

TEKNOFEST
HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ
SANAYİDE DİJİTAL TEKNOLOJİLER YARIŞMASI

PROJE DETAY RAPORU



BAŞVURU ID

423528

İÇİNDEKİLER

- 1. ÖZET**
- 2. TAKIM ŞEMASI**
 - 2.1.TAKIM ORGANİZASYONU**
 - 2.2.TAKIM TANITIMI**
- 3. PROJE MEVCUT DURUM DEĞERLENDİRMESİ**
- 4. ARAÇ TASARIMI**
 - 4.1.SİSTEM TASARIMI**
 - 4.2.ARACIN MEKANİK TASARIMI**
 - 4.2.1. ARACIN MEKANİK TASARIM SÜRECİ**
 - 4.2.1.1.KALDIRMA SİSTEMİ**
 - 4.2.1.2.TAHİRİK SİSTEMİ**
 - 4.2.1.3.YÖN KONTROL**
 - 4.2.1.4.BAĞLANTILAR**
 - 4.2.2. MONTAJ**
 - 4.2.3. MALZEMELER**
 - 4.2.4. ÜRETİM YÖNTEMLERİ**
 - 4.2.5. FİZİKSEL ÖZELLİKLER**
 - 4.3.ELEKTRONİK TASARIM, ALGORİTMA VE YAZILIM TASARIMI**
 - 4.3.1. ELEKTRONİK TASARIM SÜRECİ**
 - 4.3.1.1.GÜC DAĞITIM KARTI**
 - 4.3.1.2.BOOSTER DEVRESİ**
 - 4.3.1.3.MOTOR DEVRESİ**
 - 4.3.1.4.KAYNAK**

4.3.1.5.KABLAJ

4.3.1.6.GÖREV KONTROL KARTI VE KONTROLÇÜ

4.3.1.6.1. NVIDIA JETSON NANO GELİŞTİRME KARTI

4.3.1.6.2. ARDUNIO MEGA 2560 R3

4.3.1.7.SENSÖRLER, KAMERA VE HABERLEŞME DONANIMLARI

4.3.1.7.1. LIDAR SENSÖR

4.3.1.7.2. IMU SENSÖR

4.3.1.7.3. RASPBERRY PI KAMERA

4.3.1.7.4. ESP8266 WIFI MODÜLÜ

4.3.1.7.5. QTR8A SENSÖR

4.3.1.7.6. Xbee HABERLEŞME MODÜLÜ

4.3.2. ALGORİTMA TASARIM SÜRECİ

4.3.2.1.ŞERİT İZLEME ALGORİTMASI

4.3.2.2.ENGELDEN KAÇMA ALGORİTMASI

4.3.2.3.KONUMLANDIRMA VE HARİTALANDIRMA ALGORİTMASI

4.3.2.4.YÜK ALMA-BIRAKMA ALGORİTMASI

4.3.2.5.SÜRÜŞ KONTROL ALGORİTMASI

4.3.3. YAZILIM TASARIM SÜRECİ

4.3.3.1.ŞERİT TAKİBİ YAZILIM SÜRECİ

4.3.3.2.ENGELDEN KAÇMA YAZILIM SÜRECİ

4.3.3.3.YER İSTASYONU YAZILIM SÜRECİ

4.3.3.4.HARİTALAMA YAZILIM SÜRECİ

4.3.4. SİMÜLASYON ÇALIŞMALARI

4.3.4.1.GAZEBO

4.3.4.2.ROS

4.4.DIŞ ARAYÜZLER

4.4.1. HABERLEŞME

4.4.2. KONTOL PANELİ

5. GÜVENLİK

6. TEST

7. TECRÜBE

8. ZAMAN-BÜTÇE RİSK PLANLAMASI

8.1.ZAMAN PLANLAMASI

8.2.BÜTÇE PLANLAMASI

8.3.RİSK PLANLAMASI

9. ÖZGÜNLÜK

10. YERLİLİK

11. KAYNAKÇA



1. Özет

Endüstri 4.0 sonrası sanayi-teknoloji bütünleşmesi ülkelerin rekabet üstünlüklerini belirleyici bir özellik göstermektedir. Bu özellik gereği sanayi sektörü değişime uğramaktadır. Sanayinin dönüşümünde minimum maliyet, hız, senkronizasyon, veri analizi, otonomi ve mobilite ön plana çıkmaktadır. Sanayide çalışma ortamı içerisinde bir yükün istenilen noktaya transferi görevinde bu isterleri karşılayabilmek amacıyla otomatik güdümlü robotlar karşımıza çıkmaktadır. Bu önemli dönüşümde milli teknoloji hamlesi kapsamında “Sanayide Dijital Teknolojiler Yarışması” düzenlenmektedir. Rapor kapsamında Kou Rover Team olarak yarışmanın ileri seviye kategorisinde yapılan çalışmalar aktarılmaktadır.

Takım mekanik, elektronik ve yazılım olmak üzere 3 ayrı koldan ilerlemektedir. Mobil robotlar üzerine yapılan araştırmalar daha çok harita çıkarma, yörunge takibi, hız ve tork kontrolü, engele çarpmadan hareketini gerçekleştirmeye, optimum yörunge ile hedefe ulaşma, hedef takibi gibi uygulamalar üzerinde yoğunlaşmaktadır.[1] Takım tarafından yarışma isterleri doğrultusunda sanayi ortamında yaklaşık 50 kg ağırlıkta bir yükün belirlenen farklı bir noktaya otonom olarak transferini sağlayabilen bir araç tasarlanmıştır. Doğal navigasyon, yük taşıma, bölgenin haritalandırılması ve yer istasyonu ile haberleşebilme özelliklerine sahip olacak şekilde geliştirilmektedir. Ön tasarım değerlendirme sonuçları sonrası çeşitli değişiklikler ve iyileştirmeler sebepleri ile açıklanmıştır.

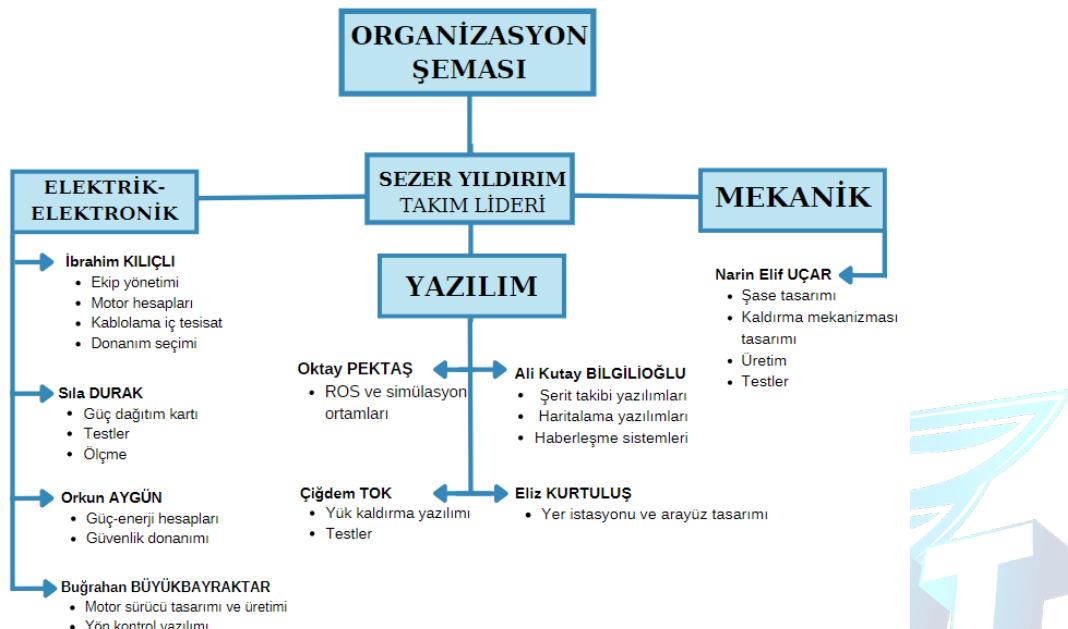
Detaylı tasarım raporunda yer alan içerikler yapılan tasarımların hayatı geçmesi süreciyle paralel ilerlemesi sebebiyle ön tasarımın raporunun ayrıntılı açıklanmasını içermektedir. Aynı zamanda ilerleyen süreçte karşılaşılan problemler ve çözümleri, çeşitli geliştirmeler ve revizyonların açıklanmasından oluşmaktadır. Görev ve maliyet analizi doğrultusunda mekanik tasarımda malzeme değişikliği yapılmıştır, tasarımın üretime hazır hali detay çalışmaları ile netleştirilmiş ve şase tasarımının üretimine başlanmıştır. Üretim sürecine ait görseller mekanik başlığı altında gösterilmektedir. Yük mekanizması özgünlüğü korunarak yenilenmiş ve detaylı olarak anlatılmıştır. Elektronik çalışmalara dair test ve üretim aşamaları yaşanan problemler ve çözümleri ile ilgili başlık altında açıklanmıştır. Yazılım çalışmaları daha öncesinde üretimi tamamlanmış bir robot üzerinde şerit takibi ve engelden kaçınma üzerine geliştirilen algoritmaların testleri gerçekleştirilmiş, simülasyonda da üretim sürecinde olan AGV robotumuzun modellemesi yapılp Gazebo simülasyon ortamında haritalama ve verileri kontrol paneline gönderme ile ilgili çalışmalar yapılmıştır.

Gerçek ortamda yapılan çalışmalar daha önce üretilmiş olan bir aracın yenilenmesi ile ön tasarım doğrultusunda belirtilen algoritmaların gerçekleştirilmesi üzerine ilerlemektedir. Bu çalışmalar yazılım başlığı altında detaylı olarak açıklanmış ve ilgili bağlantılar eklenerek doğrulanması sağlanmıştır.

Yapılan çalışmalar üzerine çeşitli analizler yapılarak üretim öncesi kontroller yapılmıştır ve iş-akış çizelgesi yeniden düzenlenmiştir. Malzeme listesi envanterde bulunanlar, sponsorluk

vasıtasyyla alımı yapılan ve teslim edilmesi bekleyenler olarak detaylı halde belirtilmiştir. Araştırmalar projenin her sürecinde devam etmekte ve sürekli olarak aracın gelişmesi sağlanmaktadır. Süreç içerisinde yapılan çalışmalar üretme uygunluğunun yanında öğrenmeye, yaratıcılığa ve yerliliğe önem verilerek ilerlemiştir. Ulaşılan malzemeler doğrultusunda aracın üretim aşaması ilerlemektedir. Takım olarak hedefimiz bu endüstriyel dönüşümde milli teknoloji hamlesine gerçek anlamda bir katkı yapabilmektir.

2. TAKIM ŞEMASI



AD-SOYAD: Çiğdem TOK- Yazılım Ekibi Üyesi	BÖLÜM: Bilgisayar Mühendisliği
C ve Java programlama dillerinde çeşitli projeler geliştirdim. Özellikle hackathon ve workshoplarda Python çalışmalarında bulundum. Okulumuzda kurulan Kou Rover Team' in yazılım ekibinde görev alıyorum. Yeni şeyler öğrenip ortaya bir proje çıkarmanın bana büyük bir tecrübe katacağına inanıyorum.	
AD-SOYAD: S. Buğrahan BÜYÜKBAYRAKTAR- Elektrik-Elektronik Ekibi Üyesi	BÖLÜM: Elektrik Mühendisliği
Güç elektroniki ve Otomasyon konularında çalıştım. IEEE topluluğu üyesiyim. Daha önce çeşitli projelerde motor sürücü tasarımda çalıştım. Bitirme çalışmamda yenilenebilir enerji üzerine çalışıyorum. Takımımızda özellikle motor sürücü ve devre kartı tasarımlarında görev alıyorum.	
AD-SOYAD: Eliz KURTULUŞ- Yazılım Ekibi Üyesi	BÖLÜM: Bilgisayar Mühendisliği
C, Java ve Python başta olmak üzere bildiğim programlama dilleri üzerinde çalışıyor ve projeler geliştirdiyorum. Bunun yanında çeşitli yazılım projelerinde güncel teknoloji entegrasyonları yaptım. Kou Rover Team'de yazılım ekibinde görev almaktayım. Otonom sistemlere ilgi duyuyorum ve bu alanda ülkemizin teknolojik olarak gelişmesine katkıda bulunacak çalışmalar yapmak istiyorum.	
AD-SOYAD: Sila DURAK- Elektrik-Elektronik Ekibi Üyesi	BÖLÜM: Elektrik Mühendisliği
Aktif olarak elektrikli araç projesinde Batarya Yönetim Sistemleri biriminde bulunmaktayım. Burada LTC6804-1 entegresinin; detaylı olarak araştırma, şematik tasarımını ve PCB tasarımını aşamalarında bulundum. Kou Rover Team' de ise güç dağıtım kartı bölümünde çalışmaktadır. Bu bölümde sistemin güç dağıtım sisteminin tasarımını ve aracın güvenlik önlemleri konularında çalışmaktadır. Devre tasarımlarının PCB çizim aşamalarında rol aldım.	
AD-SOYAD: Orkun AYGÜN- Elektrik-Elektronik Ekibi Üyesi	BÖLÜM: Elektrik Mühendisliği
3 yıldır okulumuzdaki IEEE topluluğunda aktif rol aldım. Elektrikli araç projesinde BMS takımında bulunup kısa devre koruma devresi, charge-discharge vb. devrelerinde hem şematik hem PCB aşamalarında bulundum. Takımımızda araç enerji çözümleri, motor seçimi ve PCB çizimlerinde rol aldım.	

3. PROJE MEVCUT DURUM DEĞERLENDİRMESİ

Ön tasarım raporu değerlendirme sonuçları takim tarafından incelenerek geliştirmeler yapılmasına karar verilmiştir. Güvenlik amacıyla araç çevresine çarpma durumlarında hasarı azaltmak amacıyla tampon tasarlanması düşünülmüştür. Elektronik komponentlerin aşırı ısınmalar, kısa devre durumları ve olası kazaların önüne geçebilmesi amacı ile kutulanmasına ve izole edilmesine karar verilmiştir. Yer istasyonu aracın acil durumlar için uzaktan kontrol edilebilmesini sağlayan bir acil durum butonu içermektedir. Batarya verileri, araç içi sıcaklık ve engel gibi güvenliği tehlkiye sokabilecek durumlar için yer istasyonu ve araç üzerinde belirteçler eklenmiş ve acil durum koruma modları tasarlanmıştır.

Üretim aşaması öncesi tasarımlar tekrar incelendiğinde ön tasarım raporuna göre mekanik tasarımda araç şasesinde malzeme değişikliği yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda önceki tasarımda belirtilen alüminyum iskelet yerine çelik kutu profil iskelet tercih edilmesi maliyette avantaj sağlarken araca kattığı ek ağırlık tolere edilebilmektedir. Aracın Solidworks tasarıımı üretime hazır hale getirilerek detayları ile tamamlanmıştır. Bütçe doğrultusunda araç şasesi üretime başlanmıştır. Kaldırma mekanizmasında ön tasarım raporunda belirtildiği gibi öğretici ve özgün bir çalışma hedeflediğinden 4 bölgeli kaldırma sistemi üzerinde devam edilmiştir. Tasarım üzerine hesaplamalar yapıldığında bir geliştirme yapılarak vidalı mil sistemi yerine kayış-kasnak mekanizması tasarlanmış ve bu mekanizmanın üretime hazır hali tutarlı hesaplamalar ile tamamlanmıştır.

Elektronik çalışmalar doğrultusunda ön tasarım raporunda belirtilen özgün devre kartlarının testleri yapılmış ve üretimi tamamlanmıştır. Üretim süreci üniversitenin ilgili laboratuvar ortamında gerçekleştirılmıştır ve laboratuvar imkanları doğrultusunda üretim süreci detaylı incelemeler ile açıklanmıştır.

Ön tasarım raporunda belirtilen algoritmaların yazılım çalışmalarının gerçek hayatı uyarlanabilmesi amacıyla bir rover revize edilmiş, çizgi izleme ve rfid ve pid çalışmaları yapılmıştır. Şartname kapsamında belirtilen özelliklere sahip yer istasyonu taslak olarak tamamlanmış olup geliştirilmeye devam etmektedir. Robotik işletim sistemi kullanılarak yapılan tasarımın simülasyon ortamında kurgusu tamamlanmış ve yarışma ortamına uygun ortam hazırlanarak benzetimi gerçekleştirilmiştir. İmkânlar doğrultusunda robotik işletim sistemi kullanılarak haritalama üzerine çalışmalar yapılmakta ve tasarlanan yer istasyonu ile iletişimi sağlanmaktadır.

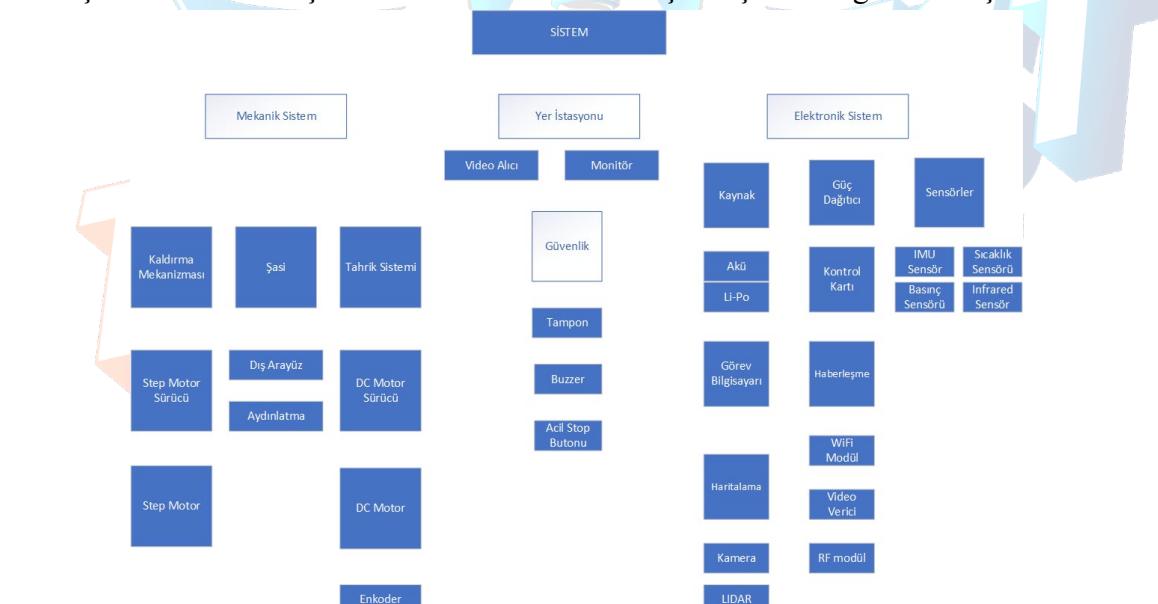
Takımın sponsorluk çalışmaları sonrası ilk etapta 2350 TL'lik bir alım gerçekleştirilmiş ve üretim aşamaları bu bütçe sınırında yapılmıştır. Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Kılavuz Gençlik Projesi'nin teknoloji takımlarına verdiği destek kapsamında 12.500 TL'lik destek üzerine anlaşılmış sonrasında Kocaeli Uluslararası Gençlik Merkezi ile de LIDAR ve mekanik malzemeler üzerine anlaşılmış ve tüm malzeme listeleri detaylı olarak eklenmiştir.

Gençlik ve Spor Bakanlığına bağlı Gençlik Merkezi ve belediyenin tahsis ettiği teknoloji atölyeleri aynı zamanda da Kocaeli Üniversitesi Elektrik Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında çalışmalara devam edilmektedir.

4. ARAÇ TASARIMI

4.1 SİSTEM TASARIMI

Sekil 4.1.1'de araç nihai sistem tasarımı blok şema şeklinde gösterilmiştir.



Sekil 4.1.1. Arac genel sistem mimarisı

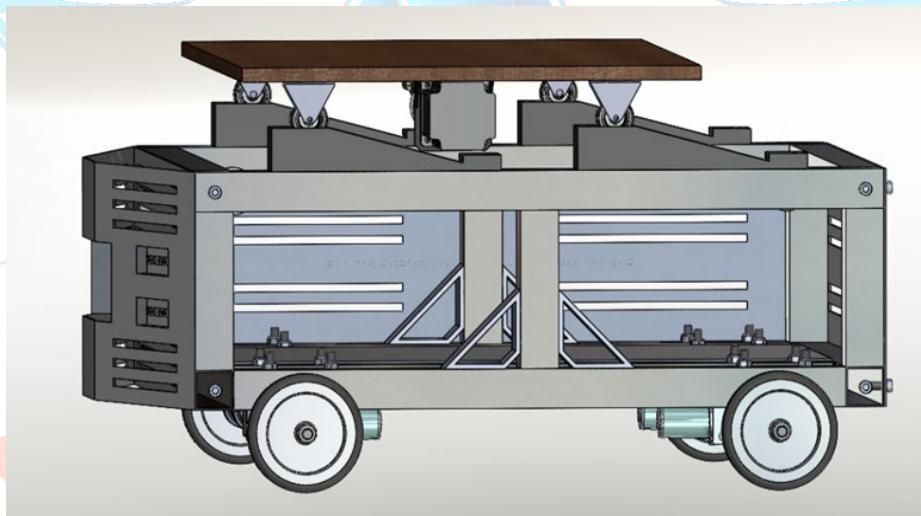
4.2 Aracın Mekanik Tasarımı

4.2.1. Mekanik Tasarım Süreci

Aracın mekanik tasarımını öncesi literatür taraması kapsamında sektörde kullanılan, amatör olarak tasarlanan mobil yük robotları incelendi. Endüstriyel amaçlı otonom mobil

robotlar her türlü sanayi tesislerinde ve lojistik amaçlı birçok sektörde kullanım alanına sahiptir. Mobil robotlar, bir yerden başka bir yere operatörlerin yardımı olmadan hareket edebilen robotlardır [2]. Yarışma şartnamesi incelenerek isterler anlaşıldı. İsterlerin yerine getirebilmesi amacıyla mekanik tasarım süreci öncesi 3 ekibin bir araya gelmesi ile beyin firtınası yapılarak uygun mekanik tasarım taslak olarak şekillenmiştir. Modüler sınıflandırmada dikkate alınan, sadece robotun mekanik mimarisyle ilgilenen ana özellikler aşağıda listelenmiştir: çekiş tipi (iki veya dört sürüsü hareket ünitesi ile), çekiş motorlarının sayısı, şanzıman tipi, direksiyon modu, çerçeveyapısı (eklemlerine özel referans ile) ve süspansyonların varlığıdır [3]. Aracın yön kontrolü tasarlanan 2 motor sürücüye bağlı 4 teker tarafından yöne göre belirlenen devir kontrolü ile sağlanır. Yapılan değişiklikler sonrası aracın son boyutları belirlenmiş, malzeme seçimleri yapılmıştır. Aracın genel merkezini çelik profiller ile oluşturulmuş şasi ve iskelet oluşturmaktadır. Araç çevresi sac levha ile şekillendirilmiştir. Ray sistemi ve araç içi bölümlendirme 3D yazıcı parçaları ile tasarlanmıştır. Araç yük kaldırma platformunda hafiflik, pratiklik ve maliyet özellikleri dikkate alınarak sunta seçilmiştir.

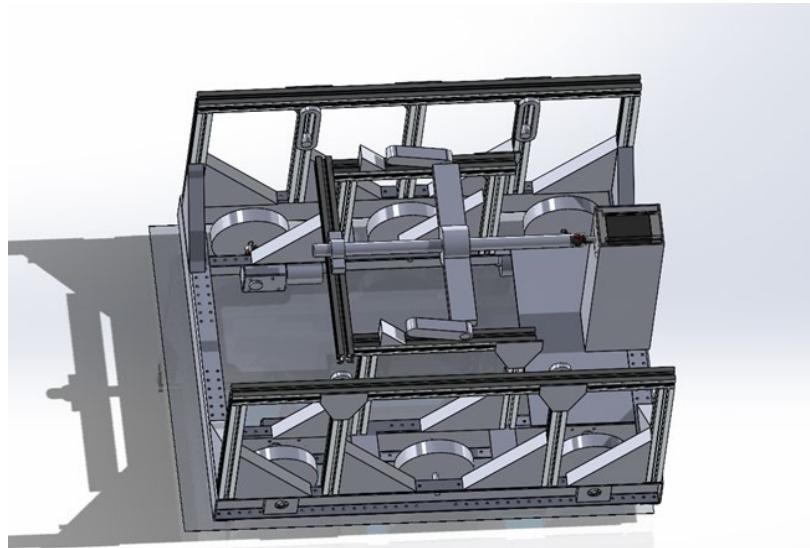
Yük amaçlı robotlar, yük taşıma amaçlı kullanılan çekici ve forkliftlerde olduğu gibi kaldırma ve taşıma şekillerine göre tasarımları değişiklik göstermektedir. Şasi ve iskelet sistemi ön tasarım sürecinde sigma profil ile tasarlanarak seri montaj özelliği, dayanıklılık, işlerlik ve tasarım estetiği hedeflenmiştir. Ön tasarım sonrası risk planlaması ve maliyet analizleri sonucunda sigma profil yerine çelik profil kullanılmasına karar verilmiştir. Çelik profillerin mukavemet, maliyet, üretim imkanları nedeniyle tercih edilmiştir. Seçim sonrası eklenen ağırlık motorlar tarafından tolere edilebilir seviyelerdir.



Şekil 4.2.1 Araçta Kullanılan Kutu Profiller

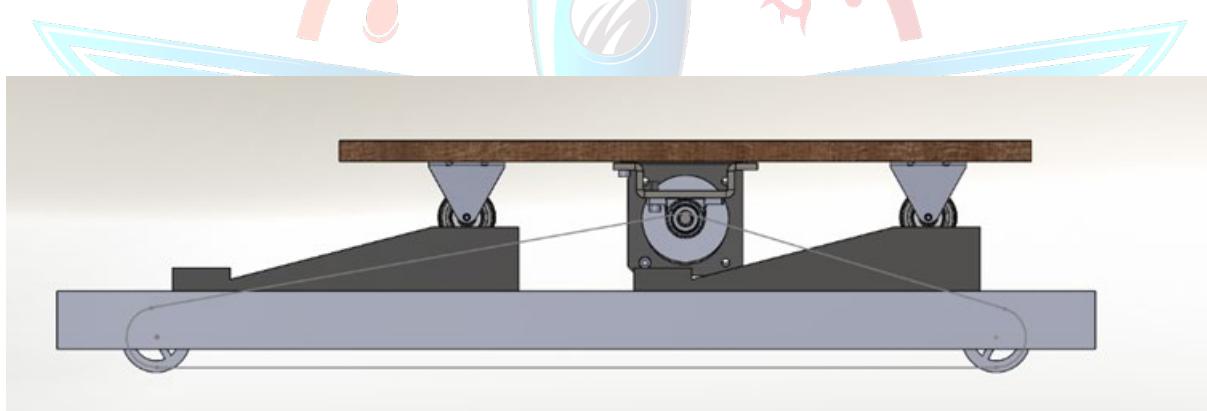
4.2.1.1. Kaldırma Sistemi

Araç kaldırma sistemi tasarımında 4 noktadan kaldırma sistemi uygulamasının tek motorla yapılması hedeflenmektedir. Belirlenen amaç doğrultusunda ön tasarım öncesi yapılan trapez mile bağlı 4 linkten oluşan sistem şekil 4.2.2'deki tasarımında görülmektedir. Tasarım üzerine yapılan hesaplamalarda link sisteminin verimsiz çalışacağı ve malzeme deformasyonlarının olusacağı düşünülmüştür. [3]



Şekil 4.2.2 Trapez Mille Yapılan Kaldırma Sistemi

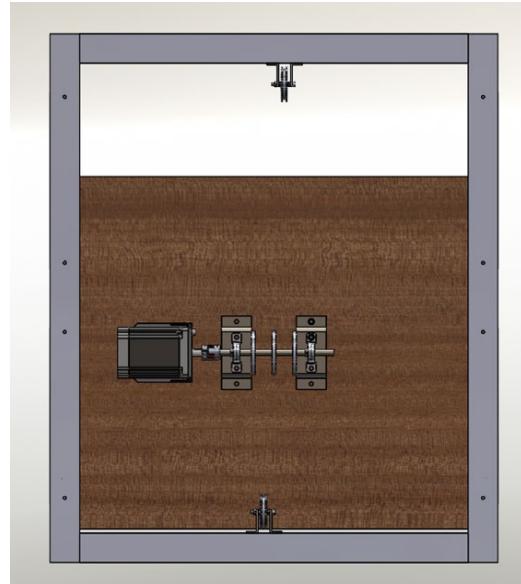
Tasarımın temel hedefine bağlı kalınarak üzerine düşünülmüş ve şekil 4.2.3 de görülen motora bağlı makara-çelik halat sistemi ile 4 noktada bulunan raylı sistem oluşturulmuştur.



Şekil 4.2.3 Makara ve Çelik Halat Kullanılarak Yapılan Yeni Tasarım

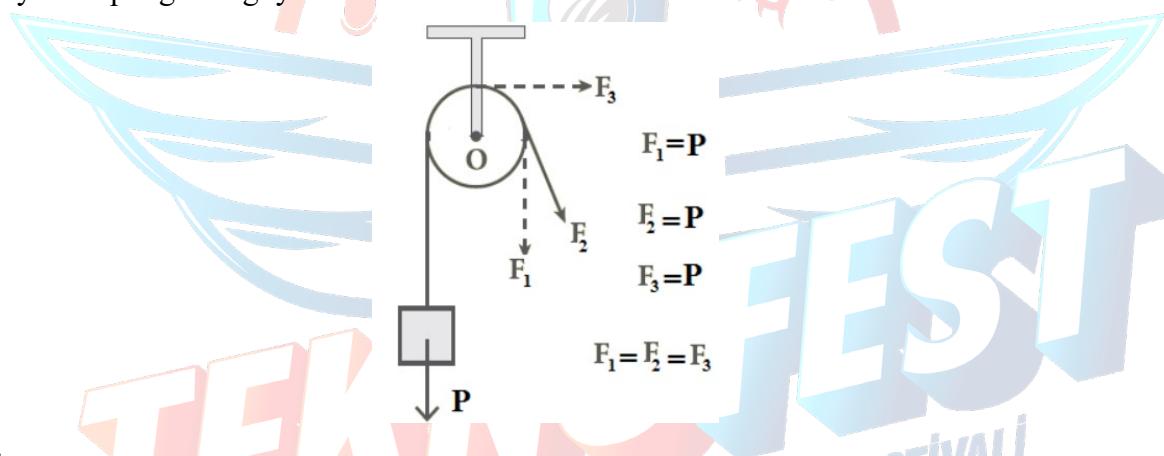
Kaldırma sistemi tork ihtiyacı step motor tarafından karşılanmaktadır. Step motor, elektrik enerjisini dönme hareketi sayesinde fiziksel enerjiye dönüştüren elektromekanik cihazlardır. Adım adım hareket eden bu motorların yapıları ise rotor, rulman ve statordan meydana gelmektedir [4]. Girişlerine uygulanan puls sinyallerine karşı çok hassas analog dönme hareketi gerçekleştirmeleri step motorları diğer motorlardan ayıran en önemli özelliktir. Kaldırma sisteminde oluşan düşük devirde yüksek tork, çok hassas pozisyon ve hız kontrolü sağlar.

Endüstriyel projelerde en çok tercih edilen step motor Nema 34'tür. Sürücüsünün kolay temin edilebilmesi ve maksimum 140 kg'ye kadar itki gücü verebildiğinden kaldırma sistemimizde Nema 34 step motoru kullanılmasına karar verilmiştir.



Şekil 4.2.4 Kaldırma Sistemi Altan Görünüm

Kaldırma sisteminde mile bağlı yataklanmış motor, makaralar ve çelik halat kullanılmıştır. Sistemin çalışma şekli, step motor dönme hareketi ile zıt yönde ip gerilmesi ve rampa yuvası boyunca ipin gerildiği yönde tekerlerin ilerlemesidir.

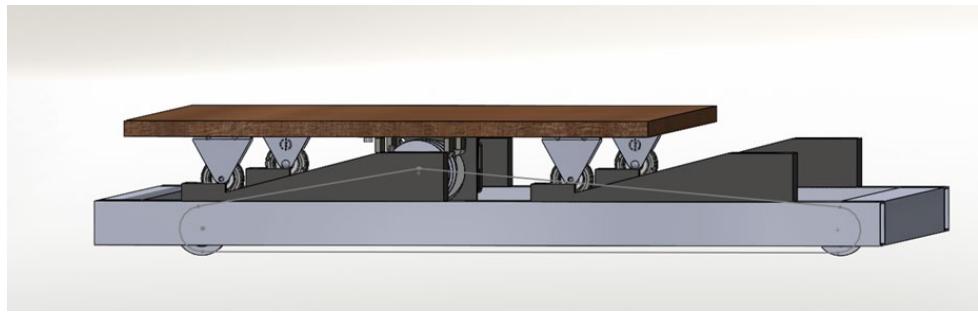


Önceki sistemin verimsiz ve deformasyon yaratması gibi problemlerinin çözümü sabit makaralı sistem ile çözülmüştür. Sabit makaralar iş kolaylığı sağladığından birçok yük kaldırma sisteminde kullanılır. Yük sisteminde kullanılan sabit makaralı sistem dolayısıyla yük ve kuvvet eşitlenerek kuvvetten kazanç ya da kayıp oluşmaz. Bu durumda;

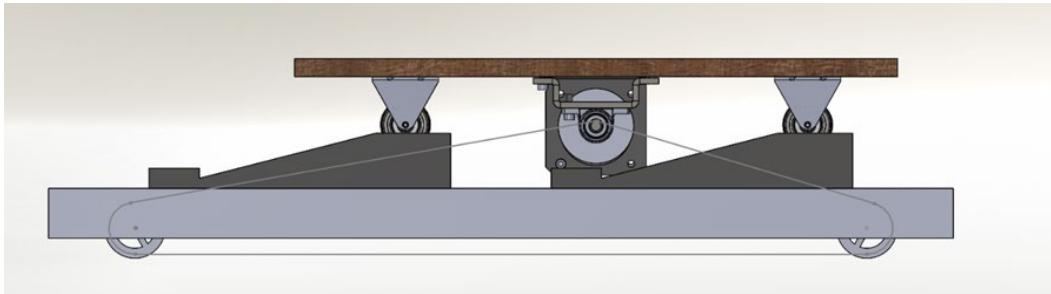
$$P = F$$



Şekil 4.2.5 Nema 34 Step Motor



Şekil 4.2.6 Sistemin Yük Alma Pozisyonu



Şekil 4.2.7 Sistemin Yük Taşıma Pozisyonu

4.2.1.2 Tahrik sistemi

Araçta tahrif sisteminin karşılanması amacıyla 4 adet motor seçilmiştir. Temel olarak elektrik motorları, alternatif akımla çalışan elektrik motorları ve doğru akımla çalışan elektrik motorları olarak ikiye ayrılmaktadır. Devreyi besleme şeklimize ve redüksiyon edilebilme özelliklerine bakıldığından otonom aracımızda dc motor kullanmaya karar verilmiştir. Dc motorlarda kendi arasında ikiye ayrılmaktadır. Fırçalı dc en temel motor tipidir. Fırçalı dc motorda dc motorların rotorlarındaki manyetik alan, elektrik akımının etkisi ile meydana gelir [5]. Avantajları kolay bir şekilde sürülebilmeleri ve redüktör ile kullanılabilmesidir. Dezavantaj ise fırça ya da kömür ismi verilen aşınan parçaların periyodik olarak değiştirilmesi gerekliliğidir. Fırçasız dc motorların fırça gibi aşınan parçaları olmadığından periyodik bakım gerekmese de fırçasız dc motoru sürebilmek için esc (electronic speed control) adı verilen özel bir sürücüye ihtiyaç duyulmaktadır. Maliyeti, motor sürüşünün kolay olması ve redükte edilebildiği için fırçalı dc motor kullanımına karar verilmiştir.

Araçların yürürek aksamında kullanılan motorun yanlış seçilmesi, taşınması hedeflenen yüklerin taşınamamasına ya da gereğinden yüksek değerli motor seçiminden dolayı enerjide gereksiz sarfyatın oluşmasına neden olmaktadır. Bu sebepten literatür taramasına önem verilerek gerekli denklemler elde edilmiştir.

$$1) \quad v = 2\pi \times r \times \frac{rpm}{60}$$

$$2) \quad m \times a = \frac{\tau}{r}$$

$$3) \quad P = \tau \times rpm \times \frac{2\pi}{60}$$

Denklem 4.2.8 Araç tahrif sistemi hesaplaması

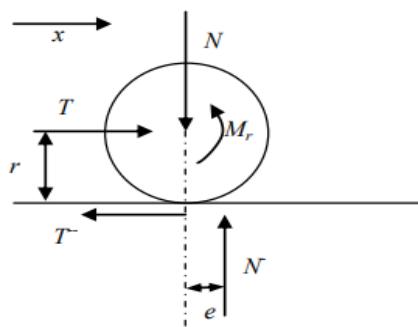
İlk denklemde hız ve yarıçap değerleri ($v=0.5\text{m/s}$ $r=0.075\text{m}$) yerine konulup otonom araç için gerekli olan rpm değeri yaklaşık olarak 64rpm bulunmuştur. Daha sonra $F=m*a$ ve $T=F*r$ formüllerinden 2. denklem eşitliği elde edilmiştir. Elde edilen denklemde uygun değerler ($m=150\text{kg}$, $a=0.6\text{m/s}^2$, $r=0.075\text{m}$) yerine konulduğunda $T=6.75\text{ N.m}$ bulunmuştur. Son olarak bulunan değerler 3. denklemde kullanılıp $P=46\text{W}$ belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlar neticesinde nominal torku minimum 1.7 N.m 'ye sahip 60 rpm değerinde 4 adet redüktörlü motor kullanımında karar kılınmıştır. Bu çalışmada, gerçekleştirilmesi hedeflenen benzer tasarımlar için kritik bir konu olan taşınacak yükün etkisinin tasarımındaki önemi için bir farkındalık oluşturması hedeflenmiştir [6]. Bu aralıkta değerlerde bir motor olmadığı için hesaplanan sonuçlara yakın olan dört adet motor seçimi yapılmıştır.

Motor Dönüş Hızı	60 rpm (24V)
Motor Gücü	30W
Nominal Yük Torku	27 kg/cm
Durdurma Torku	115 kg/cm
Boşta Çektiği Akım	1 Amper
Zorlanmada Çektiği Akım	7 Amper
Toplam Ağırlık	975 Gram
Toplam Uzunluk	152 mm
Mil Çapı	10 mm (D mil)
Mil Uzunluğu	15 mm

Tablo 4.2.9 Araç motor özellikleri

Tekerlekli mobil robot tasarımlarında dengeden ziyade; çekiş ve stabilité, manevra kabiliyeti ve kontrol problemine odaklanması gerekmektedir. Mobil robot tekerlekleri istenen bölgenin tümünü kapsayacak biçimde yeterli çekiş ve stabilité sağlama aracı için en önemli unsurlardır.[7] Hız kontrol uygulamasının prototip araç üzerindeki testleri sırasında teker sürtünme parametresinin üzerinde çeşitli hesaplamalar yapılması gerektiği anlaşılmıştır.[8] Bu doğrultuda;



Şekil 4.2.10 Teker sürtünme hesapları

$$F_{\text{statik}} \leq \text{sürtünmekatsayı}(n_{\text{ü}} \times N)$$

Bu durum, statik sürtünmeyi temsil eder. Eğer statik sürtünme kuvveti sistemi dengeleyemezse, tekerlek kayar ve sürtünme kuvveti aşağıdaki gibi olur:

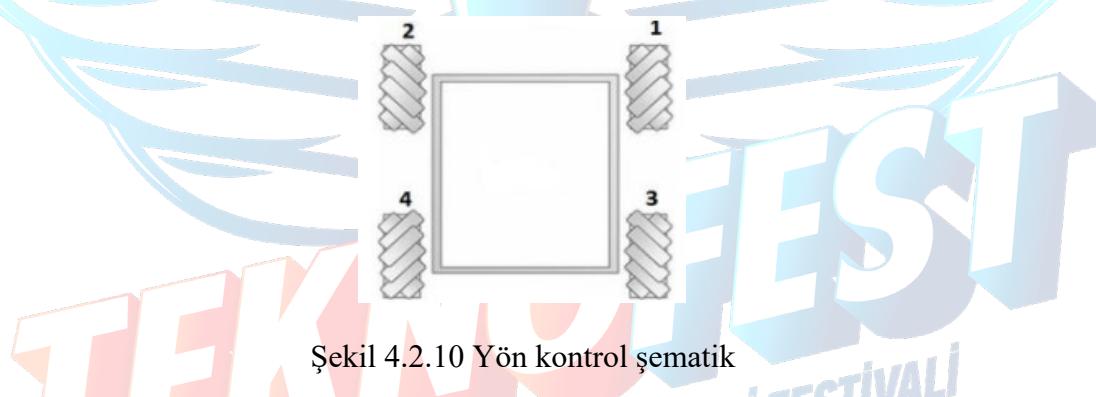
$$F_{\text{dynamik}} \leq \text{sürtünmekatsayı}(n_{\text{ü}} \times N)$$

Ancak $n_{\text{ü}}$ parametresinin belirlenmesi yarışma zemini ile de yakından ilişkili olduğundan yaklaşık değerler üzerinden hesaplamalar yapılmıştır.

4.2.1.3. Yön Kontrol

Diferansiyel hız kontrolü en yaygın kontrol tiplerindendir. Aracın savrulma kararlılığının frenlemeye ihtiyaç duymaksızın sağlanabildiği gösterilmiştir. Bu çalışmada; merkezi bir diferansiyel üzerinden yapılacak tork aktarımının kontrolünü frenlemeyle kontrol yapan sistemlere karşı güçlü bir alternatif teşkil edecek şekilde hizmete sunulmuştur. Bu metot da, iki bağımsız hareket çeker tekerlek bulunmaktadır. Her bir teker, AGV'nin dönebilmesi için farklı hızda, ileri ve geri gidebilmesi içinde aynı hızda çalışacak şekilde hareket ettirilir [9].

1 motor sürücüye bağlı 2 motor olmak üzere 2 motor sürücü ve 4 teker bulunmaktadır. Yön kontrolü aracın istenilen yöne dönebilmesi amacıyla tekerlerin rpm değerlerinin kontrol kartı üzerinden ayarlanması ile gerçekleştirilir.



Şekil 4.2.10 Yön kontrol şematik

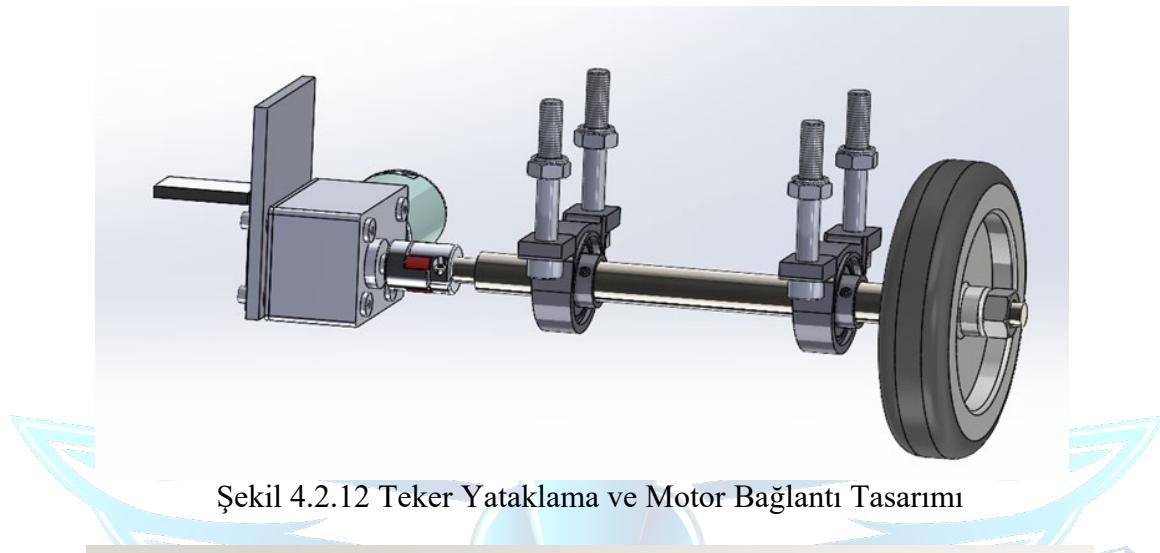
Yön	Motor 1 (rpm)	Motor 2 (rpm)	Motor 3 (rpm)	Motor 4 (rpm)
İleri	60	60	60	60
Geri	-45	-45	-45	-45
Tam Sağ	10	60	10	60
Tam Sol	60	10	60	10
İleri Sol	60	30	60	30
İleri Sağ	30	60	30	60

Tablo 4.2.11 Araç Yön Kontrol Sistemi

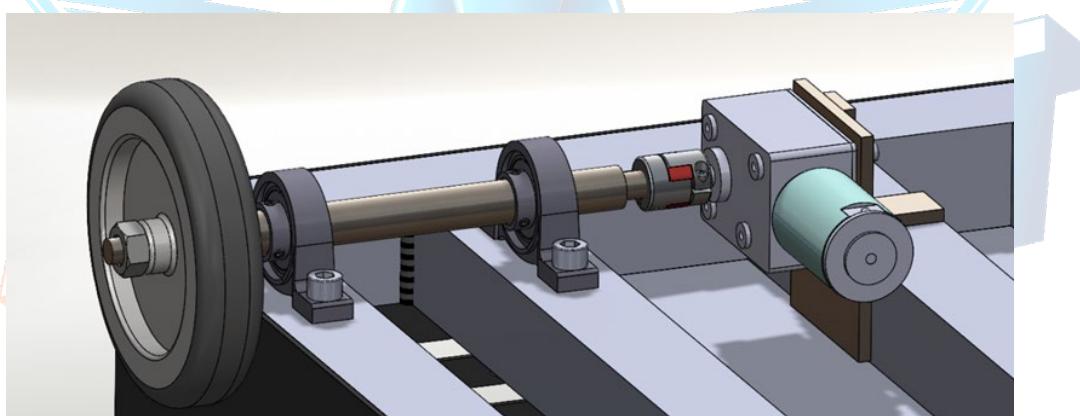
4.2.1.4. Bağlantılar

Çeşitli uygulamalara mekanik açıdan müsait olan çizgi izleyen robotlarda gövde tasarıımı yaparken dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, kullanılacak motor ve pile gövde tasarıımı yapılmasıdır. [10]

Aracın yükünün şasi üzerine dağılımı amacıyla tasarımında motor-mil bağlantılarına şekil 4.2.12 de gösterildiği gibi tasarlanmıştır.



Şekil 4.2.12 Teker Yataklama ve Motor Bağlantı Tasarımı



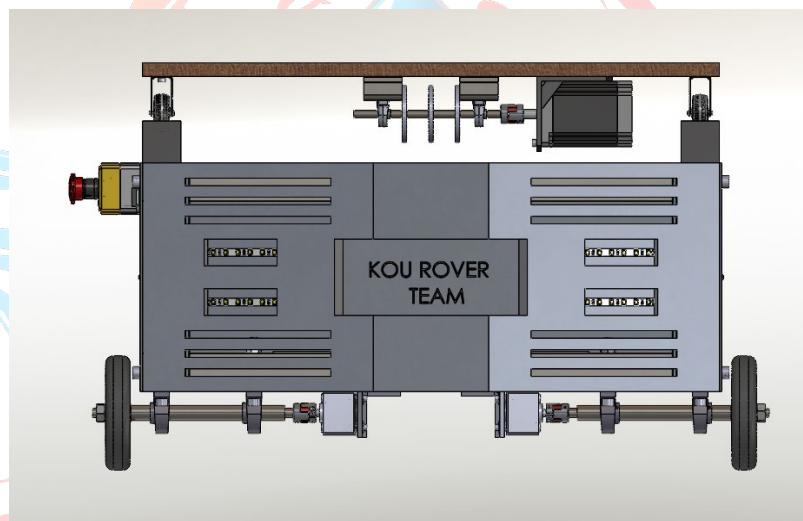
Şekil 4.2.13 Teker Yataklama ve Motor Bağlantı Tasarımı

Aracın yüksekliğini sağlayan dik konumdaki kutu profilleri kısaltarak mukavemetinin artırılması hedeflenmiştir, birleşme noktalarına destek sacları eklenerek hareket sırasında oluşabilecek olası salınımların önüne geçilmesi amaçlanmıştır.

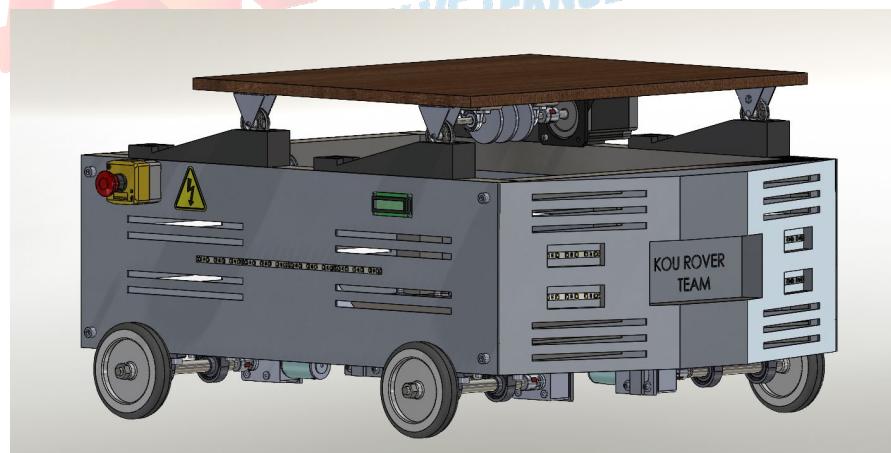


Şekil 4.2.14 Kısa Profiller ve Destek Sac Parçaları

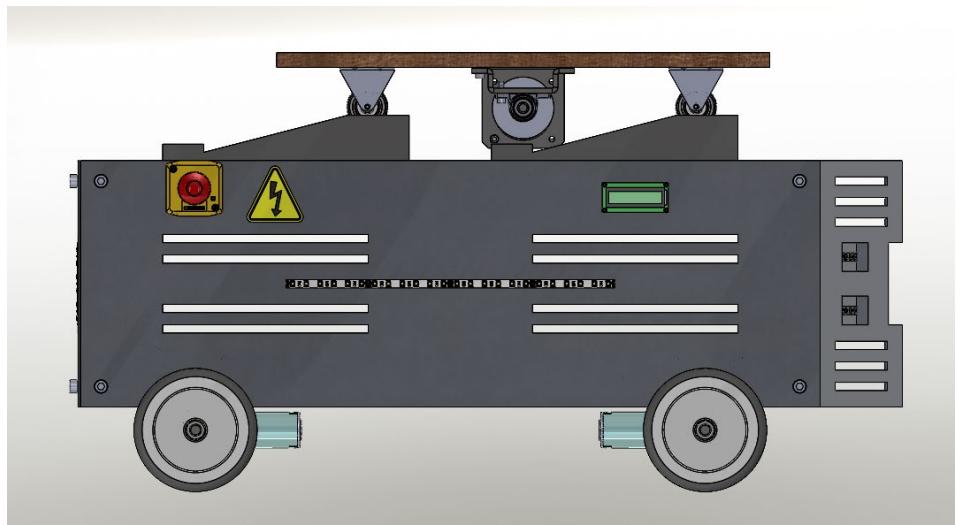
4.2.2 MONTAJ



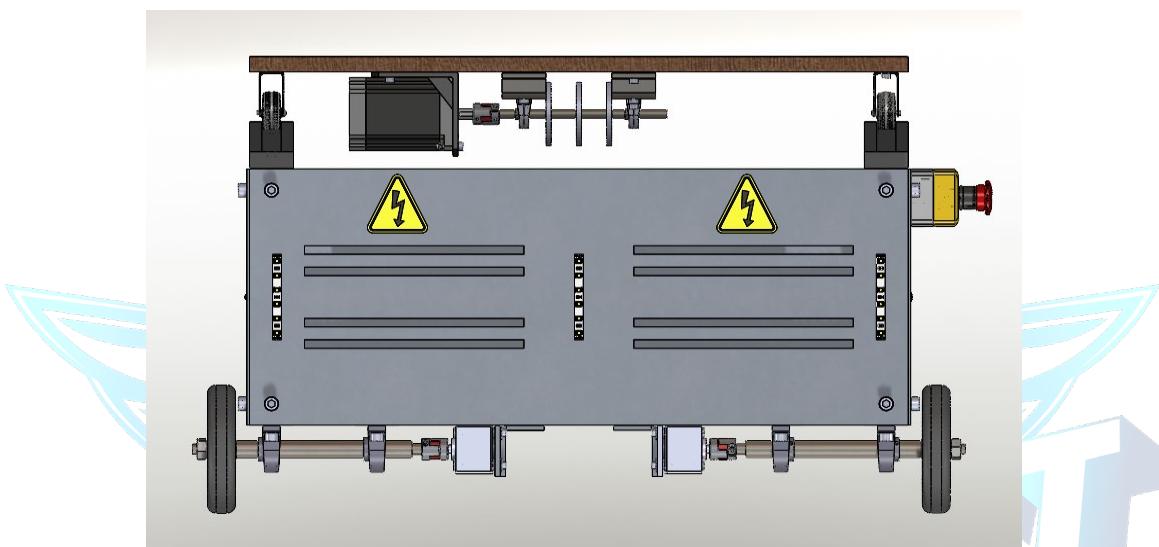
Şekil 4.2.15 Araç Önden Görünüş



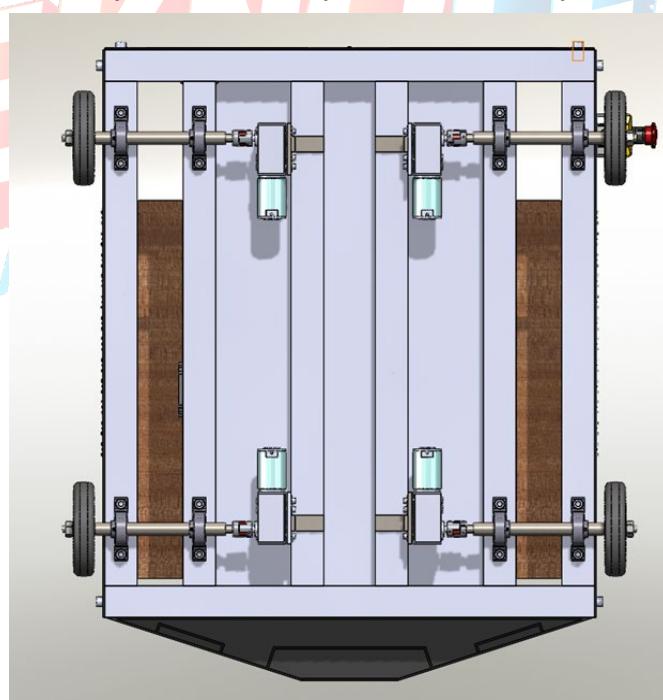
Şekil 4.2.16 Araç Perspektif Görüntü



Şekil 4.2.17 Araç Yandan Görünüş



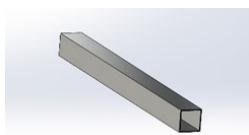
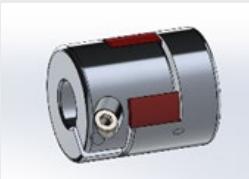
Şekil 4.2.18 Araç Arkadan Görünüş

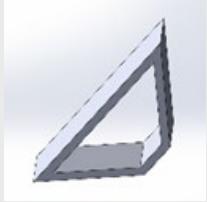
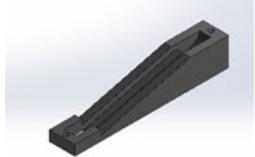
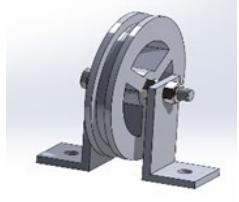


Şekil 4.2.19 Araç Altan Görünüş

4.2.3. Malzemeler

Aracın iskelet ve şasisinde 4.2.1 de anlatıldığı gibi alüminyum sigma profil malzemesi çelik kutu profil malzemesi ile değiştirilmiştir. Kaldırma sistemi tablası sac levha yerine mukavemet olarak yeterli olması ve maliyet avantajı sebebiyle sunta levha olarak değiştirilmiştir. İskelette ve şasi motor montajında sağlamlığı artırmak amacıyla lazer kesim ile üretilmiş sac levha kullanılmasına karar verilmiştir.

PARÇA	MALZEME – ÜRETİM YÖNTEMİ	KULLANIM YERİ
	S235JR Çelik Kutu Profil	Aracın şasisinde ve iskelet kısmında dayanıklılığı sağlamak için kullanıldı.
	St-37 Çelik Levha	Aracın elektronik sisteminin güvenliğini sağlamak ve iskelet sisteminin kalitesini artırmak için aracın 4 cephesinde de kullanıldı.
	Kp004-Kp000 Yataklı Rulman	Şasi ve kaldırma sistemi millerinin yataklanmasında kullanıldı.
	GS14 Servo Kaplin	Şasi ve kaldırma sistemi milleri ile motorları arasındaki hareketin iletilmesinde kullanıldı.
	Termoplastik kauçuk	Şaside, aracın hareket etmesi için kullanıldı.

	St-37 Çelik	İleri-geri hareketlerde aracın birleşme noktalarında oluşabilecek esnemeleri azaltmak için kullanıldı.
	Poliamid	Kaldırma sisteminde çelik halatın gerilmesi sonucu rampalar içinde tablanın yukarı yükselmesini sağlamak için kullanıldı.
	Sunta Levha	Alçalıp yükselerek yükü taşıyacak tabla.
	3D Baskı - PLA	Kaldırma sisteminde tekerler aracılığıyla yükün kaldırılması için kullanıldı.
	PVC Kaplı Çelik Halat	Kaldırma sisteminde makaralara dolanarak esneme ve gerilme hareketi yaparak tekerlerin hareketini sağlamak için kullanıldı.
	50mm Kepli Makara	Halatın etrafına dolanıp germe-gevşeme hareketlerini rahatlıkla yapabilmesi için 50mm'lik makara seçildi.

Tablo 4.2.20 Malzemeler ve Üretim Yöntemleri

Şasi-İskelet Sistemi	
1.	50x50 2mm et kalınlığında Kutu Profil
2.	600x750 Sunta Levha
3.	20mm çelik çubuk
4.	150mm Şasi Tekeri
5.	Sac Levha
6.	10-12.7mm Servo Kaplin
7.	20mm Rulman Yatağı
8.	İmbus Cıvatalar ve Somunlar

Tablo 4.2.21 Şasi iskelet sistemi

4.2.4. Üretim Yöntemleri

Parçaları tek tek modelleyip aracın son haline göre montaj gerçekleştirildi. Tasarımsal olarak soru işaretlerini giderene kadar üretim aşamasına geçilmedi ve SolidWorks'ten detay tasarım çalışmalarına devam edildi. Sanal ortamındaki tasarımda vida-somun montajlarına kadar ayrıntılı tasarım tamamlanarak fiziki üretim aşamasına geçildi.

Kaldırma Sistemi	
1.	Nema34 Step Motor
2.	Makara
3.	Çelik Halat
4.	10mm Rulman Yatağı
5.	50mm Teker
6.	10mm çelik çubuk
7.	10-12.7mm Servo Kaplin

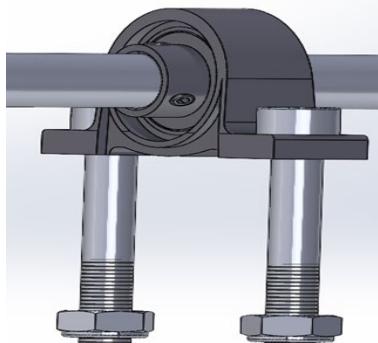
Tablo 4.2.22 Araç kaldırma sistemi



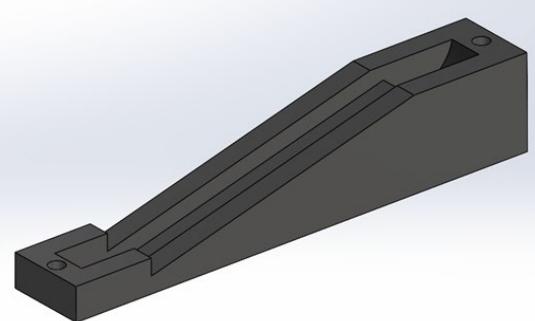
Şekil 4.2.23 Araç Üretimi

Fiziki olarak üretim aşamasında çeşitli üretim yönteminden faydalandı.

1. Çelik profilleri birleştirmesi amacıyla kaynaklama kullanıldı.
2. Kaldırma sistemindeki rampaların üretiminde 3D yazıcı kullanıldı.
3. Çelik profillerin kesiminde ve delinmesinde radyal testere ve matkap kullanıldı.
4. Rulman yataklarının ve diğer kaldırma sistemi elemanlarının iskelet-şasi sistemine montajında imbus cıvata ve somunlar kullanıldı.
5. Aracın dış kaplamasında kullanılan sac levhaların kesiminde lazer kesim kullanıldı.



Şekil 4.2.24 Rulman Montajı



Şekil 4.2.25 Kaldırma sistemi yatağı

4.2.5. Fiziksel Özellikler

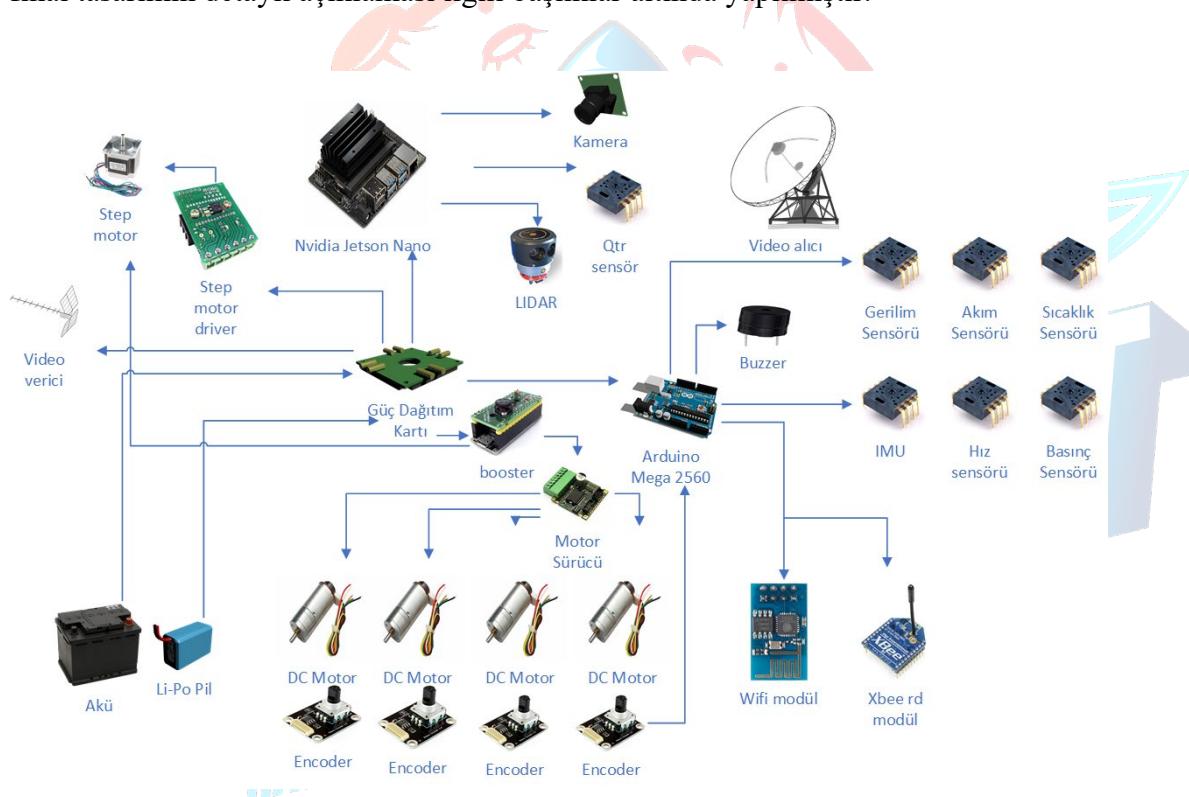
Özellik	Ölçü	Birim
Boy	900	mm
En	750	mm
Yükseklik (Kaldırma Sistemi Kapalıken)	490	mm
Yükseklik (Kaldırma Sistemi Açıkken)	535	mm
Ağırlık	55.5	kg
Şasi Tekereli	150	mm
Kaldırma Sistemi Tekereli	50	mm

Tablo 4.2.26 Araç Fiziksel Özellikleri

4.3 Elektronik Tasarım, Algoritma ve Yazılım Tasarımı

4.3.1. Elektronik Tasarım Süreci

Aracın elektronik tasarımı ana bileşenlerini güç dağıtım kartı, motor sürücü, görev kontrol kartları, sensörler ve kamera oluşturmaktadır. Otomatik güdümlü araçlar ve sanayi araçları incelenerek sistem mimarisi belirlenmiştir. Belirlenen sistem mimarisi sonrası aracın isterlerini karşılayacak performansa ait donanım seçimlerinin yapılması amacıyla hesaplamalar yapılmıştır. Hesaplamalar sonrası güç dağıtım kartı ve motor sürücü kartı Proteus programında tasarlanıp analizleri gerçekleştirilmiştir. Son tasarımlar üzerine uzmanlar ile istişarelerde bulunulmuş ve dikkat çekilen konular üzerine araştırmalar yapılarak geliştirmeler tamamlanmıştır. Kontrolcü ve görev bilgisayarının seçimi yazılım ve elektronik ekibinin ortak çalışması sonucu algoritmaları hayatı geçirebilecek performans ve donanımların mevcut dökümantasyon kriterleri göz önüne alınarak seçilmiştir. Donanımların seçilme sebepleri ve final tasarımın detaylı açıklaması ilgili başlıklar altında yapılmıştır.



Şekil 4.3.1 Araç elektronik mimarisi

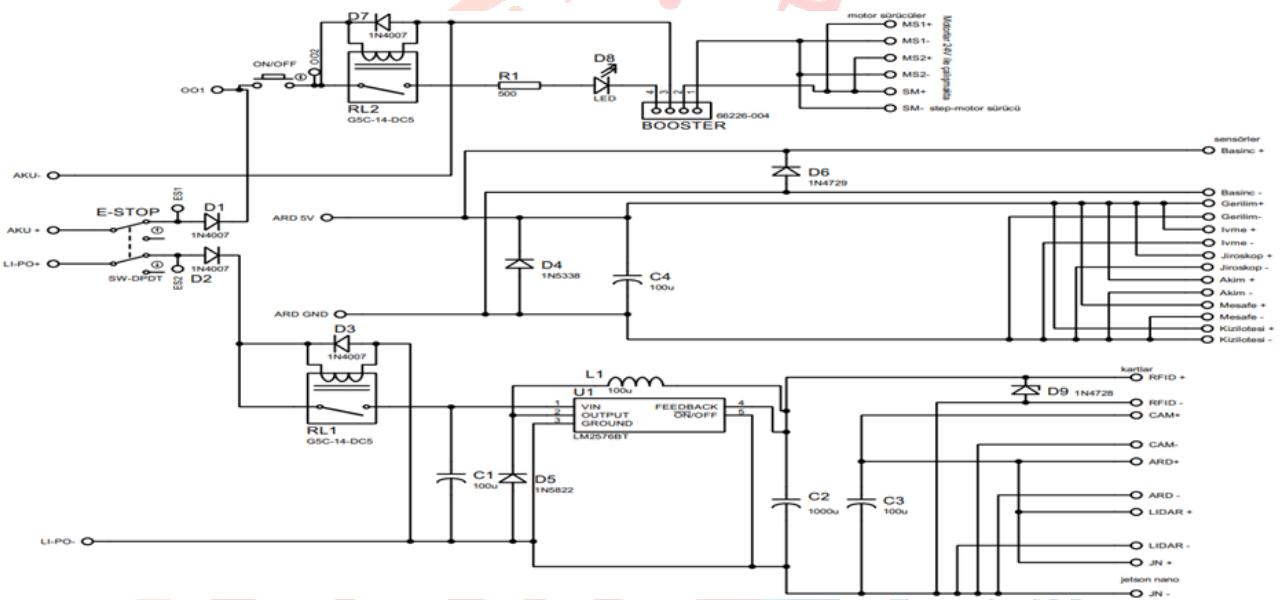
4.3.1.1 Güç dağıtım kartı

Güç dağıtım kartı, sistemin enerji iletimini yapan karttır. Yüklerde ihtiyaçları olan akım ve gerilimi sağlar. Ayrıca olabilecek aksiliklere karşı da güvenlik önlemleri güç dağıtım kartında uygulanmıştır. Bu sayede tüm sistem zarar görmeden aracın gücünün kesilmesi ve minimum zararla olumsuz durumdan çıkmak hedeflenmiştir.

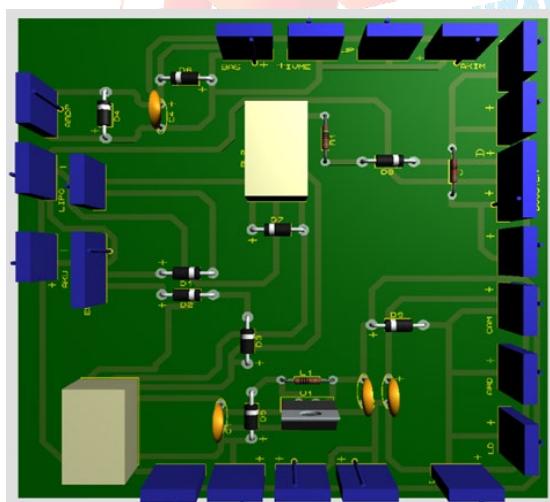
Güç dağıtım kartının ana tasarımlı çizilirken;

- Yüklerin uçlarındaki gerilimi sabit tutmak amacıyla kondansatörler kullanılmasına,
- Ön tasarım raporundaki tasarımdan farklı olarak; step-motor sürücünün ihtiyaç duyacağı gerilim ve güç değerleri göz önünde bulundurularak step-motor sürücünün diğer motor sürücülerle beraber konnektör aracılığıyla boostera bağlanması
- Arduino, Jetson Nano gibi kartlarından güç alan sensörlerin gerilimlerinde oluşabilecek gerilim kayıplarını düşürmek ve sensörün zarar görmesini engellemek amacıyla; giriş geriliminden daha düşük giriş gerilimi gerektiren sensörlere zener diyotlu regülatör devresi konmasına [11]
- Yüklerin bir tanesinde oluşabilecek olumsuz bir durumu tüm sistemi etkilemeden gidermek için yüklerin güç dağıtım kartına konnektörler aracılığıyla bağlanması karar verilmiştir.

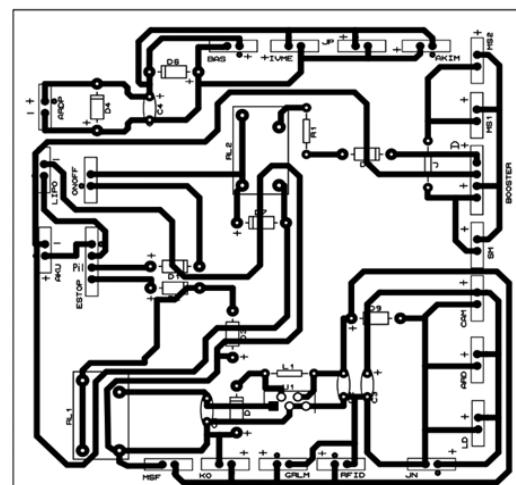
Güç devresi genel diyagramı, pcb devre çizimi ve 3D modeli aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 4.3.2 Güç dağıtım kartı devre çizimi



Şekil 4.3.3 PCB üç boyut görüntüsü



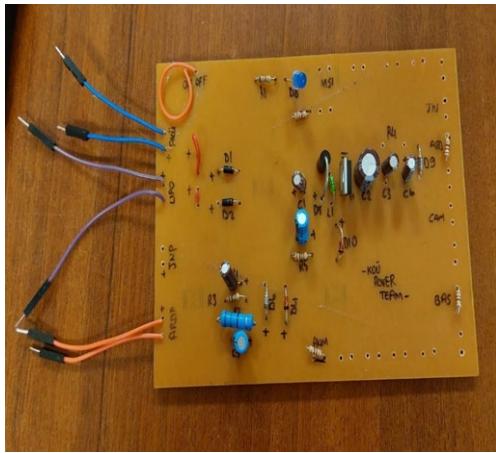
Şekil 4.3.4 PCB yol haritası

Güç dağıtım kartı akü ve Li-Po piller aracılığıyla beslenecektir. Akünün sağladığı 12.8V'luk gerilim motorlara yetersizdir. Bu problemin çözümü amacıyla bir booster devresi motor sürücü girişlerine bağlanmıştır. Li-Po pillerden beslenecek olan Arduino, RFID, Lidar, Jetson Nano kartları ve kamera için ise pillerin sağlayacağı 11.1V'luk gerilim değeri fazla olduğundan belirtilen yüklerin ihtiyaç duyduğu 5V'luk gerilimi sağlayabilecek 3A çıkışlı LM2576T-5 voltaj regülatörü kullanılmıştır. Regülatör devreye veri kağıdında tavsiye edilen şekilde konulmuştur. Yapılan testlerde regülatörün çıkışından değişen giriş gerilimlerine rağmen hep 5V çıkış alınmıştır.

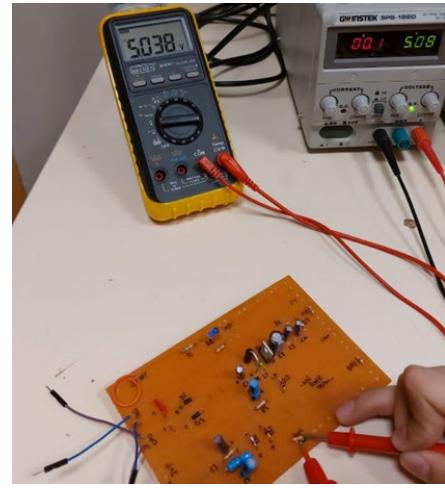
Sensörler, Arduino kartın 5V'luk çıkışından; lidar, kamera ve QTR ise jetson nano kartının 5V'luk çıkışından beslenecektir. Gerilimi olabildiğince sabit tutmak amacıyla 1N5338 zener diyotu (D4, D10), kondansatör (C4, C7) ve dirençten (R3, R5) oluşan zener diyotlu regülatör devresi konulmuştur. Tina uygulaması ile yapılan simülasyonlarda çıkış gerilimi 4,87V ölçülürken basılan devrede yapılan testlerde bu gerilim değeri, hedeflenen değer, 5V olarak okunmuştur. Ayrıca basınç sensörü, XBEE kart ve wi-fi modülünün veri kâğıdı baz alındığında tavsiye edilen giriş gerilimlerinin 3.6V ile 3.3V olduğu görülmüştür. 1N4729 zener diyotu (D6) ile 1N4728 zener diyotu (D9), kondansatör (C5, C6) ve direnç (R2, R4) kullanılarak oluşturulmuş ayrı bir zener diyotlu regülatör devresi kurulmuştur. Kurulan bu devrelerin yapılan simülasyonlarda verdiği çıkış gerilimleri 3,3V ve 3,6 iken yapılan testlerde 2,7V ve 3V değeri okunmuştur.

	Simülasyon Sonucu	Test Sonucu
Arduino ve Jetson Nano 5V Çıkış Gerilimi	4,87V	5V
LM2576T-5 Regülatörünün Çıkış Gerilimi	5V	4,9V
Basınç Sensörü ve Xbee Kartının Giriş Gerilimleri	3,3V ve 3,6V	2,7V ve 3V

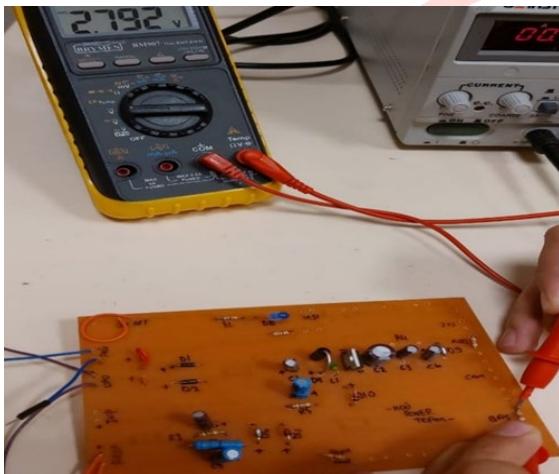
Tablo 4.3.5. Güç dağıtım kartı test sonuçları



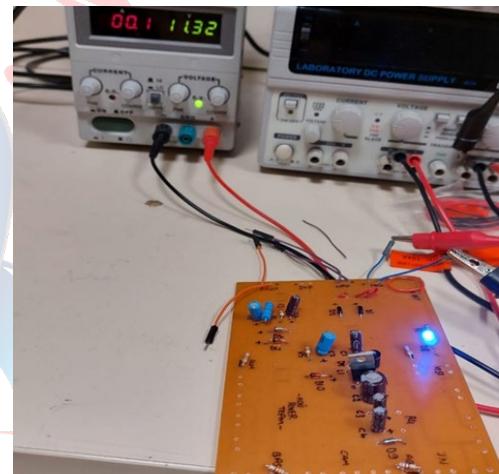
Şekil 4.3.6 Güç Dağıtım Kartı



Şekil 4.3.7 Güç Dağıtım Kartı Test



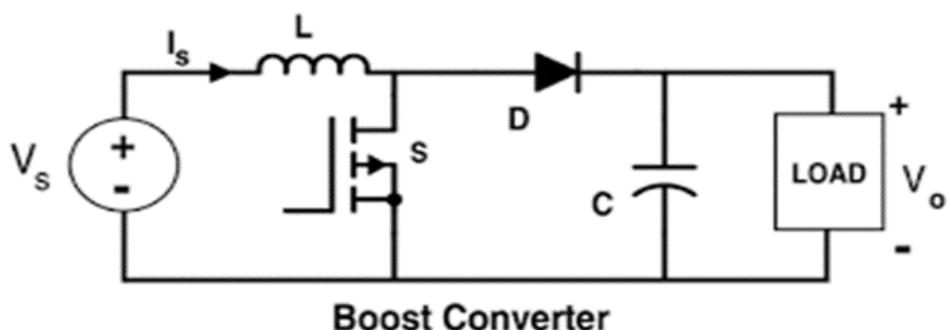
Şekil 4.3.8 Güç Dağıtım Kartı Test 2



Şekil 4.3.9 Güç Dağıtım Kartı Led

4.3.1.2. Booster Devresi

Tasarlanan araçta aküden sağlanan giriş gerilimi 12.8 Volttur. Çıkış gerilimi ise 24 Volttur. Bu gerilim değerinde çalışan 4 dc motor ve 1 step motor mevcut olduğundan dolayı toplamda 900W enerji harcanmaktadır. Motorların kalkış anında çekenceği akım 30 amper olarak hesaplanmıştır. Bundan dolayı devrenin sıkıntısız çalışabilmesi için 1500 Watt – 30 Amperlik bir booster modülü kullanılmıştır. Bu kararın verilmesinde booster modülündeki soğutma sistemindeki verimlilik de etkili olmuştur.[12]

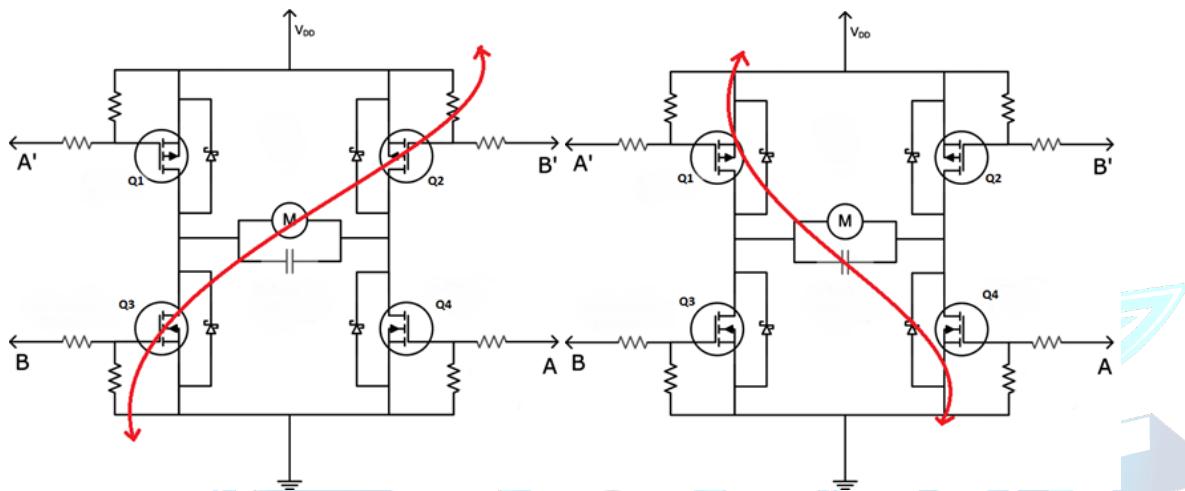


Şekil 4.3.10 Booster temsili devresi

4.3.1.3. Motor Sürücü Devresi

Motor sürücüsü, temel olarak elektrik motorlarında hız ve yön tayini yaparken kullanılan elektrik devresidir. Motor sürücülerini, motorlar ve kontrol devreleri arasında bir arayüz görevi görür. Motor yüksek miktarda akım gerektirirken kontrol devresi düşük akım sinyalleriyle çalışır. Bu nedenle motor sürücülerinin işlevi, düşük akımlı bir kontrol sinyali almak ve ardından bunu bir motoru çalıştırabilen daha yüksek akımlı bir sinyale dönüştürmektedir.

Kullandığımız fırçalı dc motorları sürmek için H köprü devre tasarımları kullanılmıştır. Bu tasarımda Q1 ve Q4 mosfetleri iletme sokulduğu durumda (Şekil x.1) motor saat yönünde dönecektir, Q2 ve Q3 mosfetlerinin iletme sokulması durumunda (Şekil x.2) motor saat yönünün tersine dönecektir. Bu sayede yön tayini yapılmaktadır.

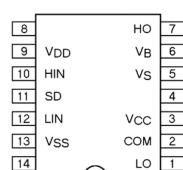


Şekil 4.3.11 Q1 ve Q4 mosfetleri aktif

Şekil 4.3.12 Q2 ve Q3 mosfetleri aktif

Mosfet sürücü entegresi kullanım sebepleri:

- 1- Mosfeti sürmek için gerek olan kapı gerilimi (V_{GATE}), eşikdeğer gerilimi (V_{TH}) ve sürülecek gerilimin (V_{SOURCE}) toplamı kadar olmalıdır. Bu değer de $24V + 5V = 29V$ ' tur. Mikrodenetleyicinin bu değerleri sağlaması mümkün değildir.
- 2- Motor sürücü uygulamasında yüksek ve alçak taraf mosfetler bulunmaktadır. Bu mosfetlerin aynı anda iletme geçmesini engellemek gerekmektedir aksi takdirde kısa devre oluşacaktır.



Şekil 4.3.13 IR2110 pin diyagramı

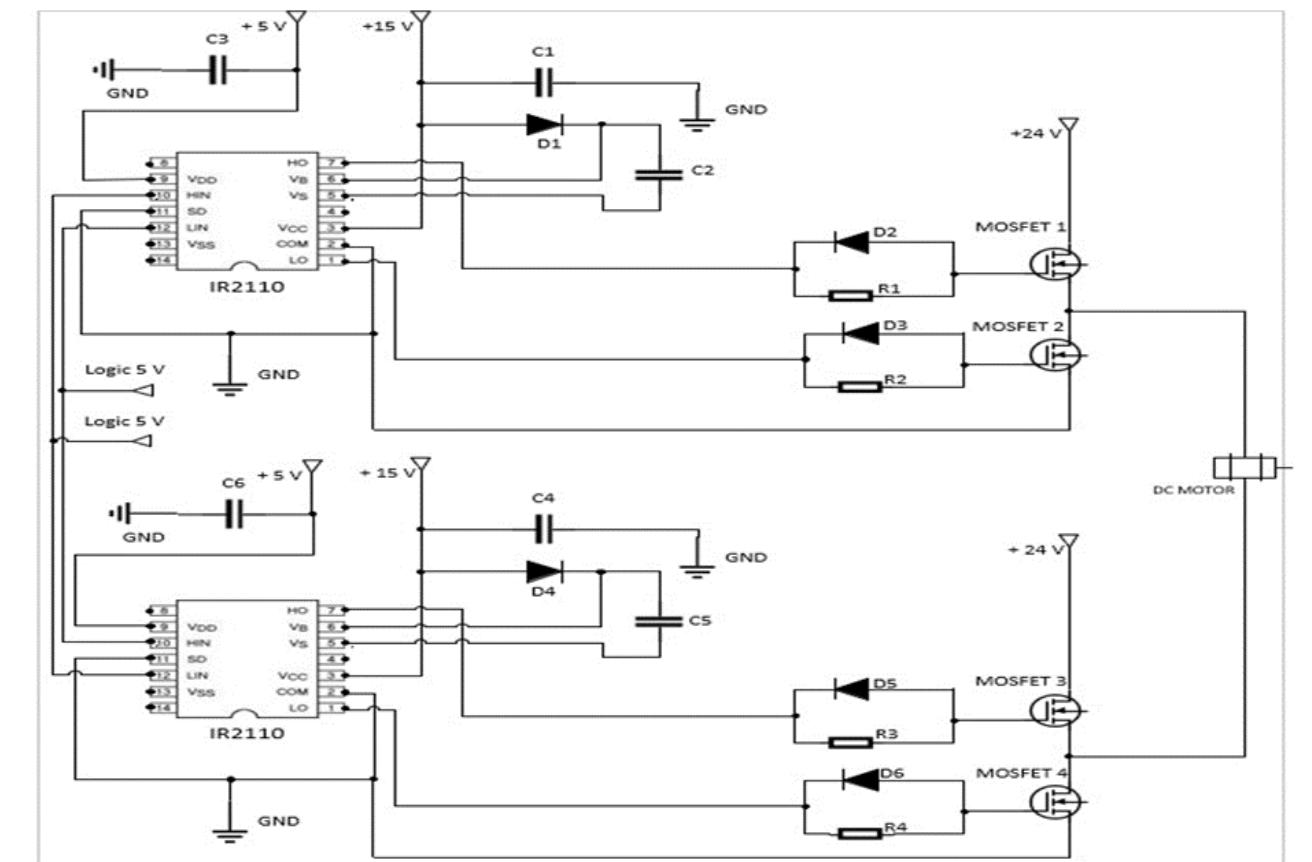
Motor sürücü devresinde, mosfet sürücü entegre olarak IR2110 şekil 4.3.13 entegresi tercih edilmiştir. Bu entegreyi seçimi istenilen özelliklerini sağlayabilmesinin yanında piyasada bulunabilmesi ve nispeten uygun fiyatlı olmasıdır.

IR2110 bir yarım köprü sürücüdür. Bu sebeple devrede H köprü oluşturmak için 2 adet kullanılmaktadır.

10 ve 12 numaralı pinler mikrodenetleyiciden alınan 5v seviyesinde lojik girişlerdir. 7 numaralı pin VDD için lojik girişe bağlı olarak gerilim sağlanmalıdır, bu sebeple arduino ile uyumlu çalışabilmesi adına 5V'luk bir gerilim kullanılmıştır. Lojik giriş değerine göre 3-15V arasına bir değer alabilir. 1 ve 7 numaralı pinler ise çıkış pinleri olup yüksek ve alçak taraf mosfetlerini beslemektedir. 3 numaralı pin olan Vcc pinine 15V'luk bir gerilim uygulanmıştır. 11. pin olan SD lojik 1 olduğu zaman bütün pinleri inaktif etmektedir bu sebeple toprağa çekilmişdir. 2 numaralı pin olan com ucu da toplağa çekilmişdir.[13]

V_B ve V_s pinlerinin arasına bootstrap (önyükleme) kapasitörü bağlanmıştır. Bu kapasite mosfetin eşikdeğer gerilimini sağlamak için kullanılmaktadır.

Yüksek hızlarda çalışıldığı için hızlı diyotlar tercih edilmiştir ve mosfetlerin önüne şarj deşarj arasındaki dengeyi sağlamak için 10 ohm'luk dirençler konulmuştur. Anlatılan ve diğer bütün bağlantılar şekil 4.3.14 gösterilmiştir.



Şekil 4.3.14 Motor Sürücü Bağlantı Şeması



Şekil 4.3.15 Motor Sürücü Kartı



Şekil 4.3.16 Motor sürücü kartı

4.3.1.4 Kaynak

Kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine doğrudan dönüştürerek bünyesinde depolayan cihazlara pil denir. Çoğunlukla aynı kimyasal yapıya, ölçülere ve elektrik kapasitelerine sahip piller, tek tek bir araya getirilerek pil grupları oluşturulabilir ve bu gruplar akü olarak adlandırılır.

Projede güç kaynağı olarak bir adet Li-Po pil ve bir adet LiFePO₄ akü kullanılmıştır.

Lityum Polimer Pil

Li-Po piller; hafif, hemen hemen her boyutta veya şekilde yapılabilen, daha yüksek kapasiteli, enerji yoğunluğu yüksek, yüksek deşarj oranları ve kendiliğinden deşarj olma oranının düşük olması gibi avantajlara sahiptirler. Bunların dışında daha kısa ömürlü, pilin delinme durumu olan, şarj/deşarj için özel dikkat gerektirmeleri olumsuz yönleri olarak sayılabilir.[14]



Şekil 4.3.17 Lityum Polimer Pil

Standart olarak Li-Po pillerin anma gerilimleri 3.7 V' tur. Bu pillerin minimum, denge ve maksimum şarj gerilimleri sırasıyla 3V, 3.7V ve 4.2 voltтур. Bu değerler dışındaki kullanımlarda Li-Po pilin ömrü azalmaktadır.

Tasarımda 3S 4000mAh bir Li-Po pil kullanıldığı için toplam batarya gerilimi $3.7 \times 3 = 11.1$ gerilim değerindedir. Tasarımda 2 ayrı güç kaynağının kullanılmasının nedeni; motorların yüksek akım çektiği durumlarda küçük güçteki devre elemanlarının yüksek akımdan zarar görmesini engellemektir. Bundan dolayı sensörler, arduino, lidar, jetson nano ve RFID Li-Po pille beslenmiştir. Aracın görevleri başarıyla tamamlayabilmesi için minimum 30 watt gücü sahip bir Li-Po pile ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle 11.1 Volt Li-Po pil seçilmiştir.

Tasarımda kullanılan Li-po bataryanın başlıca özellikleri şu şekildedir;

NET AĞIRLIK	237.2gr
UZUNLUK	136mm
GENİŞLİK	43mm
KALINLIK	20mm
DEŞARJ ORANI	25c
HÜCRE	3S
VOLTAJ	11.1V
KAPASİTE	2500mAh

Tablo 4.3.18 Seçilen Li-Po özelliklerini

Lityum Demir Fosfat Akü

Tasarlanan aracın sanayide yoğun kullanıldığı varsayılarak dayanıklılık, toplam şarj-deşarj döngüsü, deşarj akımı gibi kriterler açısından iyi değerlere sahip bir akü seçimi gerekmektedir. Bunun için yapılan araştırmalarda en yüksek şarj deşarj sayısını ve sistem için gerekli olan deşarj akımını LiFePO4 akü sağlamaktadır.



Şekil 4.3.19 Seçilen Akü

Dördü yürüür aksamda biri lift sisteminde olmak üzere toplam beş motorun verilen sürede parkuru tamamlayabilmesi için minimum 150 wattlık bir LiFePO4 akü kullanılması gerekmektedir. Bu arada degerde bir LiFePO4 akü olmamasından dolayı 12V 25Ah LiFePo4 akü seçilmiştir.[15]

Tasarımda kullanılan LiFePo4 akünün başlıca özellikleri şu şekildedir;

NET AĞIRLIK	2.8kg
UZUNLUK	181mm
GENİŞLİK	78mm
YÜKSEKLİK	171mm
HÜCRE ADEDİ	4
VOLTAJ	12.8V
KAPASİTE	25Ah C20
DÖNGÜ SAYISI	10 Sene/ 3000 döngü/ %60 Derin Deşarj/ C20 (20°C)
AKÜ İÇ DİRENCİ	45mΩ (25°C)

Tablo 4.3.20 Seçilen Akü özellikleri

4.3.1.5 Kablolama

Kablonun akımı iyi iletebilmesi içerisindeki telin kesit alanına, kablonun uzunluğuna ve kullanılan metalin özdirencine bağlıdır.

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

Denklem 4.3.21 Kablo direnç hesaplaması

Piyasada alüminyum, bakır ve farklı metal karışımıları içeren kablolar bulunmaktadır. Özdireci diğerlerine göre az olduğu için bakır kablo kullanımına karar verilmiştir.

Tasarlanan sistemlerin verimli ve sürdürülebilir olması için seçilecek kablonun kesitinin doğru belirlenmesi de önemlidir. Bu doğrultuda yapılan literatür taramasından gerekli denklem elde edilmiştir.

$$s = \frac{\rho \times L \times I}{V \times \text{kayıp \%}'si}$$

Denklem 4.3.22 Verimlilik Hesaplaması

ρ = metalin özdirenci

L= kablonun uzunluğu(m)

I= akım(a)

V= gerilim(v)

s= iletkenin kesiti()

Aşağıdaki tabloda elde edilen denklem kullanılarak kablo seçimleri yapılmıştır. (Kayıp yüzdesi 0.03 alınmıştır. Bakırın özdirenci 0.017'dir.)

	Hesaplanan Değer (mm ²)	Kullanılacak Kablo (mm ²)
Akü-Güç Dağıtım Kartı	2.833	4
Li-Po-Güç Dağıtım Kartı	4.747	6
Güç Dağıtım Kartı -Motor sürücü	0.708	1
Motor Sürücü-Motor	0.330	0.75

Tablo 4.3.23. Kablo değerleri

Kesit alanları belirlenen kabloların bizim için gerekli olması muhtemel türleri araştırıldı. Bu araştırmalar neticesinde NYA kablo, NYAF kablo ve NYM kablo gibi kablo türleri tarandı. Kaba bir yapısının olmaması, esneklik isteyen işlerde sıkılıkla kullanılması ve 105 santigrat dereceye kadar ısiya dayanabildiği için NYAF kablo kullanımında karar kılınmıştır.



Şekil 4.3.24 NYAF Kablo

4.3.1.6. Görev Kontrol Kartı ve Kontrolcü

Aracın yarışma isterlerini karşılayabilmek amacıyla algoritmik hedeflerinin gerçekleştirilebilmesi, haritalama yazılımları, yön kontrolü, hareket kontrol yazılımları, haberleşme özelliklerine sahip olması gerekmektedir. Görev için yeterli işlem gücünde mikroişlemcilere sahip devre kartlarının araca konumlandırılması ile bu özelliklerin kazandırılması sağlanmaktadır.

4.3.1.6.1. NVIDIA Jetson Nano Geliştirme Kartı

Nvidia Jetson Nano aracın görev bilgisayarı olması itibariyle elektronik mimarinin temel karar verici kartı olma özelliğini taşımaktadır. Aracın algoritma uygulamalarının kamera ve LIDAR'a bağlı haritalama, şerit takibi, engel kaçış algoritması, kontrolcü ve yer istasyonu ile haberleşme görevlerini gerçekleştiren mikrobilgisayar (Single Board Computer) görevindedir.



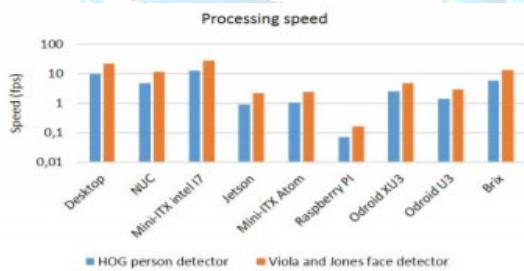
Şekil 4.3.25 Jetson Nano

Özellikleri incelendiğinde Arm-Cortex-A57 mikro işlemciye sahiptir. Mikroprosesörünün yanında Nvidia üreticisinin Maxwell teknolojisine sahip harici bir grafik prosesörü bulunmaktadır. Mikroprosesör kümesi ile 2MB L2 ön bellek arasındaki uyumluluğu sağlayan snoop kontrol birimi bulunmaktadır.

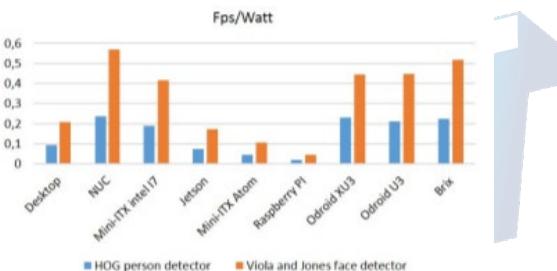
GPU	128-core Maxwell
CPU	Quad-core ARM A57 @ 1.43 GHz
Memory	4 GB 64-bit LPDDR4 25.6 GB/s
Storage	microSD (not included)
Video Encoder	4K @ 30 4x 1080p @ 30 9x 720p @ 30 (H.264/H.265)
Video Decoder	4K @ 60 2x 4K @ 30 8x 1080p @ 30 18x 720p @ 30 (H.264/H.265)
Camera	1x MIPI CSI-2 DPHY lanes
Connectivity	Gigabit Ethernet, M.2 Key E
Display	HDMI 2.0 and eDP 1.4
USB	4x USB 3.0, USB 2.0 Micro-B
Others	GPIO, I²C, I²S, SPI, UART
Mechanical	100 mm x 80 mm x 29 mm

Şekil 4.3.26 Jetson Nano Geliştirme Kiti Özellikleri

Yüksek çözünürlüklü ses ve görüntü alt sistemi bulunmaktadır. Bu alt sistemde yarışma için oldukça önemli olan kamera verisinin okunması ve işlenebilmesi çoklu-standart video kod çözücü sayesinde yüksek hızda ve düşük güçte yapılabilmektedir. Yarışmanın güncel şartnamesinde özgür kılavuz takip algoritmalarına fırsat verilmesi ile görüntü işleme çalışmalarında muadillerine göre önemli bir avantaj sağlamaktadır.



Şekil 4.3.26 Performans Analizi Sonuçları



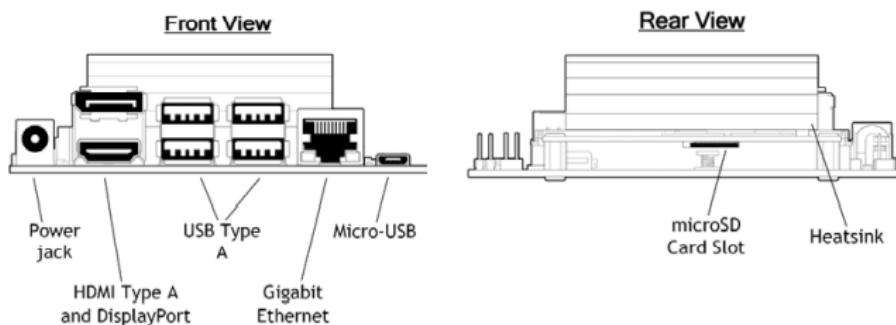
Şekil 4.3.27 Güç Tüketimi Sonuçları

Görev bilgisayarının düşük güç tüketimi seçenekleri olmasının yanında birçok çalışmanın sonucuna göre düşük güç tüketiminde kartın kararsız çalıştığı görülmüştür. Sonuçlara göre kartın 20 watt güç ile çalıştırılması planlanmıştır.

Alt Function	Linux(BCM)	Board Label	Board Label	Linux(BCM)	Alt Function
DAP4_DOUT	78(21)	D21	40 39	GND	
DAP4_DIN	77(20)	D20	38 37	D26	12(26) SPI2_MOSI
UART2_CTS	51(16)	D16	36 35	D19	76(19) DAP4_FS
		GND	34 33	D13	38(13) GPIO_PE6
LCD_BL_PWM	168(12)	D12	32 31	D6	200(6) GPIO_PZ0
		GND	30 29	D5	149(5) CAM_AF_EN
		D1/ID_SC	28 27	D0/ID_SD	
SPI1_CS1	20(7)	D7	26 25	GND	
SPI1_CS0	19(8)	D8	24 23	D11	18(11) SPI1_SCK
SPI2_MISO	13(25)	D25	22 21	D9	17(9) SPI1_MISO
		GND	20 19	D10	16(10) SPI1_MOSI
SPI2_CS0	15(24)	D24	18 17	3.3V	
SPI2_CS1	232(23)	D23	16 15	D22	194(22) LCD_TE
		GND	14 13	D27	14(27) SPI2_SCK
DAP4_SCLK	79(18)	D18	12 11	D17	50(17) UART2_RTS
		RXD/D15	10 9	GND	
		TXD/D14	8 7	D4	216(4) AUDIO_MCLK
		GND	6 5	SCL/D3	
			5V	SDA/D2	
			5V	2 1	3.3V

Şekil 4.3.28 Jetson Nano Pin Haritası

Kart üzerinde güç, yüksek hızlı giriş-çıkış pinleri, düşük hızlı giriş-çıkış pinleri ve toprak olarak ayrılmaktadır. Aynı zamanda giriş-çıkış tipleri çoklu görev ve sabit görevli olmak üzere kategorize edilmektedir. Kart üzerindeki HDMI bağlantısı ile aracın dış yüzeyindeki LCD ekran bağlantısı yapılacaktır. Raspberry pi v2 kamera modülü kartın mıpi seri kamera bağlantısına takılmaktadır. Aracın I2C, UART ve SPI kablosuz haberleşmeleri ile ethernet, usb ve hdmi gibi kablolu veri transferi bağlantıları bulunmaktadır. Araçta kontrolcü görevini üstlenen Arduino Mega ile usb bağlantısı ile iletişimini sağlanması düşünülmüştür.



Şekil 4.3.29. Jetson Nano Bağlantı Yuvaları

CUDA teknolojisi ile güçlendirilmiş Jetson Nano, optimize edilmiş kütüphane seçenekleri ve yaygın kullanımı ile problemlerin çözümünde kolaylık sağlayacaktır. Jetson Nano'nun dezavantajları olduğu bilinmektedir ancak envanterde bulunması dolayısıyla maliyet avantajı ve sisteme yeterli olacağı düşünüldüğünden tercih sebebi olmuştur. Kartın aksini göstermesi durumunda alternatif çözüm olarak üniversite bilgisayar laboratuvarında kullanılan Nvidia serisi Jetson Xavier kartının kullanılması düşünülmektedir.

4.3.1.6.2. Arduino Mega 2560 R3

Aracın kontrol sistemi Arduino Mega üzerinden sağlanmaktadır. Görev bilgisayarına yan (Slave) mikrokontrolcü görevindedir. Kart 6-20V arasında bir harici kaynaktan beslenmektedir. Ancak 7 ila 12 Volt kullanılması önerilmektedir. Arduino Mega2560 'in diğer kartlardan farkı FTI USB-to-serial sürücü entegresi kullanılmamış olmasıdır. USB-to-Serial entegresi yerine ATmega16U2 USB-to-serial dönüştürücü olarak programlanmıştır. Arduino IDE' si üzerinden programlama işlemi gerçekleştirilmektedir. Orijinal STK500 protokolünü kullanarak iletişim kurmaktadır. Arduino ISP veya benzerini kullanarak bootloader' ı atlayabilir ve mikrodenetleyiciyi ICSP (In-Circuit Serial Programming) başlığı üzerinden programlaması yapılmaktadır. Mega 2560, USB bağlantısı veya harici bir güç kaynağı ile çalıştırılabilir. Harici (USB olmayan) güç, bir AC-DC adaptöründen veya pilden gelebilir. Bir pilden gelen kablolar, GÜC konnektörünün GND ve Vin pin başlıklarına takılarak güç bağlantısı sağlanmaktadır. ATmega2560, kod depolamak için 256 KB flash belleğe (8KB'sı önyükleyici için kullanılmaktadır), 8 KB SRAM' e ve 4 KB EEPROM' a (EEPROM kitabı ile okunabilir ve yazılabilir) sahiptir.



Şekil 4.3.30 Arduino Mega 2560

Motor sürücü üzerinden PWM sinyalleri ile motor kontrolünün sağlanmasında, enkoderden alınan bilgi ile kart içerisindeki PID kontrol yazılımının çalışmasında görevlidir. USB ile bağlantısı sağlanarak ana görev bilgisayarıdan gelen kararların uygulanmasını sağlar.

Arduino Mega 2560 'da 54 tane dijital giriş / çıkış pini vardır. Bunlardan 15 tanesi PWM çıkıştır. 16 adet analog girişi ve 4 adet UART (seri port) bulunmaktadır.

Aşağıda Arduino Mega 2560 R3'ün pinout (giriş-çıkış) diyagramı verilmektedir.

4.3.1.7. Sensörler, Kamera ve Haberleşme Donanımları

4.3.1.7.1 LIDAR Sensör

Sensörler; insan duyu ve algılarını makine uygulamalarında taklit etme yeteneğine sahip araçlardır. Fiziksel bir büyüklüğün algılanması veya ölçülmesi amacı ile bir sinyal üretmektedir.[17]

LIDAR mesafe algılama yaygın olarak kullanılan çeşitli sektörlerde örneği olan bir sensördür. Bulunduğu yerin çevresine 360° lazer ışını atarak lazerlerin iki boyutlu bir nesneye çarptıktan sonra yansıyıp sensöre ulaştığı zamanı kaydetmektedir. Bir başka deyişle uçtan uca kırmızı ötesi ışık ile tarama yapar ve gönderdiği ışınların yansımıması ile oluşan zaman farkı hesaplanır. Veriler PCL(Point Cloud Library) ve sensor_msgs/LaserScan mesajıyla

işlenmektedir. Geniş alanlarda uygulama menzilinin uzun olması sebebiyle ön plana çıkmaktadır. Projede kullanılacak olan LIDAR sensörün görüntüsüne aşağıdaki şekilde yer verilmiştir.



Şekil 4.3.31 Seçilen LIDAR

4.3.1.7.2 IMU Sensör

IMU algılayıcısı sabitlendiği yapının üç boyutlu yönelimini hesaplamaktadır. Bu yönelimin radyan cinsinden paylaşılması sağlanır. Üç boyutlu yönelimde kullanımına başlana “Yaw, Pitch, Roll” açıları bulunur.

IMU içerisinde temel olarak ivmeölçer ve gyro olmak üzere iki alt sistem kullanılır. Bu alt sistemler ile açı değerleri ve 3 eksendeki açısal hız tespit edilir. Yapının hareketi esnasında titreşim sebebiyle algılayıcı verilerinde gürültü oluşabilir. Yön belirlemede yaygın olarak kullanılan bir sistemdir. Aracın pusula ve ivme ölçer özelliklerinin kazandırılması amacıyla kullanılmıştır. Yapılan araştırmalar neticesinde projede kullanılacak olan uygun IMU sensör aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.3.32 Seçilen IMU Sensör

4.3.1.7.3 Raspberry Pi Kamera

Raspberry Pi yüksek çözünürlüklü kamera, fotoğraf ve HD çözünürlükte video çekiminde kullanılır. Raspberry Pi Kamera Kartı, Raspberry Pi donanımı için özel olarak tasarlanmış bir eklenti modülüdür. Özel bir CSI arabirimleri aracılığıyla Raspberry Pi donanımına bağlanır. Sensör, hareketsiz çekim modunda 8 megapiksel doğal çözünürlüğe sahiptir. Video modunda, saniyede 30 kare hızında 1080p'ye kadar çıkan çözünürlükleri destekler. Kamera modülü üzerinde bulunan Sony IMX219PQ görüntü algılayıcı sensör, yüksek hassasiyetli ve yüksek hızlı video çekilmesini sağlar. Kamera modülü hafif ve küçüktür. Görev bilgisayar kartı ile optimizasyonunun olması sebebiyle tercih edilmiştir.



Şekil 4.3.33 Raspberry Pi Camera

4.3.1.7.4 ESP8266 Wi-Fi Modülü

ESP8266 modülü, internet üzerinden kontrol edebilmemize imkân sağlayan SoC (System on Chip) olarak geliştirilen çipi üzerinde barındıran modüldür. Bu modül aracı internete bağlayarak veri yükleme ve veri çekme işlemlerini gerçekleştirmektedir. Sahip olduğu TCP/IP protokolü sayesinde Wi-fi ağına herhangi bir mikrodenetleyici erişimi sağlayabilmektedir. 80 Mhz düşük güçlü 32 bit işlemci içermektedir. ESP8266, düşük maliyet ve yüksek özellikleriyle tercih edilmiştir. Aşağıda ESP8266 modülünün önden ve arkadan görünümleri verilmektedir.



Şekil 4.3.34 ESP8266 Wi-Fi Haberleşme Modülü

4.3.1.7.5 QTR8A Sensör

Çizgi izleme sensörü etrafı yaydığı kızılıtesi ışığın geriye yansımıya prensibine göre çalışır. Eğer geriye yansıyan ışık eşik değerden fazla ise yansımıma çok olacağının zemin beyaz, az ise ışık soğrulacağından zemin siyah olarak algılanır.

QTR8A sensörü sıralı 8 IR LED ve 8 foto transistörden oluşur. LED'lerinden kızılıtesi ışık yayar, geri yansıyan ışığı foto transistörlerden algılar. 8 sensörü bir arada içerdigi için daha detaylı veriler alınır. Ayrıca karmaşayı ve kablo fazlalığını da azaltmış olur. QTR8A çoğu çizgi izleme sensörlerine kıyasla analog çıkışlı bir sensördür. Bu nedenle daha fazla veri sağlar. Kendi kütüphanesini olduğu için daha güvenilir sonuçlar verir.



Şekil 4.3.35 QTR8A Sensör

4.3.1.7.6. XBee Haberleşme Modülü

Kablosuz haberleşmede kullanımı oldukça yaygın olan, Arduino Mega ile entegrasyonu kolay bir modül olduğu için proje detay raporu süresince XBee haberleşme modülü araç ile kontrol masası arasındaki bağlantıyı sağlamak için kullanılmıştır. XBee, Digi firmasının geliştirdiği Zigbee protokolünü kullanmaktadır. Donanımsal olarak RF teknolojisini kullanır ve gerek kullanışlılığı ve ekonomik olması sebebiyle kablosuz haberleşme sistemlerinde sıkça rastlanmaktadır.

Proje detay raporu süresince kontrol ekranını testlerini gerçekleştirmek, ana bilgisayarın terminalinden araçtan verileri çekmek amacıyla XBee haberleşme modülü kullanılmıştır. Ancak kapalı ortamda düşük performans gösterdiği gözlemlendiğinden haberleşme kısmında anlatıldığı üzere alternatif olan Wi-fi modülü üzerinden haberleşmenin gerçekleştirilmesi planlanmaktadır.

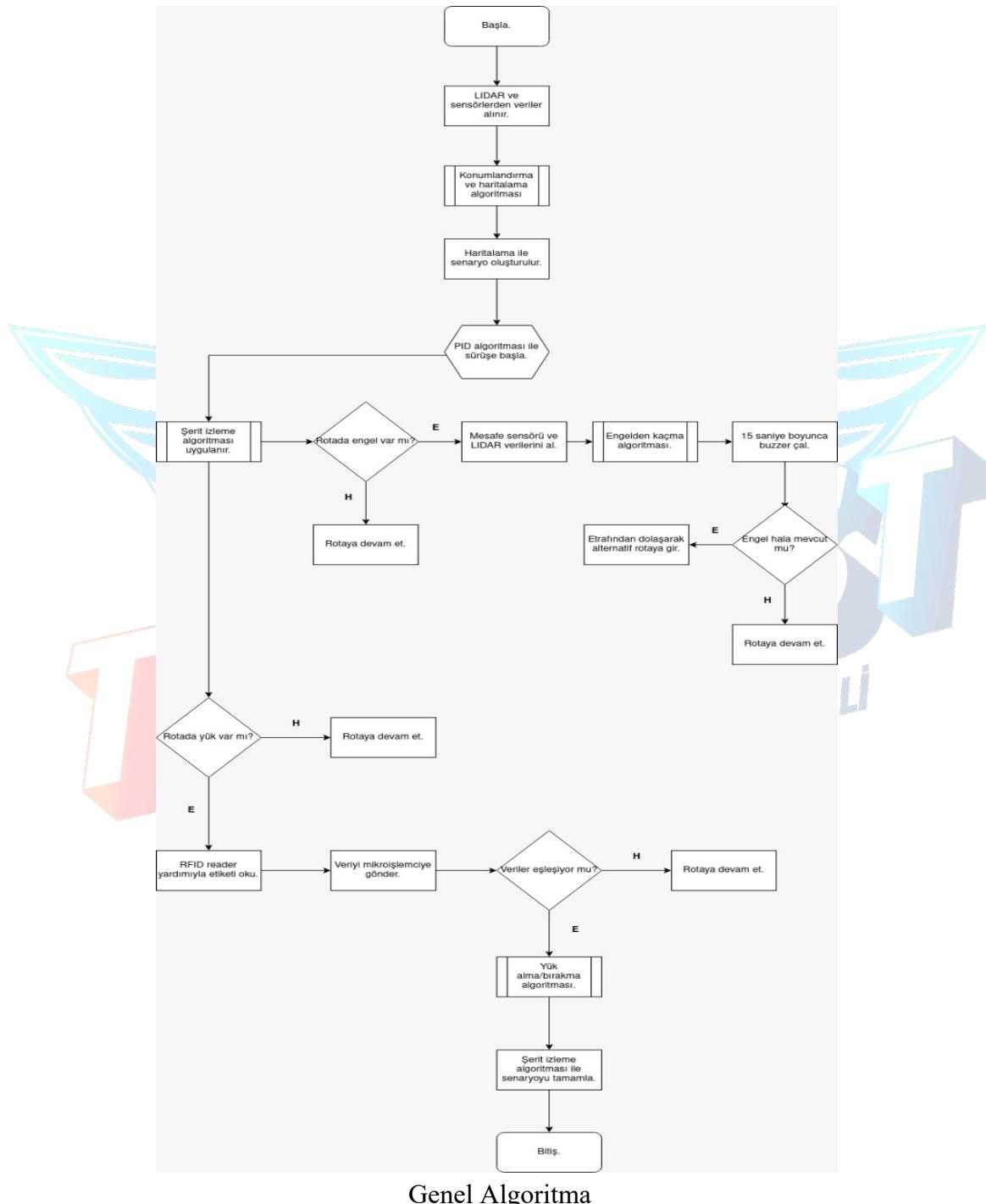


Şekil 4.3.36 Xbee Alıcı-Verici

4.3.2. Algoritma Tasarım Süreci

Algoritma tasarımlı problemlerin çözümünde matematiksel bir süreç oluşturmak amacıyla kullanılan özel bir yöntemdir.

Otonom güdümlü aracımız boş parkurda ilk turunu tamamladıktan sonra her ayrı işlem adımı için gerekli sensörler ile veri toplayarak haritalandırma çıkarır. Aşağıda belirtilen, sırasıyla şerit izleme, haritalandırma, engelden kaçma, yük alıp bırakma ve sürüs kontrol algoritmalarını kullanarak verilen talimatları sırasıyla uygulayıp parkurunu tamamlar.



Şekil 4.3.37 Algoritma Mimarisi

4.3.2.1 Şerit İzleme Algoritması

Otonom güdümlü araçta verilen parkurda belirlenen yolda ilerlemesi için şerit takibi yapılmalıdır. Şerit takibi çalışması simülasyon ortamında ve gerçek ortamda test edilmek üzere 2 farklı şekilde testleri tamamlanmıştır. Bu çalışmada OpenCv kütüphanesinden faydalanyılmıştır. Şerit takibinde kullanılacak QTR8A sensörü ve Raspberry Pi kamera ile şerit takibi işlemi gerçekleştirilmektedir.

Kameradan şeriti takip edebilmesi amacıyla şeritin algılanması sağlanır. Renkten bağımsız ve ışıklı ortamdan etkilenmemesi amacıyla filtreleme uygulanır. QTR8A sensör ile şerit takibi donanım içerisindeki 8 sensörün ağırlık ortalaması ile gerçekleştirilir. Takip edilen şeritin ağırlık merkezi hesabı ile orta noktasındaki daireye bağlı olarak aracın şerit takibi sağlanır.

Yapılan işlem algılayıcı füzyondur. Mobil robot gruplarıyla oluşturulan devriye sistemlerinde algılayıcı füzyonunun önemi oluşturulan haritanın ve ortamdan elde edilen verilerin doğruluğu ve hassasiyetinde ortaya çıkar. Bu çalışmalarla mobil robot gruplarıyla oluşturulan devriye sistemlerinde birden fazla kullanılan algılayıcıların elde edilen verilerdeki hata oranını nasıl ve ne kadar iyileştirdiği benzetim çalışmalarında gözlemlenmiştir [18]

4.3.2.2 Engelden Kaçma Algoritması

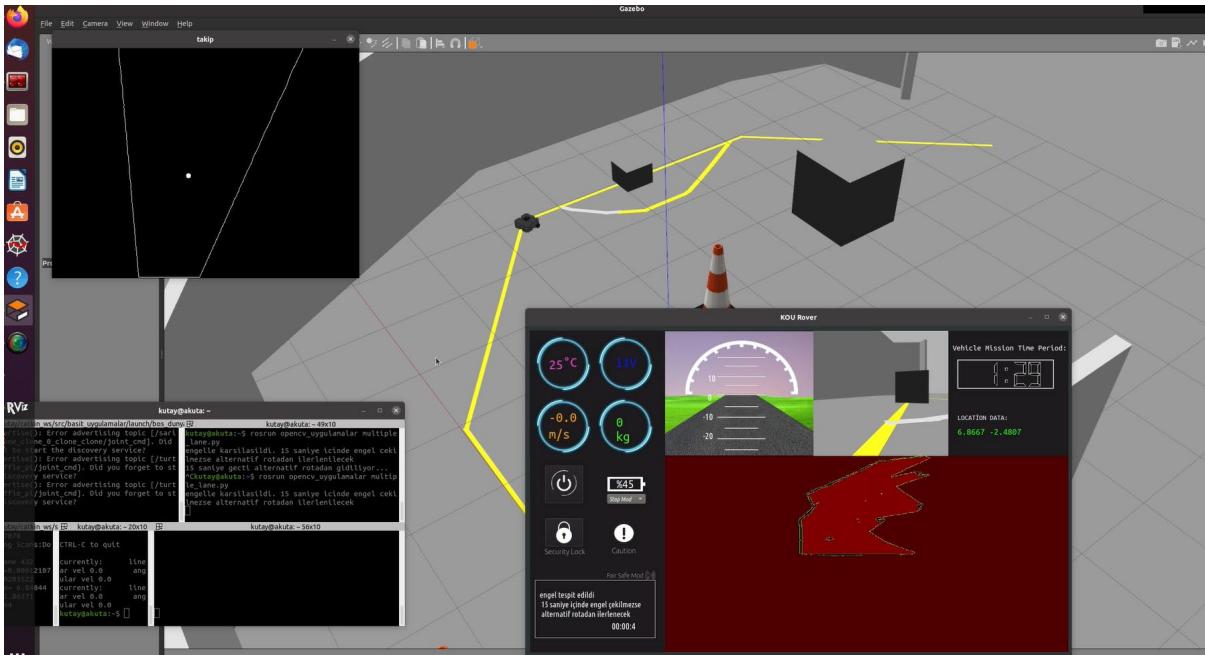
Otonom mobil robotun yarışma parkuru dikkate alındığında gerekli iş yüklerini yerine getirebilmesi için engeli tespit etmesi ve engele uygun aksiyon alması gerekmektedir. Bu tespit ve gerekli aksiyon alma işlemi ultrasonik mesafe ölçer sensörü ve LIDAR sensör vasıtası ile gerçekleştirilecektir.

Görüntünün sol tarafı için 4 sağ tarafı için 3 kontrol mekanizması ve süre hesabı için sayaç bulunmaktadır. Düz giden yolda yol ayrimı olması durumunda x ekseni ve y ekseninin belirlenen kontrol mekanizmaları ile karşılaştırılması durumuna göre yol ayrimı belirlenir. Görüntünün sağ ve sol bölgesinde taramalar yapılarak yolun yönü anlaşılır ve araç harekete geçer. Engeli tespit edip engelden kaçma algoritması devreye girdiğinde beklemeye süresince 15 saniye boyunca buzzer ikaz sesi ile uyarı verecektir. Bu süre zarfi sonrasında engelin çevresinden yarım çember çizerek tekrar şerite girecek şekilde programlanmaktadır.

4.3.2.3 Konumlandırma ve Haritalandırma Algoritması

Yarışma kapsamında aracımız öncelikle boş parkurda gezdirilip ortamın haritasını çıkarması sağlanacaktır.

Bu kısımda SLAM algoritması ve LIDAR (Light detection and ranging) sensöründen faydalanyılır. Kullanacağımız LIDAR'dan elde edilen çıktılar 2D (x,y) nokta bulutu verisidir. Lazer sensörden gelen bu veriler yüksek hassasiyete sahip uzaklık ölçümleri sağlar ve SLAM ile harita oluşturmak için efektif olarak çalışır. SLAM otonom araçlarda kullanılan bir algoritmadır. Bu algoritma aracın daha önce tanımlamadığı ortamda haritalandırma yapmasına olanak sağlar. Aracın bir harita oluşturmasına ve eş zamanlı olarak o haritada kendi lokasyonunu ve ortamı tanımasına olanak sağlar. Bu algoritma sayesinde konumlandırma ve haritalandırma kısmının eş zamanlı olarak gerçekleştirilmesi planlanmaktadır. Elde edilen harita bilgisi yol planlama ve engelden kaçma işlemlerinde kullanılır.



Sekil 4.3.38 Arayüz Üzerinde Örnek SLAM Çalışması

4.3.2.4 Yük Alma, Bırakma Algoritması

Aracın yük tespiti, yük bölgesine girme, yük platformu altına girme, qr kod, şerit takip algoritmasının işletilmesi ve yük bırakma olarak sırasıyla gerçekleştirilir. Aracın engel algoritmasına benzer bir yapı ile yük bölgesinin tespiti sağlanır. QR kod yarışında yük alma/bırakma noktalarını tespit için kullanılacaktır. Aynı zamanda dönüşlerden 1 metre önce şeritlerin üzerinde konum bilgilendirilmesi için QR kod etiketleri bulunacaktır. Etiketlerden okunan veriler ile aracın bulunduğu koordinatlar alınarak lokasyon tespiti yapılmasına olanak sağlayacaktır. Aynı zamanda yük alma/bırakma tespiti için karekod etiketinden gelen verilerin uyuşma durumuna bakılacaktır. Verilerin uyuşma durumunda yük alma/bırakma algoritması kullanılarak aracın bulunduğu yük alma noktasından yük bırakma noktasına gidilecektir. Yükün bırakılması yine o noktada bulunan QR etiketleri sayesinde yapılacaktır.

4.3.2.5 Sürüş Kontrol Algoritması

Otonom güdümlü mobil robotun programlanmasıında diferansiyel sistemi mekanizmalarının kontrolü için sürüs kontrolünde PID kontrolörü kullanılmıştır. PID oransal-integral-türevsel denetleyici kontrol döngüsü yöntemi, endüstriyel kontrol sistemlerinde yaygın olarak kullanılan bir geri besleme denetleyicisi yöntemidir.

Bir PID denetleyici sürekli olarak bir *hata değerini*, yani amaçlanan sistem durumu ile mevcut sistem durumu arasındaki farkı hesaplar. PID algoritması hata değerini azaltmak için üç ayrı sabit parametreyi kontrol eder, bu sebeple bazen *üç aşamalı kontrol* olarak adlandırılır: Oransal, P ile gösterilir, integral, I ile gösterilir, türev değerleri, D ile gösterilir. Sezgisel olarak, bu değerler mevcut değişim göz önüne alınarak zaman açısından şu şekilde yorumlanabilir; P mevcut hataya bağlıdır, I geçmiş hataların toplamı ve D gelecekteki hataların

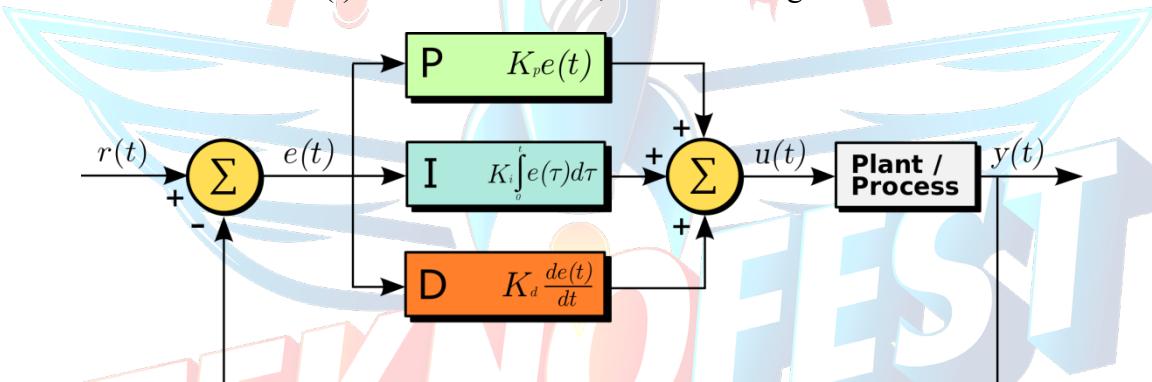
bir tahminidir. Bu üç eylemin ağırlıklı toplamı yoluyla kontrol edilen süreç istenilen seviyeye ayarlamak için kullanılır.

Çalışmada PID uygulamadığınızda çizgi izleyen robot düşük hızlarda dışarı çıkmadan gidebilmektedir. Robot hızı artırılmaya başlandığında, yalpalama ve genellikle pist dışına çıkmalar olmaktadır. Dolayısıyla yüksek hızlarda robotun çizгиyi takip etmesini sağlayabilmek için PID kontrolörü kullanılmıştır.

Matlab ortamında aracın hızı ve freni açısından kullanılabilirliği olan PID Tuner kullanıldı. Matlab Simulink ortamında PID kontrollü blok diyagramları kurulmuştur ve süreklilik için PID Tuner kullanılarak K_p , K_i ve K_d değerleri bulunmuştur. Hata değeri, PID kontrole verilerek sistem için $u(t)$ girdisi oluşturulmuştur. Denklem 1.1'de $u(t)$ girdisinin oran, türev ve integral değerleri için eşitlik verilirken, Şekil 4.3.34'de ise PID algoritmasının blok diyagramı verilmiştir.

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{d}{dt} e(t)$$

Denklem 4.3.34 $u(t)$ Girdisinin Oransal, Türev ve İntegral Cinsinden İfadesi



Şekil 4.3.35 PID Algoritmasının Blok Diyagramı

4.3.3. Yazılım Tasarım Süreci

Yarışma kapsamında tasarlanan otonom güdümlü robotunda tüm sistemi kontrol eden sürüs kontrol sistemi ve kontrol sistemine aktarılan şerit takibi, haritalandırma, yük alma bırakma, engelden kaçma algoritmaları sensörler bölümünde açıklanan donanımlar ile veriler alınıp ROS üzerinden Python dili ile programlanmaktadır. Motor kontrol uygulamalarında sistem entegrasyonu ve programlanması açısından Arduino üzerinden çalışmalar yürütülmektedir.

Aracın yazılım süreçlerini test etmek adına yarışma senaryosu Gazebo simülatörü üzerinde test edilmiştir. Çalışmalarda simülasyon üzerinden sensör verileri alınıp kontrol paneline bastırılmıştır. Kontrol paneli tasarımları için PyQt5 kütüphanesinden faydalanılmış olup aşağıdaki bölümde detaylandırılmıştır.

4.3.3.1 Şerit Takibi Yazılım Süreci

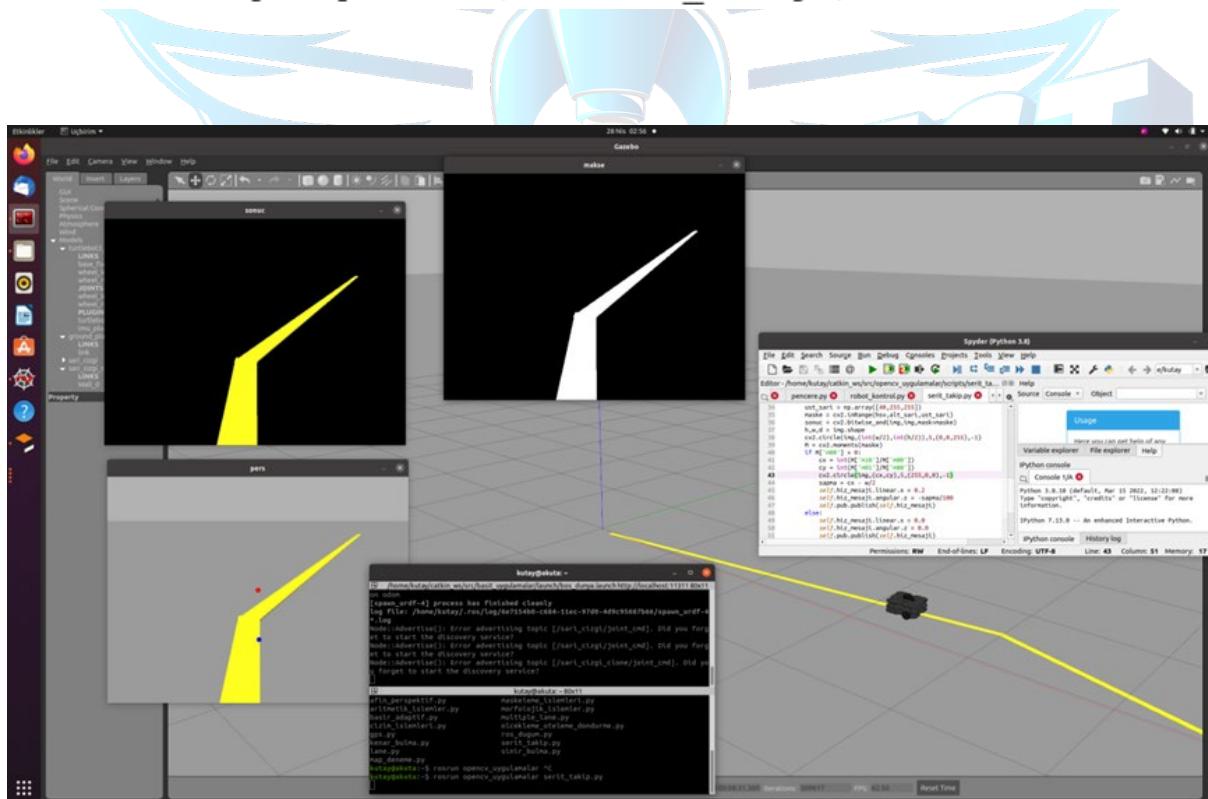
Robotumuzun yarışma isterlerine uygun hedeflenen rotada yük alma, taşıma ve bırakma yapabilmesi adına şerit takibi yazılımı son derece önem arz etmektedir. Şerit takibi için hem QTR8A sensör hem de kamera kullanılarak şerit takibinin sistem doğruluk skoru arttıracaktır. Projenin şerit takibi yazılımı bu bölümde detaylandırılacaktır. [19]

Bu uygulamada şeridin renginden faydalanyılmıştır. Uygulamadaki şeridin rengi sarı renkte olduğundan bu rengin tonlarını daha rahat bulabilmek için normal bgr sarı renk (0,255,255) cv2.cvtColor() fonksiyonu ile hsv formatına dönüştürülmüştür. Bazı bölgelerde ışıklandırılma durumundan dolayı şeridin sarı rengi daha koyu ya da daha parlak şekilde kameraya gelebilir. HSV formatı bgr8 gibi 3 formattan oluşan bir renk uzayıdır. Sarının her tonunun algılanabilmesi için bir alt sarı ve üst sarı belirlenir. Alt sarının hsv değerleri (20,100,100) iken üst sarının hsv değerleri (40,255,255) şeklindedir. Gelen ham görüntünün filtrelenmesi için bir maske oluşturulur. Bu maske cv2.inRange() fonksiyonu ile oluşturulur ve bu fonksiyona resimle beraber alt_sarı ve üst_sarı değerleri yollanır böylece bu iki değer arasında kalan tonlar filtrelenerek maske değişkenine yollanır. cv2.bitwise_and() fonksiyonu kullanılarak oluşturulan maske fotoğraf'a uygulanılarak filtreleme işlemi bitirilir. Görüntünün genişlik ve yükseklik değeri alınıp yarıya bölünerek cv2.circle() fonksiyonu ile görüntünün orta noktasına daire çizilir. Bu daire test aşamasında olabileceği sorunları daha kolay çözebilmek için kullanılacaktır. Filtrelenmiş görüntünün cv2.moments() ile moment noktaları alınır vefiltrelenmiş görüntü yalnızca şeridi göreceğinden bu momentlerden çıkartılan ağırlık merkezi şeridin orta noktasında oluşur. m10 momentini m00 momentine bölerek ağırlık merkezinin x koordinatını bulurken m01 momentini m00 momentine bölerek ağırlık merkezinin y eksenindeki konumu bulunur. Görüntüde şerit olmadığı durumda m00 0 değerini alacağı için matematiksel bir hata oluşmaktadır, aynı zamanda şeridin olmadığı bir bölgede istisnalar haricinde ilerlenmesi istenmediği için m00 momenti 0 değerini aldığında hesaplama yapılmadan kod bloğunda else'e giderek hız mesajı ile motorlar durdurulur, if bloğunda ise ağırlık merkezi bulunma hesabı yapılır ve gözlem için ağırlık merkezinin bulunduğu konuma daire çizdirilir. Şerit takibi için ağırlık merkezinin yatay konumundan görüntünün orta noktasının yatay konumu çıkartılarak sapma hesaplanır. Daha sonra araca bu hesaplara göre bir açısal hız değeri gönderilir. Bu açısal hız değeri sapmanın, önceden test edilen belirlenmiş bir orana bölünmesi ile bulunur.

```

hsv = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2HSV)
alt_sari = np.array([20,100,100])
ust_sari = np.array([40,255,255])
maske = cv2.inRange(hsv,alt_sari,ust_sari)
sonuc = cv2.bitwise_and(img,img,mask=maske)
h,w,d = img.shape
cv2.circle(img,(int(w/2),int(h/2)),5,(0,0,255),-1)
M = cv2.moments(maske)
if M['m00'] > 0:
    cx = int(M['m10']/M['m00'])
    cy = int(M['m01']/M['m00'])
    cv2.circle(img,(cx,cy),5,(255,0,0),-1)
    sapma = cx - w/2
    self.hiz_mesaji.linear.x = 0.2
    self.hiz_mesaji.angular.z = -sapma/100
    self.pub.publish(self.hiz_mesaji)
else:
    self.hiz_mesaji.linear.x = 0.0
    self.hiz_mesaji.angular.z = 0.0
    self.pub.publish(self.hiz_mesaji)

```



Şekil 4.3.36 Gazebo simülatörü üzerinde şerit takibi çalışmaları

Simülasyonda renge göre şerit takibi problemi çözülmesi sonrası şerit takibinin daha tutarlı olabilmesi ve şerit rengi fark etmeksizin şeridi algılayıp takip edebilmesi amacıyla yeni bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmanın ilerlemesi ve mantığı önceki çalışmadan daha farklı

uygulanmasını gerektirmiştir. İlk adım olarak Gaussian Blur kullanılarak gelen görüntüdeki gürültüler azaltıldı. Sınırların daha kolay bulunabilmesi için threshold kullanılmıştır. cv2.THRESH_OTSU kullanılarak threshold'un alt ve üst limiti otomatik olarak belirlenmiştir. Bu sınırlar kullanılarak görüntü binary görüntüye çevrilmiştir ve görüntüde sınır bulmak daha da kolaylaştırılmıştır. Daha sonra bu görüntünün cv2.Canny() fonksiyonu kullanılarak sınırları belirlenmiştir.

```
gaus = cv2.GaussianBlur(img, (5,5), 0, cv2.BORDER_DEFAULT)

ret, otsu = cv2.threshold(gaus, 0, 255, cv2.THRESH_BINARY+cv2.THRESH_OTSU)
edge = cv2.Canny(otsu, 100, 230)
```

Bu aşamadan sonra ise ilk etapta sık kullanılan Hough Line Transform yöntemi denenmiştir. Ancak üretilen vektörler kararsız olduğundan bu yöntemden vazgeçilmiştir. Önceki uygulamada yapıldığı gibi görüntünün momentleri hesaplanarak ağırlık merkezi bulunur, bu ağırlık merkezi noktası şeridin orta noktasını verir ve yine görüntünün ağırlık merkezine olan uzaklık hesaplanarak araca bu sapmaya göre yön verilir. Bu durumda tasarlanan yazılım bir probleme sebep olmaktadır. Görüntüye farklı bir nesne girdiğinde araç şeritten çıkararak ağırlık merkezinin o nesneye göre hesaplanması sebep olmaktadır. Eğer yabancı nesne görüntüde çok büyük yer kaplıyorsa ağırlık o tarafa çökeceğinden doğrudan o nesnenin üzerine ilerlediği gözlemlenmiştir. Bu problem perspectiveTransform ile çözümlenmiştir. Görüntüye perspektif uygulamak gelen görüntünün bakış açısını değiştirmesini sağlar, esasında bu bakış açısının değişmesi söz konusu olmasa da görünüş olarak bakış açısı manipüle edilir. İşlemler görüntü üzerinden yapıldığından perspektif uygulamak işe yaramaktadır. Perspektifin uygulanışı ise şu şekildedir: 4 adet koordinat noktası verilir, bu koordinat noktaları takım tarafından hesaplanarak en uygun olacak şekilde belirlenir. Bu 4 nokta birleştirilerek bir alan oluşturular ve sadece bu alanı gören yeni bir görüntü elde edilir.

```
k1 = np.float32([[5,250],[605,250],[5,400],[605,400]])
k2 = np.float32([[0,0],[640,0],[0,480],[640,480]])
M = cv2.getPerspectiveTransform(k1,k2)
perspektif = cv2.warpPerspective(img,M,(640,480))
```

Dolayısıyla sadece aracın çizgiye bakacağı bir perspektif sağlanır ve yabancı nesneler görüntüye girmediginden araç şerit takibini başarılı bir şekilde gerçekleştirir.

QTR8A ile gerçekleştirilen çalışmada donanım içerisinde bulunan 8 sensör verisinin ortalama değerleri sonucu şerit takibi sağlanır. Aracın ileri, sağ ve sol hareketleri 8 sensörden alınan pozisyon bilgisine göre pwm ile rpm kontrolü sonucu gerçekleştirir.

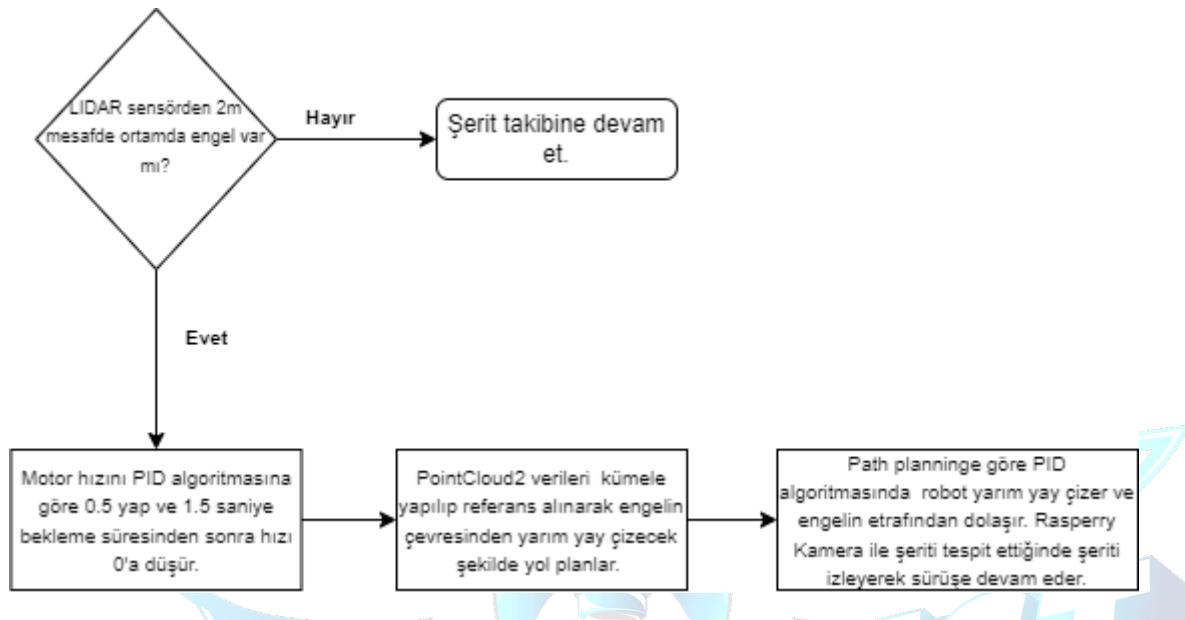
```
#define rightBaseSpeed 150
#define leftBaseSpeed 150 |
#define maximumRightSpeed 130
#define minimumRightSpeed 50

#define rightMotor1 22
#define rightMotor2 24
#define rightMotorPWM 2
#define leftMotor1 26
#define leftMotor2 28
#define leftMotorPWM 3

float sum = 0;
for(int i=0;i<10;i++){
    sum+=qtr.readLineBlack(sensorValues);
}
position = sum/10.0;
```

4.3.3.2 Engelden Kaçma Yazılım Süreci

Engelden kaçış algoritmasının yazılım sürecinde şartname öncesinde gerçek araç üzerinde QTR8A sensör yardımıyla yol ayrimını tespit edip farklı rotaya girme ve Gazebo simülatörü üzerinden ise robot üzerindeki kameralan gerekli maskelemeler sonucunda engeli tespit edip farklı şeritten giden testler gerçekleştirildi. Şartname güncellemesinden sonra ekibimiz ivedilikle engelin etrafından şerit olmadan farklı rotaya girme çalışmaları gerçekleştirdi. Engelden kaçma yazılımının akış diyagramı aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.3.37 Engelden kaçma yazılımı akış diyagramı

Simülasyonun şerit takibinden bir sonraki aşaması için aracın yol ayrimının hesaplanması hedeflendi. Algoritma, işlemlerin iki farklı görüntü üzerinden yapılmasına göre ayarlandı. Bir görüntüde önceki uygulamada yapıldığı için şerit takip edilirken diğer görüntüde daha ileri bakılarak yol ayrimı bulmaktadır. Bu görüntülerden ilki takip içindir ve görüntünün alt taraflarını görecek şekilde noktalar hesaplanarak belirlenmiştir. İkinci görüntü ise yol ayrimını bulmak içindir ve bu görüntüye de orijinal görüntünün uzak taraflarını görecek şekilde perspektif uygulanmıştır. İki görüntüye de önceki uygulamada uygulanan işlemler uygulandı: görüntüler binary görüntüye çevrildi ve Canny [20] kullanılarak sınır bölgeleri bulundu. Canny görüntüde keskin olarak belirlenmiş kenarları bulmak için son derece etkin olarak kullanılan bir algoritmadır.

Uygulamanın bir yol seçimi durumunda seçtiği yoldan ilerleyebilmesi için maskeleme işlemi kullanıldı. Bu maskelenmiş görüntüler takip görüntüsü üzerinde oluşturulmuştur. Bu maskelerden biri görüntünün sol tarafını kapatırken diğer maske görüntünün sağ tarafını kapatıyor. Bir yol ayrimı seçiminde de seçtiği yoldan ilerlemesi bu maskeler sayesinde sağlanıyor. Eğer araç solda kalan yoldan devam edecekse ağırlık hesabını takip görüntüsünden yapmak yerine takip görüntüsünün sağ tarafı kapatılmış maske görüntüsünden yapılır. Bu maske görüntüsünde sağ tarafta kalan yol tamamen siyaha boyanacağı için ağırlık merkezi solda kalıyor ve böylece aracın sağ yolu görmeden sol yoldan ilerlemesi sağlanıyor.

```

sol_maske = np.zeros_like(img)
sol_maske = cv2.fillPoly(sol_maske,sol_dortgen,255)
sol_maske = cv2.bitwise_and(takip,sol_maske)

sag_maske = np.zeros_like(img)
sag_maske = cv2.fillPoly(sag_maske,sag_dortgen,255)
sag_maske = cv2.bitwise_and(takip,sag_maske)

```

Engelden kaçmada bir sonraki aşama yol ayrimının fark edilmesidir. Görüntüler binary formatında işlendiğinden karışıklığın önüne geçilmektedir. Yapılması gereken matematiksel hesaplamalar counterlar kullanılarak yapılmıştır. Görüntünün sol tarafı için 4, sağ tarafı için 3 kontrol mekanızması ve döngü içerisinde sayaçlar oluşturulmuştur. Sayaçların çalışma mantığı ise şu şekildedir: Düz giden bir yolun sol tarafında bir yol ayrimı olduğu düşünülsün. Koordinat sisteminin x ekseni soldan sağa doğru artar. Görüntünün genişliği ise 640 pikseldir. 320 değeri bu görüntünün orta noktasıdır. $x=30$ için bir tarama yapılarak görüntünün en sol taraflarından bir ekseni incelediği düşünülsün. Görüntünün y ekseni ise yukarıdan aşağıya doğru artmaktadır ve 0-480 arasındadır. Bu durumda bir pikselin y'sinin 0 olması onun görüntüdeki en üstteki piksellerden biri olduğu anlamına gelir. Bir karşılaştırma değişkeni oluşturulur ve bu karşılaştırma değerinde $x=30$, $y=0$ konumunda bulunan pikselin değeri atanır. 1'den başlayıp 480'e giden dikey bir taramada bir döngü oluşturulur. Bu döngü içinde karşılaştırma değişkeninin piksel değeri döngüdeki bir sonraki pikselin renk değeri ile karşılaştırılır ve farklısa sayaç artırılır, farklı renk değerine sahip olan pikselin bilgileri karşılaştırma değişkenine aktarılır. Bu hesaba göre eğer solda yol ayrimı varsa ve $x=30$ ekseniyle çakışıyorsa oluşacak senaryo şu şekildedir: 0'ı siyah 1'i beyaz renk için kabul edilirse önce görüntü 0'dan başlar. Sayaç iki değerini verir ve bir çizginin üzerinden geçer. Yol ise iki çizgiden oluşuyor, aynı durum tekrar yaşanır. Bu durumda sayaç 4 değerini almış olur. Simülasyon içinde hareketli bir görüntü de olduğundan bu tarama 8 farklı eksende uygulanır, sırasıyla $x=0$, $x=10$, $x=20$, $x=30$, $x=40$, $x=400$, $x=520$ ve $x=640$ 'tir. Sayaçlar son aşamada toplanıp 8'e bölünerek en yakın tam sayıya yuvarlanır ve daha doğru değerler elde edilir.

```

karsilastirma = yol_ayrimi[0][0]
karsilastirma1 = yol_ayrimi[0][10]
karsilastirma2 = yol_ayrimi[0][20]
karsilastirma3 = yol_ayrimi[0][30]
karsilastirma4 = yol_ayrimi[0][40]
karsilastirma5 = yol_ayrimi[0][400]
karsilastirma6 = yol_ayrimi[0][520]
karsilastirma7 = yol_ayrimi[0][640]
count = 0

for i in range(1,len(yol_ayrimi)):

    if karsilastirma != yol_ayrimi[i][0]:
        karsilastirma = yol_ayrimi[i][0]
        count+=1
    if karsilastirma1 != yol_ayrimi[i][10]:
        karsilastirma1 = yol_ayrimi[i][10]
        count+=1
    if karsilastirma2 != yol_ayrimi[i][20]:
        karsilastirma2 = yol_ayrimi[i][20]
        count+=1
    if karsilastirma3 != yol_ayrimi[i][30]:
        karsilastirma3 = yol_ayrimi[i][30]
        count+=1
    if karsilastirma4 != yol_ayrimi[i][40]:
        karsilastirma4 = yol_ayrimi[i][40]
        count+=1
    if karsilastirma5 != yol_ayrimi[i][400]:
        karsilastirma5 = yol_ayrimi[i][400]
        count+=1
    if karsilastirma6 != yol_ayrimi[i][520]:
        karsilastirma6 = yol_ayrimi[i][520]
        count+=1
    if karsilastirma7 != yol_ayrimi[i][640]:
        karsilastirma7 = yol_ayrimi[i][640]
        count+=1
count = round(count/8)

```

Sonrasında basit bir kontrol ile yol ayrimi ismindeki boolean değişken count değişkenine göre True ya da False olarak belirlenir. Yol ayrimi görünürse araca dur mesajı gönderilir ve kullanıcıya konsoldan yol ayrimi bilgisi verilir. Bu durumda bir problem ile karşılaşılır: yol ayrimının gözetlenmesi ve aracın sürekli olarak durdurulup aynı yol için tekrar tekrar hangi yoldan gideceğininin sorulmasıdır. Bu problem ise bir boolean değişken kullanılarak çözülmüştür. Araca bir defa sorulduğunda bu boolean değişkeninde False değeri atanır ve tekrar tekrar araca yol ayrimi sorulmasının önüne geçilir. Yol ayrimının görüntüsü ekran açısından çıkana kadar bu boolean değişken True olarak ayarlanmaz, dolayısıyla aynı yol ayrimi için sürekli sormak yerine tamamen farklı bir yol ayrimi görüldüğünde sorulması sağlanır.

Bir sonraki aşamada takip kamerasında yol ayrimi tespit edilene kadar araç normal şekilde şerit takip ederek ilerlemektedir. Yol ayrimına gelindiğinde ise yol_ayrimında kullanılan filtre takip için uygulanır, ancak önceki uygulamadan farklı olarak bu yatay eksende tarama gerçekleştirilir. Yol ayrimi için sayaç kullanılır. Bir yol ayrimında iki yol görünür ve her yol 2 çizgiden oluşur. Görüntüde her bir çizgi atladığında sayaç 2 artar. Sonuç olarak sayacın 8 göstermesi dönüse gelindiğini ve yol ayrimının fark edilmesini sağlar 0->1->0->1->0->1->0.

```

karsilastirma = takip[50][0]
karsilastirma1 = takip[100][0]
karsilastirma2 = takip[150][0]
karsilastirma3 = takip[200][0]
karsilastirma4 = takip[250][0]
count2=0
for i in range(1,len(takip)):

    if karsilastirma4 != takip[250][i]:

        karsilastirma4 = takip[250][i]
        count2+=1
    if karsilastirma3 != takip[200][i]:

        karsilastirma3 = takip[200][i]
        count2+=1
    if karsilastirma2 != takip[150][i]:

        karsilastirma2 = takip[150][i]
        count2+=1
    if karsilastirma1 != takip[100][i]:

        karsilastirma1 = takip[100][i]
        count2+=1
    if karsilastirma != takip[50][i]:

        karsilastirma = takip[50][i]
        count2+=1
count2 = round(count2/5)

```

Yol ayriminin fark edilmesi sonucu aracın harekete geçirilmesinin sağlanması gerekmektedir. Yukarıdaki kod parçasında görüldüğü üzere yol ayrimı olması durumunda kullanıcının hangi yöne gideceğinin belirlenmesi ile o maskenin ağırlık merkezi hesaplanmaktadır. Eğer yol ayrimı yoksa else'e girip maskesiz takip görüntüsünün ağırlık merkezi hesaplanmaktadır. Önceki çalışmada gerçekleştirildiği gibi burada da araç yönü görüntünün merkez noktasıyla ağırlık merkezi noktasının arasındaki farka göre hesaplanmaktadır.

Simülasyonun bir sonraki aşamasında engelden kaçma gerçekleştiriliyor. LIDAR'dan sağlanan veriler kullanılır. LaserScan mesajı 360 derecede, her derece için bir mesafe verisi gönderir, 360 derece olduğundan 360 tane float veri gelir, dizinin ilk verisi 0. derecenin verisini verirken son verisi 359. derecenin uzaklık verisini vermektedir. Öncelikle aracın ön, arka, sağ ve sol kısımları belirlenmiştir. 350-9 derece arası ön olarak tanımlanırken 80-100 sol, 170-200 arka, 260-280 sağ olarak tanımlanmıştır.

Öncelikle kontrol için oluşturulan boolean değerleri tanımlanmıştır

1. Clock: Kronometrenin başladığını belirten değerlerden biridir, asıl amacı engelin ilk görüldüğünün haricinde sürekli uyarı mesajı vermemesidir ("Engel algılandı 15 saniye....")
2. Tick: Doğru olması durumunda kronometreyi başlatır, kronometre başladıkten sonra her seferinde zamanlayıcıyı tekrar başlatıp sıfırlamaması için False olarak ayarlanır.
3. Tekrar Lazer: İki senaryodan birinin seçilmesi durumunda (engelin yoldan çekilmesi ya da 15 saniyenin geçmiş olması) tüm işlemleri aynı engel için tekrar başlatmaması için bir engel.

4. Beklendi: 15 saniyede engelin önünden çekilmemesi durumunda True olarak ayarlanır.
5. Yol Sağda Mı: Alternatif rotanın sağda mı yoksa solda mı olduğunu belirten değer.

Zamanlayıcının başlaması:

Araç ile önündeki nesnenin arasındaki mesafe 2 metreden küçükse ve zamanlayıcı başlamamışsa uyarı verilir ve zamanlayıcının çalıştığını belirtmek ve zamanlayıcının çalışmasını sağlamak için clock değişkeni True olarak ayarlanır. Eğer zamanlayıcı hali hazırda başlamışsa ve önündeki engelle arasında hala 2 metre mesafe varsa anlık kaydedilen zamandan başlangıç zamanı çıkartılarak geçen zaman hesaplanır. Eğer geçen zaman 15 saniyeden fazlaysa zamanlayıcının durduğunu göstermesi için clock False olarak ayarlanırken başka bir engel gördüğünde zamanlayıcıyı tekrar başlatılmesi için tick True olarak ayarlanır. Tekrardan aynı engel için işlemler yapmaması için tekrar lazer False olarak ayarlanır ve bekleni True olarak ayarlanarak artık aracın alternatif rotayı takip etme süreci başlar.

Eğer zamanlayıcı başladıysa ve zamanlayıcı başladıkten sonra önünden engel çekilirse kontrol paneli ile kullanıcı bilgilendirilir, zamanlayıcı ayarları için aynı şekilde clock ve tick ayarlanırken bekleni, False olarak ayarlanır. Herhangi bir engel yoksa ve zamanlayıcı başlamamışsa alternatif rota durumuna göre sağda ise, soldan git; solda ise, sağdan git komutu verilir.

Alternatif rotanın bulunması ise şu şekildedir:

Görüntünün solundan ve sağından dikey taramalar yapılır. Burdan çıkan değerlere göre alternatif yolun sağda mı yoksa solda mı olduğu anlaşılır. Daha sonra bekleni değerine bakılarak 15 saniye beklenme durumu mu yoksa engelin aracın önünden çekilme durumu mu olup olmadığı kontrol edilir. Eğer beklenme durumu gerçekleşiyse değişkenler alternatif rotadan gidecek şekilde ayarlanır. Daha sonra önceki çalışmada olduğu gibi takip kamerasının yol ayrimına gelip gelmediği belirlenir ve sağa git değerine göre araç yol ayrimı sırasında görüntünün sol ya da sağ tarafını kapatarak sağ ya da sol yoldan ilerlemeye başlar.

4.3.3.3 QR-Code Yazılım Süreci

Open source kütüphanelerinden biri olan ZBar ile qr okuma işlemini gerçekleştirilmesi planlanmaktadır. ZBar açık kaynaklı barkod ve 2 boyutlu kod(QR) algılama algoritması kütüphanesidir. Jetson Nano dan alınacak görüntü karelerini kullanarak qr algılama yapılmaktadır. Qr tarayıcıının zbar kullanarak tasarlanması dair örnekler bulunmaktadır. Jetson nano ile geliştirme dili olarak C++, geliştirme ortamı olarak Qt5 kullanılarak ve kameralan gelen verilerin işlenerek qr kodunun okunması sağlanır.

Aynı zamanda bu işlemin Opencv4 ile de yapılabileceği fakat zbar in ona göre daha efektif olduğu anlaşılmıştır.

4.3.3.4 Yer İstasyonu Yazılım Süreci

ROS üzerinde çalıştırılabilen her program dosyası bir node (düğüm) olarak tanımlanır. Düğümler arasında veri akışı topic (konu) üzerinden gerçekleşir. Kısacası Publisher düğümü bir konu başlığına yayın yapar. Subscriber düğümü ise ilgili konuya abone olur ve gelen verileri alır. Örneğin kameralan gelen görüntüye, Lidar uzaklık verilerine, sensörlerden gelen verilere ROS içerisinde Publisher-Subscriber ilişkisi ile ulaşılabilir.

İlk olarak oluşturulan arayüzün design dosyası .py dosyası haline getirilir. ROS üzerinden ekranda gösterebilmek amacıyla verilere ulaşabilmemiz için Publisher olan “arayüz” düğümü tanımlanır. Hız ve konum bilgisine ulaşabilmek için rospy.Subscriber() fonksiyonu üzerinden oluşturulan odomCallback() fonksiyonu ile “odom” çağrılr. Odometry içerisinde bulunan nav_msgs.msg mesaj paketi projeye import edilir. “nav_msgs.msg” ile gelen mesajdan aracın x ve y konum bilgilerine ulaşılır. Geometri_msgs ile aracın simülasyon üzerindeki doğrusal hızına ulaşılmaktadır.

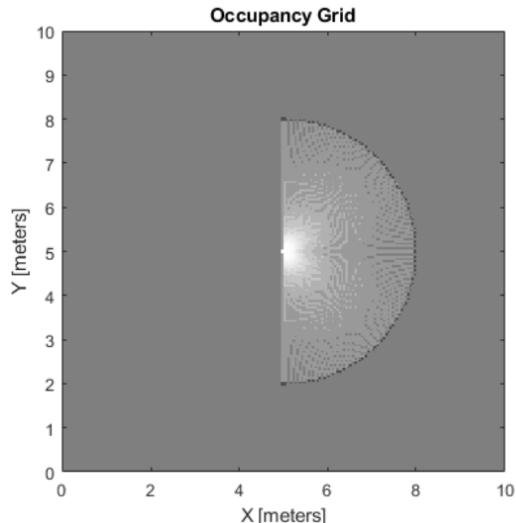
Aracın şerit takip ettiği ve haritalama sırasında gördüğü kamera verilerine ekrandan ulaşabilmek için Image Subscriberı oluşturularak kameraCallback() fonksiyonu çalıştırılır. kameraCallback() fonksiyonu ile aracın görev süresi ve kameranın gördüğü her resim ekranda yazdırılır. Daha öncesinde programın başlangıcı olduğunu belirten boolean clock değeri ve 0 olarak belirlenen başlangıç zamanı değişkeni oluşturulmuştur. Bu fonksiyonda time kütüphanesinin time() metodı ile o anki zaman alınarak başlangıç zamanı yeni zamandan çıkarılır. Böylece aradaki zaman farkı bulunur ve ekrana dijital rakamlarla yansıtılır. Kameradan gelen verinin okunması için openCv kütüphanesi import edilir. Gelen veri bridge yardımıyla “bgr8” formatında bir resme dönüştürülür. Ardından RGB formatına çevrilerek QPixmap yardımıyla pixmap haline getirilir ve ekranda bir label içerisinde gösterilmektedir. Kameradan gelen her mesaj için bu işlem gerçekleştirilir.

Arayüzde, aracın engel ile karşılaşması durumunda gerçekleştireceği hareketi bildirmesi ve bu süreci yansıtması için timeCallback() fonksiyonu ile mesajı alan “engel_timer” subscriberı oluşturulmuştur. Araç, engele rastladığında hareketi gerçekleştirebilmesi için 15 sn süresi bulunmaktadır. Gelen time mesajının verilen süreyle farkı kontrol edilerek aracın nasıl davranışacağı ve süresi ekrana yazdırılır.

Haritalama işlemini ekranda gösterebilmek için nav_msgs.msg mesajı OccupancyGrid Subscriberı içerisinde import edilir. Gelen harita verisi periyodik olarak güncellenir. Başlangıçta gelen mesaj, oluşturulan color_convertar() fonksiyonuna gönderilerek belirlenen renk formatına dönüştürülür. Numpy’ın reshape() fonksiyonu kullanılarak rengi decimal olarak belirlenmiş mesajdan 3d bir matris oluşturulur. flipud() fonksiyonu ile matrisin x eksene göre simetriği alınarak haritaya uyarlanır. İç içe for döngüsü içinde RGB formatına çevrilir. Yükseklik ve genişlik düzenlenmesi yapılarak haritaya çevrilen mesaj, pixmap'e dönüştürülür. Sonuç olarak ekran üzerinde belirlenen panel üzerinde gösterilmektedir.

4.3.3.5 Haritalama Yazılım Süreci

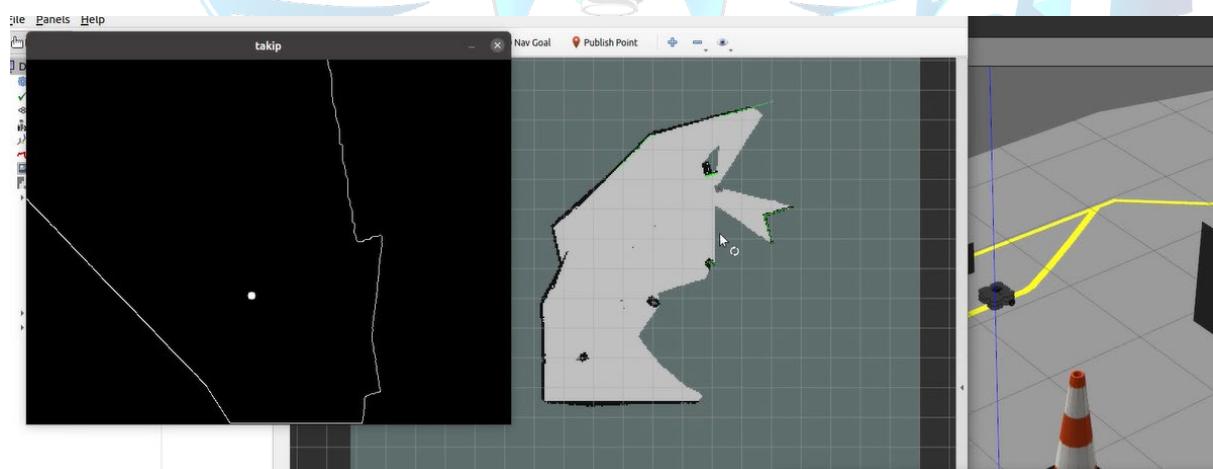
Occupancy grids, bir robot çalışma alanını ayrı bir grid olarak temsil etmek için kullanılır. Çevreyle ilgili bilgiler gerçek zamanlı olarak sensörlerden toplanabilir veya ön bilgilerden yüklenebilir. Lazer mesafe ölçerler, çarpma sensörleri, kameralar ve derinlik sensörleri, robotunuzun ortamındaki engelleri bulmak için yaygın olarak kullanılır. LIDAR ile yapılan çalışmaların diğer veri girişlerine göre sonuçlar aldığı gözlemlenmiştir.



Occupancy Grid

Şekil 4.3.38

Occupancy Grid metodu bölgenin haritalamasının 3 boyutlu ya da 2 boyutlu olma durumuna göre farklı teknikler ile kullanılmaktadır. Haritalamayı 2 boyutlu gerçekleştirileceği düşünüldüğünde olasılıksal occupancy grid metodu kullanılmasına karar verilmiştir. Bu yöntemde occupancy değerleri haritalama bölgesindeki engeller ve boşluklar üzerinden True ya da False değerlerinin atanması ile gerçekleştirilir. Simülasyon üzerinde gerçekleştirilen haritalama çalışması occupancy grid aracı kullanılarak yapılmıştır. Araç üzerinde gerçekleştirilecek occupancy grid metodunun algoritmik olarak uygulanıp yazılımların takım tarafından yapılması planlanmaktadır.



Şekil 4.3.39 Ros üzerinden gerçekleştirilen haritalama çalışması

4.3.4. Simülasyon Çalışmaları

4.3.4.1 Gazebo

Gazebo, Linux ortamında geliştirilmiş ücretsiz ve açık kaynak kodlu simülasyon ortamıdır. Bir ve birden fazla robotun 3 boyutlu ortamda simüle edilebildiği bir programdır. İlk aşamada dış ortama göre tasarlanmış fakat daha sonra kapalı ve açık mekanlar için geliştirilmiştir.

Gazebo, geliştiricilere Python gibi nesneye yönelik diller ile geliştirme yapma olanağı sağlamıştır. Diğer simülasyon programlarına nazaran Gazebo, sensör ekleme ve gerçeklenmesi konusunda daha verimlidir. Sensörlerden alınan verilere gürültülerin dahil edilmesi gerekmektedir. Gerçek dünyada gürültüsüz veriye ulaşılması imkansızdır. Bu nedenle simülasyon ortamının gerçek dünyadaki gibi gürültülü veri üretmesi sağlanarak ideal robot tasarımları gerçeklenmelidir. Gazebo'nun sensörleri sayesinde gürültülü veri oluşturmak mümkündür. Bütün bu özelliklere ek olarak ROS entegrasyonun olması ve ROS ile tam uyumlu olarak çalışması sebebiyle Gazebo simülasyon ortamı tercih edilmiştir.

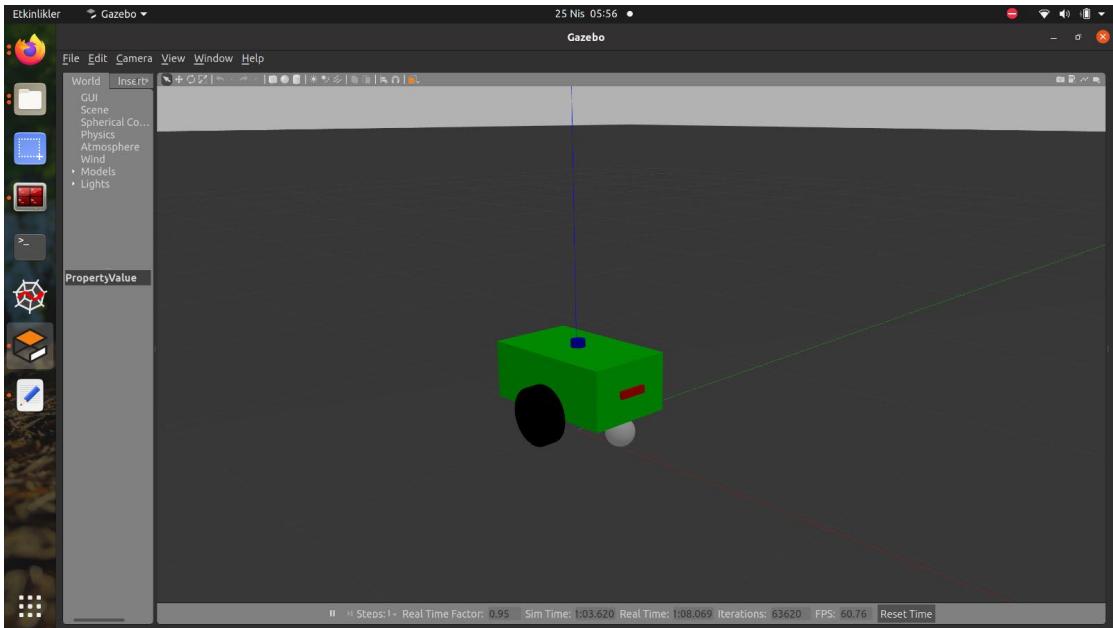
Gazeboda bir model aşağıdaki bileşenlerden oluşur.

- Link : Gazebo'da oluşturulacak modelin fiziksel özelliklerini, sınırlarını ve konum bilgilerini içerisinde barındırır. Visual ve Collision öğelerini içermektedir.
- Collision : Katı modelin çarpışma kontrolünün sağlanması için bir sınırlarını belirleyen yapıdır.
- Visual : Link içerisinde kullanılır. Modelin fiziksel özelliklerini tanımlayarak görselleşmesini sağlar. Her link'in fiziksel bir yapıda olması yani bir visual içermiş olması gerekmektedir.
- Inertial : Link modelinin ağırlık, atalet matrisi gibi özelliklerini içerir.
- Sensor : Plugin ögesi için veri toplar.
- Joint : Parent ve child modeli kullanılarak iki link'in birbirine bağlanması sağlanır.
- Plugin : Gazebo'da robot modelini hareket ettirmek için üçüncü parti olarak geliştirilmiş kütüphaneler kullanılır. Eklentinin kurulmasını sağlar.

Robot modellerken materyal ve yöntem:

Mobil robotun otomatik olarak hareket etmesi için algılayıcılara ve kontrol edebileceği bir gövdeye ihtiyacı vardır. Mobil robot Xacro dosyası ile ağırlık dosyaları oluşturulmuştur. Gazebo ortamında simüle edilmiştir. Hedefe ilerlerken konum ve yön verisini güncel olarak alınmalıdır. Bu sebeple yine Xacro dosyası düzenlenerek IMU, GPS ve Lidar algılayıcıları robot üzerine eklenmiştir. Anlık olarak engellerin konumunu belirlemesi ve ardından yol planını kullanarak hareket edebilmesi için kontrol yapısı oluşturulmuştur.

Mobil robotun yarışma esnasında karşılaşacağı sorunlara karşı testleri yazılım ve algoritma tasarlanırken test edilmiş ve ilgili bölümlerde detaylandırılmıştır.



Şekil 4.3.40 ROS Test Aracı

4.3.4.2 ROS

ROS (Robot Operating System), insan ile robot arasında iletişimini sağlayan açık kaynak kodlu bir ara yüz yazılımıdır. Kod üzerinden çok az değişiklik yaparak diğer robotlar üzerinde de çalışabilecek bir yazılım parçası geliştirmeyi hedefler. ROS sayesinde standart bir robot için yazılan standart bir algoritma yükle-kullan hızında çalıştırılabilir durumdadır.[21]

ROS'un en büyük rahatlıklarından biri de bağımsız bir dil mimarisine sahip olmasıdır. Aynı uygulama için C++, python, lisp ya da java gibi farklı diller kullanılabilir. [22] Hatta aynı robotik uygulamada birden fazla farklı dil kullanılarak uygulama gerçekleştirilebilir

ROS'da çalıştırılabilen her program dosyası bir node olarak tanımlanır. Düğümler arasında veri akışı topic denilen başlıklar ile gerçekleşir. Genelde publisher ve subscriber olarak iki farklı tipi mevcuttur.

Düğüm publisher olarak ilan edildiğinde subscriber ilanından farklı olarak yayıcının veri kullanımı için ayrı bir fonksiyon istemez, veri düğümün istenilen yerinde istenilen zamanda .publish ile veri yollanabilir. Subscriber'ın aksinde sürekli dönen bir iletişim yoktur, iletişimın sıklığı yayıcı tarafından belirlenir. Arayüzde butonlara bağlanan fonksiyonların içi hız mesajları ile doldurulur ve arayüzdeki her buton araca farklı hız mesajları göndererek farklı tepkiler vermesini sağlar. Abone olunan /odom konusundan gelen veriler ise sürekli olarak arayüze bastırılır.

```
rospy.init_node("arayuz")
self.pub = rospy.Publisher("cmd_vel",Twist,queue_size=10)
self.hiz_mesaji = Twist()
rospy.Subscriber("odom",Odometry,self.odomCallback)
```

4.4. Dış Arayüzler

4.4.1. Haberleşme

Proje detay raporu süresince revize edilen araç üzerinde veri haberleşmesini gerçekleştirmek amacıyla XBee modülü kullanılmıştır. XBee modülü, Digi firmasının üretmiş olduğu çoklu bağlantı imkanı sağlayan kablosuz iletişim cihazıdır. Araç üzerinde ve dış arayüzde bulunan iki adet XBee modülü kullanılarak araç ve arayüz arasında veri haberleşmesi sağlanmaktadır. Haberleşme, Digi firmasının tasarladığı XCTU programı ile gerçekleştirilmektedir. XCTU geliştirme uygulaması içerisinde eklenen arayüze bağlı XBee modülüne, araç üzerindeki modülün şifresi tanımlanmıştır. Böylelikle araç üzerindeki modül, verici; arayüzde bulunan XBee modülü, alıcı konumuna getirilmiştir. Araçta bulunan sensörler, Arduino kartına bağlı olmaktadır. Sensör verilerine Arduino kartı içerisinde bulunan yazılım ile ulaşılmaktadır. Sensör verileri, araca güç verildiği andan itibaren anlık olarak XBee modülü ile arayüzde bulunan XBee modülüne gönderilmektedir.

Arayüz üzerinde okunan sensör verilerini gösterebilmek amacıyla SerialPort bağlantısı açılmıştır. Serial Port bağlantısı ile Arduino'dan gelen veriler, bitiş verisi olarak tanımladığımız “1453” verisi okunduğunda bir diziye atanarak ayırtılmaktadır. Ayırtılma sonucunda arayüz üzerinde XBee modülünün bağlı olduğu COM Portu seçilerek veriler ekranda gösterilmektedir.

Robot ile kontrol paneli haberleşmesi noktasında ikinci bir alternatif olarak Esp8266 kullanarak Wi-Fi üzerinden haberleşmesi planlanmaktadır. Kullanılabilirliği ve ekonomik anlamda da uygun olan elektronik kartın Blynk Platformu üzerinden denemeleri de gerçekleştirilmiştir.

4.4.2. Kontrol Paneli

Proje detay raporu süresinde tasarladığımız kontrol paneli, kullanıcının robot ile olabildiğince etkileşime geçmesini sağlamak amacındadır. Python programlama dili kullanılarak PyQt5 geliştirme uygulaması üzerinde tasarlanmıştır.

Arayüz üzerinde gösterilmesi için araçtan ve ROS üzerinden veriler alınmıştır. Sensörlerden gelen sıcaklık, akım, hız, yük, araç konumu ve batarya bilgisi ekranda gösterilmektedir. Araca, güç verilmesi sonrası kontrol arayüzü üzerindeki başlangıç kilitinin tıklanması ile görev süresi başlamakta, çalışma halinde olan aracın arayüz üzerinden başlangıç kilidine tıklanması ile sonlanmaktadır. Görev süresi, ekranda dijital rakamlar ile gösterilmektedir. Arayüz üzerinde araca güç verilmesini ve kesilmesini sağlayacak Giriş/Çıkış butonu bulunmaktadır. Aracın kontrolsüz hızlanması, yön kaybı gibi herhangi bir sorun yaşaması durumunda hareketin kesilmesini veya başlamasını sağlayacak “Security Lock” isimli güvenlik kilidi oluşturulmuştur. Robotun hız kontrolünü kaybetmesi durumunda kullanıcı, “Security Lock” butonuna basarak robotun hareketini durdurabilir fakat güç kesilmemektedir. Araçta, engel gördüğünde veya yük alımı gerçekleştirdiğinde uyarı göndermesi için “buzzer” kullanılmaktadır. Arayüz üzerinde buzzer ile bir uyarı verildiğinde gösterilebilmesi için “Cation” simgesi bulunmaktadır. Otonom aracımızın yol ayrimında veya yükleme/boşaltım esnasında gerçekleştirdiği eylemleri kullanıcıya bildirmesi için arayüz üzerinde “Fail Safe Mod” tasarlanmıştır. Fail Safe Mod içerisinde, araç gerçekleştirdiği eylemleri yazı ile kullanıcıya bildirmekte, yük veya engel ile karşılaşması durumunda 15 sn karar sürecini göstermektedir. Arayüz içerisinde aracın şerit takibi süresince gerçekleştirdiği yön değişimleri IMU sensör kullanılarak bir gösterge ile gösterilmiştir. Aracın sağa ve sola dönüşlerinde

gösterge 0 noktasından sağ ya da sol aşağı kaymaktadır. Kameranın kaydettiği görüntüyü gösteren bir panel arayüzde bulunmaktadır. Kameradan gelen veriler haritalama ile beraber canlı akış olarak ekranda görülebilmektedir. Detay raporu süresince ROS içerisinde modellenen aracın kamera verisi arayüz üzerinde gösterilmektedir.



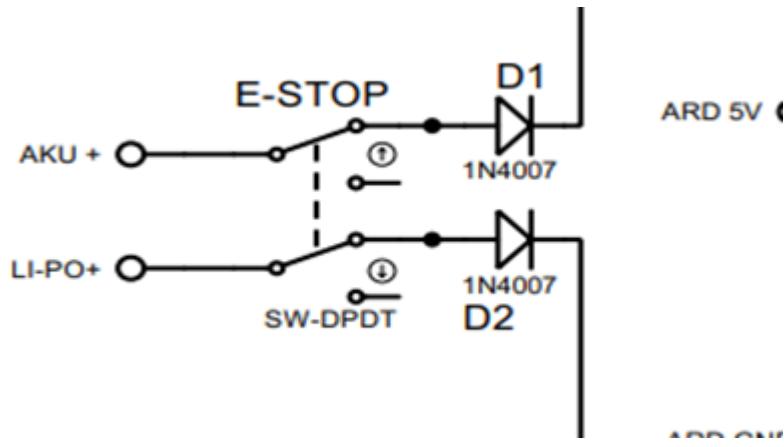
Şekil 4.4.1 Arayüz

Ön tasarım raporu ile proje detay raporu süresince aracın kontrol paneli hedeflendiği gibi son halini alacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

5. GÜVENLİK

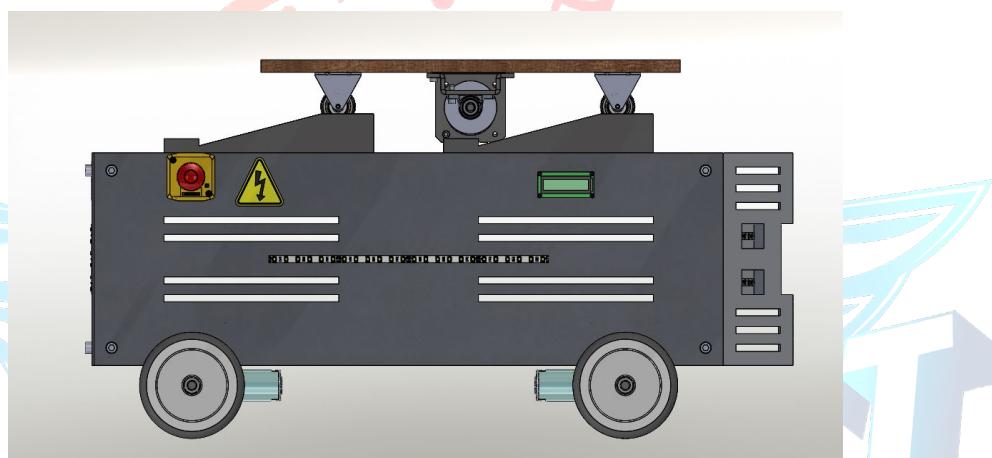
Araç üzerine tasarım ve üretim süreçlerinde güvenlik en önemli faktördür. Yapılan analizler sonrasında aracın mekanik, elektronik ve yazılımsal bölgelerinde olası problemler analiz edilerek bu problemlere karşı güvenlik önlemleri alınmıştır.

Araca el ile müdahale edilerek tüm gücün kesilebilmesi amacıyla araç üzerinde kolay ulaşılabilir bir bölgeye acil durum butonu yerleştirilmiştir. Acil durum butonu, istenmeyen bir durum olduğu zaman sistemden güç akışını tamamen kesen butondur. Sistemdeki güç akışını en hızlı şekilde kesebilmesi için de acil durum butonu, aşağıdaki şekilde de görüldüğü gibi, güç kaynaklarının pozitif kutuplarının yanına konumlandırılmıştır.



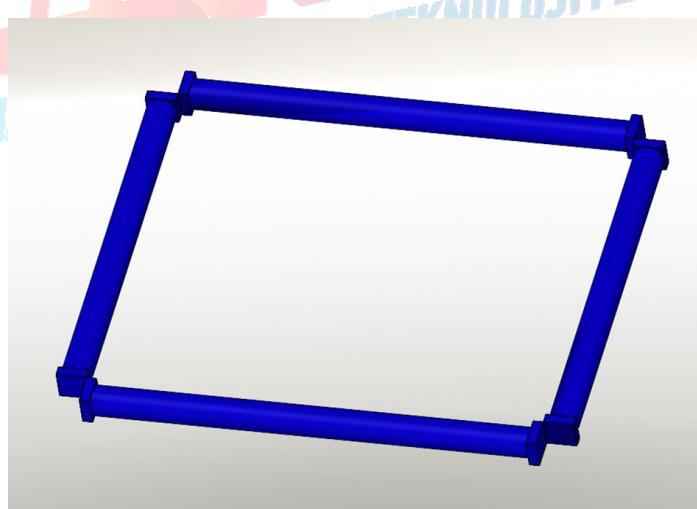
Şekil 5.1. Acil Durum Butonu

Sistemde iki farklı güç kaynağı kullanıldığından acil durum butonu DPDP kontak olarak seçilmiştir. Bu sayede iki farklı güç kaynağı sistemden tek bir anahtar aracılığıyla kesilebilecektir.



Şekil 5.2. Acil Stop Butonu Robot Üzerinde Konumu

Aracın anlık hareketleri sonucu olası kaza durumlarını en aza indirmek amacıyla araç etrafına tampon tasarlanmıştır.

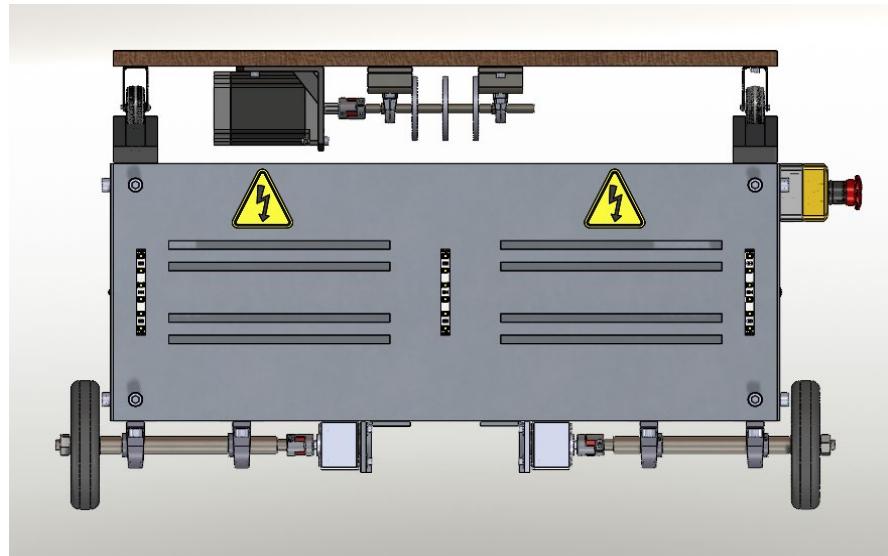


Şekil 5.3. Araç önündeki tampon tasarımlı

Yük alma ve bırakma operasyonlarında yükün taşıma platformu üzerinden kaymaması amacıyla platforma kaydızmadır kaplama yapılması düşünülmektedir. Kullanılan elemanların verimli ve kararlı çalışabilmesi ideal sıcaklık değerlerine bağlı olduğundan araç yüzeyinde izgaralar tasarlanmaktadır. Izgaralara soğutucu fan sistemi sabitlenerek sıcaklık sensörü üzerinden alınan veriler fan devresi ile haberleşerek araç içi ideal sıcaklık seviyesinin korunması planlanmaktadır.

Kullanılan temel enerji kaynağı olan lityum demir fosfat tipi akünün yüksek deşarj akımları olduğu bilindiğinden düşük güçte çalışan kontrol kartları ve sensörler için harici bir Li-Po kaynağı kullanılmıştır. Aküden motor sürücülere; Lipo pilden sensörler ve diğer kartlara yapılacak beslemelerde cam sigorta kullanılarak ana sigorta haricinde güvenlik önlemi alınmıştır. Araç içi kartların çalışma durumlarının kolaylıkla görülebilmesi ve aracın çalışma durumlarının fark edilebilmesi için LED'ler eklenmiştir. Elektronik kart üretim süreçleri üniversite laboratuvarında güvenlik önlemlerine uyularak yapılmıştır. Kullanılan devre elemanları veri kağıtları okunarak elemanların aracın maksimum sıcaklığı ve çalışma sürelerinin teyit edilmesi ile seçilmiştir. Devre kartları olası çarpma, patlama durumları için araç içinde kutulanarak izolasyonu sağlanması planlanmıştır. Hazırlanan kartlar kablo karışıklığı gibi hataya yol açabilecek durumların önüne geçilerek tasarlanmıştır. Kablo seçimi standartlara uygun olarak seçilmiştir. Kaynakların izolasyon bandı ile izolasyonu sağlamak ve hava akışının en iyi olduğu bölgede konumlandırması yapılmaktadır.

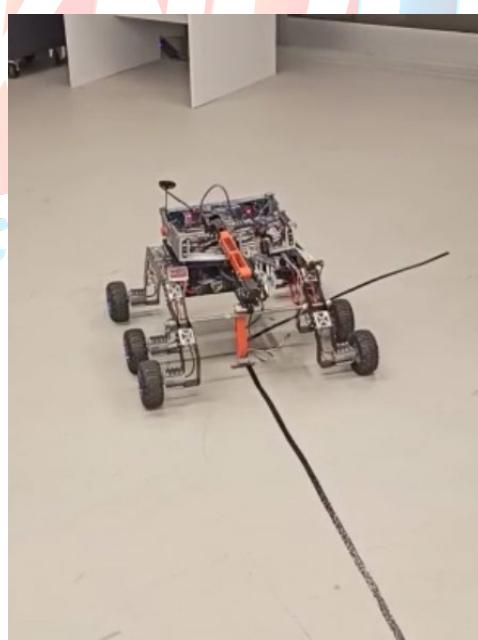
Yazılım çalışmaları ile gerekli güvenlik önlemleri; karakteristik buzzer durum sesleri, uyarı ışıklandırmaları, yer istasyonu üzerinden güvenlik kilidi ve hata emniyeti modları tasarlanması ile alınmıştır. Başlangıç durumlarında araç enerjisi ilk verildiği anda olası bir kaza oluşmaması amacıyla yer istasyonu üzerinden başlangıç kilidi tasarlanmıştır. Başlangıç kilidinin diğer bir fonksiyonu aracın çalışırken kontrolünü kaybetmesi, acil stop butonuna ulaşılamayacak konumlarda bulunması durumunda hareketinin durdurulmasıdır. Aracın engel ile karşılaşması durumunda araç üzerine mesafe sensörü aracılığıyla buzzerin 15 saniye boyunca 2 saniye uzun 1 saniye kısa çalması sağlanmaktadır. 15 saniye boyunca engelin kaldırılmaması durumunda araç alternatif yolu tercih ederek ilerleyişine devam etmektedir. Yüksek deşarj akımları için yer istasyonu üzerinde uyarı mesajı alınması planlanmaktadır. Yer istasyonu üzerinden batarya emniyeti modu tasarlanarak bataryanın %25'in altına düşmesi durumlarına karşın uyarı ışıklandırması ve 3 saniye sesli 2 saniye sessiz olacak şekilde buzzer seslendirilmesi yapılması düşünülmüştür. Bataryanın %20 altına düşmesi durumunda yer istasyonunda başlangıç kilidi açılmadan önce arayüz üzerinden belirlenen modlardan birinin çalışması sağlanır. Aracın dış kısmında bulunacak LIDAR ve diğer sensörlerin zarar görmemesi için gerekli muhafaza etme işlemleri yapılmıştır.



Şekil 5.4 Araç arkadan görünümü

6. TEST

Ön tasarım raporu sonrası planlanan tasarımlar üzerinde gerçekleştirilen ve gerçekleştirilmemesi planlanan testler bulunmaktadır. Büyük maliyet kayıplarından kurtulmak, kararlı bir sistem üretebilmek amacıyla gerçekleştirilen testler 2 yöntem üzerinden ilerlemektedir. İlk yöntem gerçek ortam testleridir. Üretim aşamasında olan şasi, üretim aşaması tamamlanmış motor sürücü kartı, güç dağıtım devre kartı ve var olan bir basit kara aracının revize edilmesi ile isterleri karşılayacak yazılımsal çalışmaların test edilmektedir. Araç revizyonunda şartname güncellenmeden önce üzerinde gereksiz bağlantılar çıkarılarak sıcaklık, gerilim, mesafe sensörleri eklenmesinden oluşmaktadır. Araç üzerinde yapılan testler şerit takibi, rfid okuma ve yer istasyonu testinde olmaktadır. Şartname güncellendikten sonra RF kartını okuma çalışmaları son bulmuştur.

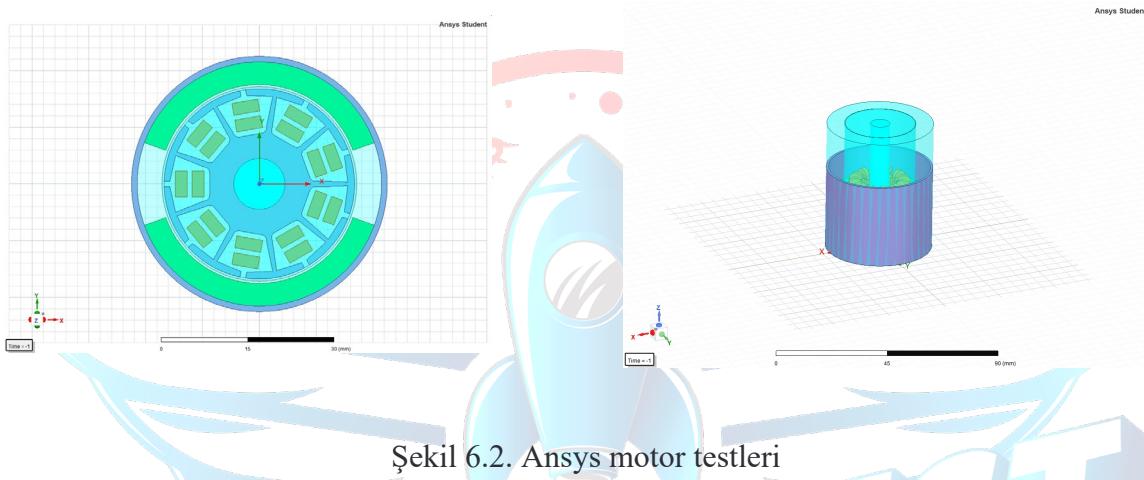


Şekil 6.1 Gerçek Araç Üzerinde Gerçekleştirilen Testler

İkinci yöntem olarak gerçekleştirilen testler yarışmanın haritasının Gazebo simülatöründe oluşturularak şartnameye benzer senaryolarda testleri gerçekleştirilmektedir.

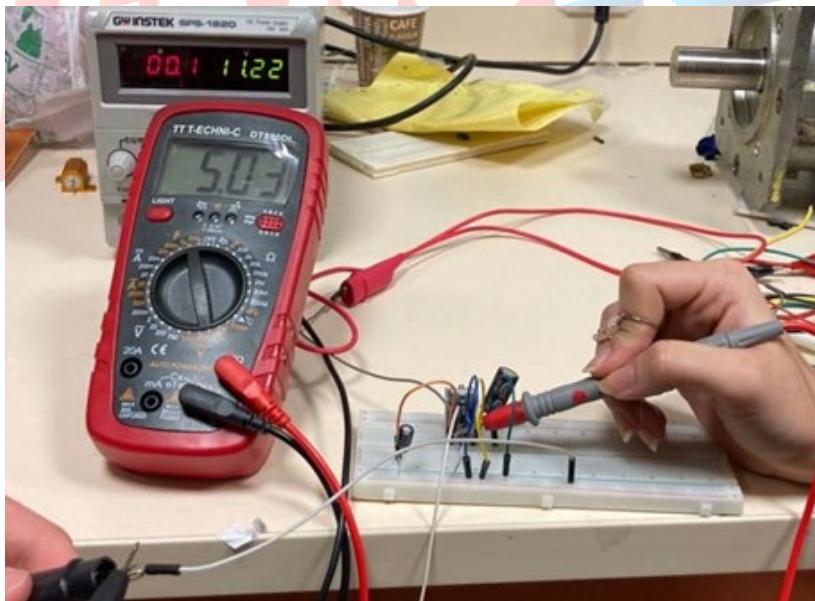
Şasi Ansys Analizi Testi: Aracın yükünü taşıyacak olan şasi, yük dağılımı, stres analizi ve malzeme dayanımı gibi özelliklerin ölçümleri için Ansys üzerinde oluşturulan simülasyon ortamında sanal olarak test edilmiştir.

Doğru Akım Ansys Motor Testi: Motorun Ansys Maxwell ortamında simüle edilerek test edilmesi amaçlanmıştır. Takımın aynı zamanda yerli motor üretimi planları bulunduğuundan bu program üzerinde testlerin gerçekleştirilmesi önemli bir hamledir.



Şekil 6.2. Ansys motor testleri

Güç dağıtım kartı testi: Güç dağıtım kartı üzerinde kullanılan regülatör testi aşağıdaki görselde gösterilmiştir.



Şekil 6.3. LM2576T-5 voltaj regülatörünün testi

Motor Sürücü Testi: Laboratuvara yapılan çalışmalarla PWM sinyali üretmek amacıyla kullanılacak arduino temin edilmemiş olduğundan farklı bir çözüm düşünülmüştür. Sonuç olarak HIN pinine gerilim kaynağından alınan kare dalga LIN pinine çözüm amacıyla oluşturulan Not kapısı devresi üzerinden kare dalganın terslenmiş hali verilerek gerçekleştirılmıştır. Arduino temin edilmemiş olduğundan yazılmış olan kodun değerlerine benzer değerler kaynağı manuel kontrolü ile gerçekleştirılmıştır.

```
#define INAHIGH 5 // pwm girişi A HI MOSFET
#define INBHIGH 6 // pwm girişi B HI MOSFET
#define INALOW 7 // giriş A LO MOSFET
#define INBLOW 8 // input B LO MOSFET

#define POT 0

#define BUTON1 2
#define BUTON2 3

int deger;

void setup() {
    pinMode(INAHIGH, OUTPUT);
    pinMode(INBHIGH, OUTPUT);
    pinMode(INALOW, OUTPUT);
    pinMode(INBLOW, OUTPUT);

    digitalWrite(INAHIGH, LOW);
    digitalWrite(INBHIGH, LOW);
    digitalWrite(INALOW, LOW);
    digitalWrite(INBLOW, LOW);

    pinMode(BUTON1, INPUT);
    pinMode(BUTON2, INPUT);

    pinMode(BUTON1, INPUT_PULLUP);
    pinMode(BUTON2, INPUT_PULLUP);
}

void loop() {

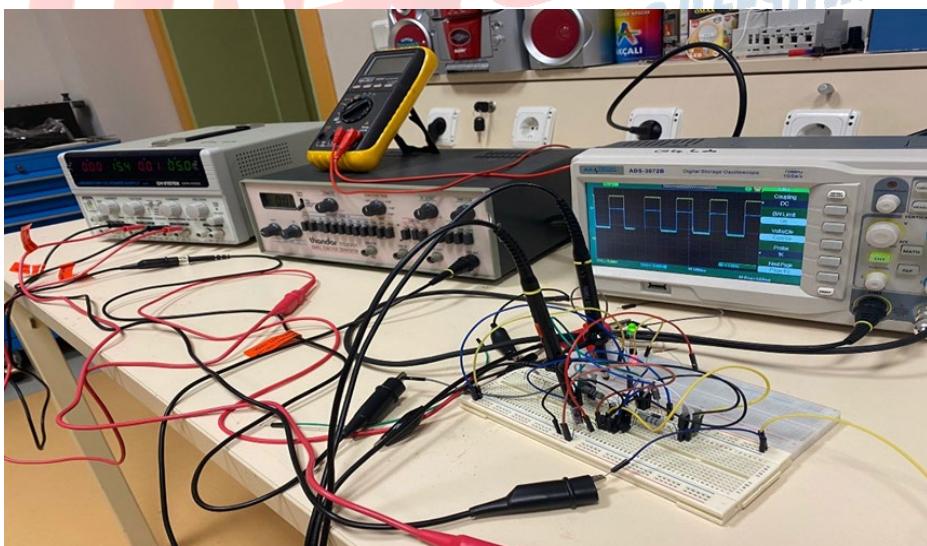
    analogWrite(INAHIGH, 0);
    analogWrite(INBHIGH, 0);

    // Q1 ve Q4 aktif durumu
    while (!digitalRead(BUTON1)) {
        digitalWrite(INALOW, LOW);
        digitalWrite(INBHIG, LOW);
        deger = analogRead(POT) / 4;
        analogWrite(INAHIGH, deger);
        digitalWrite(INBLOW, HIGH);
    }

    // Q2 ve Q3 aktif durumu
    while (!digitalRead(BUTON2)) {
        digitalWrite(INAHIGH, LOW);
        digitalWrite(INBLOW, LOW);
        deger = analogRead(POT) / 4;
        analogWrite(INBHIG, deger);
        digitalWrite(INALOW, HIGH);
    }

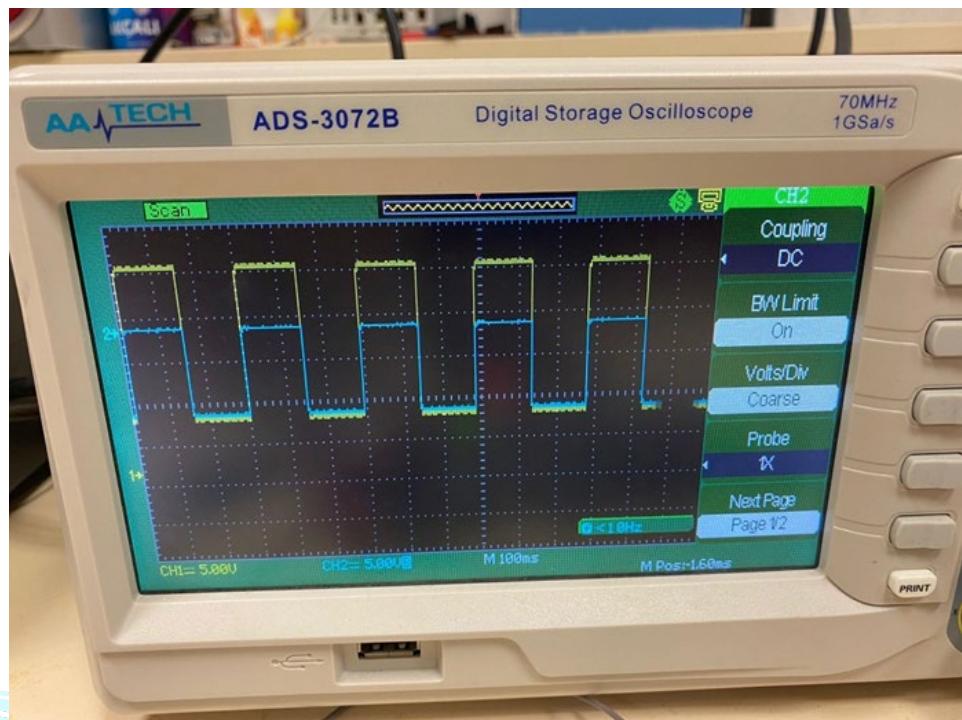
} // döngüyü bitir
```

Düşük bir seviyede olan PWM girişi devrenin çıkışında daha yüksek bir seviyede (Şekil 6.3) gözlemlenmiştir. Motor sürücü devresi motorlar temin edildikten sonra yükte tekrar test edilecektir.

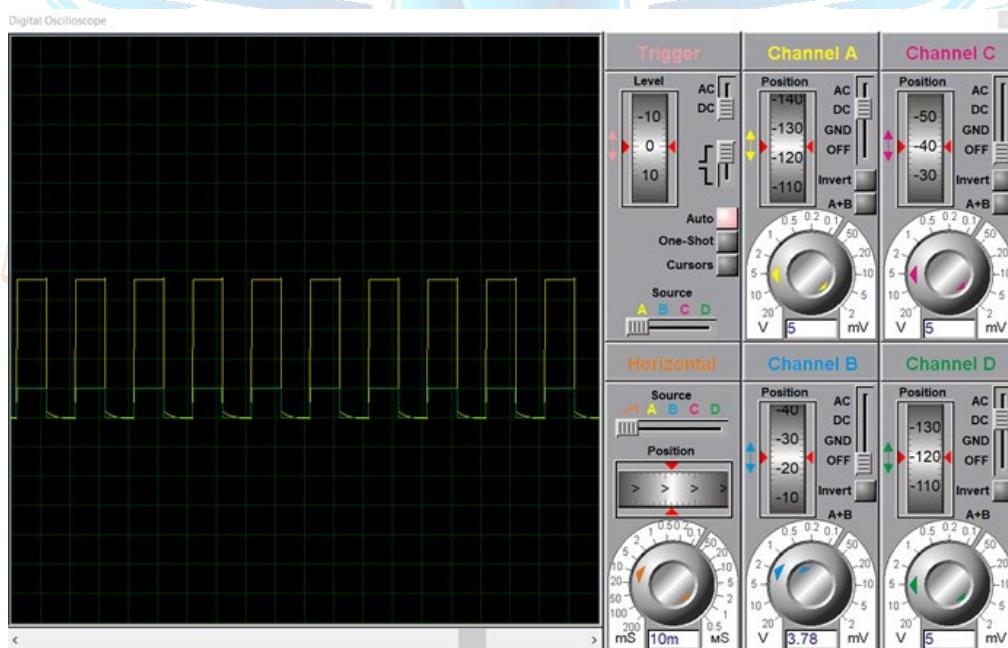


Şekil 6.4 Motor Sürücü Test

Aldığımız sonuçlar şekil 6.4 simülasyon sonuçları şekil 6.5 ile eşleşmektedir.



Şekil 6.5 Test sonucu



Şekil 6.6. Simülasyon sonuçları

Şerit Takibi: QTR8A sensörü ile yapılacak olan şerit takibi aracın bir önceki versiyonu üzerinde atölye ortamında fiziki olarak test edilmiştir.

Sensör testleri: Araç içerisinde kullanılacak olan sensörler, atölye ortamında hazırlanmış olan parkurda aracın bir önceki versiyonu kullanılarak fiziki bir şekilde test edilmiştir.

Haritalama testi: LIDAR üzerinden gelen verilerin SLAM algoritmasıyla işlenerek ortaya çıkarılan harita Gazebo simülatörü ve rviz ekranında test edilmiştir.

Hata Emniyet Modları: Aracın acil durumları için arayüzde programlanmış uyarı yazılımlarıdır. Simülasyon ve gerçek araç üzerinden testleri planlanmaktadır.

Algoritma Testi: Kullanılacak algoritmalar her bir algoritma için özel hazırlanmış simülasyon ve atölye ortamlarında sanal ve fiziki olarak test edilmişlerdir.

7. TECRÜBE

İlk yapılan mekanik araç tasarımında mühendisler ile yapılan çalışmalarda yükün tekerlere doğru dağılımı, mekanizmanın üretim proseslerinde çıkabilecek sıkıntılar, stres noktalarının analizi, aracın kompaktlığı, üretim maliyetleri gibi çok önemli problem üzerine farkındalık kazanılarak araştırmalar yapıldı. *alttaki motorların sistemi* *yük kaldırma mekanizması* *ürütim yöntemleri için söyleyebilirsin*

Araç tahrik sistemlerinde tork, moment, güç, gerilim kavramları ve üreticinin veri kağıdında paylaştığı motor değerleri doğru şekilde öğrenildi ve seçimler yapıldı. Vektörel hesaplamalarda tecrübe kazanıldı.

Prototip araç üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda PID kontrol algoritmasının uygulanabilirliğinin aracın bulunduğu zemin, teker seçimi ve yükün tekerlere doğru dağılımı ile ilişkili olduğu anlaşıldı. Arazi tekerlerine sahip araç pürüzsüz bir zeminde ilerlemeye çalışlığında tekerlerde kitlenmeler yaşanmıştır. Ağırlık, teker sürtünme katsayıısı ve zemin dikkate alınarak yarışmaya uygun bir teker seçimi yapılmıştır.

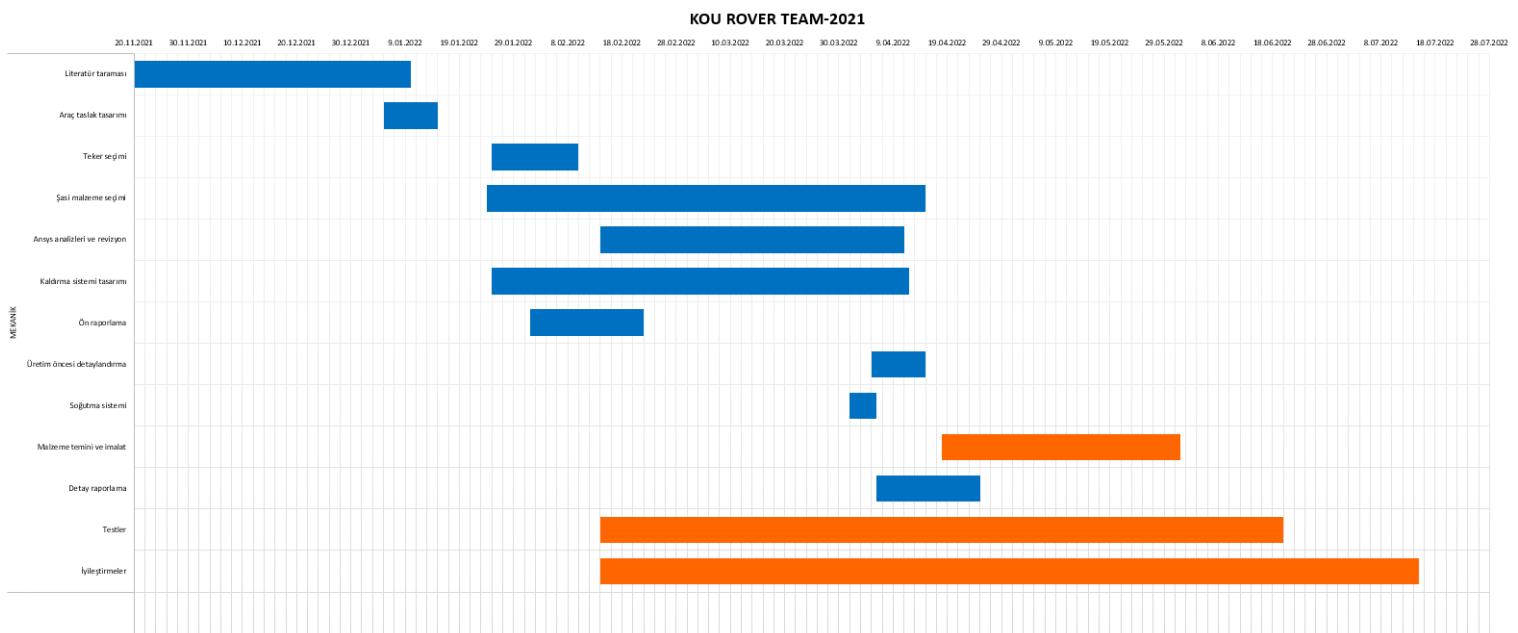
Sensörlerin araca konumlanması sonrasında da aracın tekrar kalibrasyon aracın daha kararlı çalışmasını sağlayacaktır.

Kartlar arasındaki haberleşme protokollerı olarak 12c, spı haberleşmeler, araç ile yer istasyonu arasındaki haberleşme olarak wifi, rf haberleşme sistemleri üzerine araştırmalar yapıldı ve tasarıma dönüştürüldü. Süreç içerisinde yaşanan aksilikler ile protokoller arasındaki farklar ve her protokolün kullanım yeri anlaşıldı. *burada protokollerin özelliklerinden bahsedilerek genişletilebilir. Eksiklikler daha anlaşılır yazılabilir* Yer istasyonunun ilk arayüz tasarımda yarışma isterlerine adapte edilebilmesi amacıyla örnek yer istasyonları tasarımları incelendi. Tasarımlardan esinlenerek yeni geliştirmeler ve çözümler üretildi ve yer istasyonunda uygulandı.

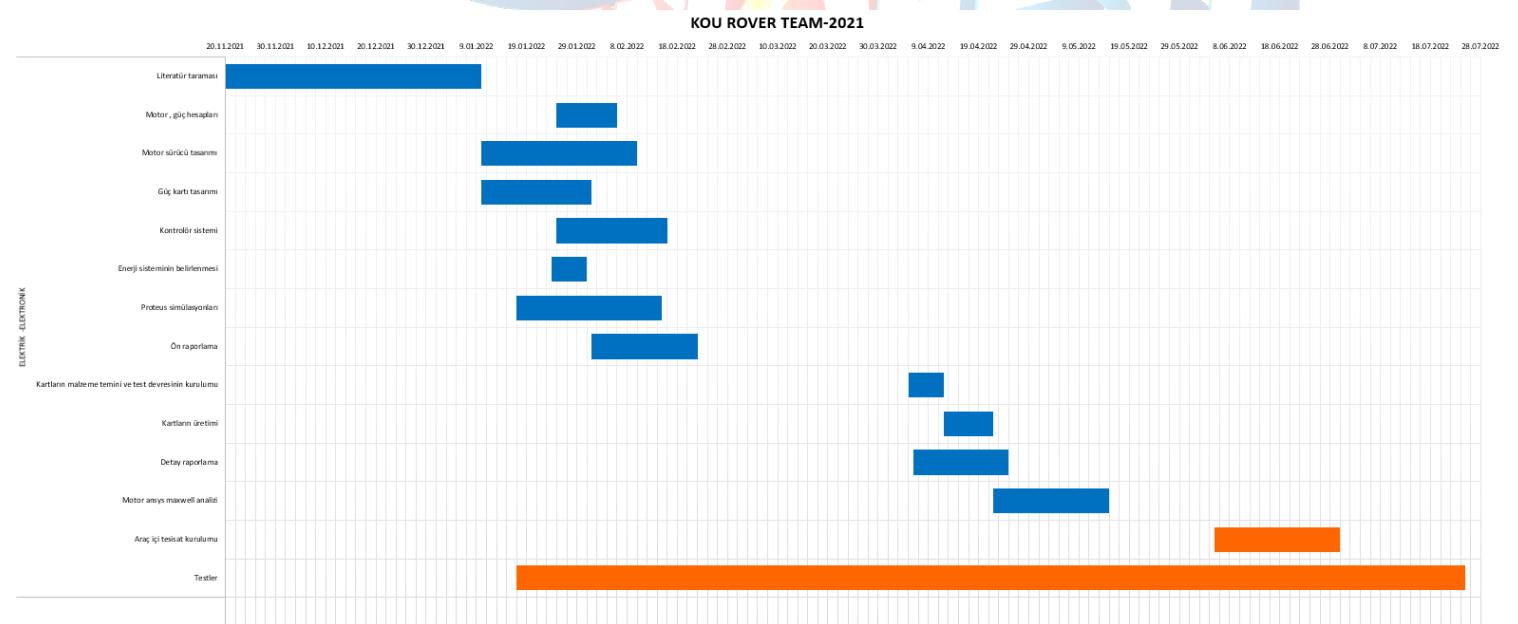
Teorik çalışmaların pratiğe aktarılmasında gözden kaçırılan parametrelerin olduğu anlaşıldı. Teorik değerlerin ve hesaplamalarının pratikte hayatı geçirilmesi çalışmalarının farklı bir beceri gerektirdiği anlaşıldı. Bu beceriler üzerine önemli kazanımlar elde edildi.

8. ZAMAN, BÜTÇE VE RİSK PLANLAMASI

8.1. Zaman Planlaması

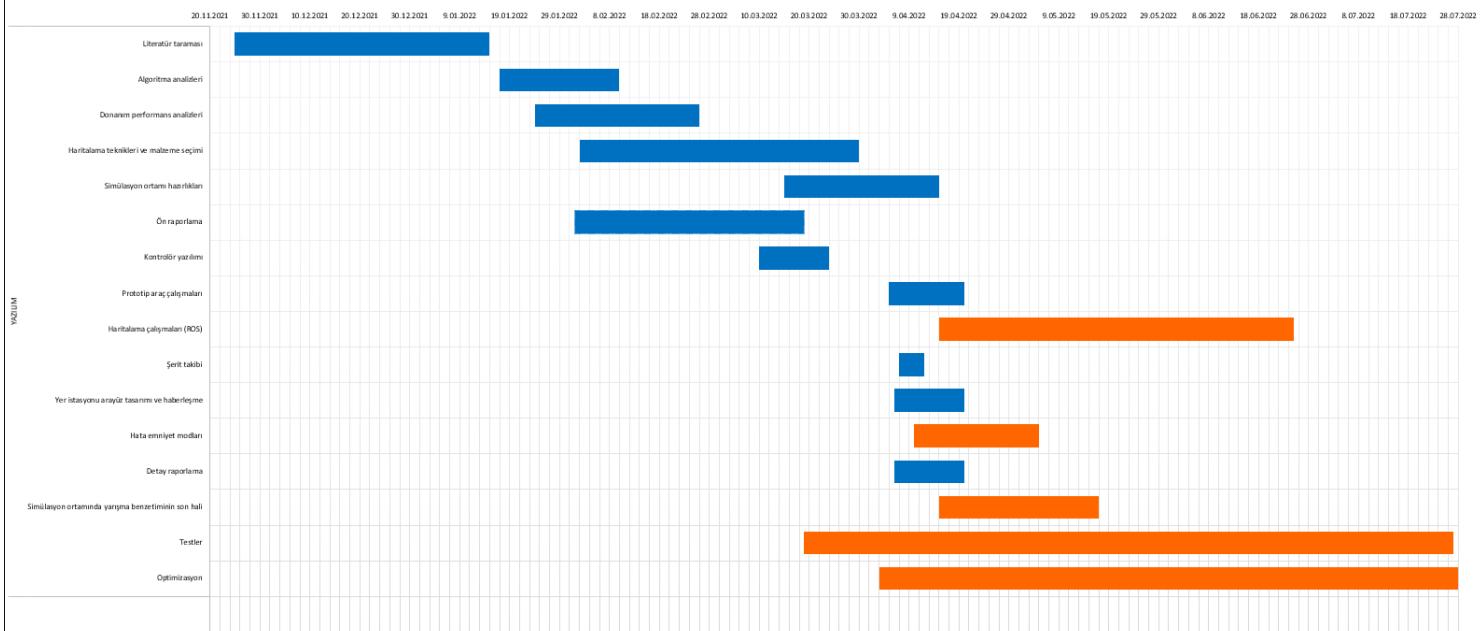


Şekil 8.1.1. Mekanik Proje Takvimi



Şekil 8.1.2. Elektrik-Elektronik Proje Takvimi

KOU ROVER TEAM-2021



Şekil 8.1.3. Yazılım Proje Takvimi

8.2. Bütçe Planlaması

	MALZEME	ADET	FİYAT
ENVANTER	NVIDIA Jetson Nano Developer Kit (4GB) Arduino Mega 2500 mAh 3s Lipo pil Isı Sensörü Gerilim Sensörü XBEE RF Haberleşme Modülü LCD Ekran		
SPONSORLUK SONRASI TEMİN EDİLENLER	QTR-8A Analog Kızılıötesi Sensör Devresi Rc522 RFID Okuyucu 13.56 Mhz 13.56Mhz RFID Kart Elit R 2.50x350 Elektrot KP 000 Minyatür Yatak KP 000 Minyatür Yatak 50x50x2 mm Profil MOSFET-IRZF44 SOGUTUCU MOSFET SURUCU ENTEGRESİ IR-2110 OPTOKUPLÖR 4N25 LM2576T Regülatör Devre Elemanları Cvata-Somun-Pul	1 1 7 100 2 8 12 m 10 9 5 10 4 49 200	129,21 TL 26,70 TL 22,91 TL 90,00 TL 36,00 TL 260,00 TL 1.200,00 TL 88,40 TL 23,49 TL 116,70 TL 31,60 TL 37,92 TL 28,16 TL 115,10 TL
			TOPLAM: 2.206,19 TL
KOCAELİ BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ KILAVUZ GENÇLİK	Lityum Akü D-batt Redüktörlü Dc Motor Arduino Mega Step Motor Sürücü Manyetometre Yükseltici Modül Enkoder Çifti Arduino UNO Video Alici-Verici LiPo Pil Raspberry Pi Orjinal Kamera RFID Okuyucu Step Motor Kaplin	1 4 1 1 1 3 1 1 1 1 3 1 1 4	1.340,00 TL 5.208,00 TL 613,60 TL 272,02 TL 49,03 TL 386,09 TL 408,30 TL 342,55 TL 870,84 TL 625,00 TL 700,45 TL 108,56 TL 1.051,39 TL 476,08 TL
			TOPLAM: 12.451,91 TL
GSB Kocaeli Uluslararası Gençlik Merkezi	LIDAR Sensör ESP8266 Sensör Arduino Mega 2560 R3 Klon PCB Devre Kartı Tutacağı 3,6mm Genişlik 15cm Uzunluk Kablo Bağı Beyaz LiFePO4 Akü Sarj Cihazı Devre Üretim Elemanları Güvenlik Devre Elemanları	1 1 1 1 1 1 24 61	11.133,30 TL 52,36 TL 400 TL 132,13 TL 16,83 TL 1.317,90 TL 464,87 TL 245,06 TL
			TOPLAM: 13.762,45 TL

Şekil 8.2.1. Bütçe Planlaması Tablosu

8.3. RİSK PLANLAMASI

Risk planlaması ve yönetimi planlanan bir sürecin ortaya çıkarılması sırasında oluşabilecek problemlerin analiz edilmesini ve dikkate alınmasını sağlar. Karşılaşılacak problemlerin önüne erkenden geçilmesi sürecin istikrarının sağlanmasında önemli bir adımdır. Süreç içerisinde planlanan risk yönetimi güvenlik, iletişim-planlama, teknik ve yarışma performansı olmak üzere 4 ayrı başlıktan oluşmaktadır.

	RİSK	ETKİ	CÖZÜM
GÜVENLİK	Atölyede yaşanabilecek problemler	İnsanda ya da çevrede yaşanabilecek kalıcı hasarlar	Güvenlik risk planlamasının en önemli içeriğini oluşturmaktadır. Tüm süreç düşünüldüğünde kazaların büyük bir bölümünü planlamaların hayatı geçirilmesi sırasında oluşturur. Bu amaca çalışma öncesi her bir üye iş sağlığı ve güvenliği eğitimi almıştır. Olabalecek kazalar üzerine tartışılmış ve bilinc kazandırılmıştır. Mekanik atölyede kaynak, tozalama, cnc gibi kullanımları risk teşkil eden operasyonları konuda tecrübeli mekanik üyeleri tarafından yapılmıştır. Devre tasarımları ilgili laboratuvarındaki güvenlik önlemlerine uyularak gerçekleştirılmıştır. LiPo gibi riskli malzemelerin kullanımına hakkında takım bilgilendirilmiştir. Tüm çalışmalar gerekli güvenlik malzemeleri kullanılarak ve uyandar dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir.
	Araç ısması sonucu malzemelerin kararsız çalışması	Fonksiyonları istenen hızda ve yeterlilikte çalışmaması	Kullanılan komponentler aracın iç sisisi düşüntürelerek seçilmiştir. Bunun yanında beklenmeyen yüksek ısı durumunu öncleyebilmek amacıyla araç içi soğutma sistemi tasarlanmıştır. Araç ön ve arka izgaralarla bağlı fanlar sıcaklık sensöründen aldığı bilgi ile aracı istenen sıcaklık değerlerinde tutmayı sağlar.
	Enerji kaynaklarının aşın ısması sonucunda patlama, yanım	Çevrede bulunabilecek insanlara hasar vermesi, aracı zarar görmesi, yanım	Kaynakların ideal çalışma süreleri ve seviyeleri analiz edilmiştir. Bu seviyelerin üzerindeki durumlar için hata emniyet modları tasarlannmaktadır. Kaynakların izolasyon bantları ile izolasyonu sağlanmaktadır.
	Kısa devre, yüksek deşar durumları	Kartların yanması, araç fonksiyonlarının kaybedilmesi	Elemanların üretim aşamasında detaylı testleri yapılmaktadır. Kullanılan akünün yüksek deşar akımları sebebi ile sadece motorlara güç vermesi ve harici bir litium polimer pil kullanılarak düşük güçlü kartların enerjilenirilmesi sağlanmıştır.
	Aracı müdahale sırasında yaşanabilecek kazalar	Takım üyelerinin ya da araçla ilgilenen kişinin hasar alması	Araç tasarımlı sırasında her bölgenin çalışma durumunu gösteren led aydınlatmalar tasarlanmıştır. Araç içi yapısı gözlemlendiğinde aracı tanımayan birinin elemanları anlayacağı şekilde etiketlendirme yapılması planlanmaktadır. Araç dışı uyan etiketleri eklenmesi düşünülmektedir.

Şekil 8.3.1. Güvenlik Risk Planlaması

	RİSK	ETKİ	CÖZÜM
İLETİŞİM-PLANLAMA	Takım senkron hareket edememesi durumu, takımın görev isterleri için yetersiz kalma durumu, motivasyonun kaybolması durumu, takım içi genlím durumu	Yanışma sürecinin gerisinde kalmak, istenilen planların gerçekleştirilememesi	Takım kuruluş aşamasında üyeler mülakatları ile seçilmiştir. Mülakat içeripleri kişilerin öğrenme isteklerine, geçmişte yaptığı çalışmalarla ve istikrara göre seçilmesini sağlayacak şekilde belirlenmiştir. Takımın ortak alanında çalışılabilmesi amacıyla takma adı bir atölye de çalışmalar ırlerlemiştir. Mekanik, elektronik ve yazılım olmak üzere 3 ayn alan içi ekip liderleri seçilmiştir. Çalışmalar ve planlamalar üyelerin akademik takvimini dikkate alınarak düzenlenmiştir. Birçok çalışma araştırmalar neticesinde ırlerken daha iyişinin yapılabilmesi adına her ekip içi mentor mühendisler ile anlaşılmıştır. Mentörler güncel teknolojinin önemini, kaynak yönetimi, çalışma şekli ve hataların fark edilmesini sağlamıştır. İş içi gerekli bicerilerin analizi takım kurulma aşamasında fark edilerek bu yetenekleri karşılayabilecek bir takım kurulması sağlanmıştır. Planlamalar ırlermesi sonrası bu ırlermeler ödüllendirilerek takım içi heyecan ve motivasyonun sürekli olması sağlanmış ve istikrar korunmuştur. Takım kaptan tarafından sürekli olarak gözlemlenerek planın doğru ırlerleyişi ve üyelerin iç iletişim kumusı sağlanmıştır.
	Rapormanın Teknofest tarafından belirlenen tarihte gönderilememesi	Yanışmanın takım için sona ermesi	Çalışmalar takım kurulması itibarıyle hazırlanan plan kapsamunda ırlermektedir. Bu planlar hayatı geçinirken beklenmeyecek aksaklırlar ortaya çıkması ve gecikmeler yaşaması tahrîm edilen bir durumdur. Planların hayatı geçirmesini öncesi detaylı analizler yapıp, simülasyon ortamında testler gerçekleştiriliyor. ırleriyi sürekli olarak takım tarafından yapılan toplantılar ile kontrol edilir. Yaşanan aksaklırlar takım tarafından aynı zamanda ırlerlerin çözümüne katkıda bulunulmak üzere araştırma yapılır ve uzman kişiler ile tartışırlar.
	Planlanan çalışmalann hayatı geçinmesi için gerekli bütçenin bulunamaması	Aracın ortaya çıkartılamaması ve yanışma sürecinin sona ermesi	Proje başlangıcı itibarıyle teknik planlamalar haricinde projenin finansal desteği amacıyla takım içerisinde bir komite kurulmuştur. Komite Kocaeli bölgesinde sanayi, belediye ve anorun olmak üzere projenin tanıtılmasını ve desteklenmesini sağlamıştır. Var olan destekler aracı ortaya çıkarılmasına sağlayacak niteliktedir.

Şekil 8.3.2 İletişim-Organizasyon Risk Planlaması

	RİSK	ETKİ	CÖZÜM
TEKNİK	Aracın tahrık seviyesinin yetersiz kalması	Aracın hareket edememesi, kararsız ya da istenen hızda hareket etmemesi	Aracın tahrık seviyesinin seçiminde detaylı araştırmalar yapılmıştır. Tork, moment, güç, enerji ilişkisi anlatılmış ve kullanılacak motorun veri kağıdı doğru obturmuştur. Dinamik hesapların tamamlanması ile istenilen tahrık seviyesini sağlayabilecek motorun seçimi yapılmıştır.
	Kaldırma mekanizmasının doğru çalışması	Aracın yükü kaldırılamaması, görevin tamamlanamaması	Aracın yük kaldırma mekanizması sırasında amatör ve profesyonel birçok çalışma incelenmiş ve dikkat edilmesi gereken kriterler anlaşılmıştır. Mekanizmada özgün bir çalışma yapılması düşünüldüğünden risk alınmış ve buna uygun motor seçimi yapılmıştır. Gerekli hesaplamalar sonucu yükü kaldırabileceği düşünülmüştür. Test sonuçlarının aksını göstermesi halinde aynı motor ile farklı senaryolar planlanmıştır.
	Aracın hayatı geçirdiğinde uygulama hatalarının yapılması	Aracın istenildiği şekilde çalışması	Farklı çalışmalar incelendiğinde teoride tasarılanan çalışmaların uygulanmaya geçirilmesi titizlik gerektirmektedir. Hesaplamaların üretimi sonrası testler gerçekleştirilecek parçaların kontrolü yapılması düşünülmüştür.
	Yük sonrası deformasyon ve yükün eşit dağılmaması	Araç deformasyonu, tekerlerin kırılması, aracın hareket etmemesi	Araç mekanik tasarımını Ansys programı üzerinde analiz edilerek aracın stres bölgelerinin kontrolü yapılmıştır.
	Tasarlanan kartların istenilen performansı vermemesi	Kartlara bağlı olan sistemlerin çalışmasası, kararsızlık göstermesi	Tasarlanan kartların hayatı geçirmesi amacıyla komponent seçenekleri veri kağıdı üzerinden özellikleri incelenerek seçilmektedir. Veri kağıdında gösterilen değerlerin laboratuvar ortamında kontrolü yapılmış ve tutarlı olan elemanlar kullanılmıştır. Kartların testi simülasyon ve deneme tahtasında test edilmiş ve üretimi yapılmıştır.
	Bellişen donanımların birbirini arasında senkron çalışması	Aracın yanlış ya da yavaş karar vermesi	Kullanılan donanımların hız farklılarından doğabilecek problemler incelenmiş ve bazı donanım seçeneklerinde değişiklikler yapılmıştır.
	Seçilen kartların algoritma yazılımları için yeterli olmaması	Algoritmaların araçta uygulanamaması	Yazılım çalışmaların öncesi seçilen donanımlar benzer çalışmalar incelenerek seçilmiştir. Kartların işlemci özellikleri incelenerek yazılımlar çalıştırılabilir özelliklere sahip olduğuna karar verilmiştir.
	Algoritmaların hayatı geçirmesi amacıyla yazılım kodları yetersiz kalması	Aracın istenilen görevleri yerine getirmemesi, yanlış çalışması	Algoritmaların uygulanabilmesi amacıyla yazılım kodları simülasyon ve prototip araçta test edilmektedir.
	Farklı yazılım dilleri, kütüphaneler, uygulamalar sebebiyle yaşanabilecek problemler	Senkron çalışmama, hatalardan kaynaklı sistem kilitlenmeleri	Yazılım çalışmalarında kullanılan yapılar dökümantasyonları okunarak tasarlanmaktadır. Karşılaşılan hata durumları için çözümler arayınarak öğrenmektedir.

Şekil 8.3.3 Teknik Risk Planlaması

	RİSK	ETKİ	CÖZÜM
YARIŞMA ANI	Yükün devrilmesi	Görevin tamamlanamaması, şevreye hasar verilmesi	Taşıyıcı levhanın kaydırma kaplaması ile kaplanması planlanmaktadır.
	Şeritteki problemlerden kaynaklı aksaklılıklar	Aracın yoldan sapması, görevin tamamlanamaması	Şerit takibi iki sistem ile eş zamanlı yapılmaktadır. Aracın şassisine yerleştirilen infrared sensör ve kamera ile füzyon yöntemi ile görevin tamamlanması planlanmaktadır. Sensör verisinin kaybolması durumunda kamera verisinin karşılaştırılması ile yer istasyonuna uyen mesajı yollar. Kamera verisi ile çalışan sisteme sensörün sendi görmesi ile araç seride tekrar konumlanmaktadır.
	Düşük batarya problemleri sebebi sistem kararsızlığı	Kartların kararsız çalışması, yükün taşınamaması, tahrık seviyesinin yetersiz kalması	Aracın batarya seviyelerini gösteren ekran ve yer istasyonunda gösterge bulunmaktadır. Araç içerisinde yerleştirilen buzzer ile sesli uyen verilebilmesinin yanında yer istasyonundan düşük batarya durumu için modlar tasarranmıştır.
	Sinyal bozucular ve haberleşme sıkıntları	Yer istasyonunda yanlış verilirin okunması, araç kontrolünün kaybedilmesi	Yanışma ortamındaki diğer araçların haberleşme modüllerini ile aracın sinyallerinin karışması amacıyla WIFI haberleşmesi yanında radyo frekansı haberleşmesi şifreleme ile yapılmaktadır.
	Kablolamada gevşemesi, zayıf lehim sebebiyle kararsız çalışma	İlgili alanın sağladığı fonksiyonların kaybedilmesi	Araç içi kablolama her aşamada test edilmesinin yanında doğru bağlanma yöntemleri montajlanmaktadır. Araç içi elemanların çalışma durumunu gösteren ledlerinde yapılmaktadır.
	RFID sensörünün algılanmaması	İlerlenecek yeni konum bilgisinin öğrenmemesi, görevin tamamlanamaması	Sensörlerin şartname bilgileri doğrultusunda geniş bir alana görecek şekilde konumlandırılması planlanmaktadır.
	Enerjinin yetersiz kalması, verilen süreden uzun sürede gerçekleştirilemesi	Görevin tamamlanamaması ya da geçersiz kalması	Tüketicilerin kablolama tipleri akım değerlerine uygun olarak sağlanmıştır. Güç tüketimi hesabı yapılarak aracın farklı senaryolarda kaç dakika çalışabilecegi hesaplanmıştır.
	Haritalamanın gerçekleştirilememesi	Görev isterinin gerçekleştirilememesi	LIDAR donanımı temin edilene kadar ROS kullanılarak simülasyon ortamı üzerinde haritalama teknikleri üzerine çalışılmıştır. İlgili akademisyen ile toplantılar yapılarak yönlendirmeler takip edilmiştir. Simülasyon ortamında çalışmalar devam etmektedir.

Şekil 8.3.4 Yarışma Anı Risk Planlaması

9. ÖZGÜNLÜK

Milli teknolojilerin ilerlemesinde ve daha değerli hale gelmesinde özgünlük belirleyici bir parametredir. Öğrenci projelerinde yaratıcılığın hayatı geçirilmesi çabası öğreticiliği artırmakta ve konuya beklenmedik katkılar sağlayabilmektedir. Tüm süreçte yazılan raporlar, tasarımlar ve üretimler takım üyeleri tarafından yapılmıştır. Takım olarak çalışmalar ilerletilirken tamamlanan bir sistemde dahi beyin firtinası yaparak geliştirmeler yapılması ve özgünlük katılması hedeflenmiştir.

- Aracın yük mekanizması tek bir motor ile 4 noktadan kaldırma sistemini hedeflemektedir. Sanayide var olan ancak mobil robotlarda uygulanmayan bu sistem üzerine çalışıldı. Kayış-kasnak yapısı kullanılarak redüksiyon uygulanabilir bir tasarım oluşturuldu.
- Mobil tasarımlarda aracın kompakt olması istenen bir özelliktir. Araç için tesisat tasarıminda ana parçalar araç içerisinde belirgin, ulaşılabilir ve çıkarılıp takılabilir şekilde tasarlanmıştır.
- Kontrol panelinde yarışma isterlerine ek olarak robotun kamera verisi video alıcı verici ile kamera verisi de bastırılacaktır. Kamera görüntüsü üzerine Unity platformu üzerinden Vuforia kütüphanesi kullanılarak planladığı rotayı artırılmış gerçeklik okları ile hedefe belirtmesi programlanmaktadır. Bir mobil robotun nereye gideceği ekranı üzerinden holografik oklarla gösterilecektir. Böylelikle özgün olarak güvenlik zafiyeti de çözülmüş olacaktır.
- Hata emniyet modları aracın olağan dışı bir durum öncesi aracın yapılması istenen senaryolardan birinin seçilmesidir. Araç bataryası %25 altına düşüğünde araca başlangıç verilmeden önce belirlenen 3 moddan birinin çalışmasını sağlar.
- Karakteristik buzzer sesleri ve aydınlatma aracın uyarı bildirgeçleridir. Buzzer'ın çalışmasını gerektirecek birden fazla uyarı durumu olduğundan her bir durum için farklı ses karakteristikleri oluşturulmuştur.
- Aracın motor sürücü ve güç dağıtım kartı takım elektronik ekibi üyeleri tarafından tasarlanmıştır.
- Aracın iç sıcaklığın aynı seviyede kalabilmesi amacıyla takım üyeleri tarafından sıcaklık sensörü ile haberleşerek çalışabilen bir fan devresi üzerinde çalışılmaktadır.
- Mobil robotun proje detay raporu süresince Gazebo simülatörü üzerinde LIDAR sensörü vasıtasıyla haritalandırma çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Haritalama arayüze gönderilmesi üzerine kullanacağımız donanımların da işlem kapasitesi göz önünde bulundurularak Web servisi üzerinde depolanıp oradan arayüze bastırılması hedeflenmektedir.
- Aracın tüm girdileri ile birlikte sürüs kontrolünü sağlamak amacıyla özgün PID algoritması geliştirilmektedir. Sensörlerden alınan verileri tel bir düzlem ve koordinatlarda füzyonlanıp deneme yanılma yolu ile belirlenmiş katsayılar uygun tüm sürüs kontrolünü sağlayan algoritma yapısı takım üyelerimiz tarafından oluşturulmuştur.

- Robotun parkur senaryosuda karşılaştığı engele çarpmaması adına parkur güncellemesi yapılmadan önce şerit izleme algoritması yardımıyla farklı rotadan ilerliyordu. Parkur güncellemesi yapıldıktan sonra LIDAR sensörden gelen verileri işlenerek engele uzaklık referans alınıp çevresinden dolanacak şekilde yazılım sürecinde güncellmeye gidilmiştir.

10. YERLİLİK

İçerisinde bulunduğu yarışmanın da konusu “Milli Teknoloji Hamlesi” kavramı ile ortaya çıkması itibariyle yerlilik takım için oldukça önemli bir parametredir. Yapılan yerlilik çalışmaları takımın güncel sürecinde aşağıda belirtildiği gibi olmasının yanında yerli motor üretimi, kontrolcü kartı tasarıımı, c dili ile kütüphanesiz yazılım çalışmaları istikrarlı bir şekilde sürdürülmektedir. Aracın geliştirme çalışmaların temel motivasyonunu milli teknoloji hamlesi oluşturmaktadır.

- Aracın mekanik tasarımı, analizleri ve üretimi takım tarafından yapılmaktadır. Parçaların temini sanayi ortamında, üretim süreci atölye ortamında takım üyeleri tarafından yürütülmektedir.
- Sistem tasarımı mekanik, elektronik ve yazılım ekiplerinin analizleri ile takım tarafından oluşturulmuştur.
- Devre kartı üretimi Kocaeli Üniversitesi laboratuvarlarında takım üyeleri tarafından tamamlanmıştır.
- Sensör kalibrasyonları, eksik dökümantasyonların test yoluyla doğrulanması ve kullanımı takım tarafından yapılmaktadır.
- Aracın yer istasyonu yazılımı ve arayüzü karşılaşılan problemlerde çözüm amaçlı özgün yazılımlar ile takım tarafından yapılmaktadır.
- Simülasyon ortamında hazırlanan robot ve test senaryolarında kullanılan harita yarışma şartlarına uygun olarak takım tarafından oluşturulmuştur.
- Occupancy grid haritalama yönteminin tamamen takım tarafından yazılan kodlar ile gerçekleştirilmesi planlanmaktadır.
- Şerit takibi yazılımı tamamen yazılım ekibi tarafından oluşturulmuştur.

11. KAYNAKÇA

- [1] Mobil keşif robottu tasarımı (Master's Thesis) [Mobile exploration robot design][Thesis in Turkish]. 2010. İstanbul. <https://tez.yok.gov.tr/UlusaltTezMerkezi/>.
- [2] H. İ. Yamaç ve T. Yılmaz , "Mobil Robotlar için Yük Altındaki Davranış Analizinin İncelenmesi", *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, c. 34, sayı. 1, ss. 433-438, Mar. 2022.
- [3] Quaglia G, Oderio R, Bruzzone L, Razzoli R. A modular approach for a family of ground mobile robots. *Int J Adv Robot Syst.* 2013.
- [4] Electronic Engineering, 33 Oxford. U Press.
- [5] Zandi O., Poshtan J. 2019. Fault Diagnosis of Brushless DC Motors Using Built-in Hall Sensors. *IEEE Sensors Journal*, 19 (28): 8183-8190.
- [6] M. Naumović, M. Stojić "Dijital Kontrollü DC Servo Sürücülerde Hız Tahmini" Endüstriyel Elektronik Derneği, IECON '98. Proc. IEEE'nin 24. Yıllık Konferansı, Cilt. 3, s.1505 – 1508, 31 Ağustos-4 Eylül 1998.
- [7] Demir C. İnsansız kara araçlarının hareket sistemlerinin kavramsal tasarımı (Master's Thesis). [Conceptual design of unmanned ground vehicles's motion systems] [Thesis in Turkish] Kırıkkale. 2017. <https://tez.yok.gov.tr/UlusaltTezMerkezi/>.
- [8] Raymon A, Beichner, Robert J.(2007). Serway s 111-131
- [9] ercan şimşirÇOKLU OTOMATİK KILAVUZLU ARAÇLAR ĞLE ROTA PLANLARININ TASARIMI VE GELĞiTGRĞLMESĞ
- [10] Sedat Turan Akülü Engelli Araçları İçin Engel Algılayan Çizgiler Arasında Giden Robot Tasarımı ve Gerçeklenmesi 24 sayfa
- [11] T.C. Milli Eğitim Bakanlığı (2018).DOĞRULTMAÇLAR VE REGÜLE DEVRELERİ s. 31
- [12] (Selve Kumar R.,Vignesh C.J., Gayathri Deivayanaki (2016). Design and Comparison of Quadratic Boost Converter with Boost Converter s. 877-880
- [13] Austin Huges(2006).Electrical Motor Drives. s 133-163
- [14] Ayetül GELEN, E. T. (2020). Lityum-Polimer Piller için Şarj ve Dengeleyici Devre Tasarımı. *Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*
- [15] BSLBATT. (2019). BSLBATT. BSLBATT: <https://www.lithium-battery-factory.com/tr/lithium-iron-phosphate-batteries/> s.6-15
- [16] COŞKUN TAŞDEMİR(2012) GEZGİN ROBOTLARDA OTONOM DEVRIYE SİSTEMİ VE ALGILAYICI FÜZYONU

[17] AKYOL, SELMAN. (2017). "Rp-lidar kullanılarak mobil robotlar için eş zamanlı konum belirleme ve haritalama/Simultaneous localization and mapping for mobile robots using rp-lidar."

[18] Şimşir, E. (2015). *Çoklu otomatik araçlarlu araçlar ile rota planlarının tasarımları ve tasarımı* (Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri).

[19] KOCA, Yavuz Bahadır, Barış GÖKÇE, and Yılmaz ASLAN. "ROS/Gazebo Ortamında Tank Sürüs Özelliği Mobil Bir Robotun Simülasyonu." *Journal of Materials and Mechatronics: A* 1.1 (2020): 29-41.

[20] A. Küçükmanisa, O. Urhan, "Real-time Lane Departure Warning System on an Embedded Platform", Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, Vol 32, No. 4, pp. 1287-1300, Aralık. 2017.

[21] <http://yapbenzet.kocaeli.edu.tr/category/ros/> Ziyaret Tarihi: 28.04.2022

[22] Demir C. ve Bozdemir M. İnsansız kara araçlarında tekerlek ve palet tahrik sistemlerinin incelenmesi, II. Uluslararası Savunma Sanayi Sempozyumu. 2017: 378-387.

