2 NVMe SSD
İşlemci	Intel Core i7 9700 3.00 GHZ x8 Çekirdek İşlemci
Anakart	Mag Z390M Mortar Anakart

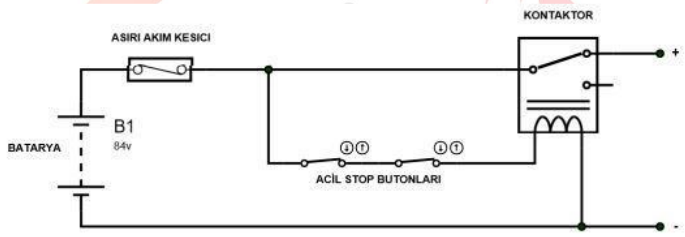
Tablo 9. Yeni Kontrol Bilgisayarı Donanım Bilgisi

YENİ TASARLANAN DONANIM	
DONANIM İSMİ	DONANIM ÖZELLİKLERİ
Ekran Kartı	NVIDIA GTX 2060 12 GB VRAM Ekran Kartı 2 adet
RAM Bellek	2 adet 16 GB GSKILL RAM
Depolama	1 TB M2 NVMe SSD
İşlemci	Intel Core i9 12900K 3.2 GHZ x16 Çekirdek İşlemci
Anakart	ASUS PRIME Z690-A Anakart

4.5.Donanımsal Güvenlik Önlemleri

4.5.1 Acil Durum Butonları

Yarış esnasında aksi bir durumun yaşanmaması için dışarıdan müdahale ile enerji kesilebilir olması istenmektedir. Zayıf akım ile acil enerji kesme mantığı ile enerjinin kesilmesi planlanmaktadır. Bataryanın çıkışında bir adet aşırı akım kesici bulunacak ve aşırı akım kesiciden sonra normalde kapalı acil stop butonları kontaktör bobinini enerjilendirecektir. Kontaktör normalde açık olan kontağını normalde kapalı konumuna getirecektir. Herhangi bir acil durumda ise acil stop butonlarına basıldığında anahtar açık hale gelecek ve kontaktör bobininin enerjisi kesilmiş olacaktır. Böylelikle enerji akışı kontaktör kontağının açık hale geçmesi ile kesilmiş olacaktır. Aşırı akım kesici olarak otomatik sigorta tipi belirlenmiştir ve değeri 50 Amper olarak seçilmiştir.



Şekil 40. Acil Durum Devresi

Şekil 41. Araç Üzerinde Bulunan Acil Durum Butonu

4.5.2 Sigorta ve Yüksek Akım

OAKS kartımızın üzerindeki devre elemanları ve güç yolları üzerindeki sigorta grupları ile devre üzerinde oluşan yüksek akım ve kısa devrelere karşı koruma sağlanmıştır. Yüksek akım tespiti ACS 712 Akım sensörü ile yapılmaktadır.

Şekil 42. ACS712 Akım Sensörü

4.5.3 Yüksek Sıcaklık

STM32F407 ile denetlene DS18B20 sıcaklık sensörü ile 3 ayrı noktadan sıcaklık bilgileri alınmaktadır. Bu sıcaklık bilgileri ile yüksek güçlü 3 adet fan çalıştırılarak sistem üzerinde batarya, motor ve OAKS kartını aktif bir şekilde soğutmaktadır. Ayrıca devrede gerekli görülen yerler soğutma işlemi sağlana bilmesi için termal macun ve alüminyum gibi pasif soğutucular ile de devre soğutulmaktadır.

Şekil 43. Sıcaklık sensörü

Ayrıca kontrol bilgisayarında olacak ısınma için sıvı soğutma desteği ile soğutma işlemi gerçekleştirilecektir.

4.5.4 Sıvı, Nem ve Toz Teması

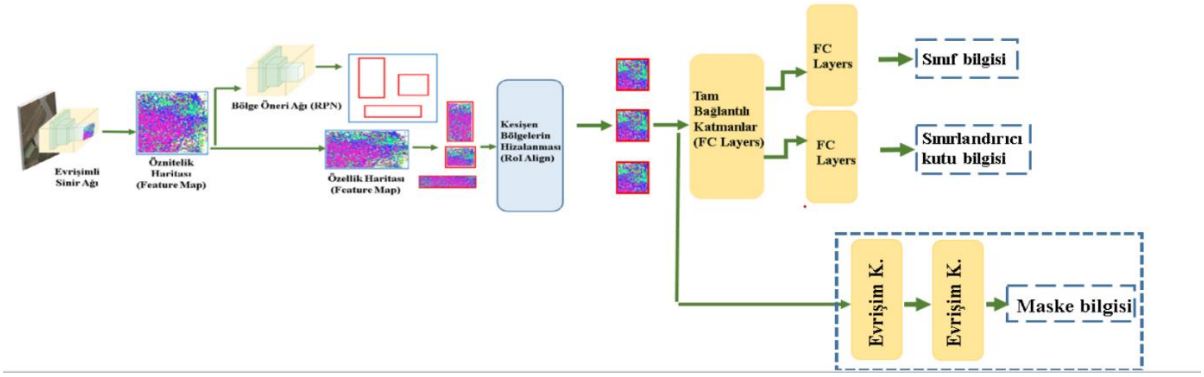
Araç sızdırmazlık testleri yapılarak kabuk ve muhtelif yerlerde silikon uygulamaları yapılacaktır. Bu doğrultuda sıvı ve toz sızdırmazlığının sağlanması hedeflenmektedir. Nem gibi karta uzun çalışma koşullarında zarar verebilecek etmenlere karşı ise kartımız PLA Kılıf ile kaplanarak devre elamanlarının bacaklarına silikon uygulanması planlanmaktadır.

5.Yazılım Mimarisi

5.1. Şerit Takip Algoritması

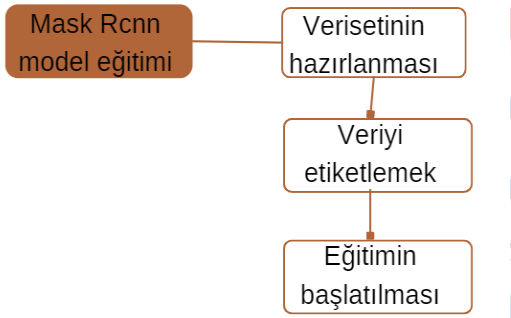
5.1.1. Mask RCNN

Mask RCNN, bilgisayarlı görüde nesneleri bölütlemek için kullanılan bir derin sinir ağı modelidir. Genel olarak iki aşamadan oluşmaktadır. Bunlardan ilki tüm sinir ağların temelinde bulunan etiketlenen verinin eğitimi sonucunda etiketlenen nesneye ait konumunun tahmin edilmesidir. İkinci aşama ise diğer sinir ağı modellerinden farklı olarak bulunan nesnenin görüntüsü üzerine maske oluşturulmasından oluşur. Temel olarak model eğitiminde kullanılacak görüntülerden özellik haritaları çıkarılması sağlanır. Bu özellik haritalarından faydalanılarak tahmin edilen nesnelerin etrafları Region Propasal Network ile sarılır. Daha sonra tüm tahminlerin aynı boyuta getirilmesi için etraflarında bulunan bounding box lar için bir ROI pooling katmanı uygulanır. Daha sonrasında ise son durumunda çizilen bu bounding box ların sınıflandırılmasının sağlanması için fully connected katmandan geçirilir. Ardından oluşan onlarca kutu için yapılacak işlem ise kesişen bounding box lar gruplandırılır ve yalnızca en yüksek tahmine sahip olan seçilir. Mask RCNN de son olarak tespit edilen nesne üzerine maske geçirilmektedir. Mask RCNN Faster RCNN in bir uzantısı olarak geliştirilmiştir [11,12]. Şekil 44’ de genel bir Mask RCNN yapısı verilmiştir.



Şekil 44. Mask RCNN Yapısı

Bu proje kapsamında Mask RCNN kullanımı model eğitimleri sonucunda segmentasyon işlemi için uygun olması, hızlı ve verimli sonuçların elde edilmesi gibi nedenlerden dolayı tercih edilmiştir. Proje kapsamında amacımızı yolun görüntüden segmentasyon ile ayrımının gerçekleştirilmesidir. Temel olarak yapılan işlemlere ait akış grafiği Şekil 45' de verilmiştir.

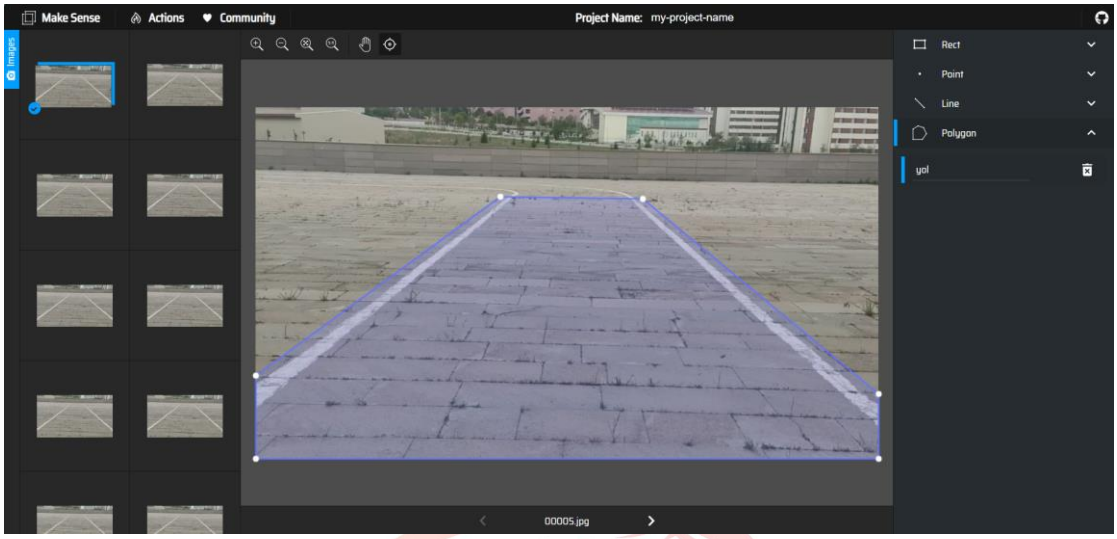


Şekil 45. Mask RCNN Model eğitim aşamaları

Mask rcnn algoritması ile bir modelin eğitim işlemi için yüksek işlem gücünde ekran kartına sahip olunması gerekmektedir. Google bu gereksinimi Colab uygulaması ile gidermektedir. Colab Google'ın kullanıcılara online olarak GPU sunduğu ve Python kodlama dili desteği ile bu GPU üzerinde işlemler yapmasına olanak sağlayan bir uygulamadır. Colab rastgele olmak üzere Nvidia' nın Tesla model görüntü işleme için yapılmış kartlarını kullanıma sunmaktadır. Bu kartlardan karşımıza çıkanlar Tesla T4 15 GB modeli ve Tesla K80 12 GB modelleridir. Programın ücretsiz sürümünde verilen bu kartların Google tarafından belirlenmiş süre kısıtlaması bulunmaktadır.

<u>Verisetinin Hazırlanması ve Etiketlenmesi</u>

Verisetini oluşturan görüntüler telefon kamerası ile çekilen video ve fotoğraflar ile elde edilir. Model eğitimi için test amaçlı 300 adet çalışma alanımızdan elde edilen yol görüntüsü ile çalışılmıştır. Veriseti hazırlandıktan sonra etiketleme işlemi poligonal olarak başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Etiketleme işlemi sonucunda .json dosyaları oluşmaktadır. Şekil 46' da etiketleme örneği verilmiştir.



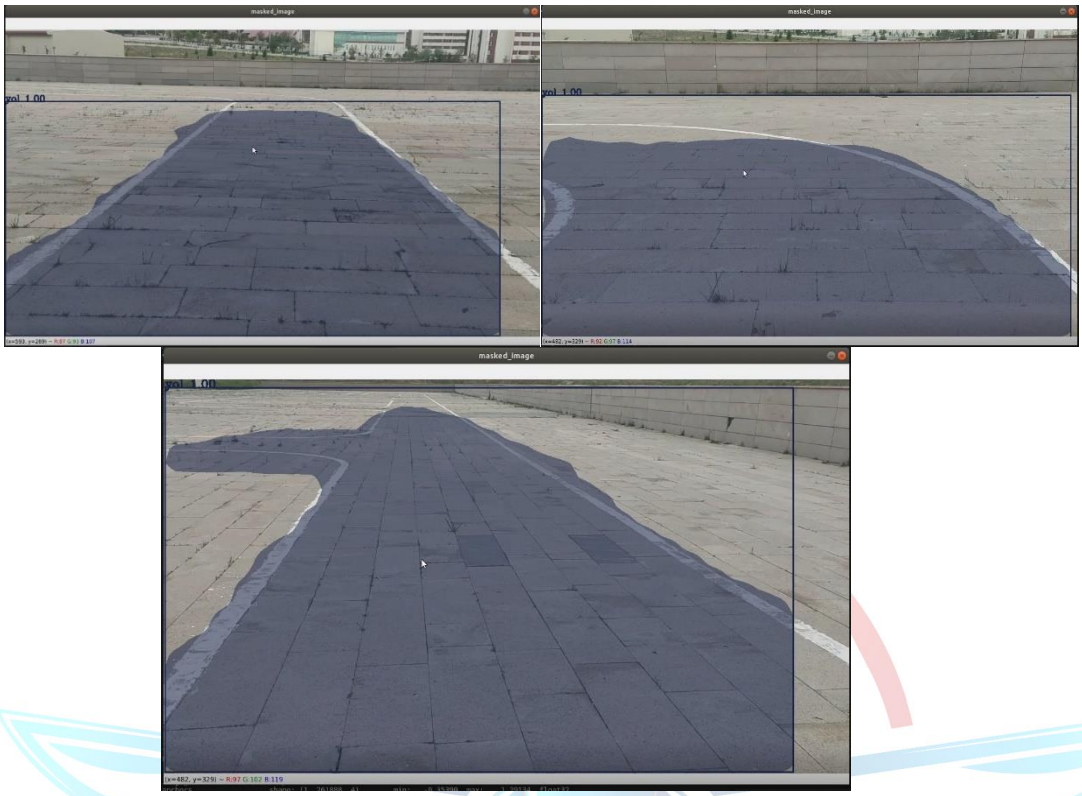
Şekil 31. Etiketleme Örneği

Verilerin etiketleme işlemi tamamlandıktan sonra model eğitimi için Google Colab ortamında gerekli kodlar yazılarak eğitim işlemi başlatılır. Eğitim aşamalarına ait görsel Şekil 47' de verilmiştir.

```
500/500 [==============================] - 468s 936ms/step - loss: 0.0722 - val_loss: 0.0623
Epoch 9/50
500/500 [==============================] - 468s 936ms/step - loss: 0.0691 - val_loss: 0.0728
Epoch 10/50
500/500 [==============================] - 468s 936ms/step - loss: 0.0647 - val_loss: 0.0671
Epoch 11/50
500/500 [==============================] - 468s 935ms/step - loss: 0.0609 - val_loss: 0.0486
Epoch 12/50
500/500 [==============================] - 468s 936ms/step - loss: 0.0585 - val_loss: 0.0546
Epoch 13/50
500/500 [==============================] - 468s 937ms/step - loss: 0.0564 - val_loss: 0.0538
Epoch 14/50
500/500 [==============================] - 468s 936ms/step - loss: 0.0548 - val_loss: 0.0686
Epoch 15/50
500/500 [==============================] - 468s 936ms/step - loss: 0.0535 - val_loss: 0.0377
Epoch 16/50
500/500 [==============================] - 468s 935ms/step - loss: 0.0527 - val_loss: 0.0642
Epoch 17/50
500/500 [==============================] - 468s 936ms/step - loss: 0.0527 - val_loss: 0.0445
Epoch 18/50
500/500 [==============================] - 468s 936ms/step - loss: 0.0496 - val_loss: 0.0526
Epoch 19/50
500/500 [==============================] - 468s 936ms/step - loss: 0.0490 - val_loss: 0.0390
Epoch 20/50
500/500 [==============================] - 468s 937ms/step - loss: 0.0470 - val_loss: 0.0413
Epoch 21/50
500/500 [==============================] - 468s 936ms/step - loss: 0.0453 - val_loss: 0.0431
Epoch 22/50
500/500 [==============================] - 468s 936ms/step - loss: 0.0465 - val_loss: 0.0477
Epoch 23/50
438/500 [=========================>....] - ETA: 55s - loss: 0.0440
```

Şekil 47. Model Eğitim Ekran Görüntüsü

Mask RCNN' e ait model eğitimi tamamlandıktan sonra test işlemi başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Test işlemine ait görüntü Şekil 48' de verilmiştir.



Şekil 48. Test Görüntüleri

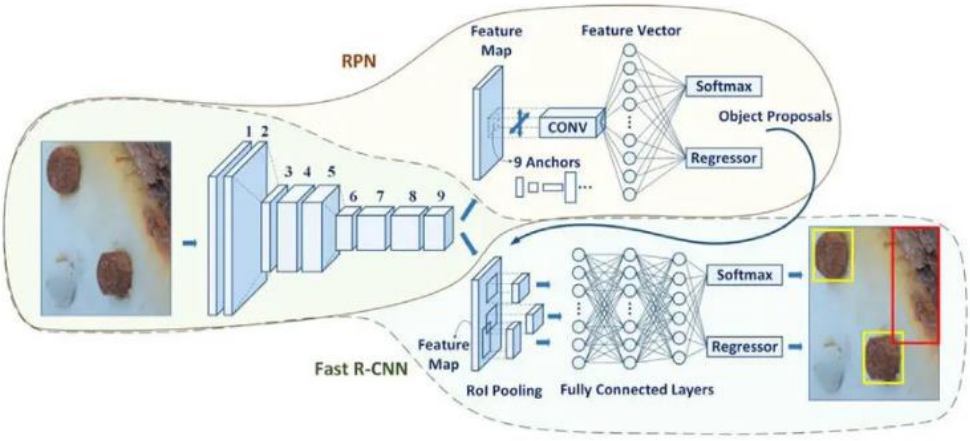
5.1.2. Faster RCNN

Faster R-CNN, 2015 yılında Shaoqing Ren ve arkadaşları tarafından piyasaya sürülen, bir görseldeki nesneleri tespit etme amacı taşıyan bir çeşit detektördür. Faster R-CNN, R-CNN ailesinin üçüncü üyesidir [13]. R-CNN ve Fast R-CNN selective search algoritması kullanırken Faster R-CNN Region Proposal Network algoritması kullanmaktadır.

Faster R-CNN iki aşamada incelenebilir;

- Region Proposal Network (RPN)**:** İlk aşama olan RPN bölge önermeye yarayan derin, evrişimli bir sinir ağıdır. RPN, girdi olarak herhangi bir boyutta girdiyi alır ve obje skoruna göre bir dizi nesnelere ait olabilecek dikdörtgen teklifi ortaya çıkarır. Bu öneriyi, evrişimli katman tarafından oluşturulan öznitelik haritası üzerinde küçük bir ağı kaydırarak yapar.
- Fast R-CNN: RPN tarafından üretilen bu hesaplamalar Fast R-CNN mimarisinde işleme sokulur ve bir sınıflandırıcı ile objenin sınıfı, regressor ile de bounding box'u tahmin edilir.[14]

Tüm bu işlemlerin yapıldığı genel Faster RCNN yapısı Şekil 49' da verilmiştir.



Şekil 49. Faster R-CNN Mimarisi

Şerit takip algoritması içinde şeridin tespiti için Faster RCNN kullanılmıştır. En genel anlamda Faster RCNN model eğitimi için aşağıda belirtilen basamaklar gerçekleştirilmiştir.

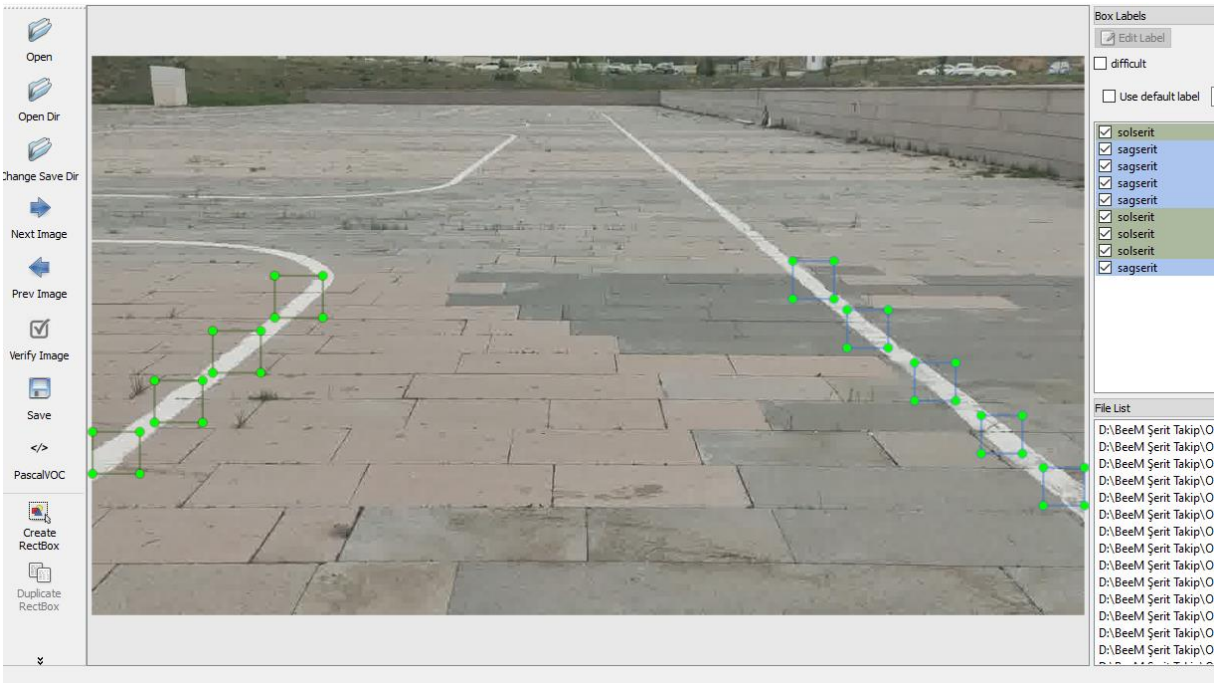
1- Veri seti oluşturma
2- Etiketleme
3- Modeli eğitme

<u>Verisetinin Hazırlanması ve Etiketlenmesi</u>

Veriseti aracımınız testlerinin gerçekleştirildiği parkurdan alınan görüntülerden oluşturulmuştur. Model eğitimi için parkurdan elde edilen 300 adet fotoğraf kullanılmıştır. Verisetinde kullanılan örnek görsel Şekil 50' de verilmiştir.

Şekil 50. Verisetinde Kullanılan Örnek Fotoğraf

Veriseti oluşturulduktan sonra etiketleme işlemi gerçekleştirilmektedir. Her etiketlenen resim için .xml dosyası oluşturulacaktır. Yapılan etiketleme işlemine ait görsel Şekil 51' de verilmiştir.

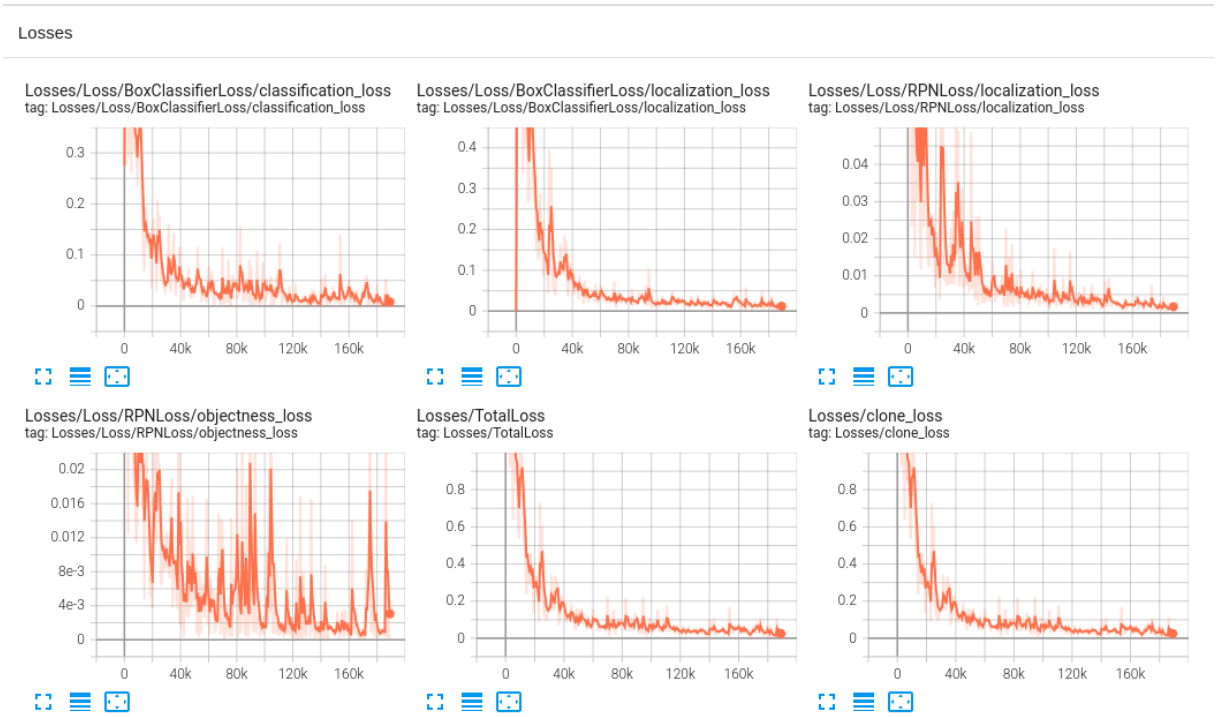


Şekil 36. Faster RCNN Etiketleme İşlemi

Veriseti etiketleme işlemi yapıldıktan sonra model eğitimi gerçekleştirilmiştir. Model eğitimi esnasında %80 eğitim, %20 test verisi olarak kullanılmak üzere ayrılmıştır. Model eğitimi aşamaları ile ilgili görsel Şekil 52' de verilmiştir. Ayrıca model eğitiminde kayıp oranlarının değişimine ait grafikte Şekil 53' de verilmiştir.

```
I0528 14:23:36.751690 140341917996928 learning.py:512] global step 189500: loss = 0.0763 (0.171 sec/step)
INFO:tensorflow:global step 189501: loss = 0.0200 (0.167 sec/step)
I0528 14:23:36.919761 140341917996928 learning.py:512] global step 189501: loss = 0.0200 (0.167 sec/step)
INFO:tensorflow:global step 189502: loss = 0.0706 (0.163 sec/step)
I0528 14:23:37.083891 140341917996928 learning.py:512] global step 189502: loss = 0.0706 (0.163 sec/step)
INFO:tensorflow:global step 189503: loss = 0.0303 (0.167 sec/step)
I0528 14:23:37.252911 140341917996928 learning.py:512] global step 189503: loss = 0.0303 (0.167 sec/step)
INFO:tensorflow:global step 189504: loss = 0.0354 (0.176 sec/step)
I0528 14:23:37.430882 140341917996928 learning.py:512] global step 189504: loss = 0.0354 (0.176 sec/step)
INFO:tensorflow:global step 189505: loss = 0.0268 (0.160 sec/step)
I0528 14:23:37.592387 140341917996928 learning.py:512] global step 189505: loss = 0.0268 (0.160 sec/step)
INFO:tensorflow:global step 189506: loss = 0.0329 (0.160 sec/step)
I0528 14:23:37.754024 140341917996928 learning.py:512] global step 189506: loss = 0.0329 (0.160 sec/step)
INFO:tensorflow:global step 189507: loss = 0.0729 (0.195 sec/step)
I0528 14:23:37.950729 140341917996928 learning.py:512] global step 189507: loss = 0.0729 (0.195 sec/step)
INFO:tensorflow:global step 189508: loss = 0.0322 (0.162 sec/step)
I0528 14:23:38.114606 140341917996928 learning.py:512] global step 189508: loss = 0.0322 (0.162 sec/step)
INFO:tensorflow:global step 189509: loss = 0.0152 (0.169 sec/step)
I0528 14:23:38.285251 140341917996928 learning.py:512] global step 189509: loss = 0.0152 (0.169 sec/step)
INFO:tensorflow:global step 189510: loss = 0.0970 (0.169 sec/step)
I0528 14:23:38.455745 140341917996928 learning.py:512] global step 189510: loss = 0.0970 (0.169 sec/step)
```

Şekil 52. Model Eğitimi Aşamalarına ait Görsel



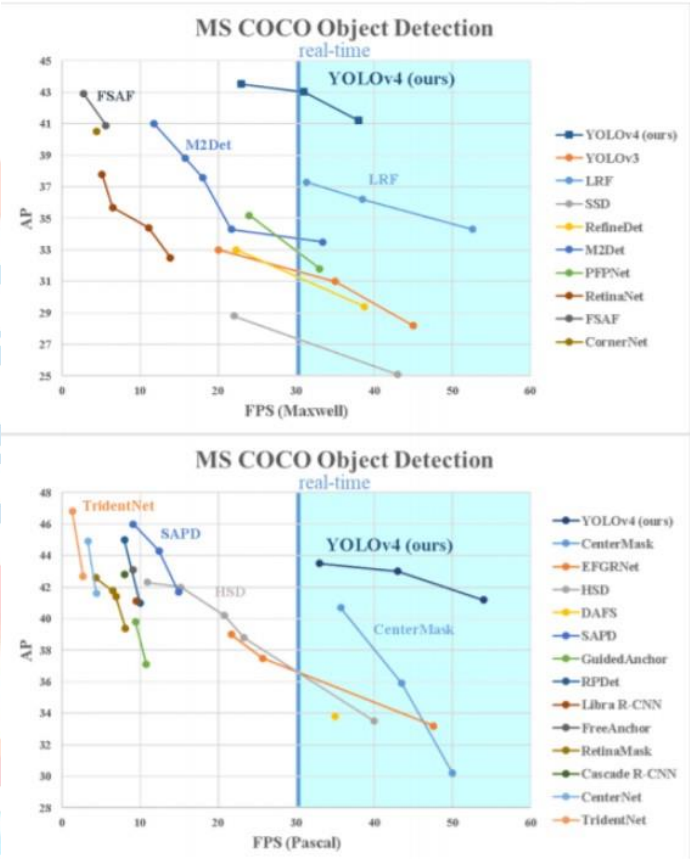
Şekil 53. Modele ait Kayıp oranlarının Grafikleri

Yatay eksen eğitim aşamasındaki adım sayısını gösterirken düşey eksen kayıp değerlerini göstermektedir. Hata değerinin sürekli olarak düşmesi ve sıfıra yaklaşması istenen durumdur [15]. Eğitimi yapılmış modelin parkur alanında testi yapılmıştır. Test işlemlerine ait görüntü Şekil 54' de verilmiştir.

Şekil 54. Faster RCNN Model Test Görüntüsü

5.2. YOLOV4 Nesne Tespit Algoritması

Otonom sürüşü gerçekleştirmek için trafik işaret ve işaretçilerinin gerçek zamanlı tespit işlemi için yolo algoritması kullanılmıştır. Bu algoritmanın tercih edilmesinin temel sebebi çalışma hızı, sınıflandırma işlemleri için görüntü üzerinde kaydırma gibi farklı yöntemlerin dışında tek seferde bu işlemi gerçekleştirmesi ve nesnelerin tespiti sağlanırken tüm boyutlara genelleştirilme yapılabilmesi olmuştur. Tüm bu avantajlar göz önüne alındığında yapılan çalışmalarda ve kıyaslamalarda daha üstün bir performans gösteren YoloV4 proje kapsamında kullanılmasına karar verilmiştir. YoloV3'ten doğruluk ve fps açısından %10-%12 oranında daha iyileştirilmiş olan YoloV4 kullanılmaya karar verilmiştir. Gerçek zamanlı nesne tespiti çalışmalarında gözlenen fps oranlarında ve doğruluk olarak daha başarılı olduğu Şekil 55' de YoloV4 Performans Analizin 'de görülmektedir [16].



Şekil 54. YoloV4 Performans Analizi [16]

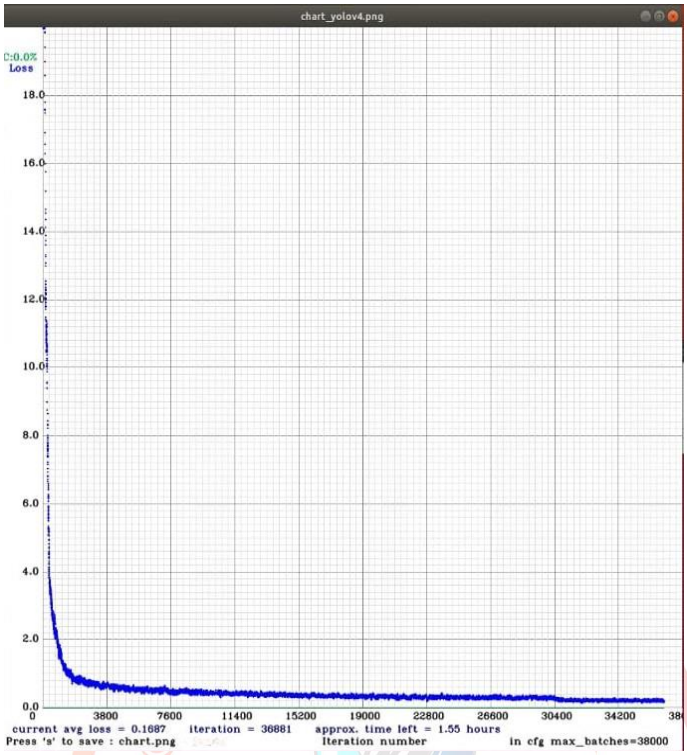
Levha tespiti için kullanılan yoloV4 algoritmasında gereken veri seti 19 levha ve 22123 adet görselden oluşturulmuştur. Kullanılan levha çeşidi ve sayısı Tablo 10' da verilmiştir.

Tablo 10. Veriseti Bilgisi

Levha İsimleri		Levha Sayısı
1	Dur	1279
2	Durak	1154
3	İleri_Sol	1611
4	Park	1554
5	Trafik_Lambası	2168
6	SaG_Yasak	1847
7	İleri_Sağ	1478
8	Sol_Yasak	1842
9	Sağ	882
10	Girilmez	1814
11	Park_Yasak	1908
12	Sol	693
13	Kapalı_Yol	192
14	Hız_20	232
15	Hız_30	625
16	Kırmızı_Yaya	736
17	Mavi_Yaya	770
18	Dönel_Kavsak	606
19	Engelli_Park	731
	TOPLAM	**22123**

YOLOV4 Model Eğitimi ve Test İşlemleri

Model eğitimi için gerekli veriseti hazırlığı yapılmış ve 38000 iterasyon da model eğitimi gerçekleştirilmiştir. Model eğitimine ait kayıp değer değişim grafiği Şekil 55' de verilmiştir.

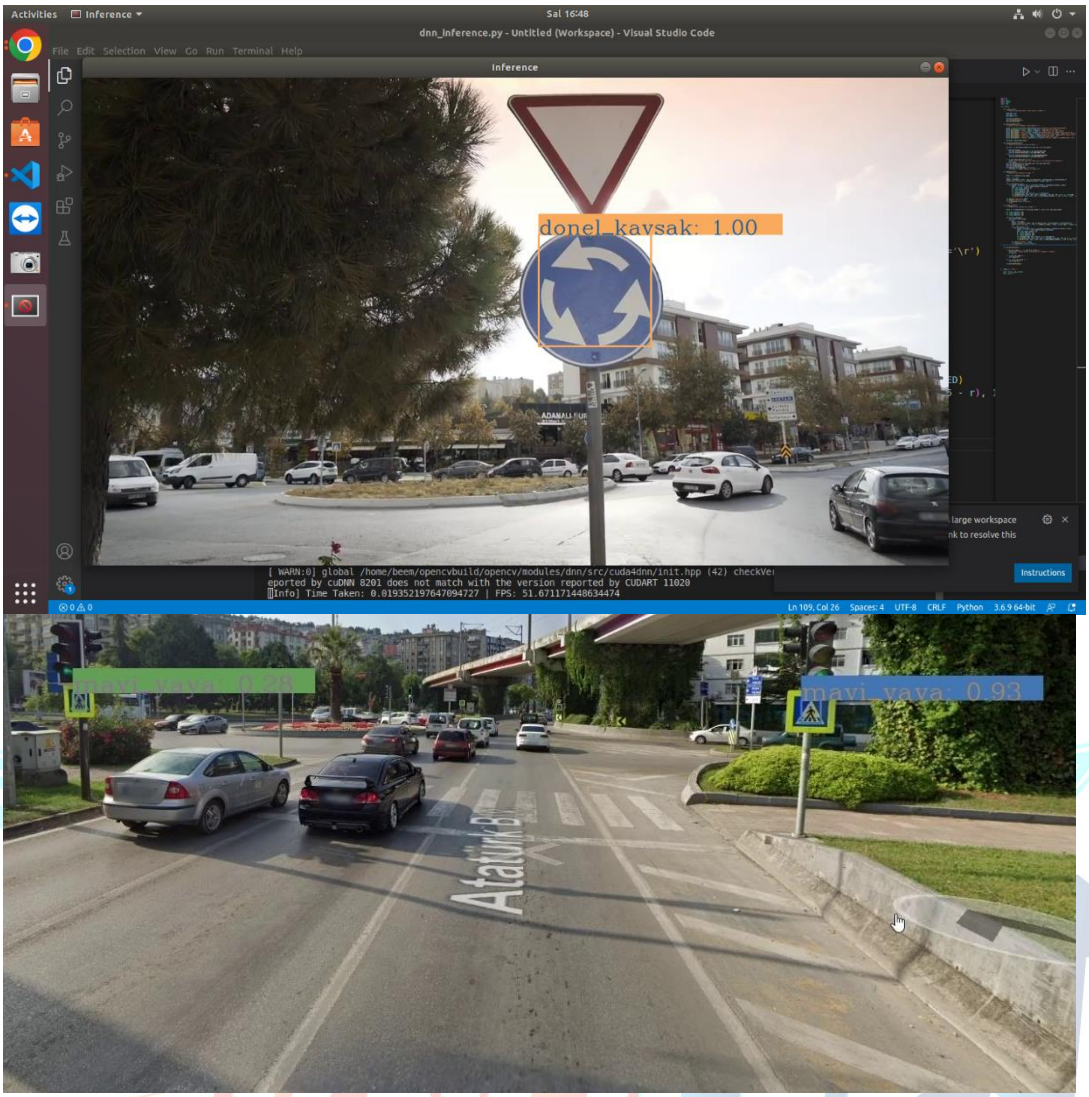



```
38000: 0.140047, 0.223313 avg loss, 0.000013 rate, 7.683272 seconds, 2432000 images, 0.154117 hours left
Saving weights to backup//yolov4_last.weights
Saving weights to backup//yolov4_final.weights
If you want to train from the beginning, then use flag in the end of training command: -clear
beem@beem-MS-7C00:~/Desktop/darknet$
```

Şekil 55. Model Eğitim Çıktıları

Eğitimi tamamlanan YOLOV4 modelin test işlemleri başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Örnek test görüntüleri Şekil 56 ve Şekil 57’ de verilmiştir.

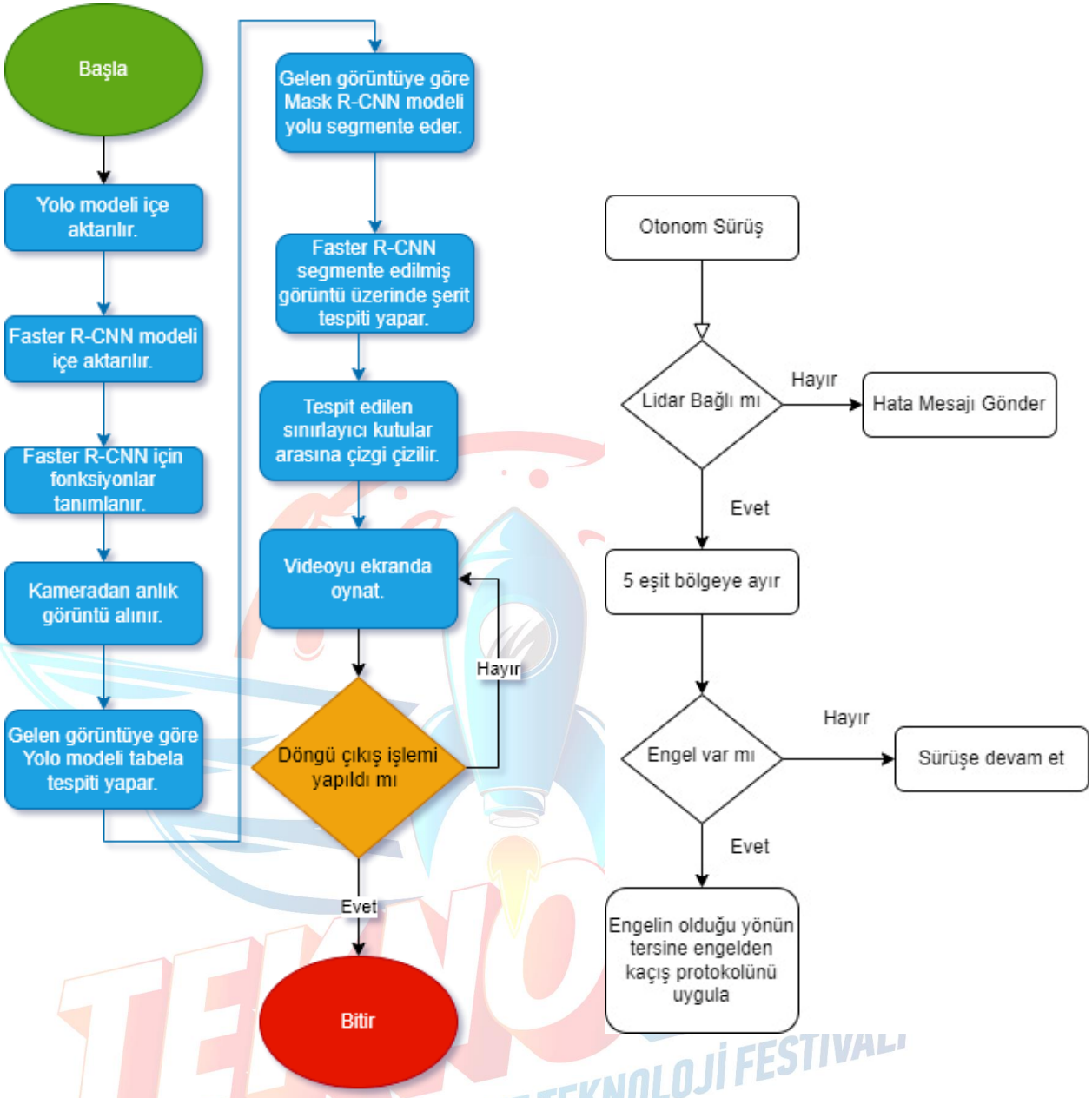
Şekil 56. YOLOV4 Model Test Görüntüsü



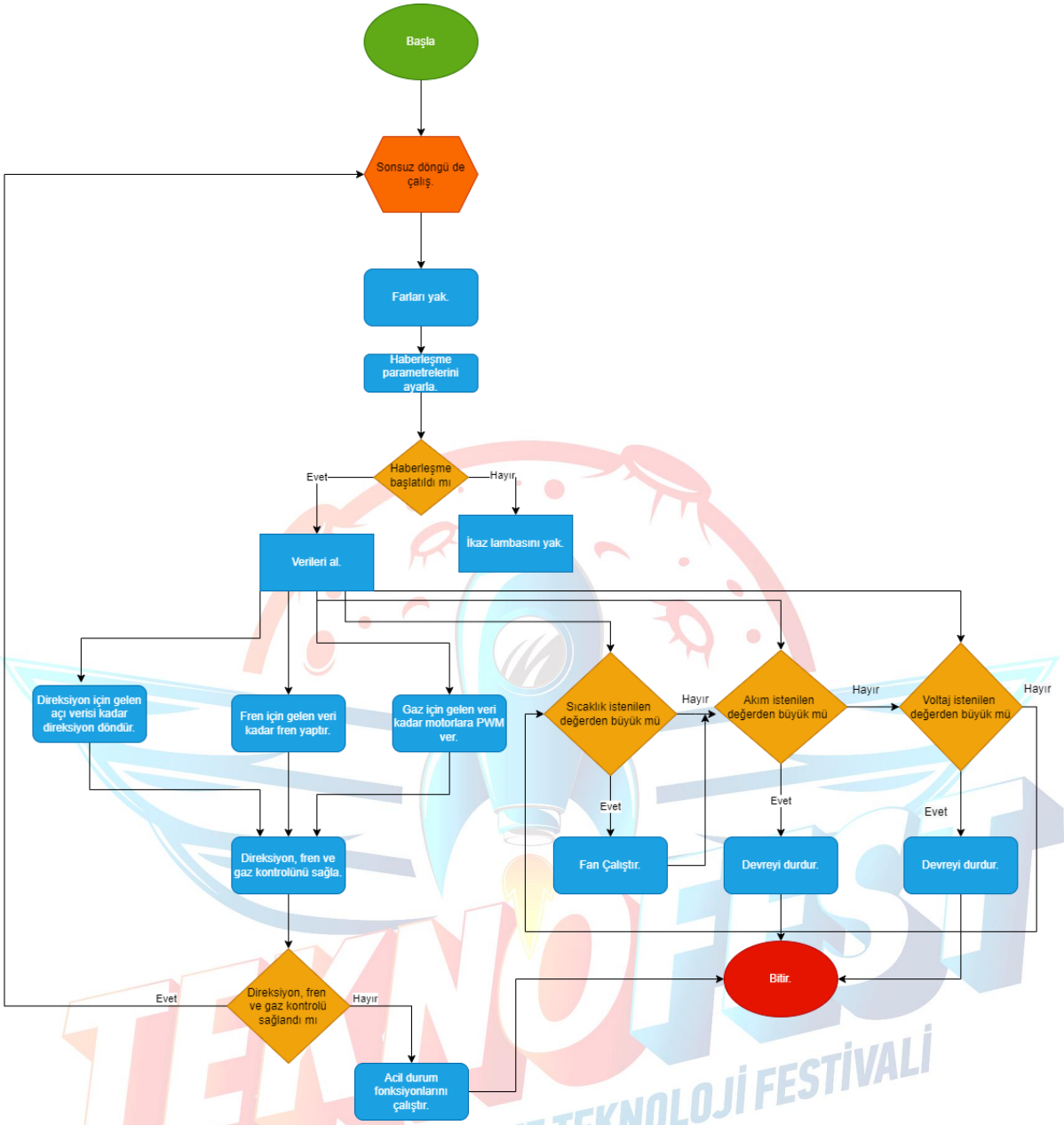
Şekil 57. YOLOV4 Model Test Görüntüsü

5.3. Otonom Araç için Yazılım Akış Diyagramları

Otonom araç üzerinde kullanılacak olan otonom sürüşü gerçekleştirecek kontrol bilgisayarı yazılımı ve otonom araç kontrol sistemine ait kart yazılımı için genel akış diyagramları verilmiştir. Kontrol bilgisayarında kullanılacak olan kamera, lidar, Mask RCNN, Faster RCNN ve YoloV4 algoritmalarına ait genel akış diyagramı Şekil 58' de verilmiştir. OAKS de kullanılan yazılıma ait genel akış diyagramı Şekil 59' de verilmiştir.



Şekil 58. Kontrol Bilgisayarında Kullanılan Yazılımlara Ait Genel Akış Diyagramı



Şekil 59. Kontrol Kart İşlemlerine Ait Genel Akış Diyagramı

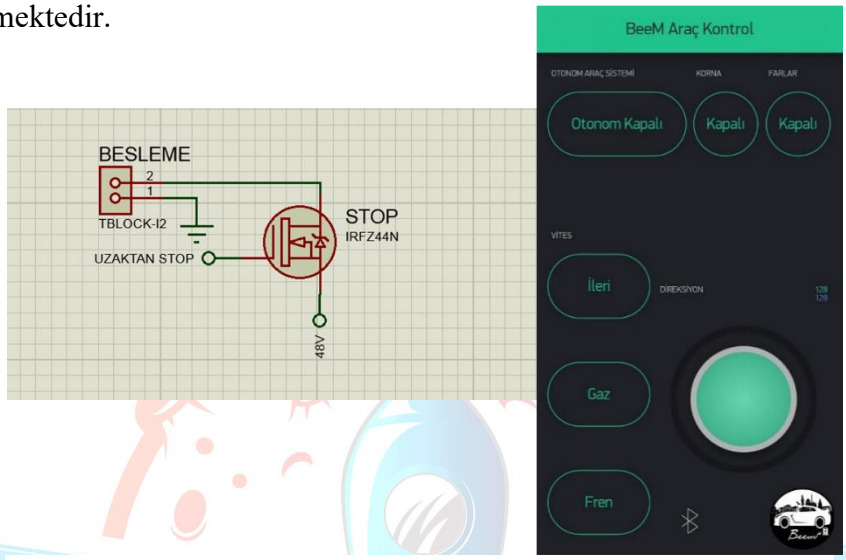
5.4. Yazılımsal Güvenlik Önlemleri

5.4.1. Ana Kol Akımının Kesilmesi

Kontrol kartımızın üzerinde bulunan kesici devre ve STM 32F407 kartımızdaki bulunan yazılım ile yüksek sıcaklık, aşırı akım gibi durumlar dikkate alınarak enerji kesimine karar verilecektir Fazla akım çekmesi veya bataryanın aşırı ısınması durumunda OAKS sistemi direk mosfetleri tetikleyerek enerjinin kesilmesini sağlayacaktır.

5.4.2. Uzaktan Araç Kontrol

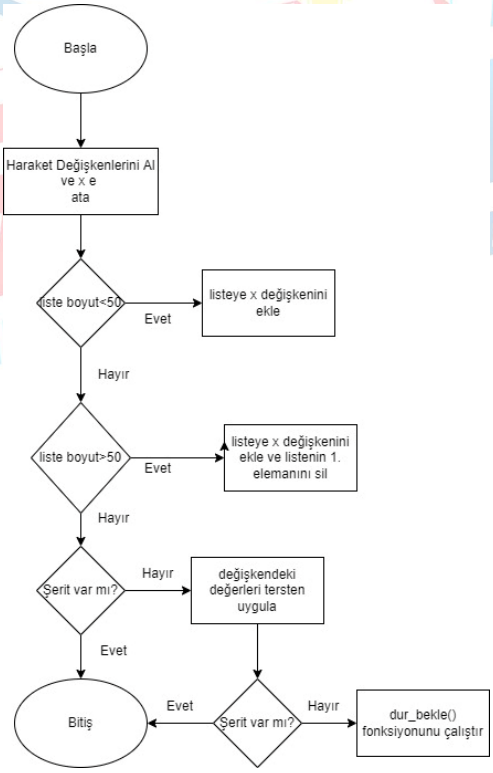
Aracın çalışması için uzaktan kontrol edilebilecek şekilde bir hazır bir uygulamadan faydalanılmıştır. Bu sistem Bluetooth teknolojisi ile bağlantı kurup android cihazlar üzerinden kontrolü sağlanmaktadır. Arayüz ile acil durum halinde aracı durdurulmaktadır. Yapılan çalışmalar ile aracın uzaktan başlatılması ve durdurulması başarılı bir şekilde gerçekleştirilmektedir.



Şekil 60. Uzaktan Stop Devresi ve Uygulaması

5.4.3. Aracın Şerit Çizgisi Kaybetme ve Çizgiden Çıkma Durumu

Otonom sürüş esnasında yaşanabilecek aracın kontrolden çıkması veya şerit çizgilerini kaybetmesi durumunda aracın yapmış olduğu hareket bilgisinin saklanması sağlanarak geri manevra yapması sağlanacaktır. Acil durum ile ilgili akış diyagramı Şekil 61' de verilmiştir.



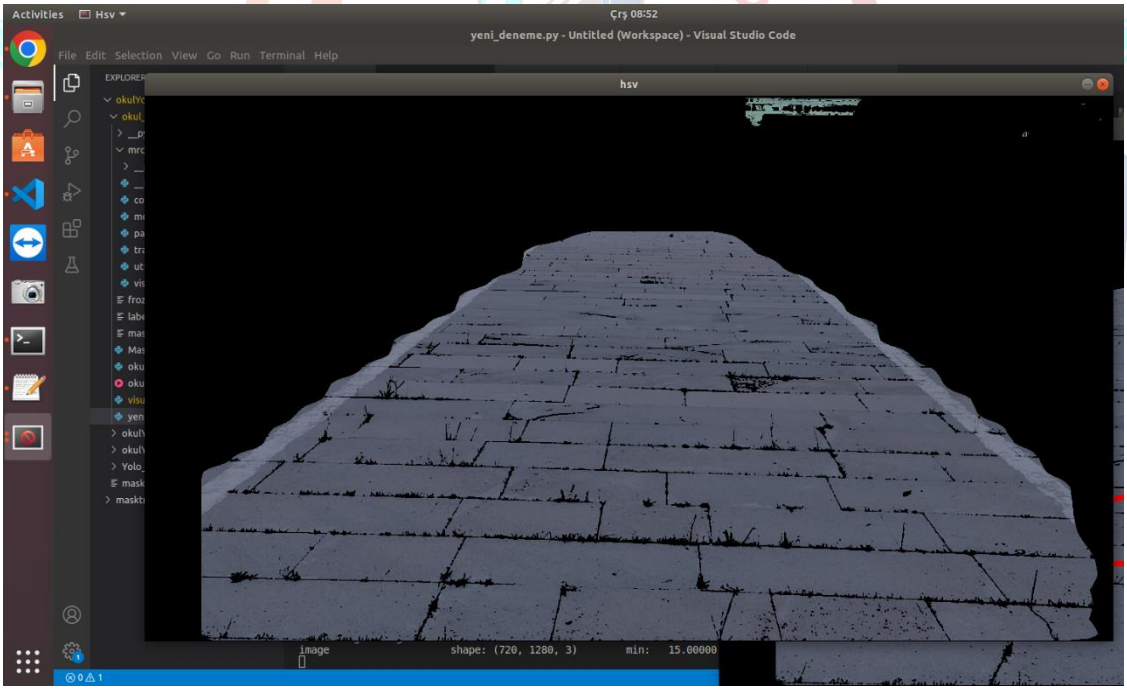
Şekil 61. Aracın Şerit ile İlgili Durumlarda Uygulayacak Acil Durum İşlem Akış Diyagramı

6.Özgün Bileşenler

Araç üzerinde kullanılacak olan otonom sürüş kartı ve araç kontrol kartı ekibimiz tarafından tasarlanıp üretilmiştir. Detaylı bilgi bölüm 3.4.5. Otonom Araç Kontrol Sistemi başlığı altında anlatılmıştır. Mevcut durumda üretilen kartın araç üzerine test işlemleri devam etmektedir. Ayrıca aracın kabuk tasarımı ve şasi tasarımı özgün olarak ekibimiz tarafından gerçekleştirilmiştir. Detaylı bilgi bölüm 3.1.1. Şasi ve Kabuk kısmında detaylı olarak anlatılmıştır. Yine araç üzerinde kullanılacak otonom sürüş için kullanılacak tüm şerit tanıma, levha tanıma, engel tanıma gibi aracın trafik kurallarına uygun doğru sürüşü gerçekleştireceği tüm yazılımlar ve verisetleri yine ekibimiz tarafından hazırlanmıştır. Bu yazılım ve otonom sürüş ile ilgili bilgiler bölüm 5. Yazılım Mimarisi kısmında detaylı olarak verilmiştir. Ayrıca araçta kullanılan Batarya yine özgün bir şekilde tasarlanarak üretimi gerçekleştirilmiştir. Detaylı bilgi 4.3. Batarya Yönetim Sistemi (BMS) ve Pil Paketi kısmında anlatılmıştır.

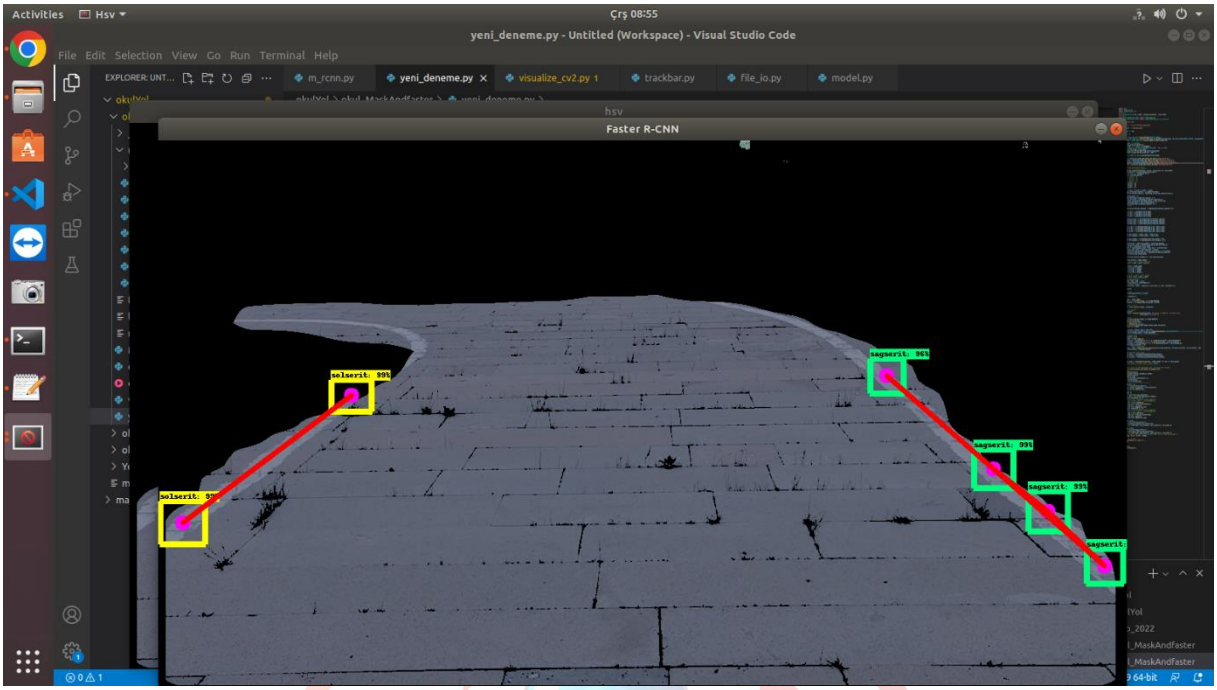
6.1.Şerit Tespit ve Takip Algoritması

Şerit tespit ve takip işlemi iki modelin birlikte çalışması ile gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada modellerin kullanım amacı Mask RCNN ile yolun tüm görüntüden segmente edilmesi sağlanmaktadır. Model eğitiminden sonra segmente edilen alan görüntü işleme teknikleri yardımıyla tüm görüntüden ayrılır. Bu işleme ait görüntü Şekil 62' de verilmiştir.



Şekil 62. Yolun Görüntüden Mask RCNN ile Segmente Edilmesi

Segmente edilmek istenen alana görüntü işleme teknikleri ile ayrıldıktan sonra Faster RCNN algoritması bu görüntü üzerine uygulanır ve şeritlerin konum bilgisi elde edilir. Bu işlemden sonra görüntü işleme tekniklerinden yararlanılarak şerit çizgileri bulunarak eğim hesabı yapılmaktadır. Yapılan bu eğim hesaplamaları ile direksiyon kontrolü gerçekleştirilmektedir. İşleme ait görsel Şekil 63' de verilmiştir.



Şekil 63. Segmente Edilen Yol Üzerinde Faster RCNN Uygulanması

7. Test

7.1. İvmelenme Testi

Araç üzerinde performans gelişimini takip etmek için yapılan ivmelenme, frenleme ve yönelme testleri yüksüz olarak gerçekleştirilmiştir. Bu testler kapsamında simülasyon ortamında gerçekleştirilen test bilgileri ile bir kıyaslama yapılmıştır. İlk olarak araç üzerinde yapılan temel yüksüz hesaplama işlemi gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu hesaplamalara ait genel bilgiler aşağıdaki gibidir.

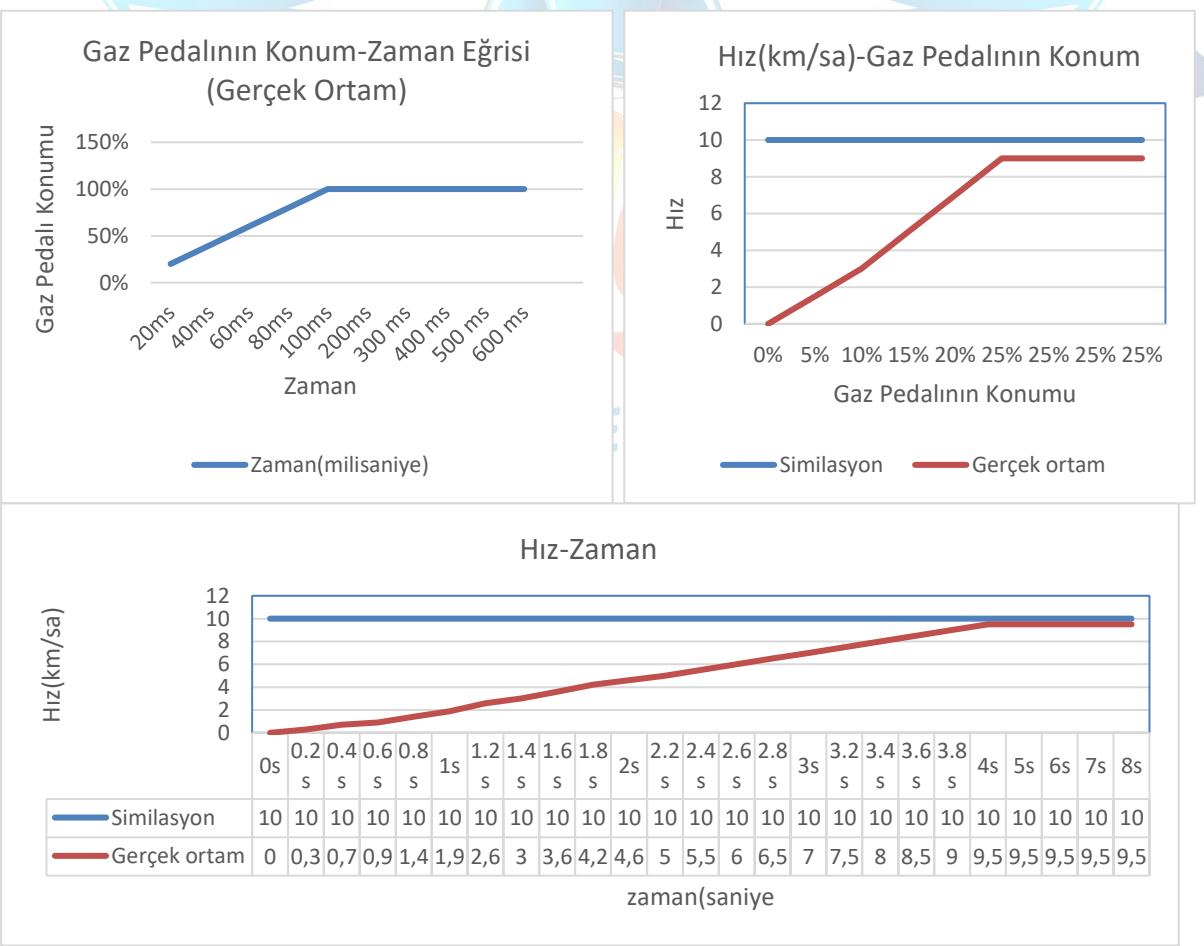
Hesaplamalar:

Teker çevresi=2*pi*r
Aracın boşta bir dakikada aldığı yol= Teker çevresi*rpm
Aracın boşta bir saatte aldığı yol= Teker çevresi*rpm*60
Araç boşta hız= ((Teker çevresi*rpm*60)/1000)/1saat
Aracın yükte bir dakikada aldığı yol= Teker çevresi*yükte rpm
Aracın yükte bir saatte aldığı yol=Teker çevresi*yükte rpm*60
Aracın yükte hızı=((Teker çevresi*yükte rpm*60)/1000)/1saat
Teker yarıçapı: 22.5 cm
Teker çevresi: 141.3
Motor rpm : 1000 d/dak
Aracın yükte rpm: 590 d/dak
Aracın bir dakikada aldığı yol: 1413 m
Aracın boşta bir saatte aldığı yol:84.8 km
Araç boşta hız: 84.8 kmh
Aracın yükte bir dakikada aldığı yol: 833 m
Aracın yükte bir saatte aldığı yol: 50km
Aracın yükte hızı: 50 kmh

0,3 radyan = 18 derece şeklinde aracın yüksüz durumunda yapılan hesaplama sonuçları elde edilmiştir.

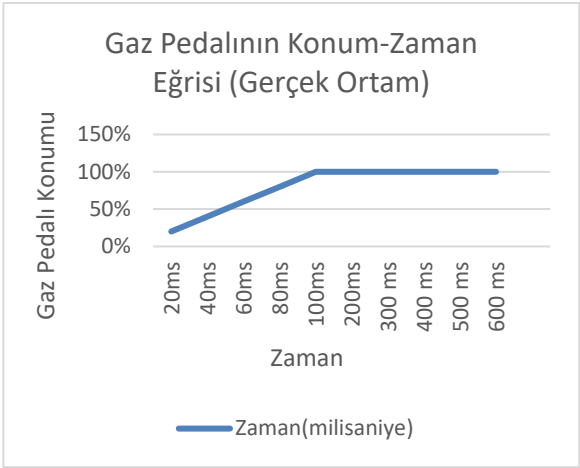
Aracın simülasyon çalışmasında kullanılan veriler göz önünde bulundurulduğunda yapılan çalışma ortamı Gazebo ortamı olması nedeniyle doğrudan girilen veriler ile çalışma yürütülmüştür. Ancak bu süreç için aracın ivmelenmesi, frenleme mekanizması ve yönlendirmesi için yazılımsal kısıtlamalar kullanılmıştır. Aracın hız verisi olarak yazılımsal anlamda 0-1 arasında değer alması sağlanmıştır. Aracın simülasyon ortamında frenleme yapması için araca doğrudan fren verisi olarak 0 (sıfır) değeri verilmektedir. Aracın tekerleklerinin parkura tutunması için tekerlek ve parkur arasına bir miktar sürtünme miktarı eklenmiştir. Burada kullanılan sürtünme miktarının amacı aracın parkur üzerinde tutunmasıdır. Bu nedenle bu test kapsamında sürtünme durumu ihmal edilerek işlem yapılmıştır. Hızlanma ve frenleme işlemi doğrudan sayısal değerlerle gerçekleştiği için bu sürtünme miktarı bu değişkenleri etkilememektedir. Aracın yönelme mekanizması olarak Ackerman prensibi kullanılmaktadır. Bu nedenle yönelme olarak doğrudan açısal hız değer verilmektedir. Açısal değer olarak ta araç tekeri gerçek ortama ait veriler göz önünde bulundurularak %45 oranında dönüş gerçekleştirilecek şekilde yazılımsal kısıtlamalar uygulanmıştır.

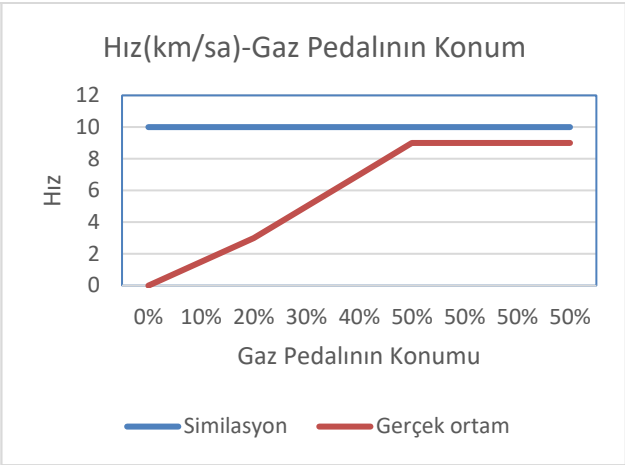
Bu şartlar altında araca uygulanan 10 km/ h' lik hız için pwm miktarındaki değişime bağlı grafik bilgileri değişimi ile aracın yüksüz ve simülasyon ortamında gerçekleştirilen miktarlar Şekil 64, Şekil 65 ve Şekil 66' da verilen grafiklerde verilmiştir.

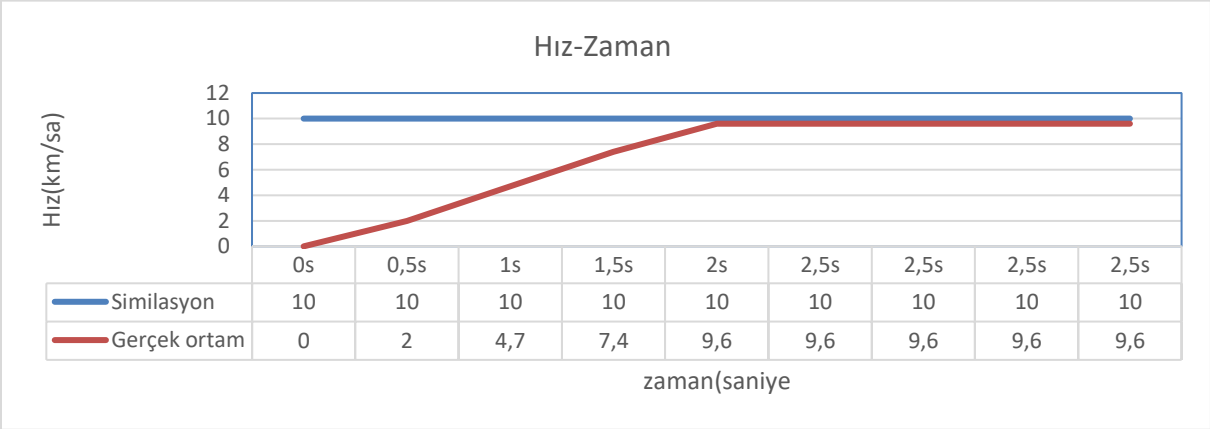


	0s	0.2 s	0.4 s	0.6 s	0.8 s	1s	1.2 s	1.4 s	1.6 s	1.8 s	2s	2.2 s	2.4 s	2.6 s	2.8 s	3s	3.2 s	3.4 s	3.6 s	3.8 s	4s	5s	6s	7s	8s
Similasyon	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Gerçek ortam	0	0,3	0,7	0,9	1,4	1,9	2,6	3	3,6	4,2	4,6	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5

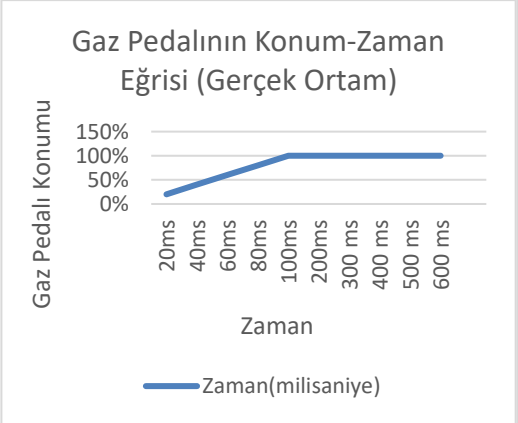
Şekil 64. %25 Pwm durumu için Sonuçlar

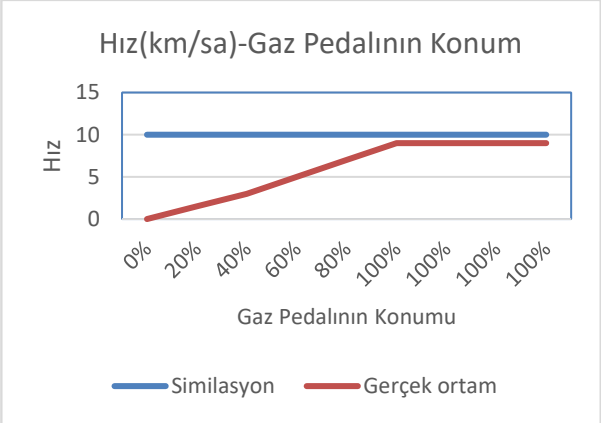


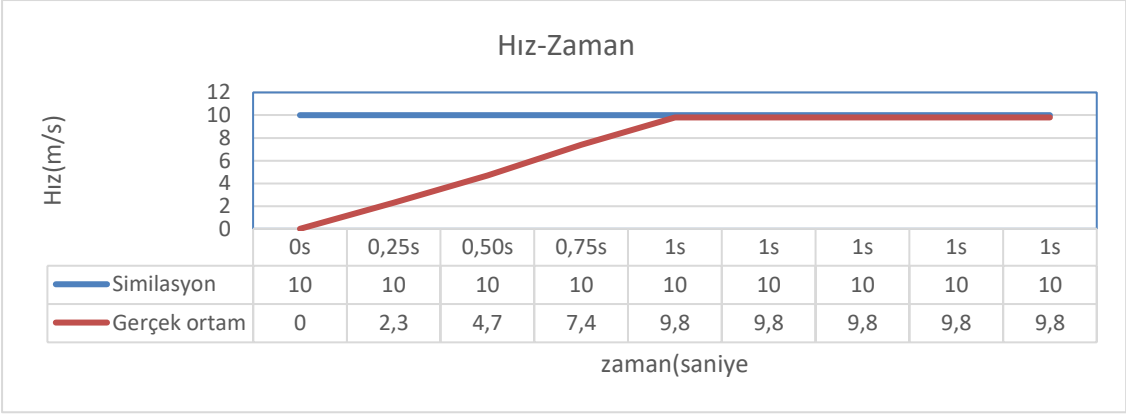




Şekil 65. %50 Pwm durumu için Sonuçlar



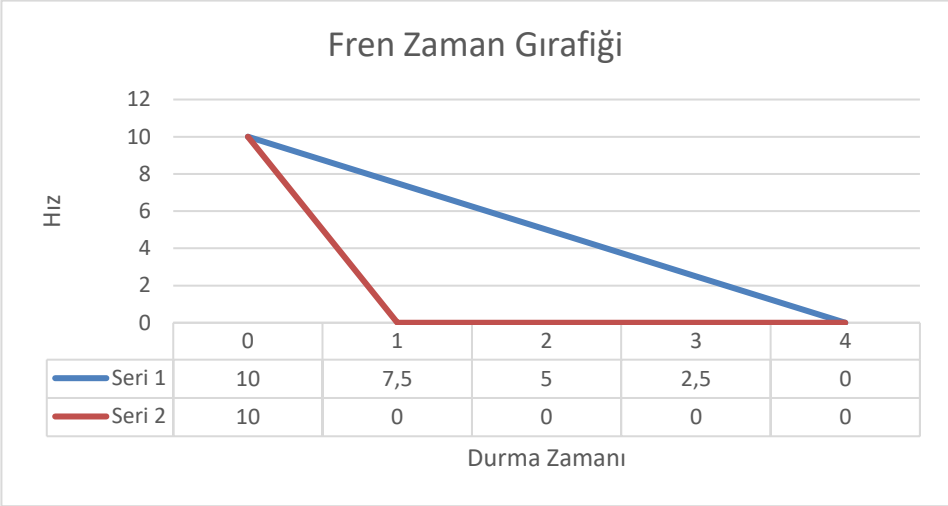




Şekil 66. %100 Pwm durumu için Sonuçlar

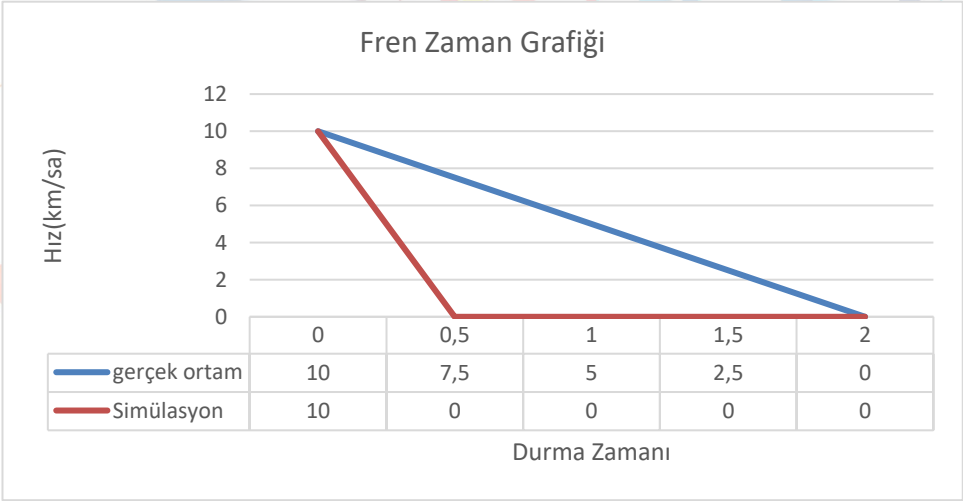
7.2. Frenleme Testi

Frenleme miktarının pwm olarak değişiminde oluşan Frenleme-zaman grafik bilgileri Şekil 67, 68 ve Şekil 69 ’da verilmiştir. Şekil 67’ de verilen grafik incelendiğinde gerçek ortamda yapılan testte 10 km/ h’ lik hızla giden aracın 4 sn’ de tamamen durduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca frenleme için gerçekleştirilen testlerde simülasyon ortamında yazılımsal olarak değer verildiği için frenleme komutundan kısa bir süre sonra hız 0 değerine düşmektedir.



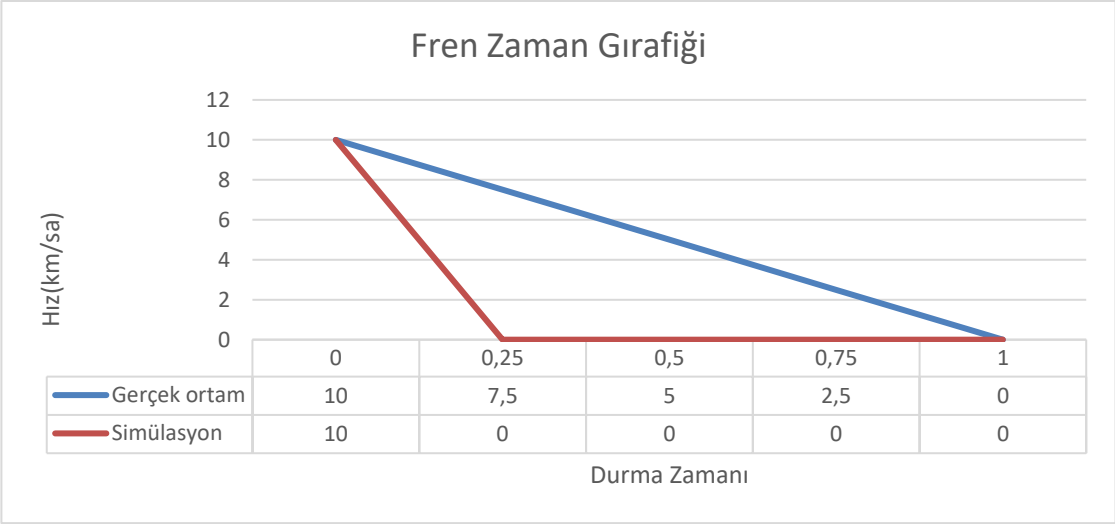
Şekil 67. %25 PWM ile Frenleme-Zaman Grafiği

Şekil 68’ de verilen grafik incelendiğinde gerçek ortamda yapılan testte 10 km/ h’ lik hızla giden aracın 2 sn’ de tamamen durduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 68. %50 PWM ile Frenleme-Zaman Grafiği

Şekil 69’ da verilen grafik incelendiğinde gerçek ortamda yapılan testte 10 km/ h’ lik hızla giden aracın 1 sn’ de tamamen durduğu gözlemlenmiştir.



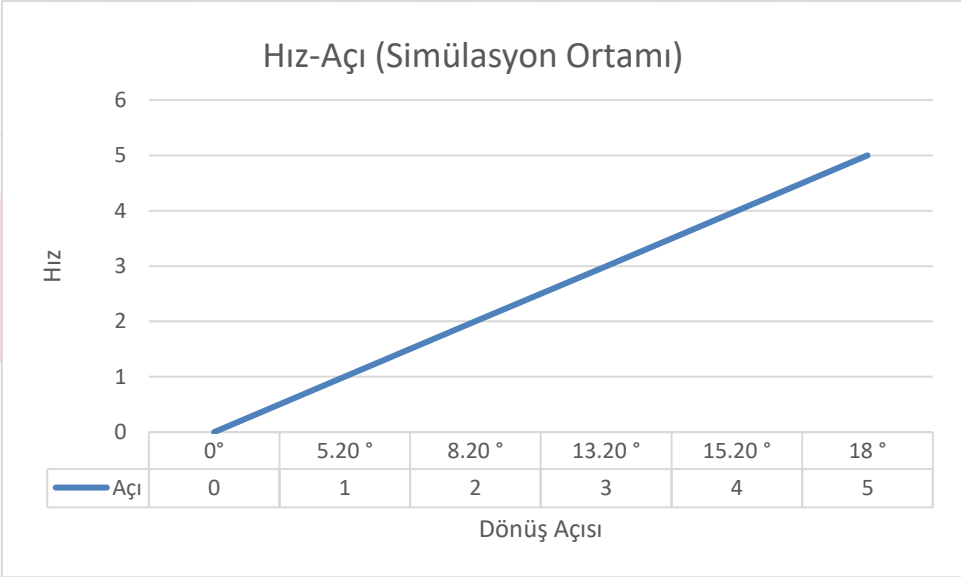
Şekil 69. %100 PWM ile Frenleme-Zaman Grafiği

7.3. Yönlendirme Testi

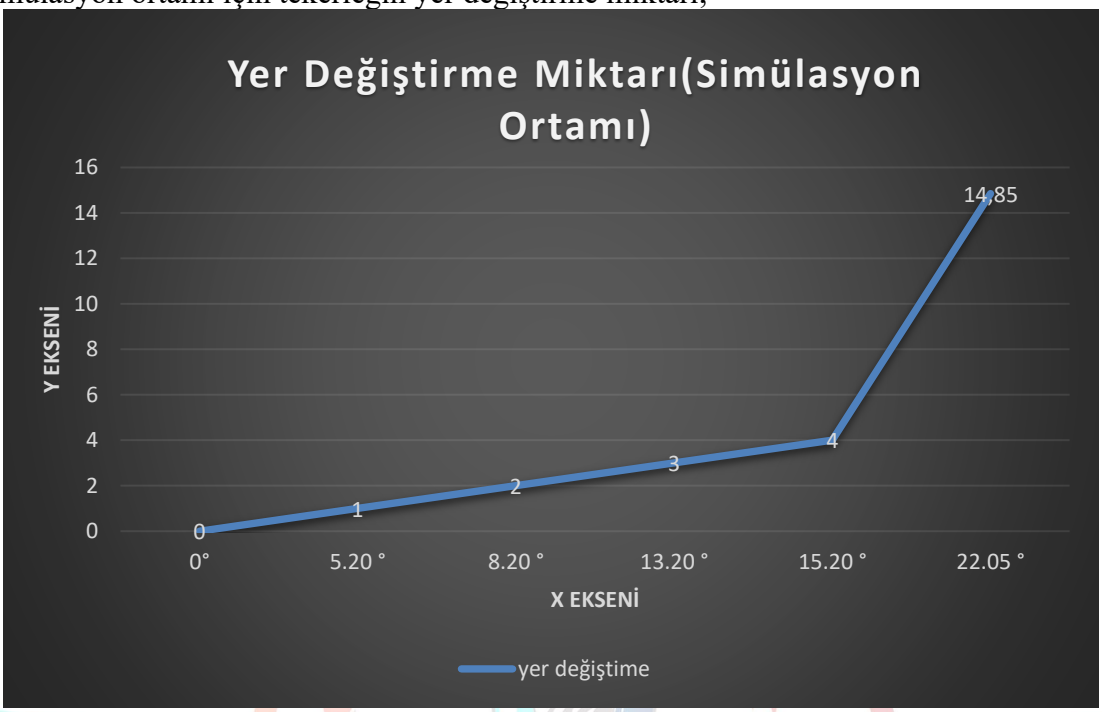
Aracın yönlendirilmesi için araç üzerinde bulunan DC direksiyon motoruna uygulanacak gerilim ile sağ ve sol yönde hareket sağlanacaktır. Test kapsamında Kritik Rapor Şablonunda belirtildiği gibi 0.3 radyan referans alınarak işlemler gerçekleştirilmiştir. Simülasyon ortamında doğrudan açısal hız verisi ile dönüşler gerçekleşmektedir. Yapılan çalışmaya ait grafikler aşağıda verilmiştir.

Hız değeri 5 km/h dönme miktarı 0.3 radyan için:

Simülasyon ortamı için hıza bağlı dönüş açı grafiği;



Simülasyon ortamı için tekerleğin yer değiştirme miktarı;



Hesaplama:

Lastik yarı çapı = hipotenüs = 22,5 cm

0,3 radyan = 18 derece

Cos 18 =-0,660

Cos= komşu / hipotenüs

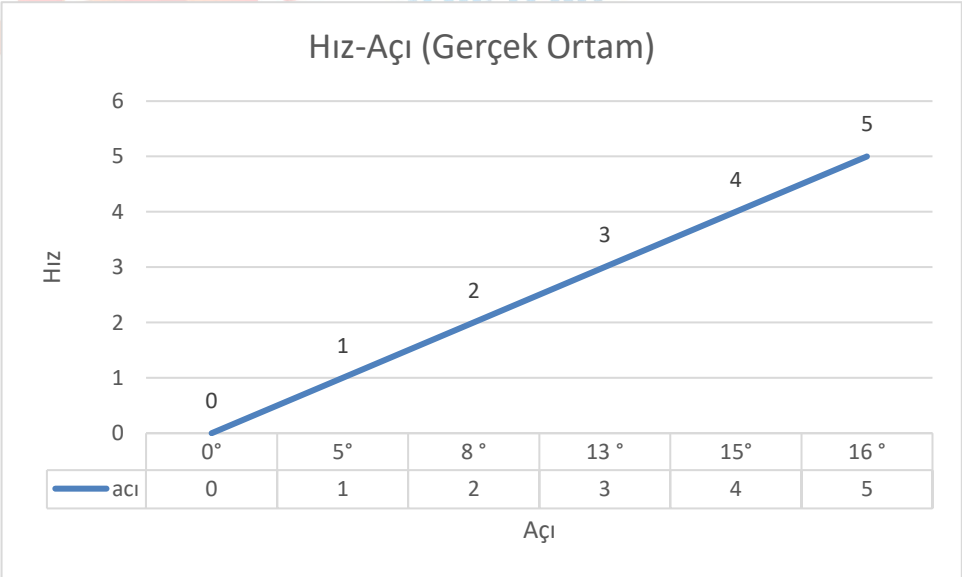
0,660 = komşu / 22,5

Komşu = 14,85

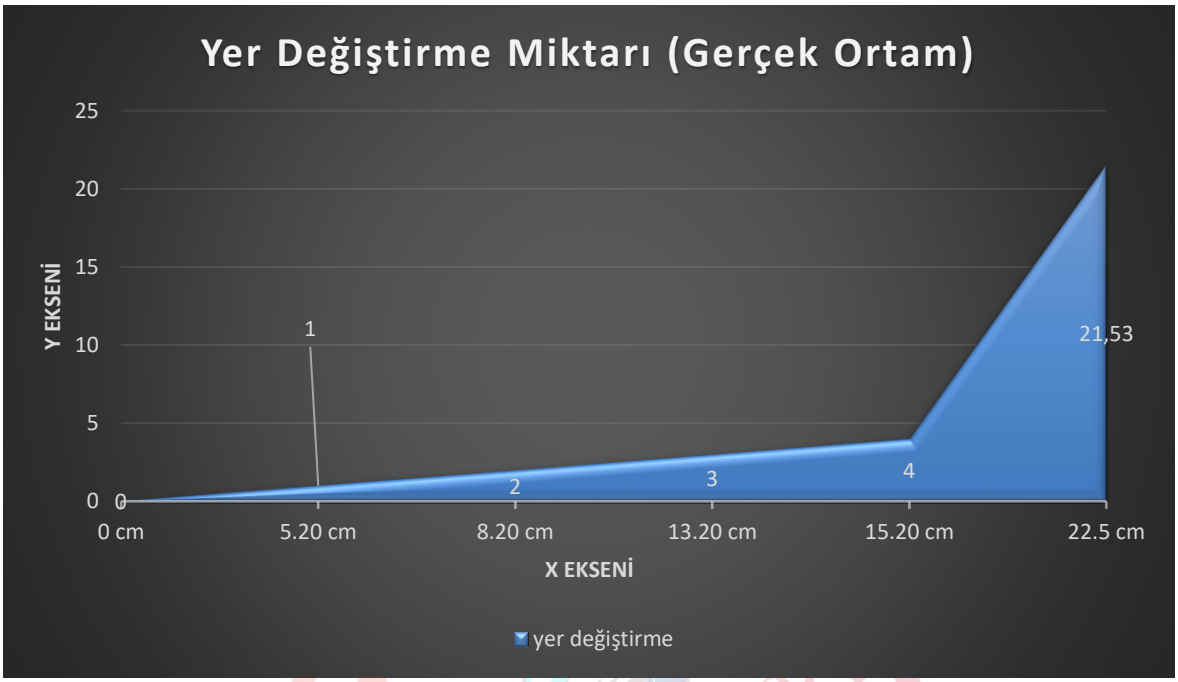
X – Y ekseni yer değiştirme = (cos18 * komşu * hipotenüs) / 2

X – Y ekseni yer değiştirme = (0,660 * 14,85 * 22,5) /2 = 110 cm^2 yer değişimi gerçekleşmiştir.

Gerçek ortam için hıza bağlı dönüş açı grafiği;



Gerçek ortam için tekerleğin yer değiştirme miktarı;



<u>Hesaplama:</u>

Lastik yarı çapı = hipotenüs = 22,5 cm

0,3 radyan = 18 derece

-Cos 18 =0,957

Cos= komşu / hipotenüs

0,660 = komşu / 22,5

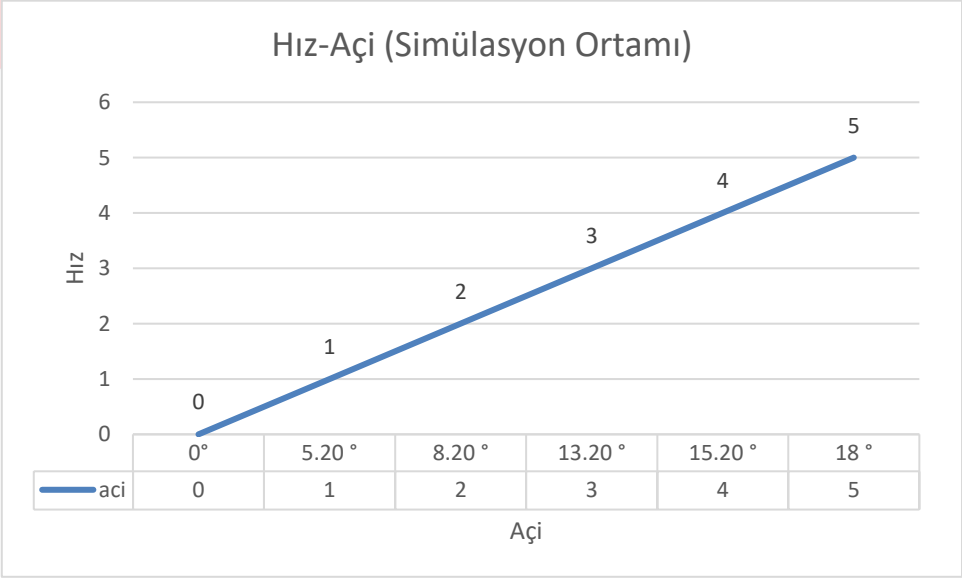
Komşu = 21,53

X – Y ekseni yer değiştirme =(cos18 * komşu * hipotenüs)/ 2

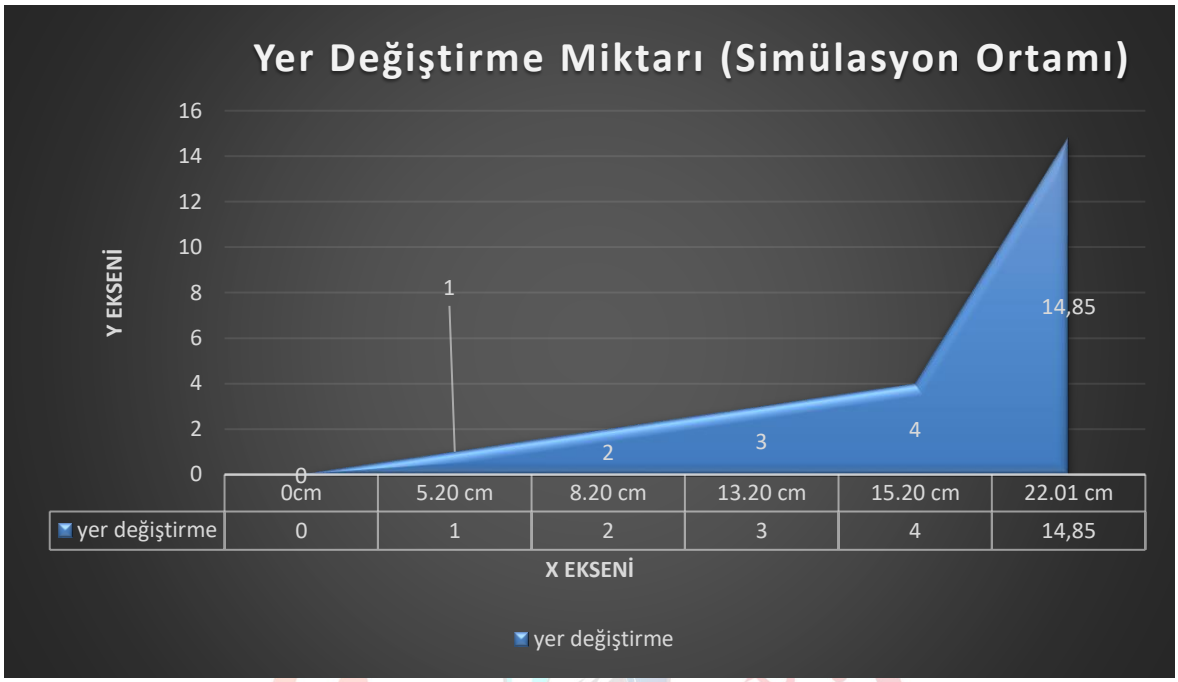
X – Y ekseni yer değiştirme =(0,957 * 21,53 * 22,5)/2 = 231 cm^2 yer değişimi gerçekleşmiştir.

<u>Hız değeri 5 km/h dönme miktarı -0.3 radyan için:</u>

Simülasyon ortamı için hıza bağlı dönüş açı grafiği;



Simülasyon ortamı için tekerleğin yer değiştirme miktarı;



Hesaplama:

Lastik yarı çapı = hipotenüs = 22,5

0,3 radyan = 18 derece

Cos 18 =-0,660

Cos= komşu / hipotenüs

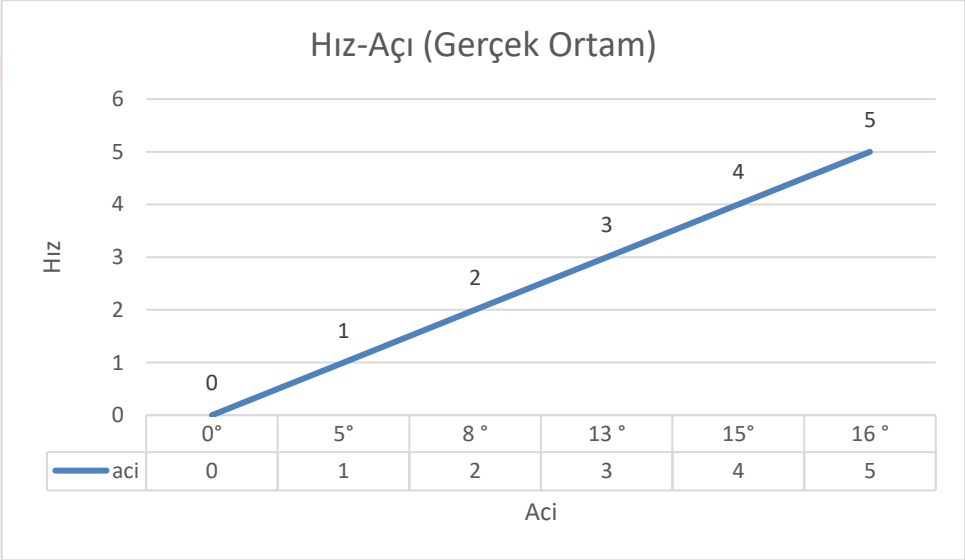
0,660 = komşu / 22,5

Komşu = 14,85

X – Y ekseni yer değiştirme =(cos 18 * komşu * hipotenüs)/ 2

X – Y ekseni yer değiştirme =(0,660 * 14,85 * 22,5)/2 = 110 cm^2 yer değişimi gerçekleşmiştir.

Gerçek ortam için hıza bağlı dönüş açı grafiği;



Gerçek ortam için tekerleğin yer değiştirme miktarı;

<u>Hesaplama:</u>

Lastik yarı çapı = hipotenüs = 22,5 cm

0,3 radyan = 18 derece

-Cos 18 =0,957

Cos= komşu / hipotenüs

0,660 = komşu / 22,5

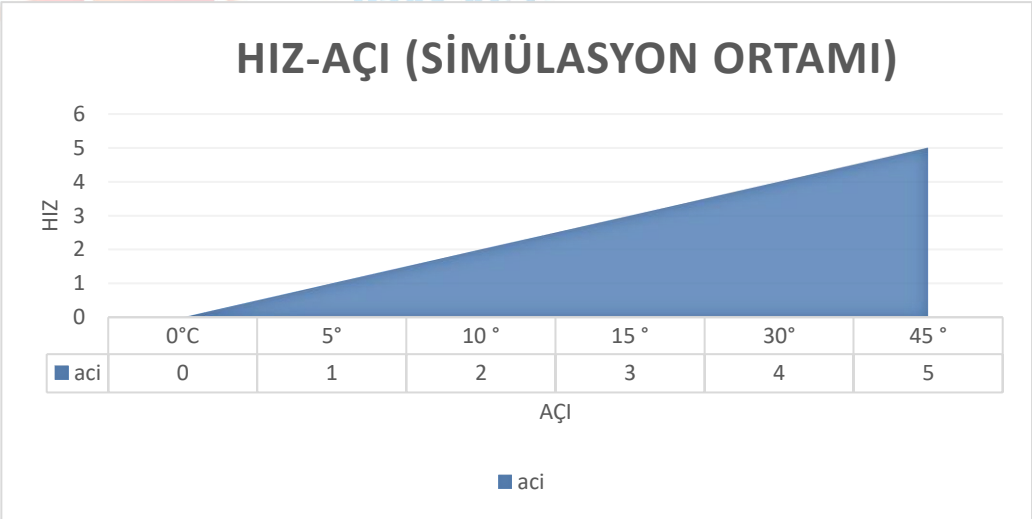
Komşu = 21,53

X – Y ekseni yer değiştirme =(cos 18 * komşu * hipotenüs)/ 2

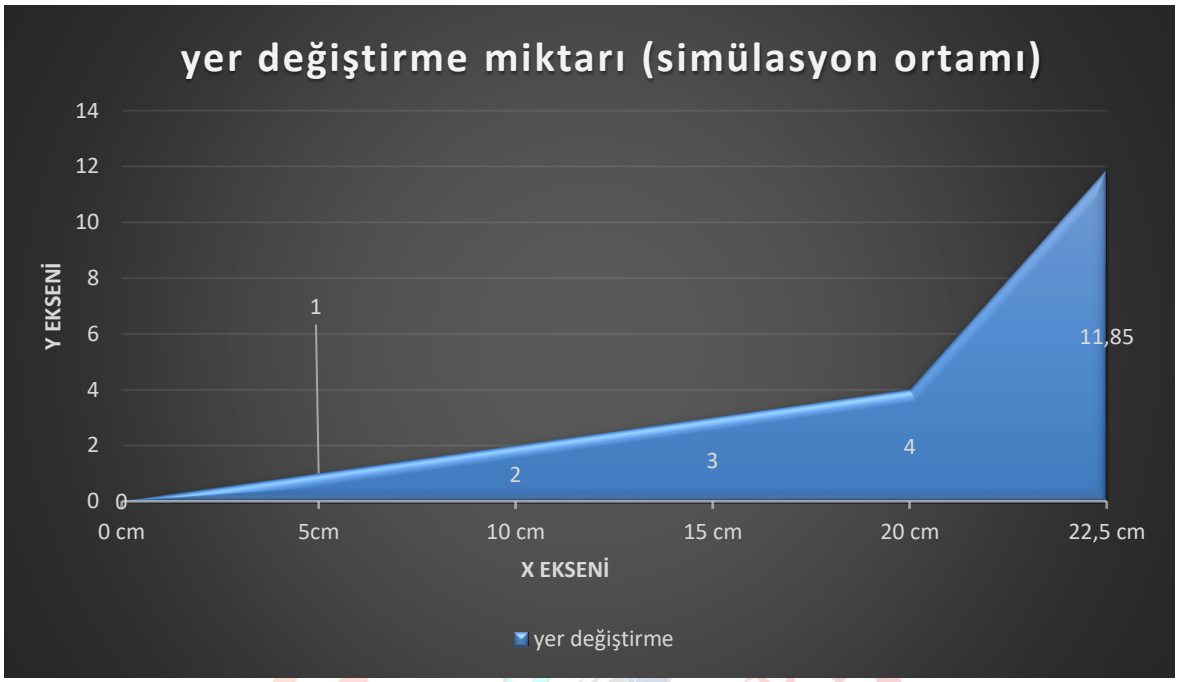
X – Y ekseni yer değiştirme =(0,957 * 21,53 * 22,5)/2 = 231 cm^2 yer değişimi gerçekleşmiştir.

<u>Hız değeri 5 km/h dönme miktarı 45° için:</u>

Simülasyon ortamı için hıza bağlı dönüş açı grafiği;



Simülasyon ortamı için tekerleğin yer değiştirme miktarı;



Hesaplama:

Lastik yarı çapı = hipotenüs = 22,5

Cos 45 =-0,525

Cos= komşu / hipotenüs

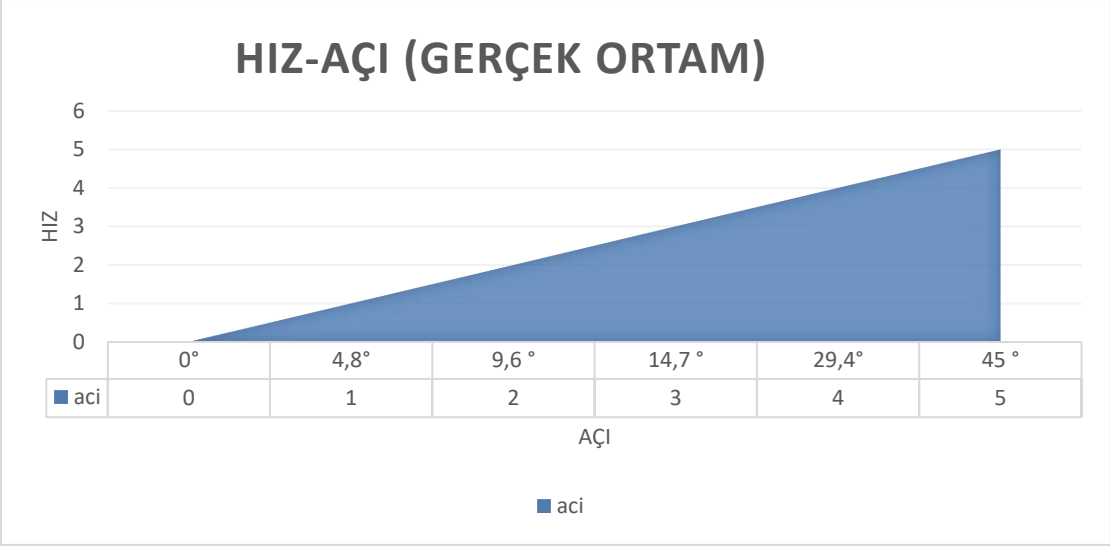
0,525 = komşu / 22,5

Komşu = 11,85

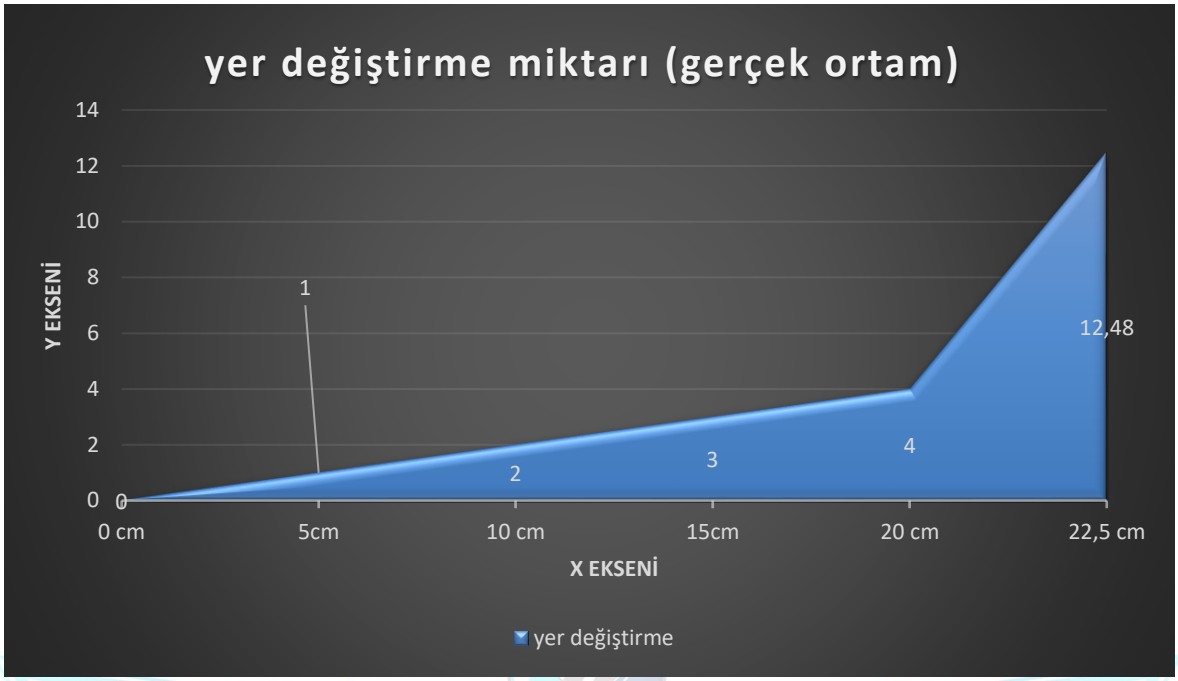
X – Y ekseni yer değiştirme =(cos 45 * komşu * hipotenüs)/ 2

X – Y ekseni yer değiştirme =(0,525 * 11,85 * 22,5)/2 = 70 cm^2 yer değişimi gerçekleşmiştir.

Gerçek ortam için hıza bağlı dönüş açı grafiği;



Gerçek ortam için tekerleğin yer değiştirme miktarı;



<u>Hesaplama:</u>

Lastik yarı çapı = hipotenüs = 22,5 cm

-Cos 45 =0,525

Cos= komşu / hipotenüs

0,555 = komşu / 22,5

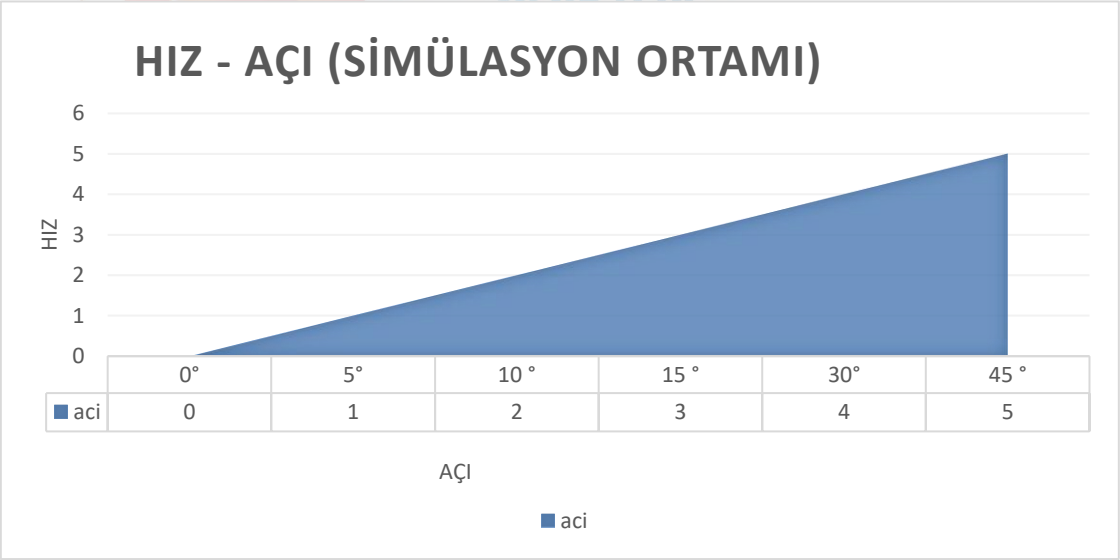
Komşu = 12,48

X – Y ekseni yer değiştirme =(cos 45 * komşu * hipotenüs)/ 2

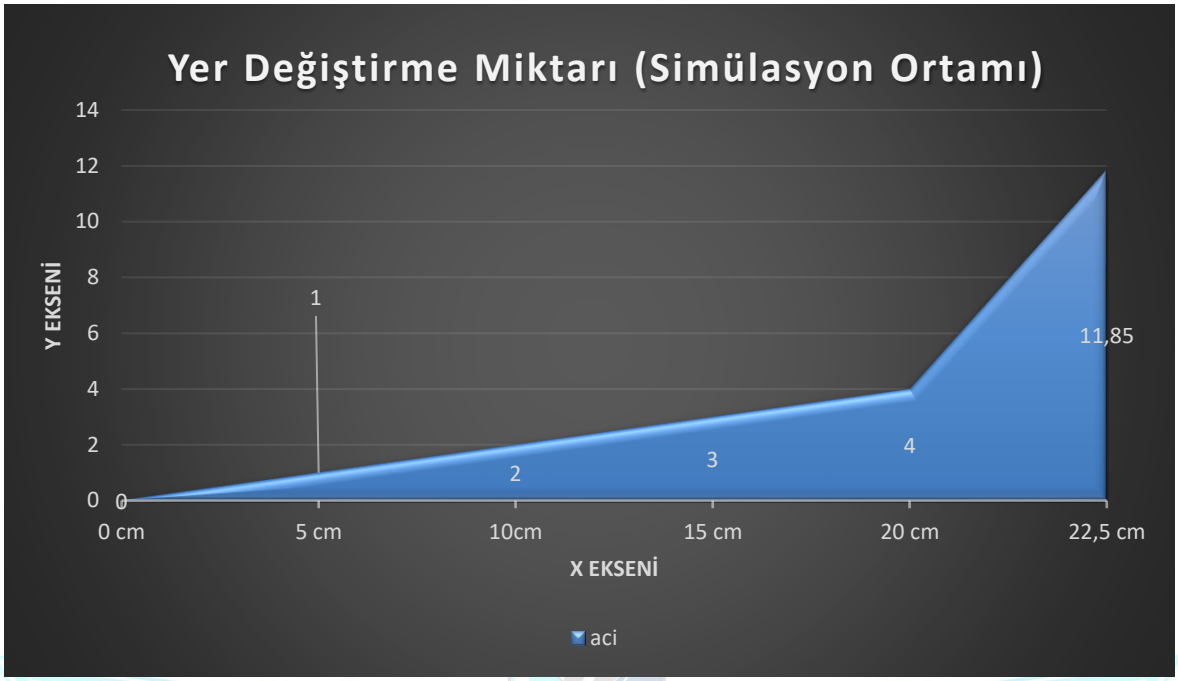
X – Y ekseni yer değiştirme =(0,525 * 12,48 * 22,5)/2 = 78 cm^2 yer değişimi gerçekleşmiştir.

<u>Hız değeri 5 km/h dönme miktarı -45° için:</u>

Simülasyon ortamı için hıza bağlı dönüş açı grafiği;



Simülasyon ortamı için tekerleğin yer değiştirme miktarı;



Hesaplama:

Lastik yarı çapı = hipotenüs = 22,5 cm

Cos 45 =-0,525

Cos= komşu / hipotenüs

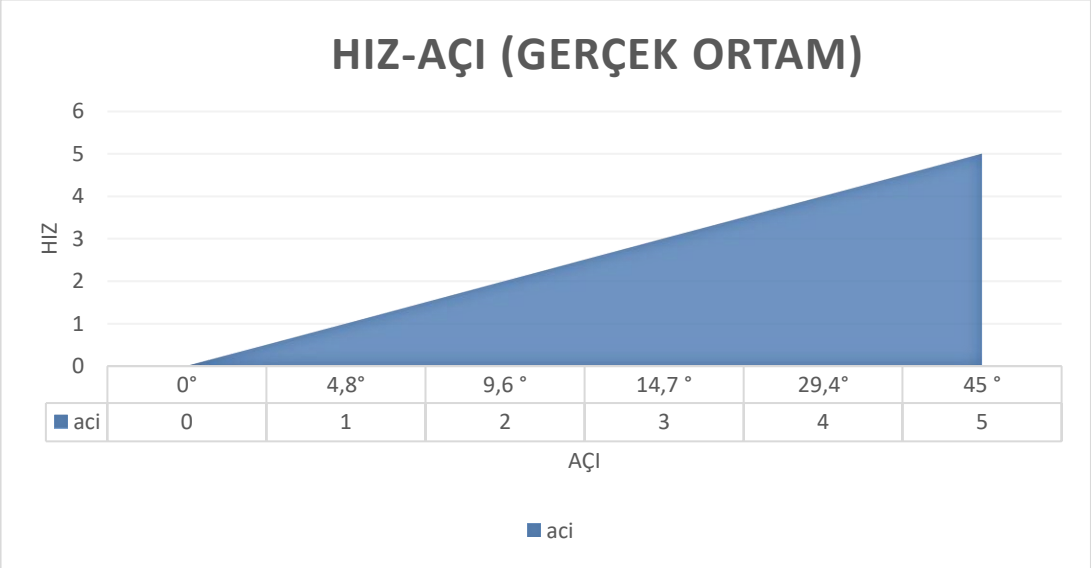
0,525 = komşu / 22,5

Komşu = 11,85

X – Y ekseni yer değiştirme =(cos 45 * komşu * hipotenüs)/ 2

X – Y ekseni yer değiştirme =(0,525 * 11,85 * 22,5)/2 = 70 cm^2 yer değişimi gerçekleşmiştir.

Gerçek ortam için hıza bağlı dönüş açı grafiği;



Gerçek ortam için tekerleğin yer değiştirme miktarı;

Hesaplama:

Lastik yarı çapı = hipotenüs = 22,5

-Cos 43 =0,555

Cos= komşu / hipotenüs

0,555 = komşu / 22,5

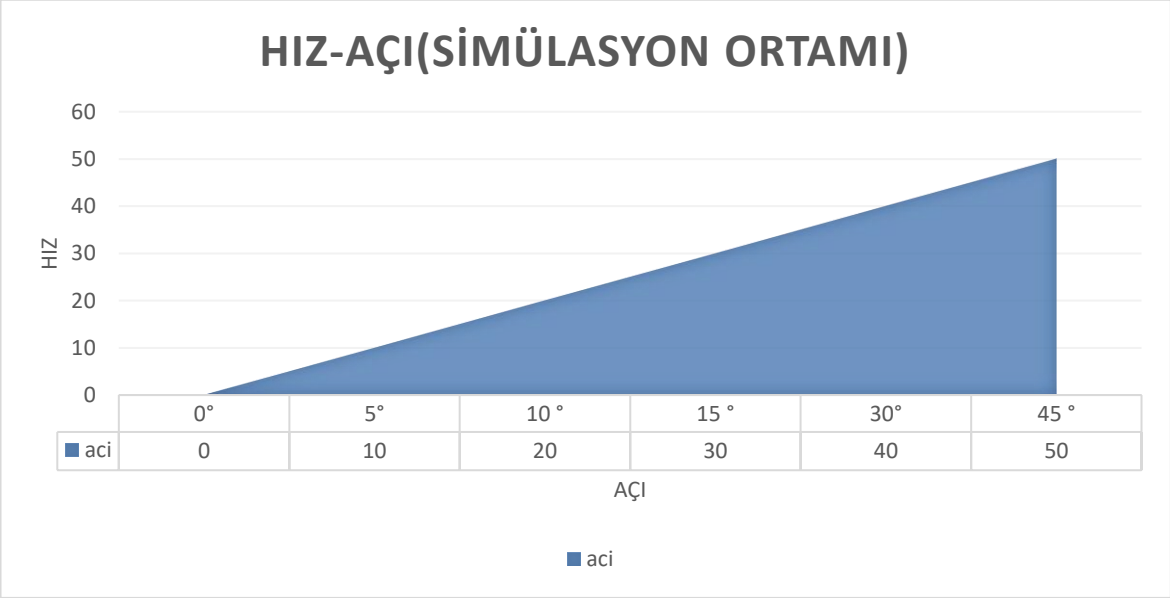
Komşu = 12,48

X – Y ekseni yer değiştirme =(cos 45 * komşu * hipotenüs)/ 2

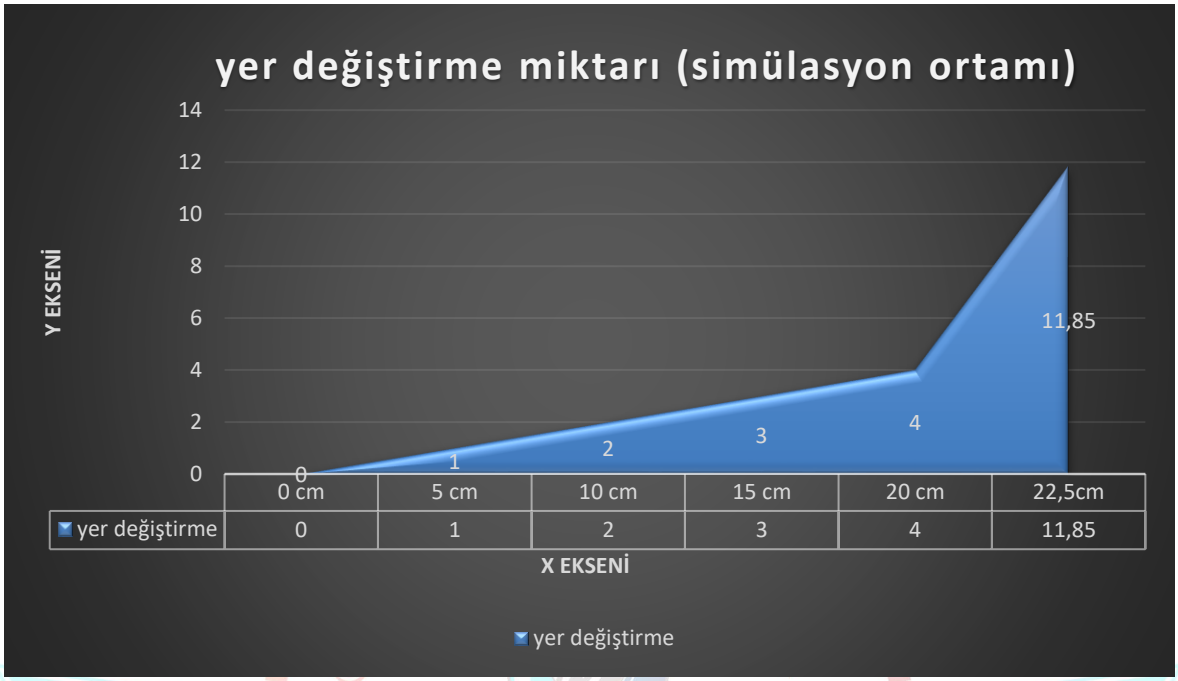
X – Y ekseni yer değiştirme =(0,525 * 12,48 * 22,5)/2 = 78 cm^2 yer değişimi gerçekleşmiştir.

Hız değeri 50 km/h dönme miktarı 45° için:

Simülasyon ortamı için hıza bağlı dönüş açı grafiği;



Simülasyon ortamı için tekerleğin yer değiştirme miktarı;



Hesaplama:

Lastik yarı çapı = hipotenüs = 22,5

Cos 45 =-0,525

Cos= komşu / hipotenüs

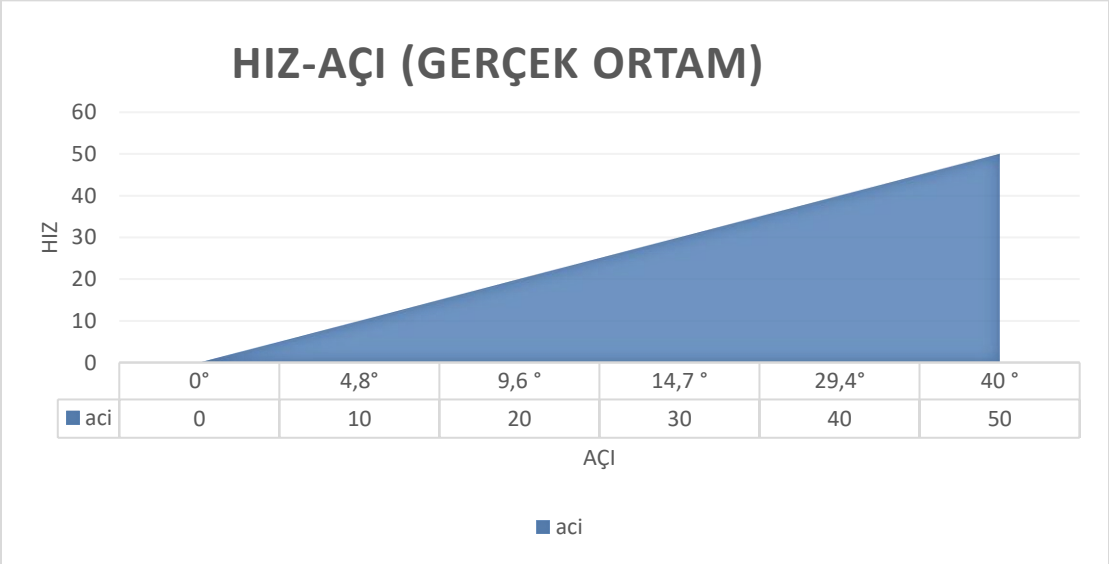
0,525 = komşu / 22,5

Komşu = 11,85

X – Y ekseni yer değiştirme =(cos 45 * komşu * hipotenüs)/ 2

X – Y ekseni yer değiştirme =(0,525 * 11,85 * 22,5)/2 = 70 cm^2 yer değişimi gerçekleşmiştir.

Gerçek ortam için hıza bağlı dönüş açı grafiği;



Gerçek ortam için tekerleğin yer değiştirme miktarı;

<u>Hesaplama:</u>

Lastik yarı çapı = hipotenüs = 22,5

Cos 40 =-0,666

Cos= komşu / hipotenüs

0,666 = komşu / 22,5

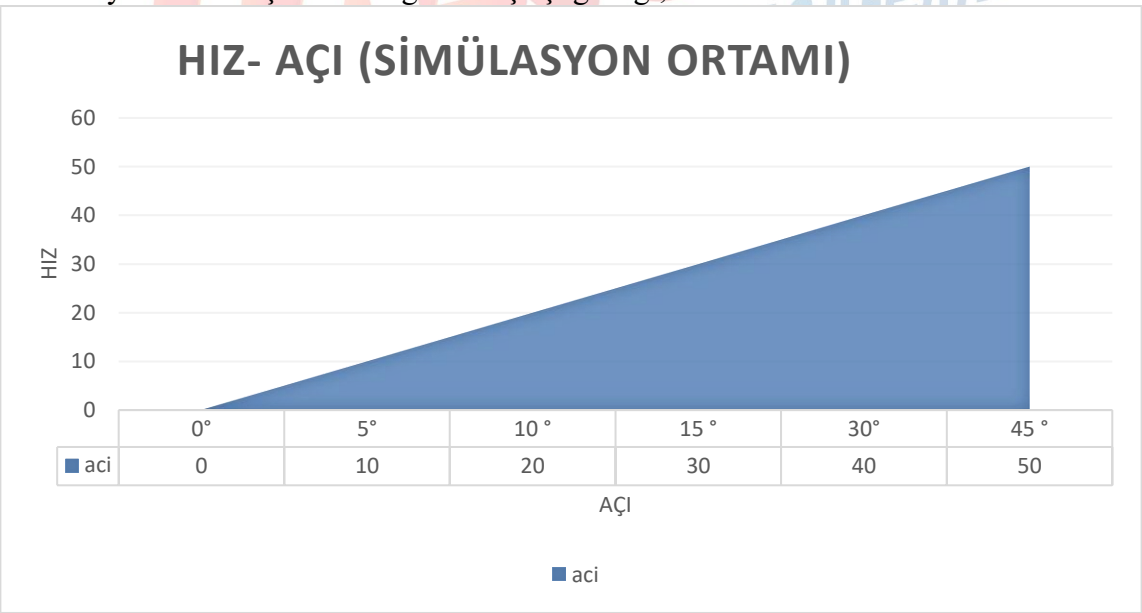
Komşu = 14,98

X – Y ekseni yer değiştirme =(cos 40 * komşu * hipotenüs)/ 2

X – Y ekseni yer değiştirme =(0,666 * 14,98 * 22,5)/2 = 112 cm^2 yer değişimi gerçekleşmiştir.

<u>Hız değeri 50 km/h dönme miktarı -45° için:</u>

Simülasyon ortamı için hıza bağlı dönüş açı grafiği;



Simülasyon ortamı için tekerleğin yer değiştirme miktarı;

Hesaplama:

Lastik yarı çapı = hipotenüs = 22,5 cm

Cos 45 =-0,525

Cos= komşu / hipotenüs

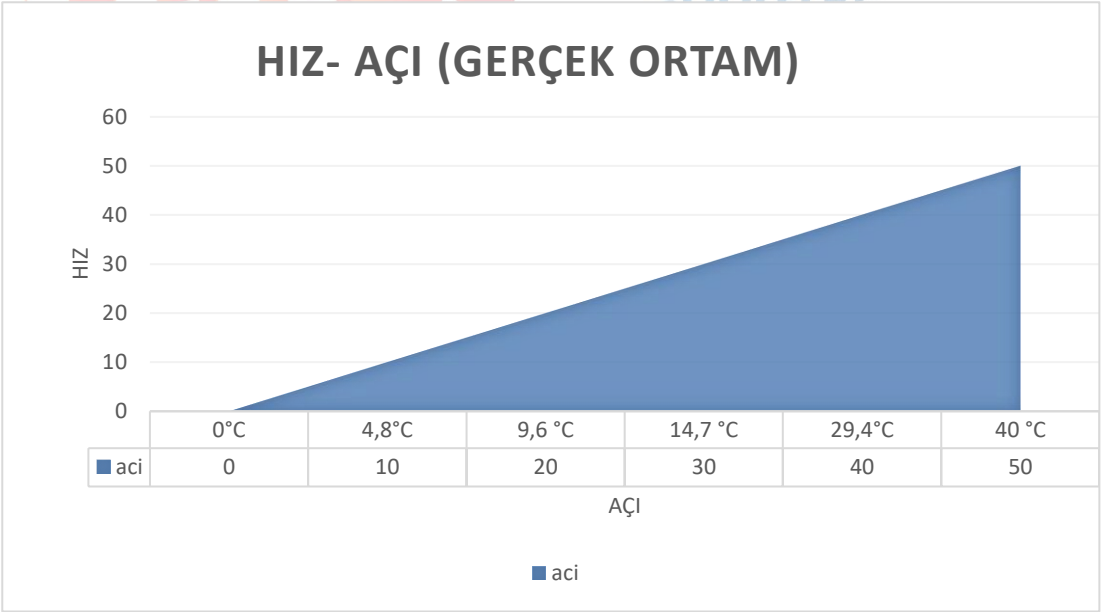
0,525 = komşu / 22,5

Komşu = 11,85

X – Y ekseni yer değiştirme =(cos 45 * komşu * hipotenüs)/ 2

X – Y ekseni yer değiştirme =(0,525 * 11,85 * 22,5)/2 = 70 112 cm^2 yer değişimi gerçekleşmiştir.

Gerçek ortam için hıza bağlı dönüş açı grafiği;



Gerçek ortam için tekerleğin yer değiştirme miktarı;

Hesaplama:

Lastik yarı çapı = hipotenüs = 22,5

Cos 40 =-0,666

Cos= komşu / hipotenüs

0,666 = komşu / 22,5

Komşu = 14,98

X – Y ekseni yer değiştirme =(cos 40 * komşu * hipotenüs)/ 2

X – Y ekseni yer değiştirme =(0,666 * 14,98 * 22,5)/2 = 112 cm^2 yer değişimi Gerçekleşmiştir

Yapılan İşlem Değerlendirmesi:

Araç üzerinde yapılan tüm yönelme testleri aracın yükte olduğu durumlarda yapılmıştır. Bu nedenle aracın daha önce hesaplamalarla ifade edildiği üzere yükte maksimum hız miktarı 50 km/h şeklinde hesaplanmıştır. Aracın yükte olduğu durum gerçek ortamda mekanik sürtünme miktarı arttırmaktadır. Ancak simülasyon ortamında sürtünme ihmal edilmektedir. Daha doğru bir ifadeyle simülasyon ortamında sadece aracın tekerleklerinin parkur alanına tutunmasını dolayısıyla hareketini sağlayan sürtünme miktarı simülasyon ortamında ivmelenme veya frenleme işlemlerini etkilememektedir. Bu nedenle verilen dönme miktarı tüm değerlerde sağ ve sol hareket için verilen değere karşılık gelen dönme açısı doğrudan çıktı olarak alınmıştır. Ancak gerçek ortamda yükte bulunan araç üzerinde verilen değerlerde sürtünmeden kaynaklı olarak değişimler görülmektedir. Ayrıca aracın mekanik aksamları arasındaki kuvvet iletiminde meydana gelen kayıpların bu farkın oluşmasında rol oynadığı gözlemlenmiştir.

Bu değişimler değerlendirildiğinde hız ve dönme açısı verilen değerde dönüşü doğrudan etkilediği gözlemlenmiştir. Hızın 5 km/h olduğu durumlarda dönüş miktarı açısal olarak artırıldıkça hata payı azalmaktadır. Ancak maksimum hız değerinde girilen açı değerlerinde meydana gelen hata payının minimum hız değerindekine göre fazla olduğu gözlemlenmiştir.

Bunun nedeni ise aracın yükte ve maksimum hız nedeniyle yönelme esnasında yüksek hız nedeniyle kayma oluşmasından meydana geldiği gözlemlenmiştir.

7.4. Parkur Testleri

Robotaksi Binek Otonom Araç yarışması için şartnamede belirtilen tüm görevlerin yerine getirilmesi için Yozgat Bozok Üniversitesi kampüs alanı içerisinde Mühendislik-Mimarlık Fakültesi içerisinde tahsis edilen yerde yarışma şartnamesinde verilen örnek parkur göz önünde bulundurularak ekibimiz tarafından bir parkur oluşturulmuştur. Parkur görseli Şekil 70 ve Şekil 71' de verilmiştir. Parkur üzerinde aracımız ile şerit takip ve nesne tespit algoritmasına ait çalışmalar yürütülmektedir. Ayrıca yine parkur üzerinde park çalışmaları da devam etmektedir. Parkur üzerinde yapılan çalışma örneği Şekil 72' de verilmiştir.

Şekil 70. Çalışma Parkurunun Panoramik Görüntüsü

Şekil 71. Çalışma Parkur Görüntüleri

Aracımız üzerinde nesne tespit ve şerit takip algoritmalarına ait yazılımların test işlemler için çalışmalar yapılmaktadır. Bu aşamada yazılımsal anlamda eksikler belirlenerek giderilmektedir. Çalışma anına ait görsel Şekil 72' de verilmiştir.

Şekil 72. Parkur Alanında Yapılan Çalışma Örneği

TEKNOFEST
HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

8.Referanslar

[1] Kelly Kbs-E Brushless Motor Controller User's Manual

[2] Step Motor. (N.D.). Retrieved May 28, 2022, From https://Www.Sahinrulman.Com/Step-Motor-Nema-34-85nm

[3] Dm860h 7.2a Step Motor Sürücü. (N.D.). Retrieved May 28, 2022, From Https://Www.Motorobit.Com/Urun/Dm860h-7-2a-Step-Motor-Surucu-1

[4] B. Tibor, V. Fedák and F. Durovský, "Modeling and simulation of the BLDC motor in MATLAB GUI," 2011 IEEE International Symposium on Industrial Electronics, Gdansk, Poland, 2011, pp. 1403-1407, doi: 10.1109/ISIE.2011.5984365.

[5] http://docs.ros.org/en/noetic/api/sensor_msgs/html/msg/LaserScan.html, 01.05.2022

[6] SLAMTEC, https://www.slamtec.com/en/Lidar/Mapper, 05.05.2022

[7] SLAMTECH, https://www.slamtec.com/en/Support, 15.05.2022

[8] STEREOLABS, https://www.stereolabs.com/zed-2, 10.05/2022

[9] How to Use OpenCV with ZED in Python | Stereolabs https://www.stereolabs.com/docs/opencv/python/ Accessed: 2022-02-21

[10] HC 06 Bluetooth module pinout, features & datasheet. (n.d.). Retrieved May 28, 2022, from https://components101.com/wireless/hc-06-bluetooth-module-pinout-datasheet.

[11] K. He, G. Gkioxari, P. Dollár and R. Girshick, "Mask R-CNN," 2017 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), 2017, pp. 2980-2988, doi: 10.1109/ICCV.2017.322.

[12] A. Nur Ömeroğlu, N. Kumbasar, E. Argun Oral and I. Y. Ozbek, "Mask R-CNN Algoritması ile Hangar Tespiti Hangar Detection with Mask R-CNN Algorithm," 2019 27th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/SIU.2019.8806552.

[13] REN, Shaoqing, et al. Faster r-cnn: Towards real-time object detection with region proposal networks. Advances in neural information processing systems, 2015, 28.

[14] RESUL, D. A. Ş.; POLAT, Berna; TUNA, Gürkan. Derin öğrenme ile resim ve videolarda nesnelerin tanınması ve takibi. Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2019, 31.2: 571-581.

[15] SARALIOĞLU, Ekrem; GÜNGÖR, Oğuz. Yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden daha hızlı bölge tabanlı derin öğrenme modeli ile bina tespiti. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 12.2: 550-563.

[16] Bochkovskiy A., Wang C., Liao M. H., "YOLOV4:Optimal Speed and Accurary of Detection", 2020 April 23