

Kapalı Ortamlarda Otonom Olarak İlerleyen, Yük Taşıma Yeteneğine Sahip Olan Robot Sisteminin Geliştirilmesi

BAŞVURU ID

M-2022-835

1. RAPOR ÖZETİ.....	4
2. TAKIM ŞEMASI.....	5
2.1. Takım Üyeleri.....	5
2.2. Organizasyon Şeması ve Görev Dağılımı	7
3. PROJE MEVCUT DURUM DEĞERLENDİRMESİ	7
4. ARAÇ TASARIMI	8
4.1. Sistem Tasarımı	8
4.2. Aracın Mekanik Tasarımı	9
4.2.1 Mekanik Tasarım Süreci.....	9
4.2.1.1 Lift Sistemi Tasarımı.....	14
4.2.1.2 Lift Sistemi Mekanik Hesap	16
4.2.1.3 Deformasyon Analizi.....	17
4.2.1.4 Aracın Hareket Mekanizması.....	19
4.2.2 Malzemeler	20
4.2.3 Üretim Yöntemleri	23
4.2.4 Fiziksel Özellikler.....	25
4.3. Elektronik Tasarım, Algoritma ve Yazılım Tasarımı.....	26
4.3.1. Elektronik Tasarım Süreci	26
4.3.1.1 Elektronik Malzeme Listesi	26
4.3.1.2 Sensör katmanı	34
4.3.1.3 Motor sürücü katmanı.....	35
4.3.1.4 Ayarlı DC-DC Dönüştürücü.....	43
4.3.1.5 Haberleşme katmanı	45
4.3.1.6 Batarya yönetim katmanı	50
4.3.1.7 Aydınlatma katmanı	50
4.3.1.8 Yük Kaldırma (Lift) Elektronik Sistemi.....	50
4.3.2. Algoritma Tasarım Süreci.....	51
4.3.2.1 Şerit Takip Algoritması.....	51
4.3.2.2 Yük Alma Taşıma Bırakma Algoritması:	52
4.3.2.3 Engelden Kaçış Algoritması:.....	53
4.3.2.4 Lidar ile 2D Haritalama:	53
4.3.2.5 Görüntü işleme ve yapay zekâ.....	54
4.3.2.6 RSSI ile konum hesabı.....	54
4.3.2.6.1 RSSI Konumlandırma Sistemi Detaylı Açıklama.....	55

4.3.2.6.2	Sinyal Ölçüm Teknikleri	55
4.3.2.6.3	RSSI Değerlerinin Kalman Filtresi ile Kalibrasyonu	59
4.3.2.6.4	Kalman Filtresi	59
4.3.3.	Yazılım Tasarım Süreci	62
4.4.	Dış Arayüzler	62
4.4.1.	Web- Mobil Arayüz Tasarımları	62
4.4.1.1	Web Tasarım	63
4.4.1.2	Mobil Tasarım	65
4.4.2.	IOT Sistemlerde MQTT Protokolü ve Verilerin kaydedilmesi	66
4.4.3.	MQTT Mimarisi	66
4.4.4.	Veri Yapısı	66
5.	GÜVENLİK	67
6.	TEST	68
7.	TECRÜBE	74
8.	ZAMAN, BÜTÇE VE RİSK PLANLAMASI	75
8.1.	Zaman Planlaması	75
8.2.	Bütçe Planlaması	76
8.3.	Risk Planlaması	78
9.	ÖZGÜNLÜK	79
10.	YERLİLİK	80
11.	KAYNAKÇA	80

1. RAPOR ÖZETİ

Üretim ve tüketim artışı ile sanayide artan iş gücü ihtiyacına yardımcı unsur olarak geliştirilmiş bir çözüm olan otonom robot sistemler, sanayide dijitalleşme sürecinin önemli bir parçasıdır. Klasik çözüm yöntemlerini Yapay Zekâ çözümleri ile birleştirerek, daha verimli hareket yeteneğine sahip otonom sistemler geliştirilebilir. Bu bağlamda yapılacak yapay zekâ ile geliştirilmiş otonom robotlar ile maksimum verimli çözümler üretilmesi hedeflenmektedir.

Sanayide dijital teknolojiler yarışması kapsamında geliştirilecek “Tradens” isimli robotumuzun kendisine tanımlanacak görevleri tamamen otonom bir şekilde gerçekleştirmesi hedeflenmektedir. Robotun engel algıladığında uyarması, minimum 75 kilogramlık yükü kaldırabilmesi ve kontrol panelinden kendisine tanımlanan görevleri gerçekleştirebilmesi gerekmektedir. Yarışma kapsamında aracın kaldırması gereken yük 2 adet 25 er kilogramlık ağırlık ve 25 kilogramlık yük platformundan oluşmaktadır. Robotun engel algıladığında vermesi gereken uyarı sesli uyarıdır ve yarışma komisyonu tarafından 15 saniye olarak belirlenmiştir. Araç önce durup ardından 15 saniye sesli uyarı verdikten sonra harekete geçmeye hazırdır.

Robot içinde bulunduğu alanı haritalama işlemi için lidar sensör kullanılmaktadır. Aracın konum değerini bulmada bluetooth veya Wi-fi teknolojileri kullanılarak RSSI değeri ile konum hesaplama tekniklerinden faydalanılması hedeflenmektedir. Parkurun 4 köşesine yerleştirilmesi planlanan bluetooth beaconlardan yayılan sinyallerin araç içerisindeki alıcı tarafından okunup triangulation algoritmasıyla anlamlandırılarak aracın x,y koordinat düzlemindeki konumu hesaplanacaktır.

Robotun elektronik sisteminde yer alan motor sürücü kartı tasarımı elektronik donanım tasarım ve yazılım ekibimiz tarafından gerçekleştirilmiştir. Batarya, ağırlık, sensör gibi katmanlar üzerine çalışmalar devam etmektedir.

2. TAKIM ŞEMASI

2.1. Takım Üyeleri

Doç. Dr. Ahmet Gürkan Yüksek, Danışman

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

Çalışma Alanı;

Neural Networks, Internet of Things, Web Technologies, Embedded Systems

İrem Kutluca, Kaptan

Eğitim Bilgileri;

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği

Ekipteki Görevi;

Teknofest süreç planlaması, takım organizasyonu ve yönetimi.

Ahmet Utku ELİK, Gömülü Sistemler

Eğitim Bilgileri;

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı Tezli Yüksek Lisans

Ekipteki Görevi;

Araç içerisinde kullanılacak mikro denetleyiciler üzerinde gömülü yazılım geliştirme.

Modüler tasarlanacak olan elektronik kartlar arasında haberleşme sistemi geliştirme. (CAN-BUS)

Samed Baskın, Gömülü Sistemler

Eğitim Bilgileri;

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği

Ekipteki Görevi;

Araç içerisinde kullanılacak mikro denetleyiciler üzerinde gömülü yazılım geliştirme.

Sensör verilerinin analizi ve yorumlanması.

Ali Can Yüceyurt, Elektronik Donanım Tasarım ve Yazılım

Eğitim Bilgileri;

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği

Ekipteki Görevi;

Araç içerisinde kullanılacak mikro denetleyiciler üzerinde gömülü yazılım geliştirme.

Elektronik sistem şematik ve PCB kartlarının tasarımını geliştirme. Bu kartların simülasyon ve test işlemleri.

Nurullah Çalka, Yapay Zekâ ve Veri Analizi

Eğitim Bilgileri;

Mardin Artuklu Üniversitesi Bilgisayar Programcılığı

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği

Ekipteki Görevi;

Yapay zekâ ve veri analizi, backend sistem yazılımı. Aracın sensörlerden topladığı verilerin organizasyonu. Algoritma planlama.

Ahmet Çıtır, Backend Yazılım Geliştirme

Eğitim Bilgileri;

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği

Ekipteki Görevi;

Backend yazılım geliştirme ve araçta yer alması planlanan malzemeleri mekanik dayanıklılık simülasyonlarında test etme.

Beyza Nur Odabaşı, Backend Yazılım Geliştirme

Eğitim Bilgileri;

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği

Ekipteki Görevi;

Backend yazılım geliştirme. Algoritma analizi ve tasarımı. Yarışma alanı simülasyonu tasarlama ve test sistemi geliştirme.

Abdussamed Selman Yılmaz, Frontend Kontrol Paneli Tasarımı

Eğitim Bilgileri;

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği

Ekipteki Görevi;

Araca dair verilerin kullanıcı ile paylaşılabilmesine yarayan kontrol panelinin tasarımı ve frontend yazılım geliştirme.

Beyzanur Koçak, Frontend Kontrol Paneli Tasarımı

Eğitim Bilgileri;

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği

Ekipteki Görevi;

Araca dair verilerin kullanıcı ile paylaşılabilmesine yarayan kontrol panelinin tasarımı ve frontend yazılım geliştirme.

Ege Pancaroğlu, Mekanik Sistem Tasarımı

Eğitim Bilgileri;

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği

Ekipteki Görevi;

Mekanik sistem tasarımı araç dış yüzey ve içerisinde yer alması planlanan malzemelerin analizi.

2.2. Organizasyon Şeması ve Görev Dağılımı

Takım organizasyon şeması *Şekil-1*’de belirtildiği gibidir. Takım 6 ana başlık altında ekiplere ayrılmıştır. Bu 6 başlık Gömülü Sistem yazılımı, Elektronik Donanım Tasarımı ve kodlama, Yapay zekâ ve algoritma tasarımı Backend yazılımı, Frontend yazılımı, Mekanik Sistem Tasarımıdır.



Şekil 1

3. PROJE MEVCUT DURUM DEĞERLENDİRMESİ

Ön tasarım raporundaki sayfa sınırı sebebiyle yeterince detaylandırılmayan konu başlıkları belirlendi. Ekip toplantısı ile detay raporu hazırlanması üzerine görev dağılımı için ekipteki gerçekleştirilen çalışmaların, konu üzerine çalışan üye tarafından raporlanması üzerine planlamalar yapıldı. Temini sağlanabilen malzemeleri tanımak ve keşfetmek üzerine çalışmalar ve testler gerçekleştirildi. Bu malzemelerden bazıları Lidar sensör, çizgi izleme sensörü, akü vb. gibidir.

Tekerlek, Lift ve şase üzerine deformasyon analizleri gerçekleştirildi. Şase montaj işlemine başlandı ve gelen malzemelere göre yerleşim planlaması gerçekleştirildi.

Süreçte gerçekleşmesi öngörülen riskler üzerine analizler gerçekleştirildi ve bu analizler raporun ilgili bölümüne eklendi. Belirlenen risklere uygun önlemler alınmaya başlandı. Süreç başladıktan sonra değişen ve gelişen ihtiyaçlara yönelik malzeme listesinde güncelleme işlemi gerçekleştirildi. Bu malzemelerden bazıları LoRa ve NRF modülüdür. Kullanılması planlanan elektronik bileşenler kullanılma nedenleri ile birlikte daha detaylı açıklandı.

Projede kullanılması planlanan haberleşme protokolü ön tasarım raporunda sadece XBee olarak belirlenmişti. Yapılan araştırmalar ve çalışmalar sonucu ESP32 Wifi protokolü ek olarak LoRa ve NRF haberleşmesi de kullanılmasına karar verildi. Birden fazla kullanılmasındaki amaç aralarında en verimli olanın belirlenip ona göre seçim işlemi gerçekleştirmek ve bir güvenlik önlemi örneği olarak da birden yedekli haberleşme sistemi kullanarak robot-arayüz haberleşmesinin kopmasının önüne geçmek.

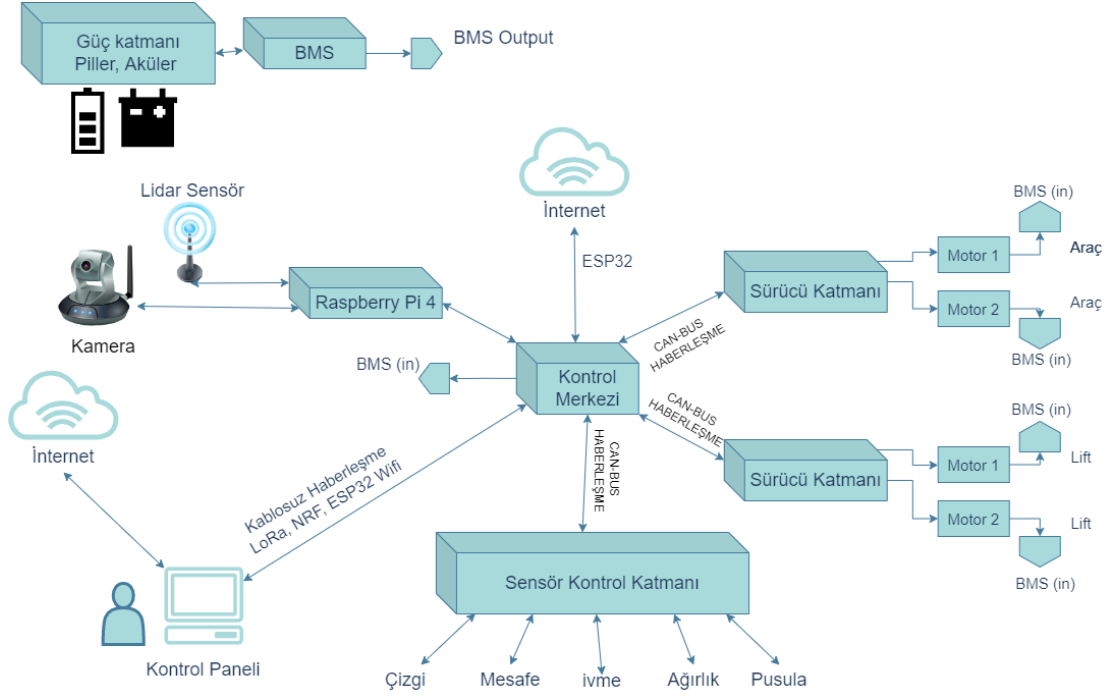
Bu malzeme güncellemesi ile bütçede değişiklikler meydana geldi. İlk hesaplanan bütçe 18.490 TL idi. Şu an hesaplanan bütçe 33.023 TL olarak belirlendi.

Aracın genel tasarım ve organizasyonunda radikal bir değişikliğe gidilmemiştir.

4. ARAÇ TASARIMI

4.1. Sistem Tasarımı

Aşağıda aracın ön tasarımını içeren blok şema *Şekil-2’de* yer almaktadır. Yarışma kapsamında robotun gerçekleştirmesi gereken görevlere uygun olacak şekilde (çizgi takibi, engel algılama, belirlenen noktalar arası yük transferi) sensörler ve bileşenler eklenmiş ve aralarındaki ilişki oklar yardımıyla belirlenmiştir.

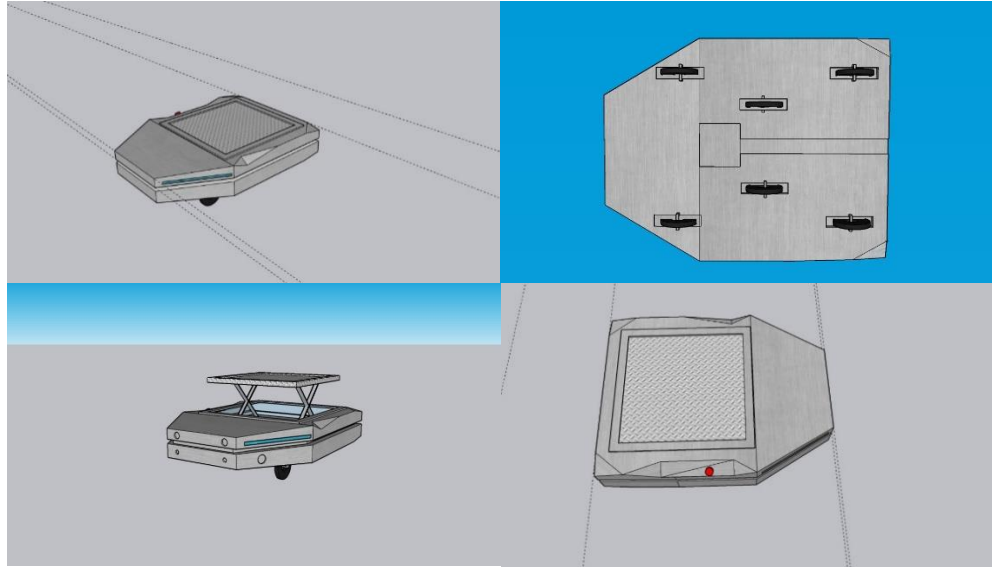


Şekil 2

4.2. Aracın Mekanik Tasarımı

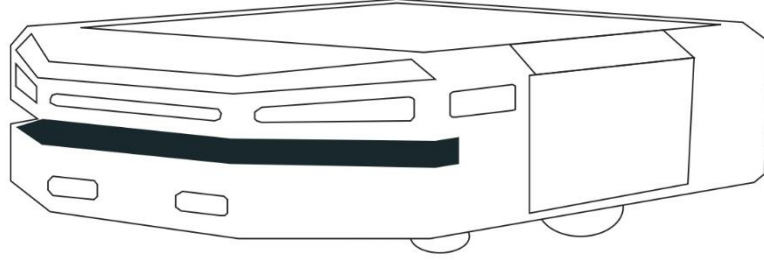
4.2.1 Mekanik Tasarım Süreci

Aracın Şekil-3'te yer alan mekaniksel tasarım Sketch Up programı kullanılarak tasarlanmıştır. Aşağıdaki kısımlarda yer alan tasarımlar, ekip tarafından piyasadaki örnekler de incelenerek, özgün olarak hazırlanmıştır. Tasarım geliştirilirken şartnamede belirtilen ölçülerden ve sahip olması gereken fonksiyonlardan yola çıkılmıştır.



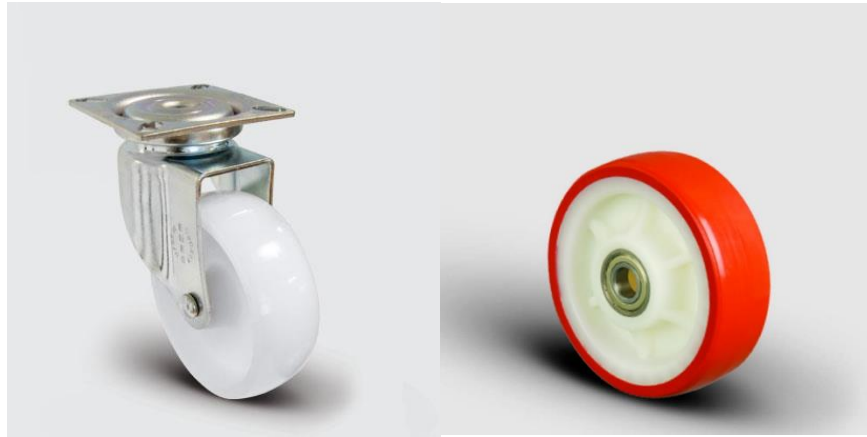
Şekil 3

Araç tasarlanırken öncelikle kâğıt üzerinde bir taslak oluşturulmuştur. Sonrasında ise 2D dijital çizimi (*Şekil-4*) gerçekleştirilmiştir. Bu tasarım piyasada örnekler incelenerek hazırlanmıştır. Ardından Sketch Up programı ile aracın 3D çizimi (*Şekil-3*) gerçekleştirilmiştir.



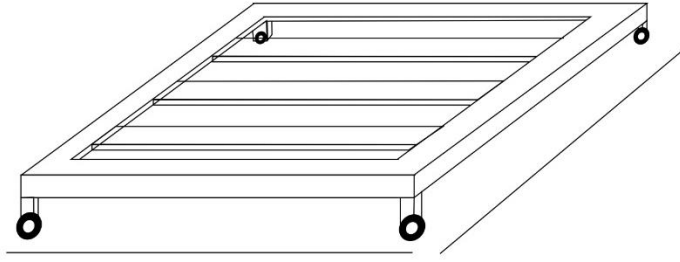
Şekil 4

Araç 2 motorlu 4 sarhoş tekerle sahip olacak biçimde tasarlanmıştır. Aracın 4 köşesine yerleştirilen sarhoş tekerler ile aracın hareket kabiliyetinin artırılması hedeflenmiştir. Orta kısımda yer alan motorlu tekerler ile aracın hareket edebilmesi için gerekli motor sistem gücü sağlanmaktadır. Tekerlek seçiminde poliüretan malzemeden üretilmiş tekerler tercih edilerek (*Şekil-5*) aracın patinaj yapmasının önüne geçilmesi amaçlanmıştır. Poliüretan teker sahip olduğu yüksek yere tutuş, yük taşıma kapasitesinin yüksek olması, aşınma dayanımı ve zemine diğer tekerlere göre daha az hasar vermesi, tercih edilme sebebi olmuştur. Piyasadaki diğer yük taşımaya yarayan araçların tekerlek yapıları da incelendiğinde (transpalet, agv robotlar) genellikle poliüretan tekerlek seçildiği gözlemlenmiştir.

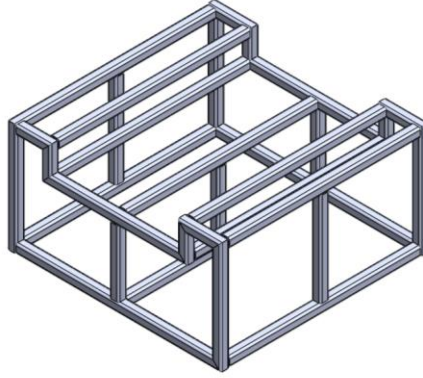


Şekil 5

Alüminyum profilden yapılan araç iskelet tasarımının ilk taslağı *Şekil-6*'da ardından solidworks kullanılarak tasarlanmış ikinci hali *Şekil-7* de yer almaktadır.

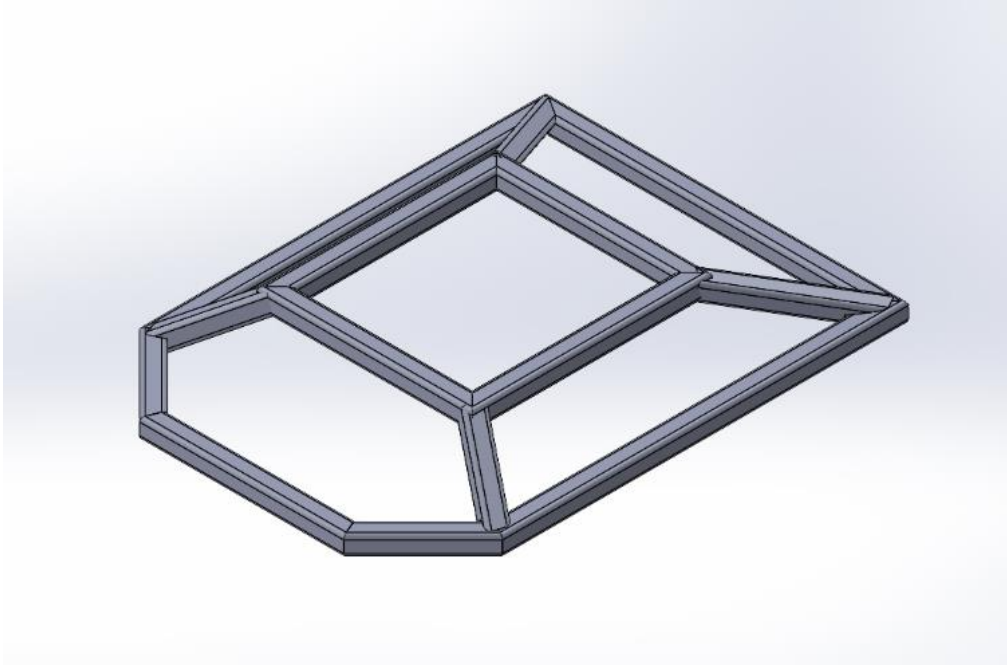


Şekil 6



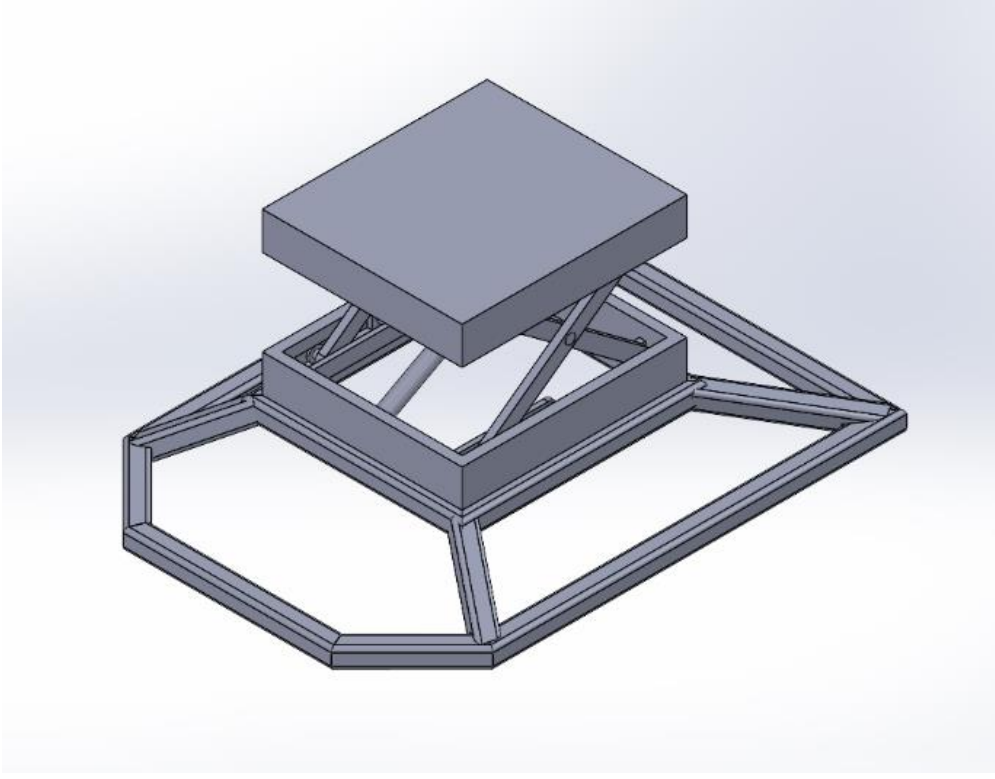
Şekil 7

Şekil-7 de yer alan iskelet tasarımı verimsiz bulunmuş ve tasarım Şekil-8 deki hale evrilmiştir.



Şekil 8

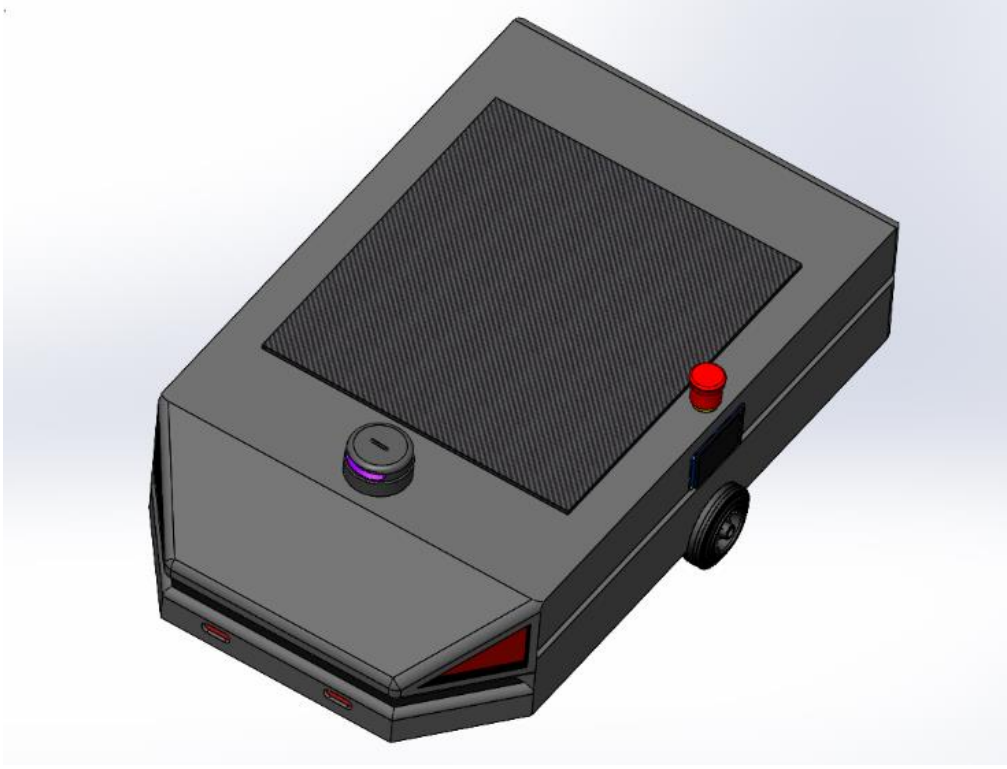
Lift mekanizması ve gövde sisteminin birleşmiş hali Şekil-9 da yer almaktadır.



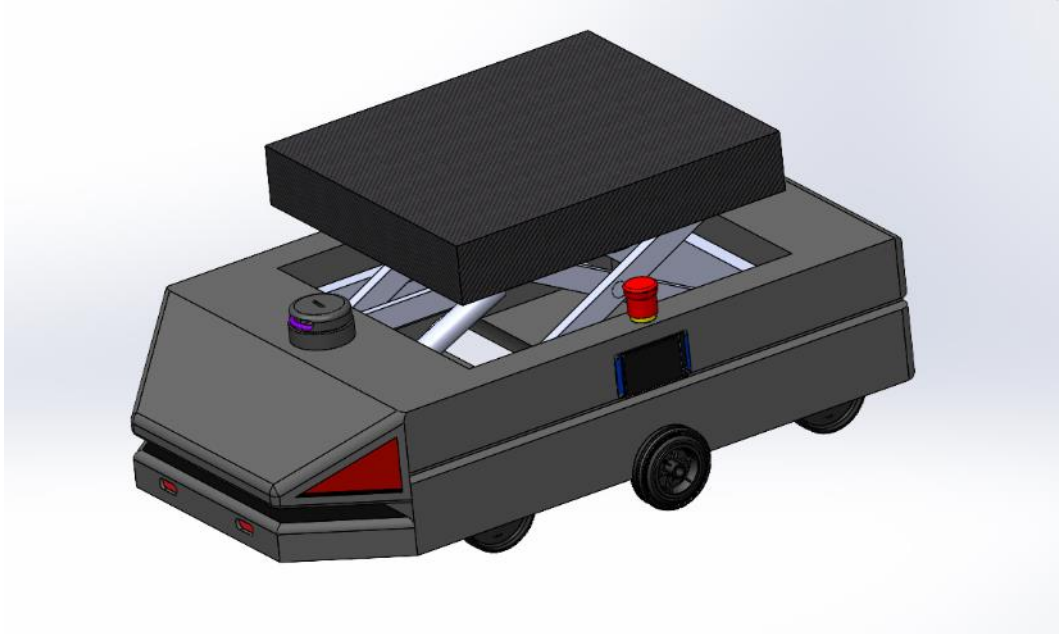
Şekil 9

Aracın dış görünümü Şekil-10 ve Şekil-11 'de yer almaktadır. Aracın ön kısmında lidar sensör ve acil durum butonu bulunmaktadır. Sol yan tarafında araç içerisindeki sensörlere ait verilerin

gösterileceği bir ekranın yerleştirilmesi planlanmaktadır. Sağ ve sol önu ışıklı sinyal ve uyarı sistemi için led alanı olarak belirlenmiştir.



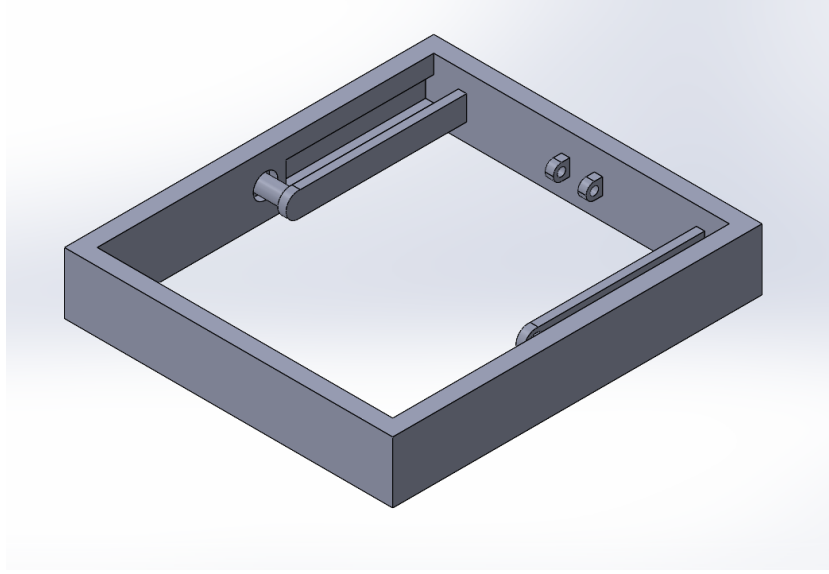
şekil 10



şekil 11

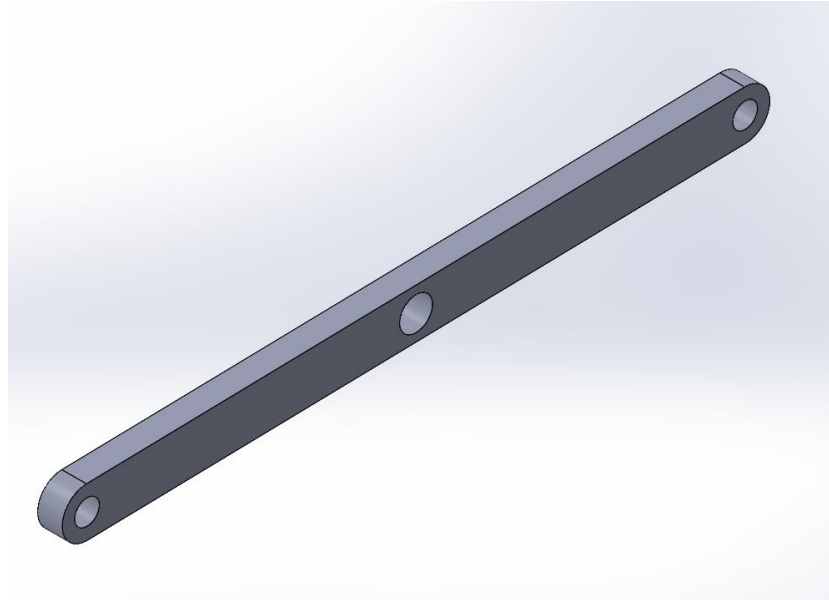
4.2.1.1 Lift Sistemi Tasarımı

Solidworks programı kullanılarak yapılan makaslı lift sistemi tasarımına ait parçalar aşağıda yer almaktadır. *Şekil-12'daki* parça lift sisteminin alt gövdesini oluşturmaktadır. Sisteminin alt gövdesini yerleştirdiğimiz lineer aktüatörün linklerin kesişim noktasından geçen mili tahrik etmesi ile sistem yukarı yönlü hareket edecektir.



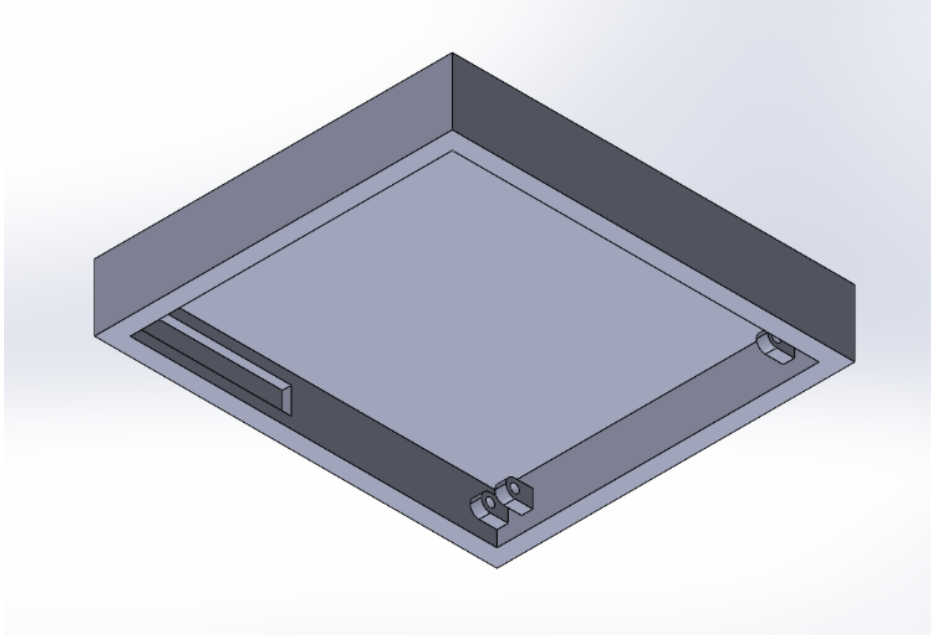
Şekil 12

Şekil-13'de yer alan ve araç şasesine monte edilecek olan bu parça motorun bağlantısı ve linklerin mesnet yuvalarına hareket edecek şekilde sabitlenecektir. Yük kaldırma sisteminin önemli parçasını oluşturan bu linkler sistemi yükseltmede önemli rol almaktadır.



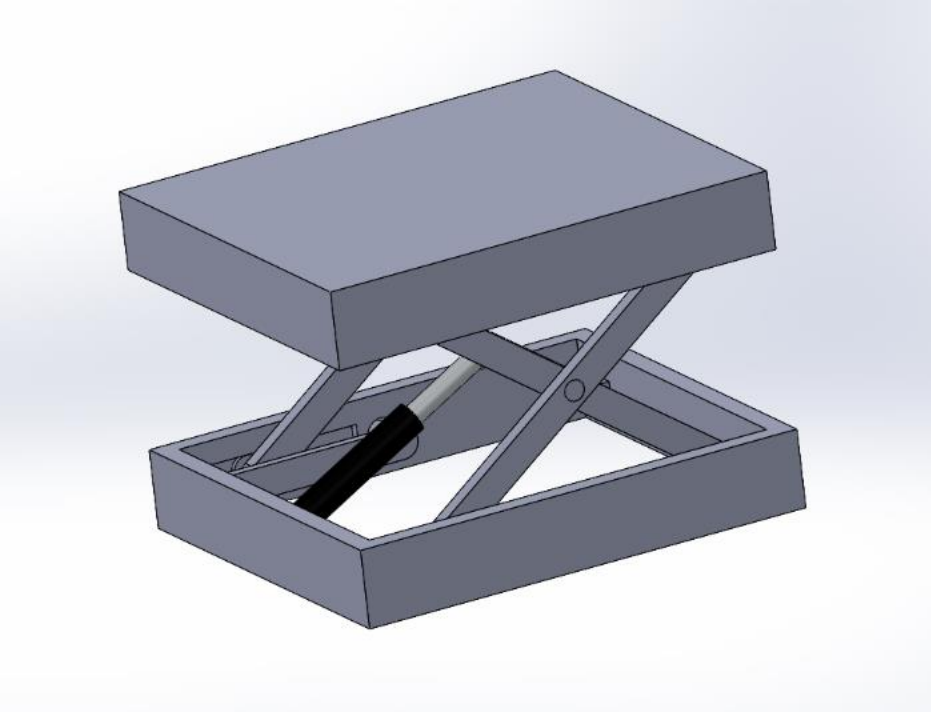
Şekil 13

Şekil-14'te yer alan parça Lift sisteminin en üst kısmını oluşturur. Platformun ve yükün yerden kaldırılmasını sağlamaktadır.



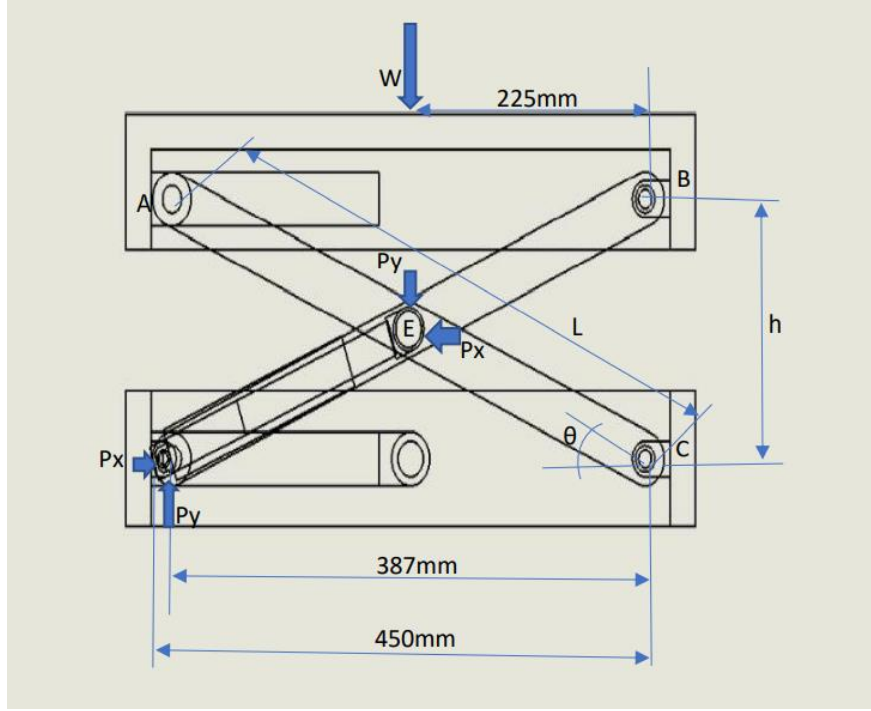
Şekil 14

Şekil-15 'de yukarıdaki çizimlerde yer alan parçaların birleştirilmiş hali yer almaktadır. Şekil-15 'de yer alan lift sisteminin ölçüleri 450x400mm'dir. Seçilen malzememiz yapı çeliği olup, talaşlı imalat yöntemi ile üretilecektir. Sistem minimum 100 kg taşıma kapasitesine göre tasarlanmıştır.



Şekil 15

4.2.1.2 Lift Sistemi Mekanik Hesap



Şekil 16

$$W=75\text{kg}$$

$$L=400\text{mm}$$

$$\theta =14.5^\circ$$

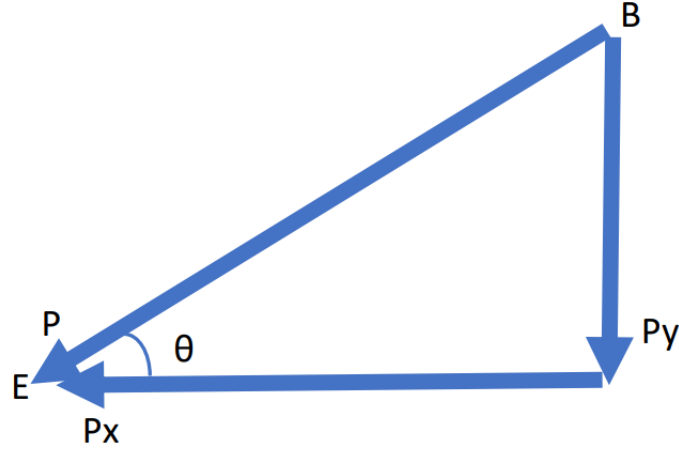
Kriko, $h=100\text{mm}$ yükseldiğinde uzuv merkezleri arasındaki uzaklık, IABI uzunluğu 450mm 'den 387mm 'ye düştüğü tespit edilmiştir.

Lineer motor baskı kuvvetine maruz kalmıştır. Bu nedenle motorun mesnetlendiği nokta ile kuvvetin uygulandığı nokta eşit bileşke kuvvetine maruz kaldığını çıkarabiliriz.

Bu parametrelere göre C noktası için moment;

- $M_c=0$
- $W.(225)-P_y.300 = 0$
- $P_y=(W.225)/300 = (0.75).W \rightarrow P_y = 56.25 \text{ kg}$

E noktası için trigonometri bağıntılarından;



Şekil 17

W ağırlığı A ve B noktasında eşit dağılacığından B noktasına 37.5 kg yük dikey olarak gelmektedir.

Dolayısıyla;

$$- \tan(14.5) = \text{Karşı/Hipotenüs} = (37.5 \text{ kg})/P_x$$

$$- P_x = (37.5 \text{ kg}) / (\tan(14.5))$$

$$- P_x = 145 \text{ kg}$$

P_x ve P_y kuvvetlerinin bileşkesi;

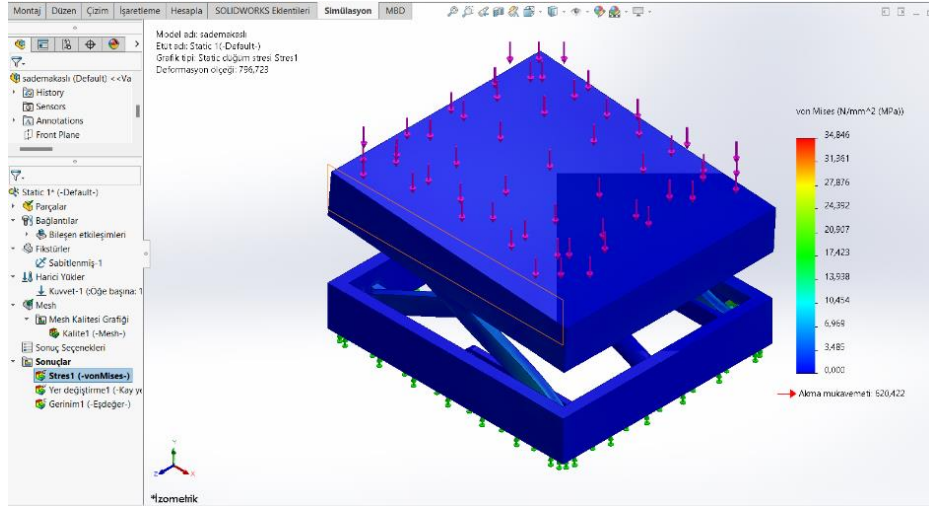
$$\sqrt{(56.25)^2 + (145)^2}$$

155.53 kg bileşke yükü kaldırabilecek bir motora ihtiyaç duyulmuştur.

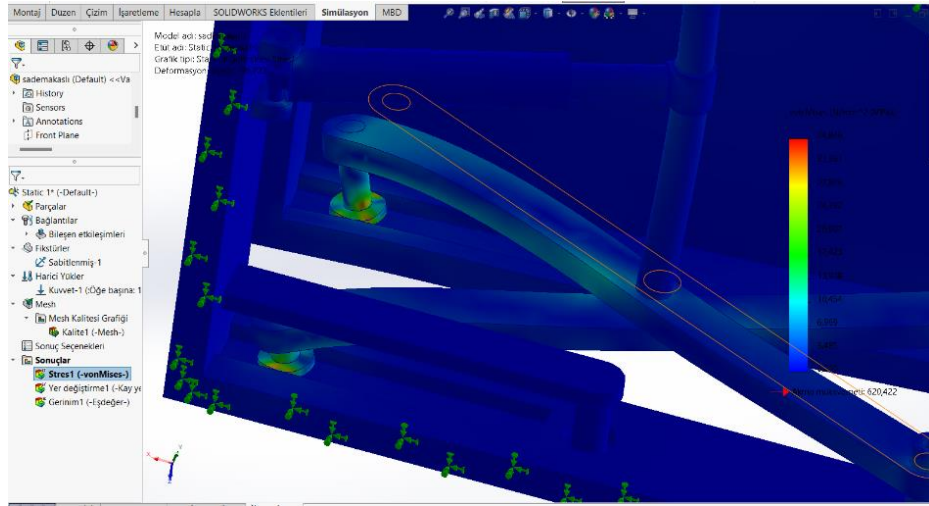
$$P = (155.53 \text{ kg}) \cdot (9.81 \text{ m/s}^2) = 1526 \text{ N kuvveti uygulayabilecek motor gerekli bulunmuştur.}$$

4.2.1.3 Deformasyon Analizi

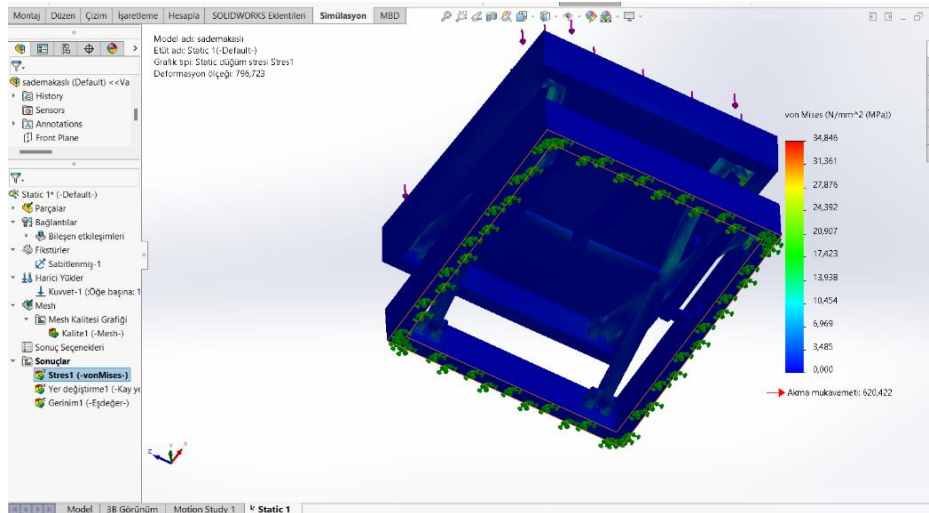
Solidworks programı kullanılarak hazırlanan deformasyon analizleri aşağıda yer almaktadır. 150 kg'lık güç uygulanarak tarafımızdan tasarlanan şasenin deformasyon analizi gerçekleştirilmiştir. Şasenin lineer aktüatör kesişim noktalarında deformasyonlar gerçekleşebileceği öngörülmüştür. Analiz sonucunda mavi rengin ağırlıklı olması gerçekleştirdiğimiz tasarımın dayanıklılık testinden geçtiği anlamına gelmektedir. Tasarımda materyal olarak yapı çeliği kullanılmıştır. Gerçek robotta da yapı çeliği kullanılması planlanmaktadır ancak sürece bağlı olarak materyal değişikliğine gidilebilir. Deformasyon analizleri Şekil-18, Şekil-19, Şekil-20'de gösterilmektedir.



Şekil 18



Şekil 19

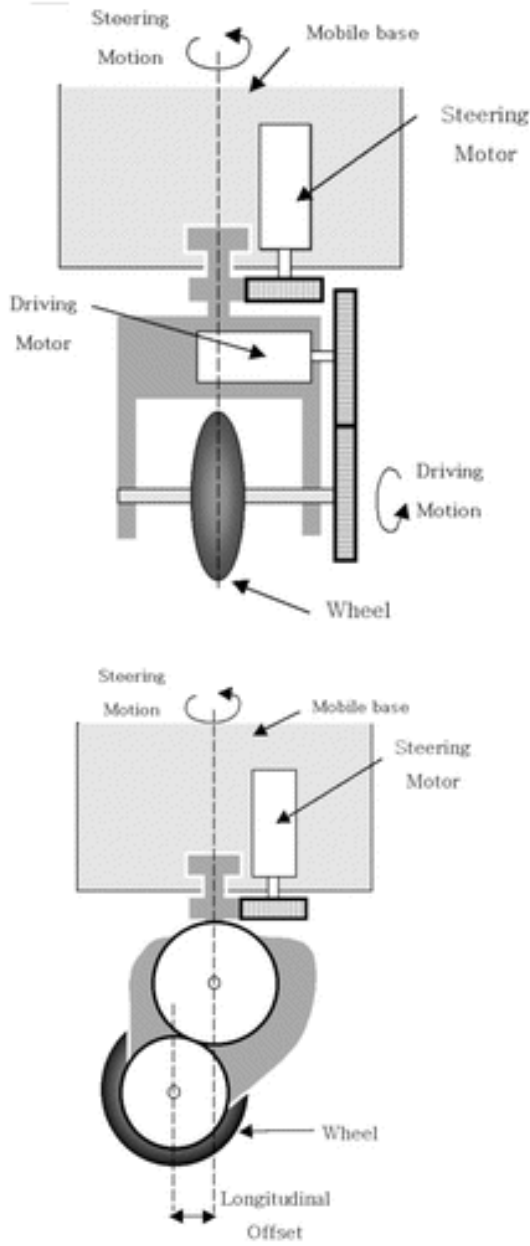


Şekil 20

4.2.1.4 Aracın Hareket Mekanizması

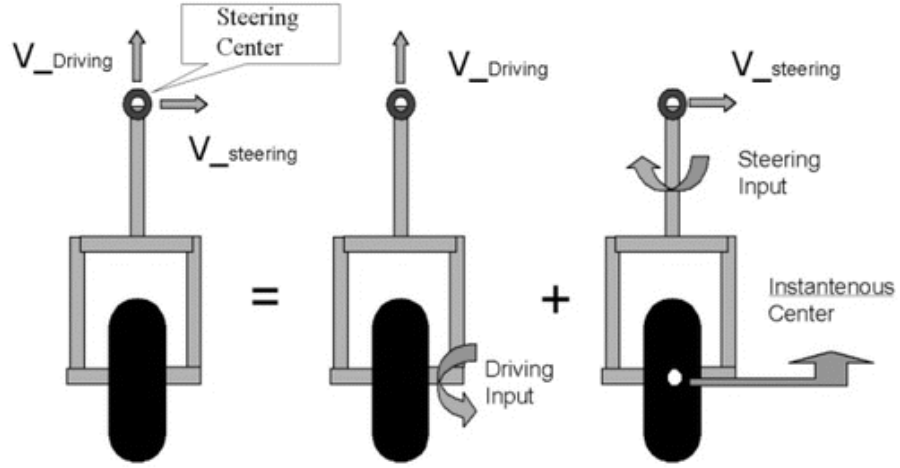
Araç tasarlanırken 2 motorlu 4 sarhoş teker kullanılması planlanmıştır. 4 köşede yer alan 4 sarhoş teker ile aracın manevra/dönüş kabiliyeti artırılmıştır. Aracın ortasında yer alacak olan motorlu 2 teker aracın ilerlemesi için gerekli gücü sağlamaktadır. AGV robotların kullanım alanları ve kullanım amaçları göz önünde bulundurulduğunda aracın süspansiyon gibi sistemlere ihtiyaç duymadığı anlaşılmaktadır. AGV araçlar büyük çoğunlukta depolarda, havaalanlarında ve benzeri gibi düz zeminli alanlarda kullanılır. Buna tutarlı şekilde yarışma parkuru da düz zeminden oluşmaktadır.

Aracın tekerlerinde ve hareket mekanizmasında olması gereken en önemli özellik manevra kabiliyetidir. Aracın dönüşü olabildiğince dar alana ihtiyaç duyarak gerçekleştirmesi gerekmektedir. Yenilenen parkur planında önceki parkura kıyasla aracın manevra kabiliyeti daha fazla önem arz etmektedir. Önceki parkur planında tek turda aracın yapması gereken manevra sayısı şartnamede verilen örnek senaryo göz önünde bulundurularak hesaplandığında 4 dır. Yenilenen parkur için



Şekil 21

hazırlanmış örnek senaryolar incelendiğinde bu sayı 10 dur ve şerit bantlar arasındaki mesafeler önceki parkura kıyasla dardır. Bu sebeple aracın dönüş manevra kabiliyeti yeni parkurda daha fazla önem arz etmektedir.



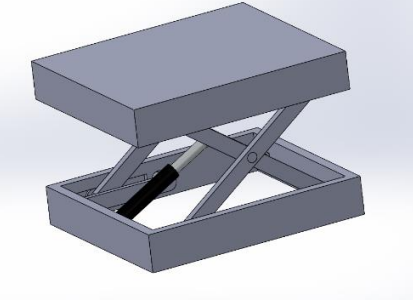
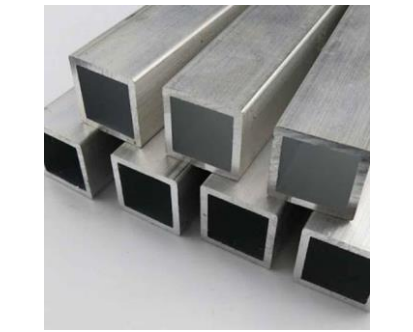
Şekil 22

Tercih ettiğimiz tekerlek sisteminin bu duruma entegre olup olamayacağı gerekli malzemeler henüz temin edilemediğinden gerçekleştirilememiştir. Bu sebeple ilerleyen zamanlarda tekerlek mekanizmasında güncellemeye gidilebilir.

4.2.2 Malzemeler

Malz. Kodu	Malzeme Fotoğrafi	Malzeme Adı/Açıklama	Malz. Adedi	Malzeme Fiyatı
1		Redüktörlü Encoderli Fırçalı DC Motor: Daha kolay kontrol sağlamak amacıyla redüktörlü fırçalı DC motor seçilmiştir. DC motoru çalıştırmak için DC voltaj uygulamak yeterli olmaktadır. Daha yüksek voltaj veya daha yüksek PWM çalışma çevrimi ile motorun daha hızlı çalışması sağlanmaktadır. Motora uygulanan elektriksel sinyalin polaritesini değiştirerek ise de motorun dönüş yönünü ayarlayabiliriz. Tüm bu işlemler tasarlanan motor sürücü kartı ile yapılacaktır. Redüktörlü Fırçalı DC motorlar ise de hız düşürerek yüksek tork elde edilmesini sağlar. Bu önemlidir, çünkü yüksek başlangıç torku , motorda bir yük olsa bile motorun hareketini kolaylıkla sağlamasına imkan verir. Bu	3	3 x 680 TL

		sebeplerden ötürü aracımızda Pololu marka Redüktörlü Encoderli Fırçalı DC Motor tercih edilmiştir. Bu motor 12V 100RPM ve maksimum 37 kg/cm tork özelliklerindedir.		
2		12V 100MM Lineer Aktüatör Motor: Dairesel hareketi doğrusal harekete çeviren bu motor lift sisteminin bir parçasıdır. Yük kaldırmada önemli rol üstlenir. Teknik özellikleri aşağıda yer almaktadır. Çalışma Gerilimi: 12V Yük Kapasitesi (Tork): 500N Hız: 13mm/s yükte, 16mm/s	1	2000 TL
3		Döner Tablalı Poliamid Tekerlek Çap:50 Çift Bilya Yataklı Maşa, Kendinden Burçlu: Aracın kendi ağırlığı ve taşıyacağı yük hesaba katılınca tekerleklerin bu ağırlıklar altında dayanıklı olması, zemine daha iyi tutunup kaymadan ve gürültü çıkarmadan ilerlemesi için kauçuk kaplı burçlu tekerlekler kullanılacaktır. Çap: 50mm, Taşıma Kapasitesi: 40 kg, 4 Adet 120 kg	4	4 x 25 TL
4		ZBP125x40 Poliamid Üzeri Poliüretan Kaplı Çap:125 Bilya Rulmanlı Tekerlek: Aracın kendi ağırlığı ve taşıyacağı yük hesaba katılınca tekerleklerin bu ağırlıklar altında dayanıklı olması, zemine daha iyi tutunup kaymadan ve gürültü çıkarmadan ilerlemesi için kauçuk kaplı burçlu tekerlekler kullanılacaktır. Kullanılacak bu tekerleklerin çapı 125mm, genişliği 40mm ve taşıma kapasitesi 250 kg'dır.	2	2 x 96 TL

5		Makaslı krika: Bu makaslı krika sistemini tasarımı tarafımızdan gerçekleştirilmiş olup, üretimi sanayide gerçekleştirilecektir. Krika sisteminin alt gövdesini yerleştirdiğimiz lineer aktüatörün linklerin kesişim noktasından geçen mili tahrik etmesi ile sistem yukarı yönlü hareket edecektir. Sistem minimum 100 kg taşıma kapasitesine göre tasarlanmıştır. Dayanıklılığı önem arz ettiğinden yapı çeliği tercih edilmiştir.	1	2500 TL
6		Alüminyum levha: Dış gövdeyi, kaplama amaçlı kullanılacaktır. Yapılan testler sonucu 3'mmlik levha kalınlığı yeterli görülmüştür.	4	1 m ² /90 TL
7		Alüminyum profil: Araç içinde yer alacak iskelet üretilirken alüminyum profil kullanılacaktır. Alüminyum profilden tasarlanmış iskelet Analiz programlarından elde edilen deformasyon analizleri ile test edilmiştir. Tercih edilecek profil (40x40x4)mm ölçülerine sahiptir.	7	1 m / 100 TL
8		Filament: Araç içerisinde kullanılan bileşenlerin, araca entegrasyonunu sağlamak için gerekli bileşenlerin basım işlemleri 3D yazıcı ile gerçekleştirilmektedir. Bu yazma işlemi için filament kullanılmaktadır.	1	250 TL

4.2.3 Üretim Yöntemleri

Araç üretilirken kullanılması planlanan yöntemler aşağıdaki gibidir.

3D yazdırma: Bileşenlerin şaseye bağlanmasında ihtiyaç duyulacak malzemelerin üretilme işleminde kullanılacaktır.



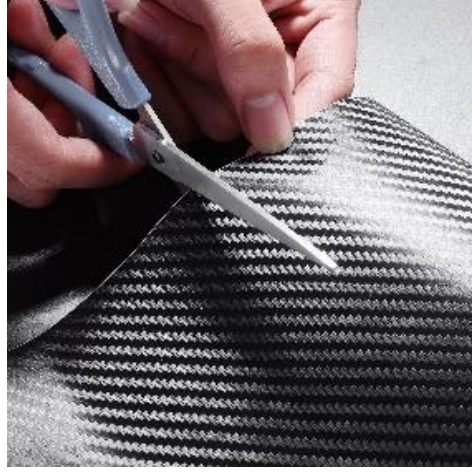
Kaynak: Araç gövdesinde kullanılması planlanan sac levhaların birleştirme işleminde kullanılacaktır.



PCB basımı: Araç için özel tasarlanmış PCB'nin PCB üreten bir firma tarafından ürettirilme işlemi gerçekleştirilecektir.



Kaplama: Aracın dış gövdesine karbon fiber kaplama işlemi uygulanacaktır.



Vidalama: Araç içinde ve dışındaki bileşenlerin yerlerine monte edilme işleminde uygulanacak yöntemdir.



Talaşlı imalat: Bu yöntem Lift sistemi üretiminde kullanılacaktır.

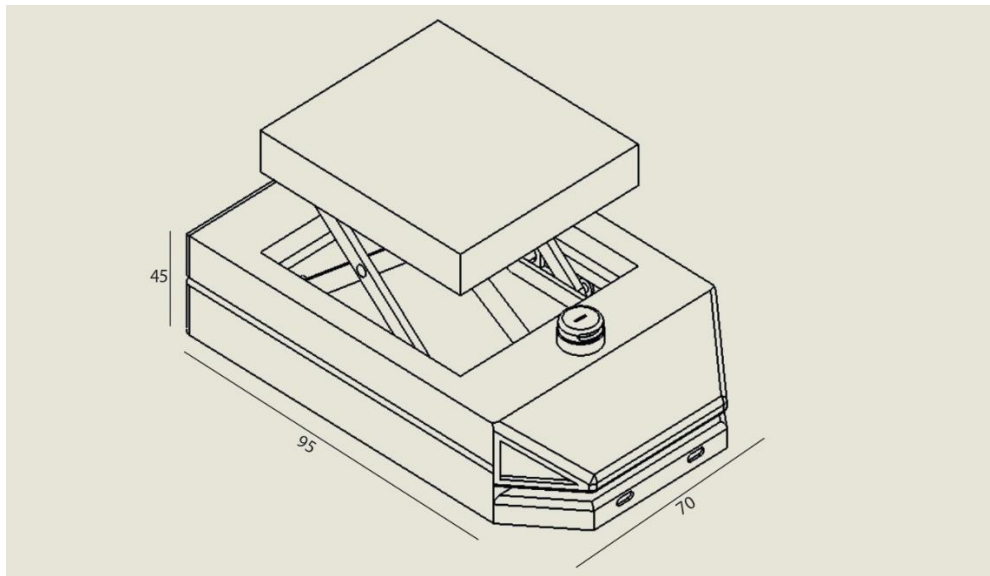


Lehimleme: Devre elemanlarını birbirlerine bağlama işleminde kullanılacaktır.



4.2.4 Fiziksel Özellikler

Aracın yerden yüksekliği 45 cm genişlik değeri 70 cm olarak planlanmıştır. Lift sistemi açıldığında bu yükseklik 55 cm'leri bulabilmesi öngörülmektedir. Aracın dış kabuğu henüz tamamlanamadığından ölçüler tahmini olarak belirlenmiştir. Ağırlık değeri henüz tamamlanmadığı için kesin olmamakla beraber 75 kg'yi bulması öngörülmektedir. Araç ölçüleri belirlenirken yarışma kapsamında altına girmesi planlanan platformun ölçüleri dikkate alınmıştır. Ancak aracın platformun altına girmesi ile ilgili test çalışmaları henüz gerçekleştirilemediğinden ölçülerin platforma uygun olup olmadığı test edilememiştir bu sebeple ilerleyen zamanlarda ölçülerde değişiklikler olabilir.



Şekil 23

4.3. Elektronik Tasarım, Algoritma ve Yazılım Tasarımı

4.3.1. Elektronik Tasarım Süreci

Araç üzerinde kullanılması planlanan elektronik sistemler modüler bir yapıda tasarlanmaya başlanmıştır. Bu modüler tasarım sayesinde yapılacak olan görevler daha küçük iş parçalarına bölünerek sistem üzerindeki olması muhtemel karmaşıklıklar üzerinde daha etkili kontroller sağlanacaktır. Bu doğrultuda aracın üzerinde bulunan motorların, sensörlerin, enerji dağıtımının vs. kontrolü ilk etapta birbirinden bağımsız olarak tasarlanıp daha sonra bu yapıların ise birbirleriyle CAN-BUS haberleşme protokolü vasıtasıyla iletişimi sağlanacaktır.

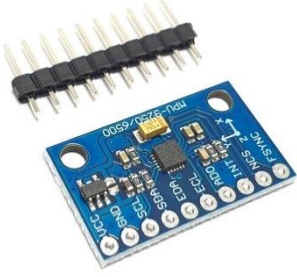
4.3.1.1 Elektronik Malzeme Listesi

Malz. Kodu	Malzeme Fotoğrafı	Malzeme Adı/Açıklama	Malz. Adedi	Malz. Fiyatı
1		Seed RPLIDAR A2M8 Lidar: Seed RPLIDAR A2M8 Lidar düşük maliyetli 360 derece 2D lazer tarayıcı çözümüdür. Aracın ön kısmına yerleştirilecek olan lidar sensör ile engellerin araca olan mesafesini ve kapalı alanda konumunu algılamayı hedeflemekteyiz. Lidar "Işık Tespiti ve Uzaklık Tayini" anlamına gelen "Light Detection and Ranging" sözcüklerinin kısaltmasıdır. En yalın haliyle; lazer ışınlarını kullanarak, nesnelerin, ölçüm aleti (lidar) ile arasındaki uzaklığını ölçmeye yarayan bir uzaktan algılama teknolojisidir. Işık hızında çalışması sayesinde ölçüm yaptığı alanı çok hızlı bir şekilde, yüksek doğrulukla ölçebilmektedir. Bu sayede gerek haritalama işlemlerinde gerekse diğer teknolojik çalışmalarda yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Seed RPLIDAR A2M8 Lidar, 12 metreden daha uzun mesafe algılama aralığı ile 10 Hz ile 360 derece lazer taraması gerçekleştirir. Üretilen 2D nokta bulutu verileri haritalama, yerelleştirme (SLAM) ve çevre modellemede	1	5,645 TL

		kullanılabilir. Lidar sensörden alınan mesafe ve açı bilgileri ile kapalı alanın haritalanması ve engellerin konumlarının algılanması hedeflenmektedir.		
2		Satek Jel Akü: Elektronik bileşenlerin ve mekanik sistemin (motorlar) güç ihtiyacını karşılamak için jel akü kullanılacaktır. Jel akülerin kapasite kullanım yüzdesi (amper-saat) çok yüksektir. Jel aküler 4-5 kat daha uzun ömürlü akülerdir. Jel akünün deşarj- şarj çevrim ömrü 450'dir. Yani jel aküler %80'ini deşarj etmek koşuluyla ortalama 450 kere deşarj ve şarj edilebilir. Jel aküler diğer akülere nazaran daha uzun ömürlüdür bu sebeplerden ötürü araçta jel akü kullanılması tercih edilmiştir. Araçta kullanılan Satek marka jel akü 7 kg ağırlığında 181x76x166 mm boyutlarındadır.	1	550 TL
3		XL4016 Voltaj Düşürücü: Voltaj regülatörü, girilen voltaj değerini istenilen çıkış voltaj değerlerine ayarlayan bir üründür. Yani bu ürünler voltajı düzenlemektedirler. Araçta kullanılacak olan elektronik kartlar göze alındığında elektronik bileşenlerin ihtiyaç duyduğu çalışma gerilimini sağlamak için bir voltaj düşürücü kullanılması gerektiği tespit edilmiştir. Bu doğrultuda aküden gelen DC gerilimi dönüştürmek için XL4016 voltaj düşürücü kullanılacaktır. Bu modül girişine uygulanan 7-40 V arasındaki DC gerilimi 1V-35V aralığına dönüştürebilmekte ve 10A çıkış akımı ile maksimum 300W'lık bir güç sağlayabilmektedir. Ayrıca bu voltaj düşürücü modül kendi içerisinde de kısa devre korumasına sahiptir.	2	2 x 85 TL

4		Raspberry Pi 4 Model B: Raspberry Pi 4 28nm tabanlı 1.5G Dört Çekirdekli CPU ve 4Gb DDR4 RAM içeren küçük bir DIY bilgisayardır. Raspberry Pi kartı lidar sensörden gelen verileri analiz ederek bir haritalama işlemi gerçekleştirecektir. Ayrıca aracın parkurda faydalı yükü almak için gireceği platformun tespiti için Raspberry Pi kamerası kullanılarak bu kart üzerinde görüntü işleme de yapılması planlanmaktadır. ROS işletim sistemi ile gerçek zamanlı olarak lidar ve kamera görüntülerinin işlenip gerekli karar mekanizmalarının tetiklenmesi sağlanacaktır.	1	3100 TL
5		Raspberry Pi 3 Model B+: BCM2837B0, Cortex-A53 64-bit 1.4GHz işlemci, 1 GB LPDDR2 SDRAM, 2.4GHz ve 5GHz IEEE 802.11.b/g/ n/ac kablosuz LAN, Bluetooth 4.2, BLE, USB 2.0 üzerinden Gigabit Ethernet, 5V / 2.5A DC güç girişi Gibi özelliklere sahiptir. Araçtan gelen verilerin gönderileceği MQTT server bu Raspberry Pi kartı üzerinde kurulacak ve geliştirilecektir. Tek kart yetersiz geleceği için 2 Raspberry kartı kullanılması planlanmaktadır.	1	2.790 TL
6		5.0dB 868 mhz 900 mhz 4g LTE 698~960MHz,1710~2700MHz SMA anten: Lora modüllerinde kullanılacak olan bu anten 868 mhz -900 mhz arasındaki çalışma frekanslarını desteklemektedir. Kazanç değeri 5dbi olan SMA anten ile açık alanda 5 km mesafelere kadar çıkılabilmektedir. Bu anten hem dikey hem de yatay olarak kullanılabilmektedir.	2	2 x 108 TL

7		Yarım Dalga RP-SMAAnten: NRF modüllerinde kullanılacak olan bu anten 2.4 GHz çalışma frekansına sahip modüllerde kullanılabilir. Bu antenin VSWR değeri 2 olup kazanç değeri 2.1 dBi'dir ve 60mW çıkış gücünü desteklemektedir.	2	2 x 160 TL
8		STM32F407 Discovery Board: STM32F4 geliştirme kartı üzerinde 168 MHz'lik, M4 tabanlı ARM Cortex mikrodeneleyiciyi barındırmaktadır. Cortex M4 standart uygulamaların yanında DSP fonksiyonlarına da sahip bir mimaridir. Cortex M4 'ün çekirdeğinde FPU (Float Point Unit) bulunmaktadır. FPU'nun çipin içerisinde yer alması ondalıklı işlemler için özel olarak tasarlanmış ekstra bir birimin bulunması anlamına gelmektedir. Cortex M4 FPU dışında sayılabilecek birçok artısıyla diğer mikrodeneleyicilere kıyasla çok daha fazla özellik barındırmaktadır. Bu mikrodeneleyici 1MB flash belleğe ve 192 KB ana belleğe sahiptir. Mikrodeneleyicinin üzerinde 100 adet genel amaçlı giriş-çıkış pinleri bulunmaktadır. SMD kılıfa sahip olan STM32F407 mikrodeneleyicisinin tüm bu özelliklerini STM32F407 Discovery Board rahatlıkla kullanmamızı sağlar. Bu board kendi içerisinde bulunan ST-Link programlayıcı da bulundurmasından dolayı mikrodeneleyiciye kodu yüklemede de bize kolaylık sağlamaktadır. Araç içi iletişimin de CAN-BUS ile yapılacağı göz önüne alındığında içerisinde CAN-BUS protokolünü destekleyen mikrodeneleyiciyi bulunduran bu kartın kullanılması yine bizim için bir artı bir özelliktir.	3	3 x 1600 TL

9		MPU9250 IMU Sensör: MPU-9250 üzerinde 3 eksenli bir gyro, 3 eksenli bir açısal ivme ölçer ve 3 eksenli bir manyeto metre bulunduran 9 eksenli bir IMU sensör kartıdır. Kart üzerinde voltaj regülatörü bulunduğundan 3 ile 5 V arası bir besleme voltajı ile çalıştırılabilmektedir. İvme ölçer ve gyro çıkışlarının her ikisi de ayrı kanallardan I2C çıkışı vermektedir. Bu kart her ekseninde 16 bitlik bir çözünürlükle çıkış verebilmektedir. Bu sensörden gelen veriler hız kontrolü, iniş-çıkış fonksiyonları, aracın ve yükün dengelenmesi için kullanılacaktır.	3	3 x 60 TL
10		HMC5883L Pusula Sensörü: HMC5883L, Honeywell tarafından üretilmiş olan 3 eksenli bir pusula sensörüdür. Bu modül üzerinde bulunan HMC5883L pusula sensörü, voltaj regülatörü ve standart pin yapısı sayesinde farklı sistemlerde ve çeşitli uygulamalarda rahat bir şekilde kullanılabilir. Sensör çıkışında I2C dijital haberleşme protokolü kullanılmaktadır. Modül üzerinde voltaj regülatörü bulunduğundan 3-5V arası bir besleme voltajı verilmektedir. Bu sensörden gelen yön bilgisine göre aracın otonom sürüş özelliğini daha da kolaylaştırılacaktır.	1	50 TL
11		ACS711LC Akım Sensörü: Bu kart Allegro'nun $\pm 12.5A$ ACS711 manyetik etkiye bağlı lineer akım sensörüdür. Bu kart 12.5 ampere kadar iki yönlü akım girişine izin verir. Hata payı %5'nin altında olmak üzere, 5V analog voltaj (167 mV/A) çıktısı verir yani bir amperlik bir değişimi 167 mV ile okuyabilmekteyiz. İletken yolda iç rezistansı tipik olarak 1.2 mΩ'dur ve PCB 2-oz bakırdandır. Bu yüzden kart üzerinde çok az güç kaybı olur. Gerek motorların gerek elektronik	3	3 x 95 TL

		bileşenlerin çektiği akımı görmek için bu sensör kullanılacaktır.		
12		Ağırlık Sensörü: Ağırlık altında kaldığı zaman üzerine uyulanan basınç doğrultusunda bu basıncı elektriksel sinyallere çevirerek sensörün üzerinde bulunan yükün ağırlığını hesaplamada kullanılacaktır. Burada kullanılacak olan sensörün 100kg'lık bir yük kapasitesi bulunmaktadır.	1	450 TL
13		Ağırlık Sensör Kuvvetlendirici – HX711: Ağırlık sensörlerini mikrodenetleyicimize bağlamakta kullanabileceğimiz oldukça hassas bir karttır. Bu kuvvetlendirici 24-bit yüksek çözünürlüklü HX711 ADC entegresini kullanmaktadır. Ağırlık sensöründen gelen analog verileri dijital verilere çevirerek mikrodenetleyi için daha anlamlı hale getirecektir.	1	15 TL
14		SN65HVD230 CAN Tranciever: SN65HVD230 CAN-BUS entegresi CAN-BUS arayüzü üzerinden bağlantı kurabilen bir entegredir. 3.3 Volt çalışma gerilimine sahip olan bu CAN-BUS entegresi CAN arayüzlerini desteklemektedir. Mikrodenetleyici doğrudan CAN-BUS haberleşmeyi sağlayamadığı için bu modüle ihtiyaç duyulmaktadır. Bu entegrenin girişine CAN-BUS veri hattından gelen veriler çıkış hattından bağlı bulunduğu mikrodenetleyiciye daha anlamlı veriler halinde iletilmektedir	7	7 x 50 TL
15		HC-SR04 Ultrasonik Mesafe Sensörü: Ultrasonik sensörler ya da diğer adıyla ultrasonik dönüştürücüler ses dalgalarını kullanarak mesafeyi ölçen bir sensör türüdür. Radarla çalışma mantığı aynıdır. Hedef	10	10 x 25 TL

		nesneye ultrasonik dalgalar yollar ve geri yansımayı elektrik sinyaline dönüştürür. Yolladığı ultrasonik dalgalar ise insanların duyabileceği ses frekansından daha hızlı bir frekansta hareket eder. Bu ses frekansı 20 kHz ile 500 kHz arasındadır. Aracın ön kısımlarına yerleştirilecek olan bu ultrasonik sensör ile engellerin araca olan uzaklığına göre bir sürüş algoritması geliştirilecektir. Araçta URM09 ultrasonik sensörü kullanılacaktır. Bu sensör yaklaşık 5 metreye kadar ölçüm yapabilmektedir.		
16		MZ80 Kızılötesi Sensör: Ultrasonik sensöre ek olarak kullanılacak olan kızılötesi sensör ile daha kısa mesafelerde daha hassas bir ölçüm işleminin yapılması hedeflenmektedir. Aracın parkurda faydalı yükü alması için gireceği platforma girişini sağlamak için daha hassas ölçüm yapan bu kızılötesi sensörden gelen verilerin daha verimli olacağı düşünülmektedir. Çünkü bu sensörün tepki süresi ortalama 2 ms civarındadır menzili ise 80 cm'dir.	5	5 x 50 TL
17		3-24V Devreli 22.6mm Kulaklı Buzzer: Normal çalışma voltajı: 12VDC Çalışma voltajı: 3VDC - 24VDC Maks Akım:20mA Min Ses basıncı 10cm: 95dB Aracın engel algılama mekanizmasına paralel olarak çalışacak buzzer, engel algılandığında çalışarak 15 saniyelik sesli uyarı verecek.	1	10 TL
18		Mikro Switch: Aracın faydalı yükü kaldırmak için krikoyu hareket ettirdiği esnada kriko sisteminin maksimum yükselme seviyesini ayarlamak için kullanılacaktır. Eğer yükü kaldıracak olan platform belirli bir yüksekliğe ulaşırsa platformun hareketi durdurulacaktır ve araç tekrar hareket haline geçebilecektir.	10	10 x 8 TL

19		E22 900T22D 7km Menzilli 900MHz SX1262 Lora Modülü: Araç ile arayüzün haberleşmesinde kullanılması düşünülmektedir. Lora sayesinde sensörlerden toplanan veriler arayüze aktarılabilir. Düşük güç tüketimi ve uzun menzili ile benzerlerine göre daha avantajlıdır.	2	2 x 350 TL
20		nRF24L01 2.4GHz Wireless Modül: Haberleşmede olası bağlantı sorunlarına karşı alternatif olarak kullanılması düşünülmektedir. NRF24L01 modülleri yüksek “buffer size” sayesinde diğerlerine göre daha avantajlıdır.	2	2 x 30 TL
21		Logitech C925E Full HD Webcam 960-001076: Aracın ön kısmına yerleştirilerek yapılacak görüntü işleme algoritmalarının ihtiyaç duyduğu verilerin toplanmasında kullanılacaktır.	1	1900 TL
22		Raspberry Pi 3 ve 4 Uyumlu Kamera Modülü: 5 MP çözünürlüklü kamera, boyut 25x20mm Araç aşağısına konması planlanan kamera ile QR kod okuma işlemi gerçekleştirilecektir.	1	200 TL
23		WS2812B Adreslenebilir RGB Şerit Led: QR okuma işlemi için gereken araç taban aydınlatmasında ve aracın ışıklı sinyal sisteminde kullanılacaktır.	2	1m / 150 TL

24		2.4 Inch Nextion Enhanced HMI Dokunmatik TFT Lcd Ekran NX3224K024: Görme Alanı: 48.96mm (L) × 36.72mm (W) Yerleşim büyüklüğü: 74.4 (L) x 42.72 (W) x 5.8 (H) Dokunma türü: Dirençli Arka ışık: LED Arka ışık ömrü (Ortalama):> 30.000 Saat Net Ağırlık: 25.8 g Önerilen güç kaynağı: 5V 500mA DC Raspberry Pi Uyumlu Dokunmatik Ekran Araç üzerine ekran konarak araç içerisinde yer alan sensör verileri ile ilgili verilerin ekran üzerinde gösterilmesi hedeflenmektedir.	1	900 TL
25		ESP32-WROOM-32U Wifi Bluetooth Geliştirme Modülü: RSSI sinyal değeri ile konum hesabı için kullanılacaktır. 4 modülün yarışma alanının 4 köşesine yerleştirilip, 1 modülün de araç içerisine yerleştirilmesiyle araçtaki modülden yayılan sinyalin değerlerinin 4 köşeden okunup ardından kullanılacak algoritmalarla anlamlandırılarak aracın konum değerine ulaşılabilme.	5	5 x 130 TL

4.3.1.2 Sensör katmanı

Sensör katmanı, kendi içerisinde uzaklık sensörü, ağırlık sensörü, akım sensörü, çizgi takip sensörü, ivme sensörü, sıcaklık sensörü gibi sensörlerden verileri okuyup bunları analiz edip bu verileri CAN-BUS hattına özel bir mesaj ID ile gerçek zamanlı olarak veri aktarımı yapmaktadır.

Aracın her bir köşesinde kullanılacak olan ultrasonik mesafe sensörleri ile AGV aracın parkur içerisinde bulunan statik ve dinamik engelleri algılaması, yük kaldırma platformuna aracı ortalayarak girmesi gibi işlemler kontrol edilmektedir.

Akım sensörleri ile AGV araçtaki her bir motorun çektiği akım miktarı ile birlikte elektronik kontrol sisteminin çektiği akım miktarları ölçülecek ve gerçek zamanlı olarak komuta kontrol istasyonu üzerinden görüntülenebilecektir. Ayrıca akım sensörleri ile aracın çekiş gücünü oluşturan redüktörlü fırçalı DC motorların kestirimci bakım denetiminin yapılması da hedeflenmektedir. Böylelikle AGV araç üzerinde bulunan motorların arıza vermeden veya daha büyük bir hasara yol açmadan arızasının tespiti mümkün olacaktır.

Sıcaklık sensörü ile hem AGV aracın elektronik kontrol biriminin ısı ölçülecek gerekirse soğutma sistemi tetiklenecek hem de çekiş motorlarının ısı değerleri gerçek zamanlı ölçülüp akım kontrolü ile birlikte motorların kestirimci bakım denetiminin güçlendirilmesi hedeflenmiştir.

IMU sensörleri ile hem AGV araca yön ve rota bilgisinin kazandırılması hem de aracın rampa inip çıkma durumlarında yük platformunun üzerinde bulunan yükün dengeli bir şekilde taşınması sağlanacaktır.

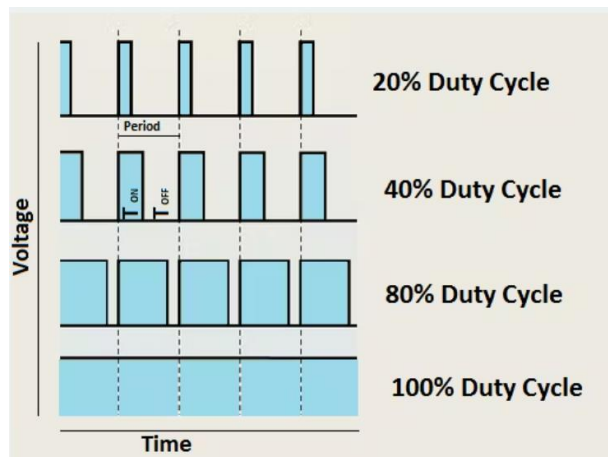
Ağırlık sensörleri ile AGV aracın yük platformu üzerine aldığı faydalı yükün ağırlığı hesaplanacak, aracın taşıma limitlerinin üzerinde ise aracın ses ve ışık sinyalleri ile alarm verip yükü geri yerine bırakması sağlanacaktır. Faydalı yük taşıma limitlerinde ise bu yükün ağırlık değerinin komuta kontrol istasyonu üzerinde bulunan arayüz ekranı üzerinden gösterilmesi sağlanacaktır.

4.3.1.3 Motor sürücü katmanı

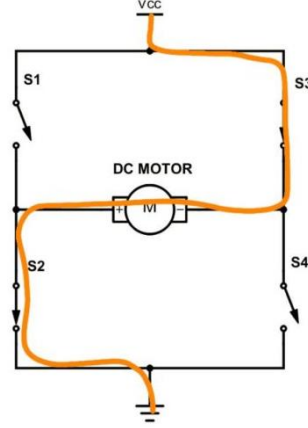
4.3.1.3.1 DC Motor Sürücü

Doğru Akım Motorlarını çalıştırmak için, DC Motor sürücü devresi gerekmektedir. Bu kartlar kullanılacak DC Motorun özelliklerine göre ve Motorun hangi yöntemle sürülmek istendiğine göre değişiklik gösterebilir. Biz DC Motor sürme tekniklerinden PWM (Darbe Genişlik Modülasyonu) ile H-Köprü metodlarını seçtik.

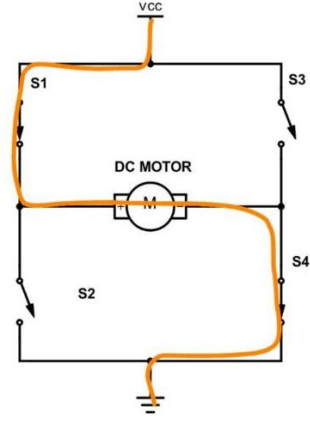
Bir DC motorun hızı, giriş voltajını değiştirerek kontrol edilebilir. Bunu yapmak için yaygın bir teknik olan PWM kullandık. PWM, bir dizi ON-OFF tetiklemesi göndererek giriş voltajının ortalama değerinin ayarlandığı bir tekniktir. Ortalama voltaj, Görev Döngüsü olarak bilinen darbelerin genişliği ile orantılıdır. Görev döngüsü ne kadar yüksek olursa, DC Motora uygulanan yüksek voltaj (Yüksek Hız) ve görev döngüsü ne kadar düşük olursa, DC Motora uygulanan ortalama voltaj o kadar düşük (Düşük Hız) olacaktır.



Bir DC motorun dönüş yönü, giriş voltajının polaritesini değiştirerek kontrol edilebilir. Bunu yapmak için yaygın bir teknik olan **H-Bridge** kullanılmaktadır. Bir **H-Bridge** devresi, motor merkezde H benzeri bir düzenleme oluşturan dört anahtar içerir. İki özel anahtarın aynı anda kapatılması, motora uygulanan voltajın polaritesini tersine çevirir. Bu, motorun dönüş yönünde değişime neden olur.



H-KÖPRÜ İLERİ



H-KÖPRÜ GERİ

4.3.1.3.2 Mosfet Sürücü

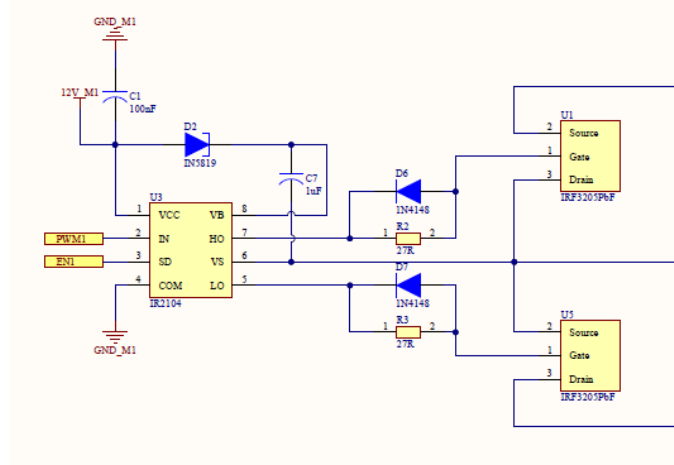
Mosfet gibi anahtarlama elemanlarının yüksek frekansta çalıştığı zaman, anahtarlama işlemlerini, açılıp kapama işlemlerini olabildiğince hızlı yapmak gerekmektedir. Kimi zaman bu hızı arttırmak amacı ile kimi zaman PWM sinyalinin gate ucuna daha temiz ve düzgün gelmesi amacı ile çeşitli sürme teknikleri uygulanmaktadır.

Tasarladığımız kartta Mosfet Sürücü olarak IR2104 Entegresini kullandık. IR2104 Güç Kontrol Entegreleri kategorisinde bulunan, Half Bridge tipi uygulamaları için uygun bir Mosfet Sürücü entegresidir. Özellikleri Şekil-23 'de verilmiştir.

VOFFSET	600V max.
Çıkış Akımı	130Ma-270mA
Besleme Gerilimi	10-20V
Zaman	680-150 ns
Çalışma Sıcaklığı	-40 ° C ~ + 125 ° C

Şekil-23 IR2104 Özellikler

Tasarım da IR2104'ün kullanımı Şekil-24 'te verilmiştir.



Şekil 24 IR2104 Kullanımı

Mosfeti yeterince hızlı sürebilmek için, GS uçları arasında mosfeti saturasyona sokacak miktarda voltaj uygulamamız gerekmektedir ve ayrıca, hızlı bir şekilde deşarj edebilmek için de entegreye doğru olan direnç miktarını da düşürmek zorundayız. Gate ucu kapasitansa sahip olduğu için, mosfeti bir kapasitör gibi düşünüp, kapasitörü şarj edip deşarj ettiğimizi söylesek yanlış olmayacaktır. Gate direnci mosfetin açılıp kapanma hızını belirleyen bir faktör olduğu için 27 ohm'dan büyük direnç kullanılması önerilmemektedir. Büyük gate direnci kullanımı, anahtarlama kayıplarını artırır ve bunun yanında osilasyonlara sebebiyet verebilmektedir.

4.3.1.3.3 Güç Anahtarlama (H-Köprü)

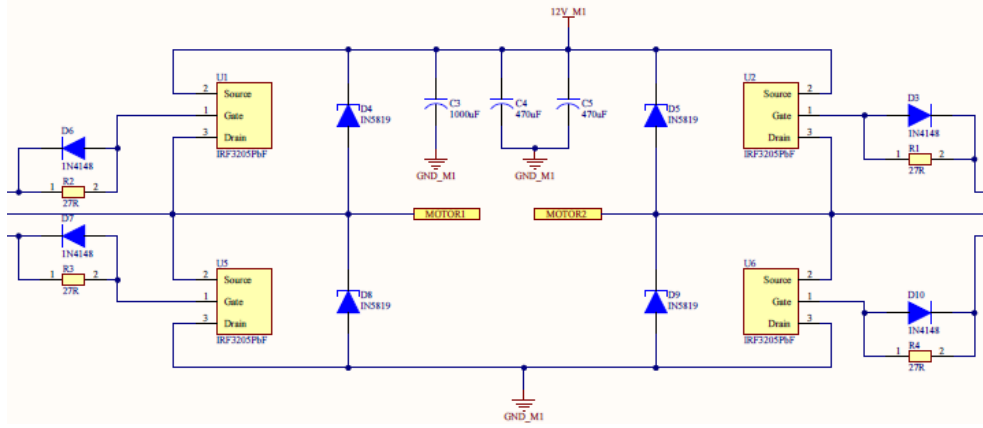
MOSFET, en kısa tanımıyla geçidi yalıtılmış alan etkili bir transistör çeşididir. İhtiyaca bağlı olarak anahtarlama ve güç dengeleme işi yaparlar. Enhancement tip MOSFET'ler, N kanal ve P kanal olmak üzere iki farklı sınıfa ayrılırlar. N kanal MOSFET'ler, Drain ve Source uçlarına bağlı iki N tipi maddeden oluşmaktadır; P kanal MOSFET'ler ise Drain ve Source'a bağlı iki P tipi maddeden oluşmaktadır.

- N tipi **Enhancement** MOSFET'lerde Gate terminaline pozitif gerilim uygulandığında iki N tipi madde arası (-) yüklü elektronlar toplanır ve akım akmaya başlar.
- P tipi **Enhancement** MOSFET'lerde Gate terminaline negatif gerilim uygulandığında iki P tipi madde arası (+) yüklü elektronlar toplanır ve akım akmaya başlar.

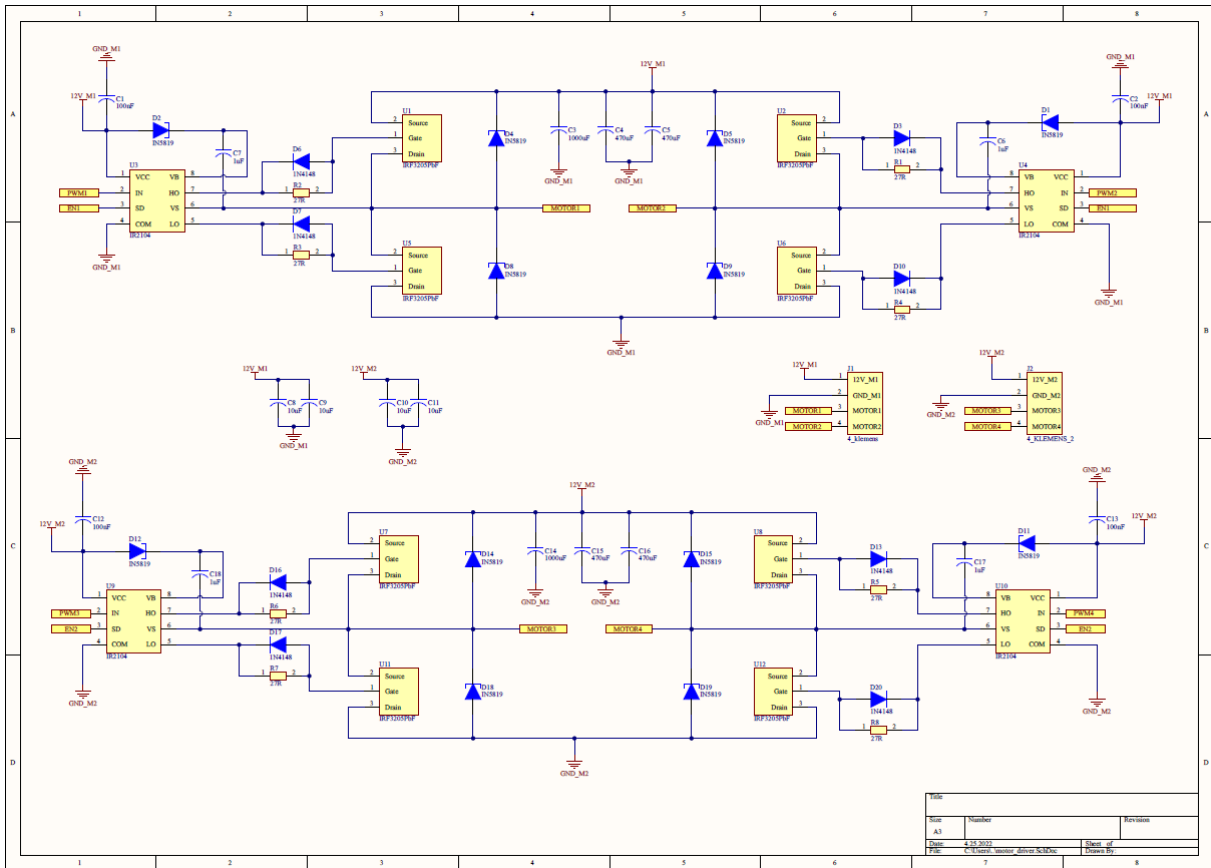
Tasarımımızda güç anahtarlama Mosfeti olarak IRF3205 N-Kanal Mosfet entegresi kullanılmıştır. IRF3205 Mosfetinin teknik özellikleri aşağıda verilmiştir.

Transistör Tipi	N Kanal
Drain ile Source Gerilimi	55V
Sürekli Çıkış Akımı	110A
Drain ile Source Direnci	8mΩ
Çalışma Sıcaklığı	-55° C ~ + 175 ° C

Aşağıda entegrenin kullanımı verilmektedir.



Şekil 25 IRF3205 Kullanım Şematik

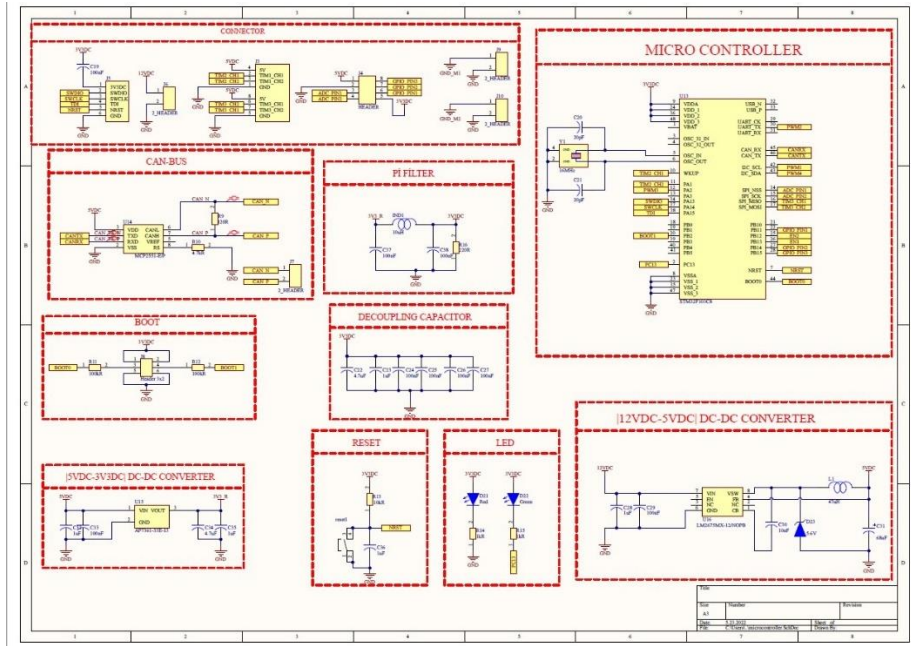


Şekil 26 Motor sürücü şematik

4.3.1.3.4 DC Motor Sürücü kontrol merkezi

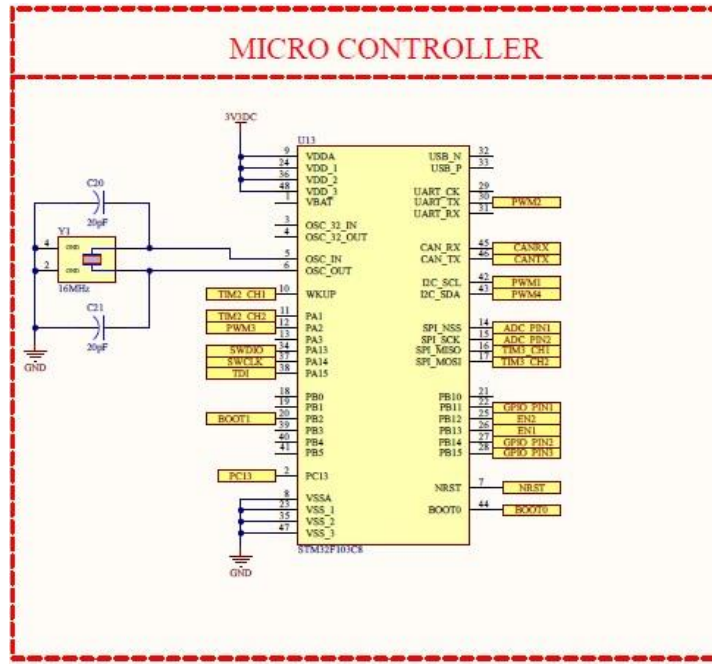
Motor sürücünün kontrol ünitesi motor sürücü ile beraber tasarlanmıştır. Mikrodenetleyici olarak piyasaya analizi yapıp hem fiyat performans açısından hem

de piyasada bulunurluğu yüksek STM32F103 kullanılmıştır. Sensörler yardımı ile gelen veriler ana işlemcide işlenerek Can Bus yardımı ile bu mikrodenetleyici üzerinden motorların kontrolü sağlanmaktadır. Mikrocontroller şematiği Şekil-27’de gösterilmiştir.



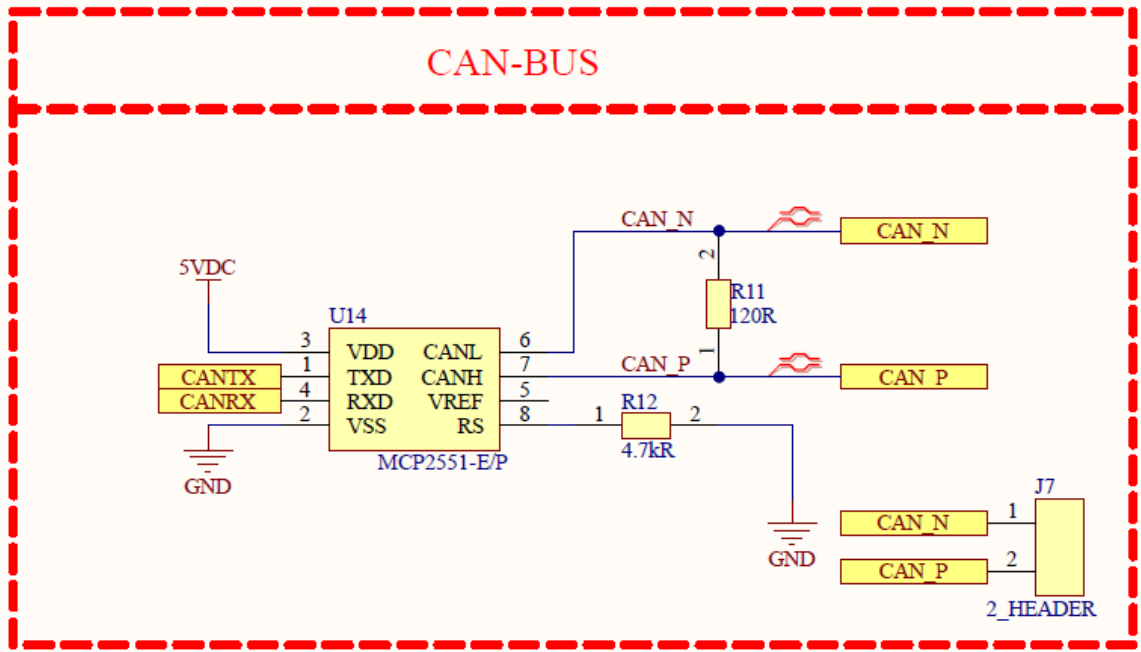
Şekil 27 DC Motor Sürücü Mikrocontroller şematiği

Mikrodenetleyici kısmında 16MHz lik bir kristal ile PLL yükseltmesi yaparak denetleyicinin max hızda çalışmasını (72MHz) sağlamış bulunduk ve gerekli diğer pinlerin bağlantılarını tamamladık. Şekil-28 Mikrocontroller kısmı gösterilmiştir.



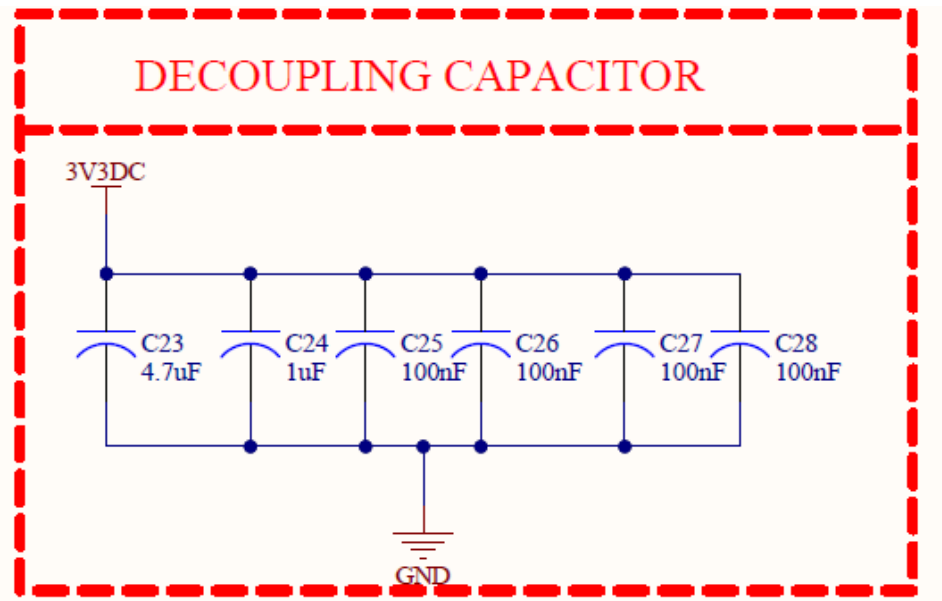
Şekil 28 Mikrocontroller

Can Bus bağlantısı için MCP2551 entegresi kullanılmıştır. Ana işlemci ile motor sürücü kartının haberleşme bağlantısı bu modül üzerinden gerçekleşecektir. Şekil-29'da Can Bus bağlantısı gösterilmektedir.



Şekil 29 Can Bus Bağlantısı

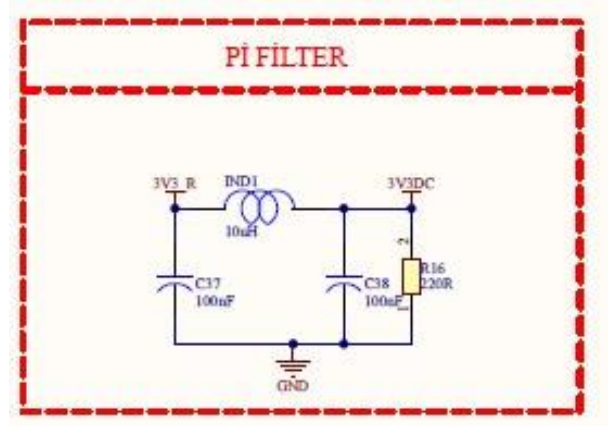
Decoupling kapasitörler devrede ani akım çekmelerine ve düşmelerine bağlı olarak yaşanan spike ve riplelara devrenin IC tarafını korumaya yararlar. Decoupling kapasitör kullanımının etkili bir yöntemi tek kapasitör değil birden fazla kapasitör kullanmaktır. Gürültüye karşı gerçekleşecek önlemleri alırken parazit etkileri dahil edilmelidir. Decoupling kapasitörler kullanıldığı entegrelere olabildiğince yakın tutulmalıdırlar. Şekil-30'te decoupling kapasitörün kullanımı gösterilmiştir.



Şekil 30 Decoupling kapasitörler

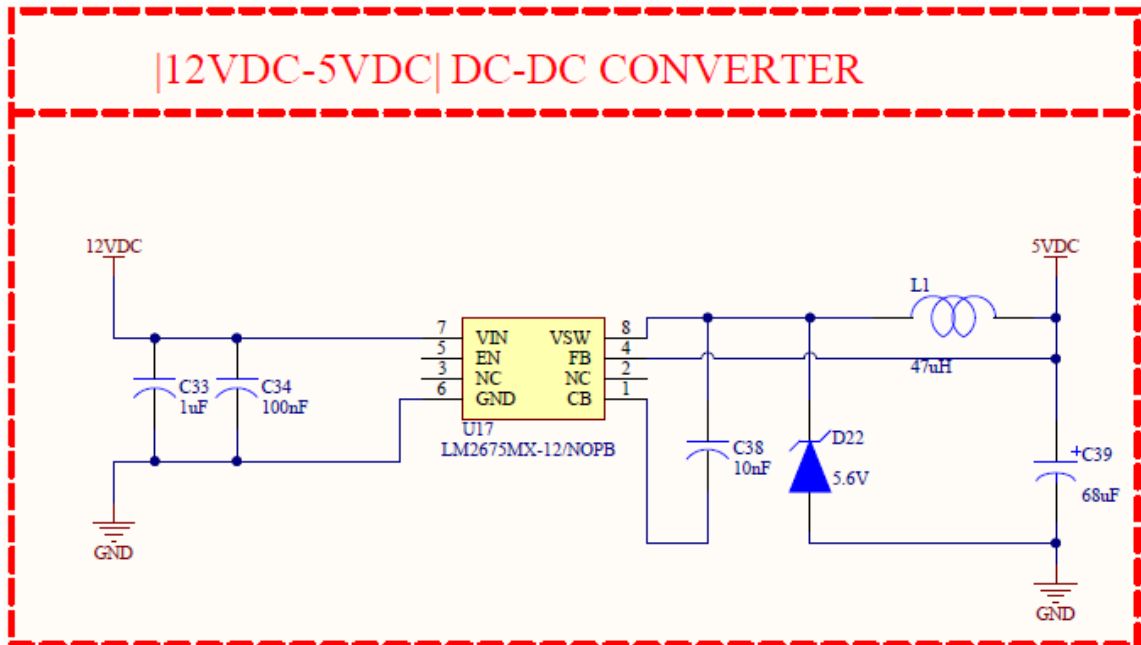
4.3.1.3.4.1 Pi Fitre

Pi tipi filtrede aynı tip elemanlar paralel kolda yer alırlar. Yüksek geçiren filtredir. Şekli pi şekline benzediği için pi filtre olarak adlandırıldılar. Filtrenin önemi dalgalanmasız bir DC voltajı elde etmektir.

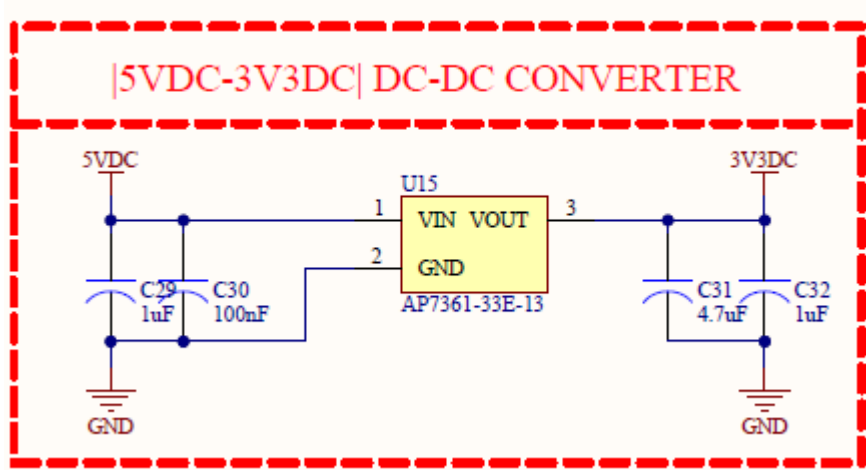


Şekil 31 Pi Filter

Regülatörler şebeke geriliminde meydana gelen yükselme, düşme ve tüm dengesizlikleri engelleyerek, gerilim regülasyonu sağlayan cihazlardır Frekans, güç, hız, basınç, gerilim ve akım gibi çeşitli fiziksel büyüklükleri, belli bir düzeyde sabit tutabilen ve bu elemanları değiştirerek tekrar sabit tutabilen bir cihazdır. Şekil-32’de ve Şekil-33’de devrede kullanılan regülatörler gösterilmektedir.

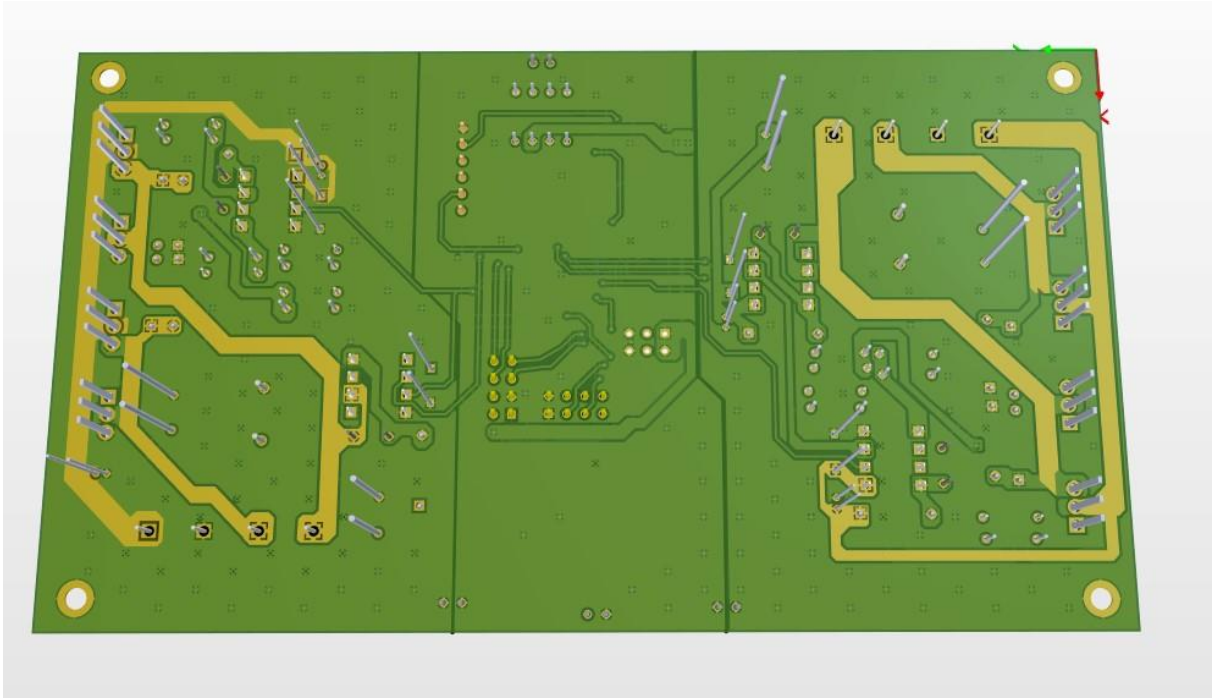


Şekil 32 12V-5V Regülatör

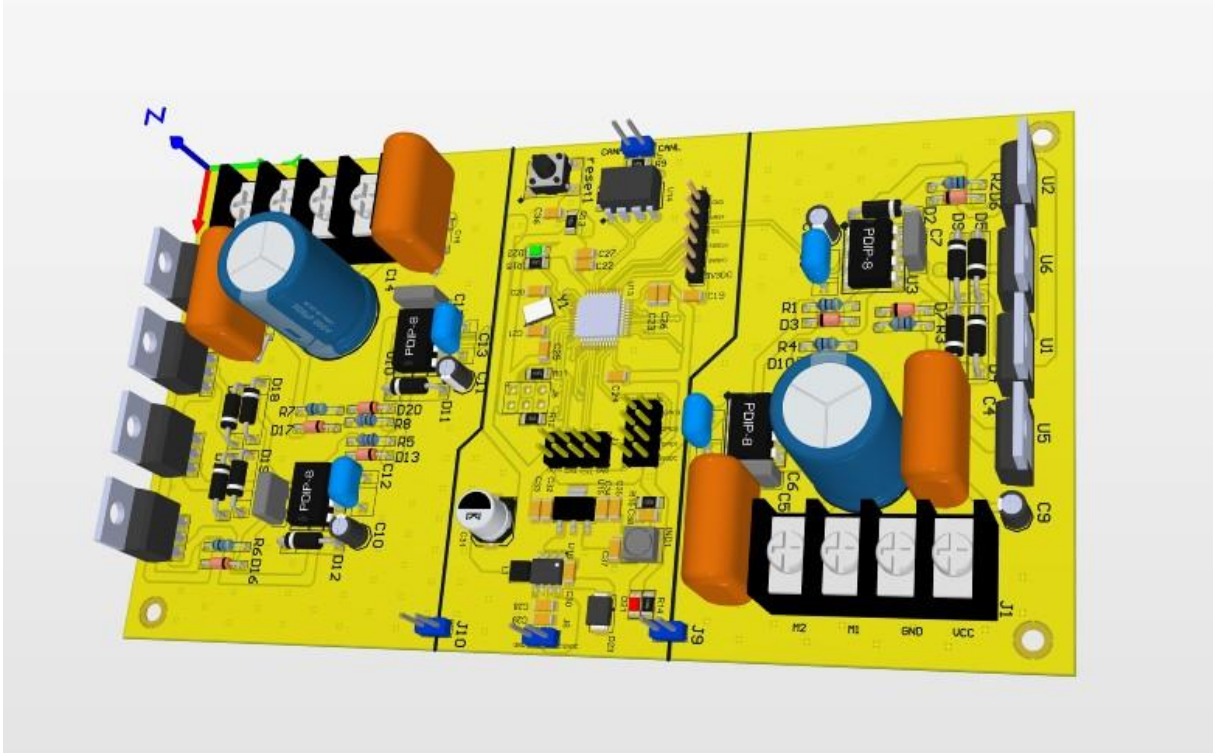


Şekil 33 5V-3.3V Regülatör

DC Motor sürücü kontrol kartı PCB görünümü Şekil-34 ve Şekil-35'te gösterilmiştir.



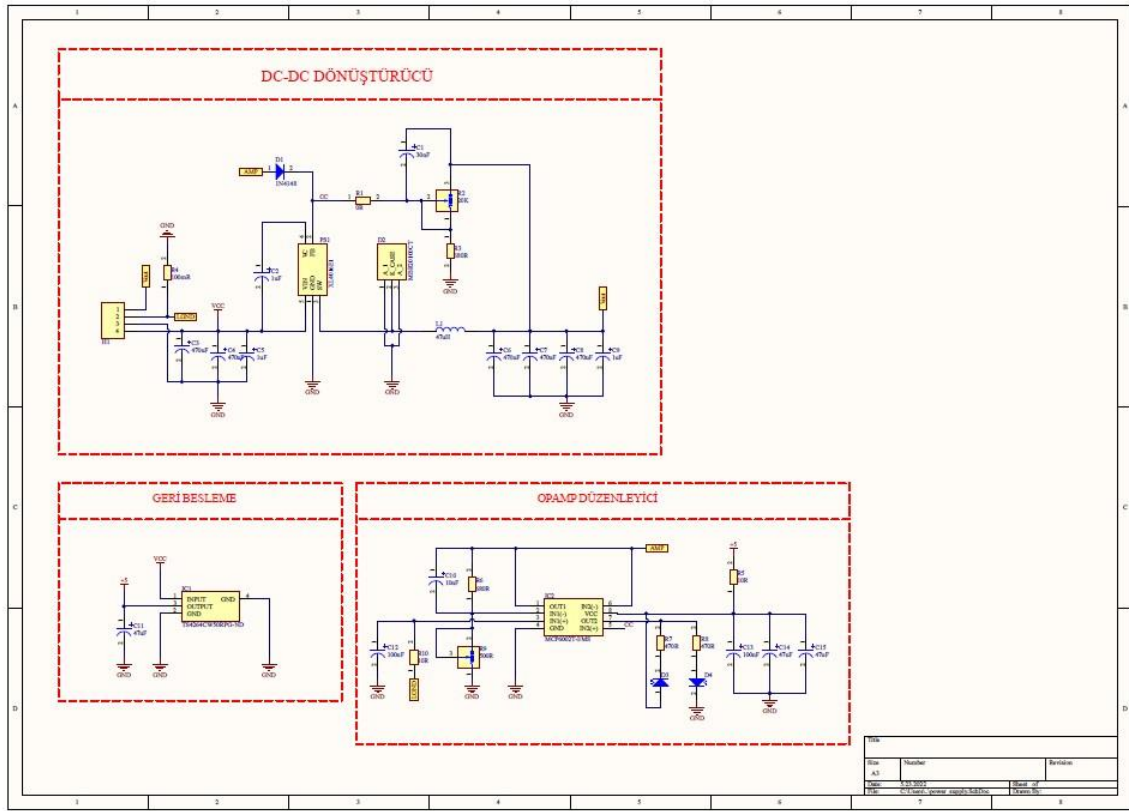
Şekil 34



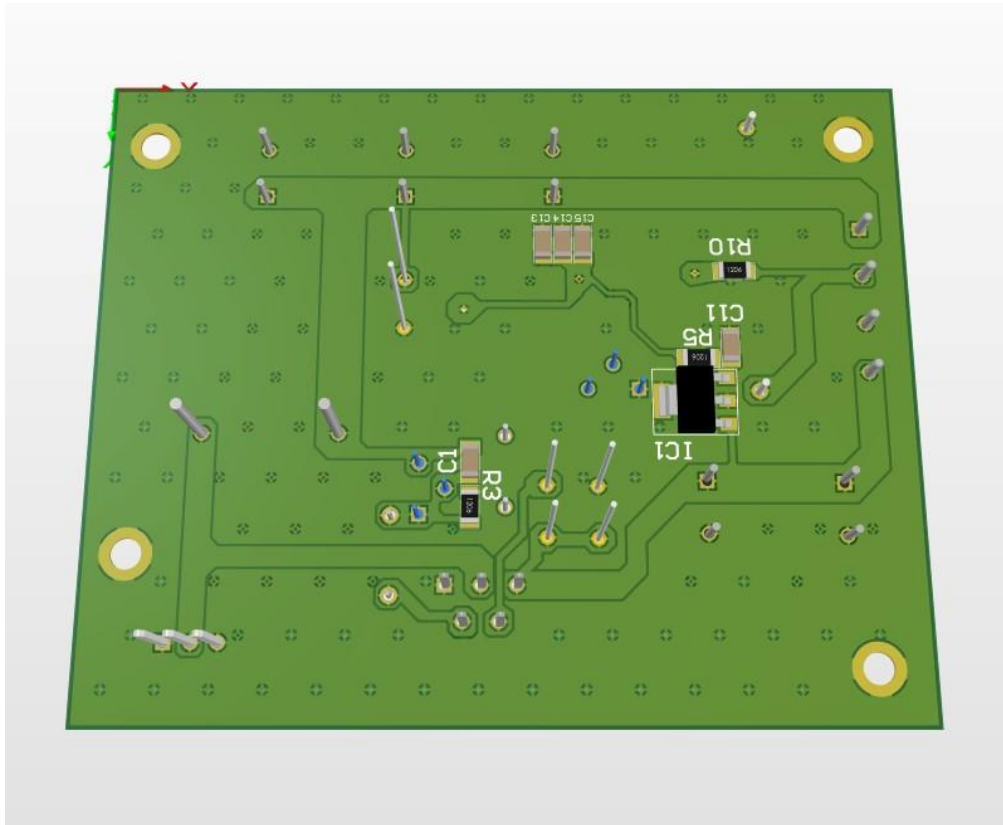
Şekil 35 Motor sürücü kontrol kartı PCB

4.3.1.4 Ayarlı DC-DC Dönüştürücü

Araç içinde gerekli elektronik kartları, sensörleri ve motorları beslemek için tek güç kaynağı olarak 12V luk bir akü seçmiş bulunmaktayız. Sensörler ve kartları beslemek için 12V'u regüle etmek gerekmektedir. Bunun için DC-DC dönüştürücüler kullanılmaktadır. Bununla alakalı piyasada çok fazla modül bulunsa da özgünlük olması amacı ile kartımızı kendimiz tasarlamış bulunmaktayız. Kartımız 0-30V, 0-7A arasındaki Voltaj ve Akım değerlerini ayarlı olarak regüle etmeye yaramaktadır. Trimptot yardımı ile ayarladığımız çıkış değerini sabit tutarak beslediğimiz kartların ve sensörlerin doğru çalışma değerlerini yakalamamıza yarar. DC-DC dönüştürücü kartımızın şematiği ve pcb görünümü aşağıda gösterilmiştir.

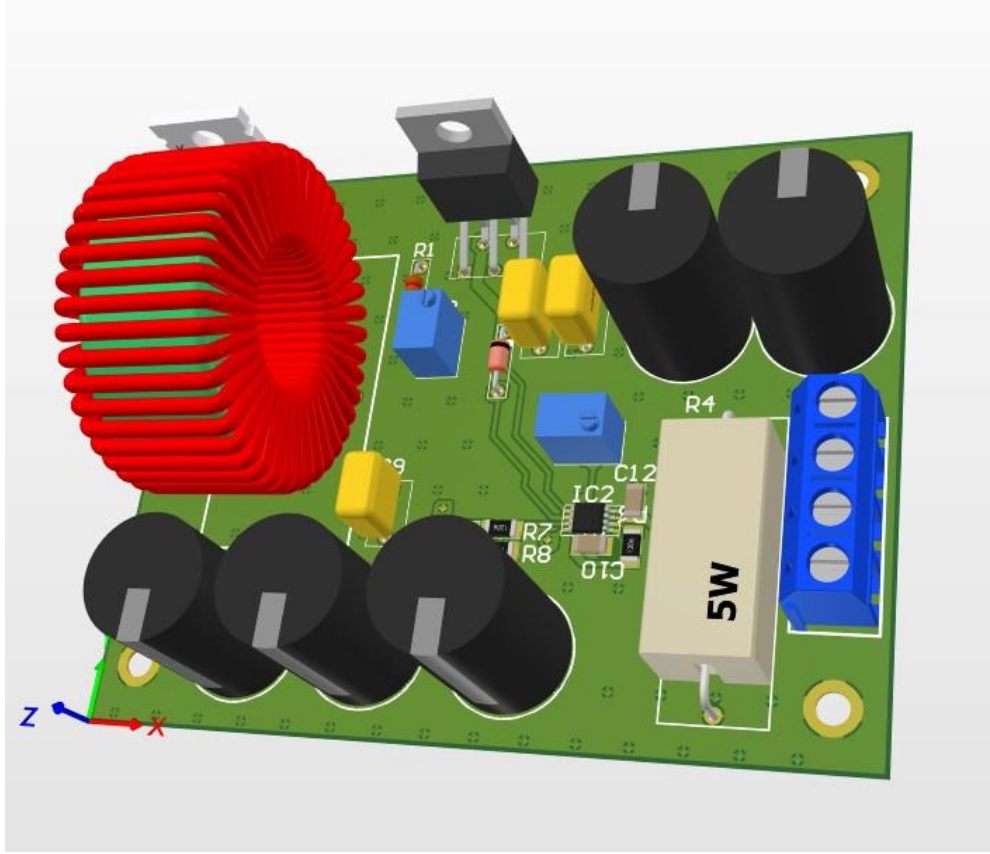


Şekil 36



Şekil 37

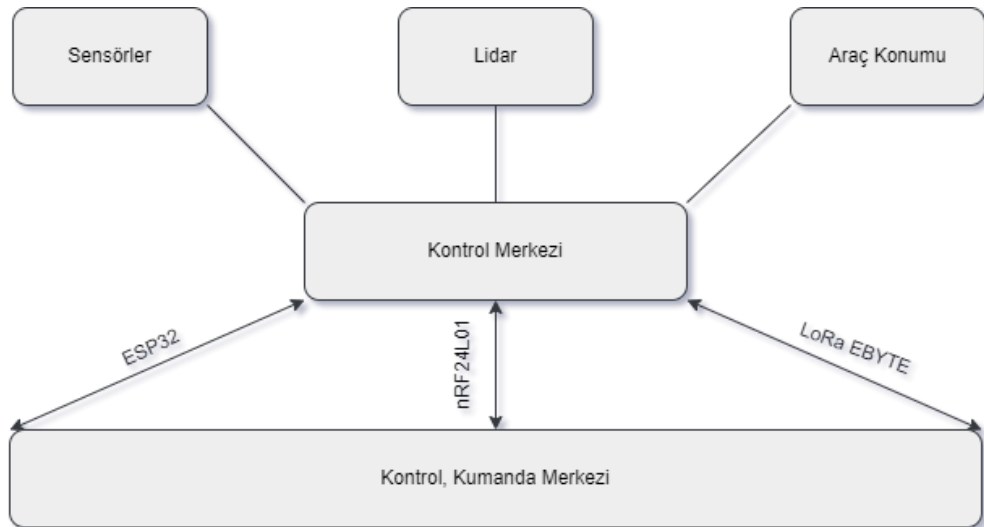
PCB tasarımı Şekil-38’de yer almaktadır.



Şekil 38

4.3.1.5 Haberleşme katmanı

Haberleşme katmanı, araç içi haberleşme ve aracın kontrol istasyonu ile haberleşmesi olarak iki kısımdan oluşması planlanmaktadır. Araç içi haberleşme CAN-BUS haberleşme protokolü ile sağlanacaktır. Aracın kontrol istasyonu ile haberleşmesi ise LORAWAN, ESP32 Wifi ve Nrf 2.4GHz RF haberleşme protokolleri üzerinden sağlanacaktır.



Şekil 39

4.3.1.5.1 LoRa haberleşme protokolü

LoRa, Long Range (Uzun Mesafe) kelimelerinin ilk hecelerinden oluşan, WiFi, Bluetooth ve kablolu haberleşme gibi rakip teknolojilere göre çok daha uzun mesafede iletişim sağlayan ve bunu radyo frekanslarını kullanarak gerçekleştiren bir modülasyon tekniğidir. Bölgesel olarak farklılık gösteren radyo frekansı aralıklarını kullanan LoRa, açık alanda 15 km'ye kadar genişleyebilen bir mesafede bağlantı kurabilirken, uç noktada bağlı cihazlar 8 yıldan 15 yıla kadar sorunsuz olarak iletişimi sürdürebilmektedir. LoRa teknolojisi, sensörlerden alınan veri büyüklüğünün düşük veya orta seviyede olduğu uygulamalar için en uygun çözümü sunuyor. LoRa 915 MHz, 868 MHz, 433 MHz gibi lisanssız frekans bantlarında çalışmaktadır. Bu sayede herhangi bir kullanım ücreti ödmeden bu haberleşme teknolojisini kullanabilmekteyiz.

Türkiye'de ise 868 MHz bandında çalışmaktadır. Bu frekans bantları endüstriyel, bilimsel ve tıbbi kullanım için uluslararası olarak ayrılmış ISM bantları olarak tanımlanmıştır. Daha önce LoRa modülü ile yapmış olduğumuz çalışmalarda kullandığımız SX1278 entegresine sahip olan LoRa modüllerimiz tam kapalı alanda yaklaşık 300 metreye kadar başarılı bir iletişim sağlamıştır, açık alanda ise bu mesafe daha da artmaktadır. Kullandığımız LoRa modülü çalışma anında yaklaşık 140mA'lık bir akım çekerek uzun kullanımda enerji konusunda da tasarruf sağlamaktadır.

LoRa modülü olarak içerisinde SX1278 entegresini bulunduran ve bu entegrenin haberleşme protokolünü UART haberleşmeye çeviren EBYTE firmasının ürünü olan E22 900T22D modeli kullanılmıştır. Bu modülün 240 Byte'lık bir veri paket boyutu ve 1000 Byte'lık bir buffer size'ı vardır. 2.3V-5V arası bir gerilim bu modülün çalışması için yeterli olmaktadır. Bu modül 850-930 Mhz frekans aralığında çalışmaktadır. Modül, çalışmadığı durumlarda ise kendini uyku moduna almasından ötürü yine düşük pil tüketimi konusunda çok daha avantajlıdır.

4.3.1.5.2 Wi-Fi haberleşme protokolü

WiFi, 2.4 GhZ UHF ve 5ghz ISM frekansları aracılığıyla IEEE 802.11 standardını kullanan bir kablosuz yerel alan ağıdır (WLAN). WiFi (erişim noktasından yaklaşık 20 metre) aralığında olan cihazlara internet erişimi sağlar.

Hızlı veri aktarımı sunar ve büyük miktarda veriyi işleyebilir. Bu protokol, LAN ortamlarında kullanılan en popüler bağlantı türüdür.

4.3.1.5.3 ESP Wifi haberleşme protokolü

ESP-12E ESP-8266 çipi ile geliştirilmiş wifi haberleşme modülüdür. Wifi haberleşmesi yapılması gereken tüm uygulamalarda kullanılabilir. Standart uart haberleşme protokolünü kullanması her türlü mikrodenetleyici ve mikrodenetleyici tabanlı geliştirme kartları ile rahatça kullanılabilmesini sağlar. ESP8266 üzerinde dahili anten bulunmaktadır. Bu sayede ortamdaki Wifi ağına rahatlıkla bağlanabilmekte, veri paketleri alıp gönderebilmektedir.

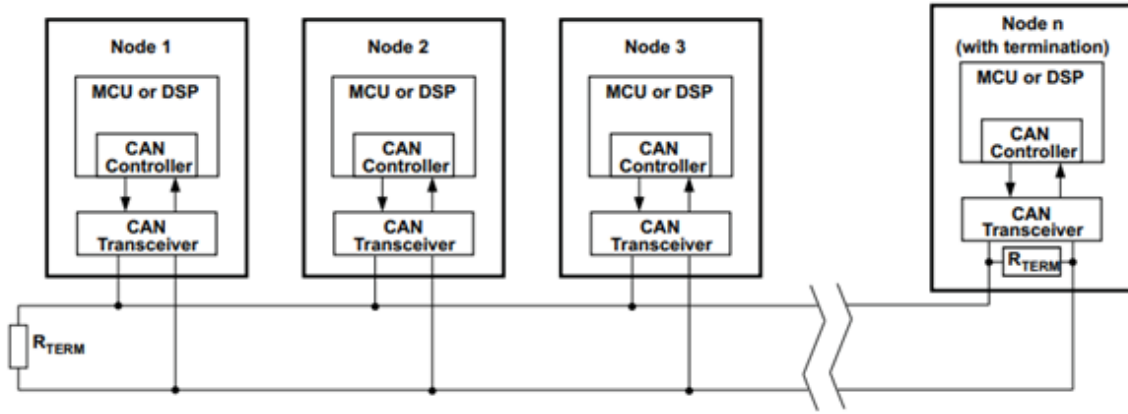
Araçtan gelecek olan verilerin servera aktarılması için kullanılacak olan bu modül ile ortak wifi ağına bağlanılıp veri akışı gerçekleştirilmesi planlanmaktadır.

4.3.1.4.4 CAN BUS Haberleşme Protokolü

Açılımı “Control Area Network” yani “Kontrol Alan Ağı Veri Yolu” ’dur. Robert BOSCH tarafından otomotiv de kablo yumağı yerine bir kablodan yazılım kontrollü veri transferini sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. Güvenliğin çok önemli olduğu gerçek zamanlı uygulamalarda kullanılır. Diğer protokollerden en önemli farkı adres temelli değil mesaj temelli çalışmaktadır. Her mesaja özgü bir ID numarası vardır. Mesajlar çerçeveler ile iletilirler.

CAN BUS sisteminde tüm üniteler eşit öncelikli olarak iletim hattına veri yollama hakkına sahiptir. Buna multimaster çalışma denir.

Her node bir anda veri yollamaya çalışırsa olası çakışmalar kaçınılmazdır. CAN BUS sisteminde tüm üniteler (node) daima iletim hattını dinler ve iletim hattının boş olduğu anı yakalamaya çalışır. Hattı boş gören ünite verisini yollar.



Şekil 40 CAN BUS Yapısı

CAN BUS mesaj öncelikli bir sistem olduğu için veri yoluna (BUS) bağlı olan üniteler (node) bu hatta mesaj iletirken her bir mesaja bir ID değeri vermektedir. Bu sayede hatta aynı anda veri basılması durumunda mesaj ID’si dominant olan mesajın iletimi gerçekleştirilir.

CAN, iletişim ortamına erişim yöntemi olarak bit öncelikli yapı ile **CSMA/CD** kullanır.

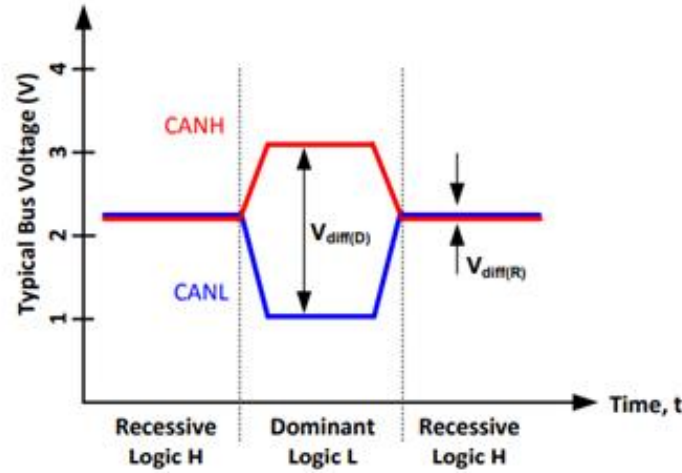
CS (Carrier Sense), bir networkte hat üzerinde birden fazla network adaptörü bağlı ise öncelikle hattın veri göndermek için uygun olup olmadığının denetlenmesidir.

MA (Multiple Acces), her istasyon ağdaki sinyalleri okuyabilir fakat aynı anda gönderemezler.

CD (Collision Detection), sinyal aktarımı sırasında veri gönderen istasyon, gönderilen sinyalin veri yolu üzerindeki sinyal ile aynı olup olmadığını kontrol eder. İletilen sinyal

izlenen sinyale eşit değilse, bu başka bir istasyonun aynı anda paket gönderdiği anlamına gelir. Her iki sinyal birbirine girer. İletim ortamındaki bu olaya Collision yani çarpışma denir. Kablo üzerindeki durum sürekli kontrol edilerek bu çarpışma tespit edilir.

CAN sistemi güvenli iletişim gücünü CSMA/CD yapısından almaktadır. CAN yapısında alıcı ve verici birbirinden fiziksel olarak bağımsızdır. Fakat düğümlerin yapısı gereği gönderilen mesaj alıcıdan dinlenebilmektedir. Bu sayede veriyi gönderen işlemci gönderdiği veri ile okuduğu veriyi karşılaştırarak hata ve mesajların öncelik seviyelerine göre iletilmelerine olanak sağlar.



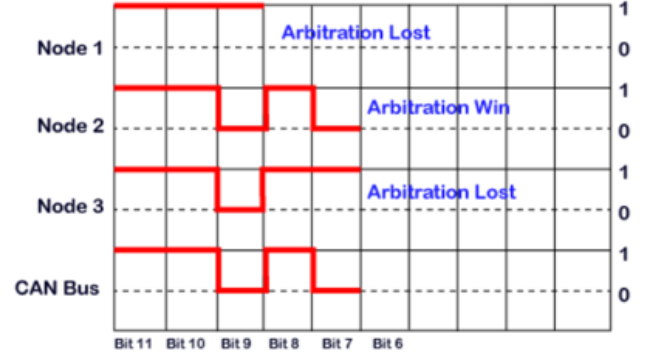
Şekil 41

Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi hattın lojik seviyesi 2 farklı değer alabilmektedir ve bu değerlerin seviyelerin seviyesi gözükmemektedir. Lojik1 recessive (çekingen), Lojik0 dominant (baskın) olarak adlandırılmaktadır. Bunun sebebi hatta farklı düğümlerden aynı anda 0 ve 1 yazılması durumunda 0'ın 1'e karşı baskın gelmesidir. Lojik-0'ın 1'e baskın gelmesi sonucu küçük mesaj ID sine sahip mesajlar öncelik kazanmaktadır.

Her düğüm yolu (BUS) devamlı dinlemektedir. Yol (BUS) boşalttıktan sonra düğümler yola başla işaretini SOF (Start of Frame) vererek mesajı yollamaya başlar. Eğer yol boşaldığında birden fazla düğüm yola mesaj yazmaya başlarsa düşük ID'li mesajı yazan düğüm yolu ele geçirir ve diğer düğümler aradan çekilerek tekrar göndermek üzere yolun boşalmasını beklerler.

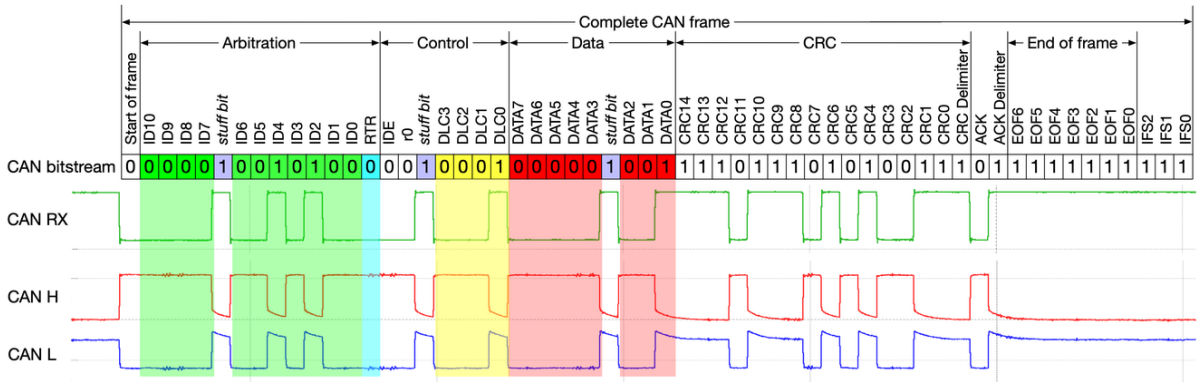
Bu mekanizma şu şekilde çalışır; Yazılan her bit aynı anda okunmaktadır, bir düğüm veri yoluna mesaj yazarken 1 yazdığı anda 0 okuyorsa eğer, başka bir düğümünde yola mesaj yazdığını anlar ve onun önceliği yüksek olduğundan veri yolunu bırakır. Örnek olarak Şekil-2'de bir CAN hattına aynı anda üç ünitenin mesaj atması durumu incelenmiştir;

Can Node	Identifier (Hex)	Identifier (Bin)
1	0x7F3	11111110011
2	0x6B3	11010110011
3	0x6D9	11011011001



Şekil 42 CAN hattındaki mesajların önceliğe göre elenmesi

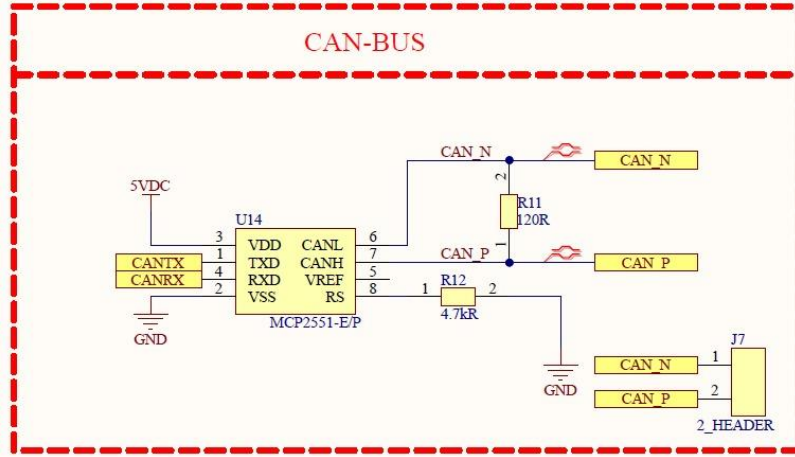
CAN sisteminde veriler paketler halinde iletilir ve iki tip paketleme yapısı bulunmaktadır. Biz bu proje kapsamında 11 bit tanımlayıcıya sahip olan CAN 2.0A diğer adıyla Standart CAN veri paketini kullandık. Standart CAN 11 bitlik tanımlayıcıya sahip olduğu için toplamda $2^{11} = 2048$ adet mesaj tanımlanabilmektedir. Mevcut proje kapsamında AGV araç için bu rakam fazlasıyla yeterlidir fakat ilerleyen aşamalarda AGV araçların Sürü mantığı ile çalıştırılıp görev paylaşımı yapabilmesi için CAN sitemindeki veri paket yapısının 29 bit tanımlayıcıya sahip olan Extended CAN yapısına geçilmesi gerekmektedir.



Şekil 43 Standart CAN Veri Paketi (CAN 2.0A)

AGV araç içerisinde bulunan elektronik kartlar arasındaki haberleşmenin sağlanması için CAN BUS haberleşme protokolü kullanılacaktır. Yukarıda da anlatılan özelliklerinden dolayı CAN sistemi yüksek güvenli haberleşme sunmasının yanısıra daha az kablo kullanımı, CSMA/CD yapısı ile veri çakışmasını önlemesi, mutlimaster çalışma yapısı ile birden fazla ünitenin tek bir hat üzerinden yüksek hızlı veri iletişimine olanak sağlaması ve son olarak yazılımsal olarak ayarlanabilen Filtreleme ve Maskeleyme özellikleri sayesinde ilgili ünitenin sadece dinlemek istediği mesajları dikkate almasını sağlayarak modüler olarak tasarlamak istediğimiz AGV aracın iç elektronik yapısını desteklemektedir.

Kullandığımız STM32F4 serisi işlemcilerin üzerlerinde CAN Controller bulunmaktadır fakat bunların bir CAN BUS sisteminde haberleşebilmesi için bir CAN Tranciever'a ihtiyaç duyulmaktadır. Şekil-43'te gösterildiği gibi sensör, haberleşme, aydınlatma ve motor sürücü katmanları bu ortak CAN BUS hattı üzerinden haberleşeceklerdir. Her bir katmanın bu veri yoluna veri iletebilmesi veya alabilmesi için Şekil-44'teki CAN tranciever yapısına ihtiyaç duymaktadır.



Şekil 44 STM32F4 CAN Tranciever

4.3.1.6 Batarya yönetim katmanı

Batarya yönetim katmanı batarya yönetim katmanı ile araç içerisinde elektronik bileşenlerin ihtiyaç duyduğu enerjinin stabil ve güvenli bir şekilde sağlanması hedeflenmektedir. Bu kart içerisinde regülatör, sigorta, dengeli deşarj devresi gibi devreler bulunmaktadır. Bu devreler sayesinde anlık gerilim ve akım dalgalanmalarının önüne geçilerek elektronik bileşenlerin korunması amaçlanmaktadır.

4.3.1.7 Aydınlatma katmanı

Aydınlatma katmanı, aracın anlık hareketlerini led ışıklar aracılığıyla aracın dışında yer alan ışıklandırma alanlarından yansıtmaktadır. Aracın engel algıladığı, durduğu veya dönme işlemi gerçekleştireceği bu sistem ile dışarıdan robotu gören kişi tarafından yorumlanabilmektedir.

4.3.1.8 Yük Kaldırma (Lift) Elektronik Sistemi

Yükü kaldırmak için tasarladığımız elektronik sistem, makaslı lift sistemini çalıştırmak için yüksek torka sahip lineer aktüatörü, sürücü devresi ve ağırlık sensöründen oluşmaktadır. Araç yükü kaldırmadan önce ağırlık sensörü vasıtasıyla yükün ağırlığını hesaplaması gerekmektedir ve aracın kaldıracılabileceği ağırlık aralığında ise krikoyu kontrol eden motoru tetiklemektedir. Yükün

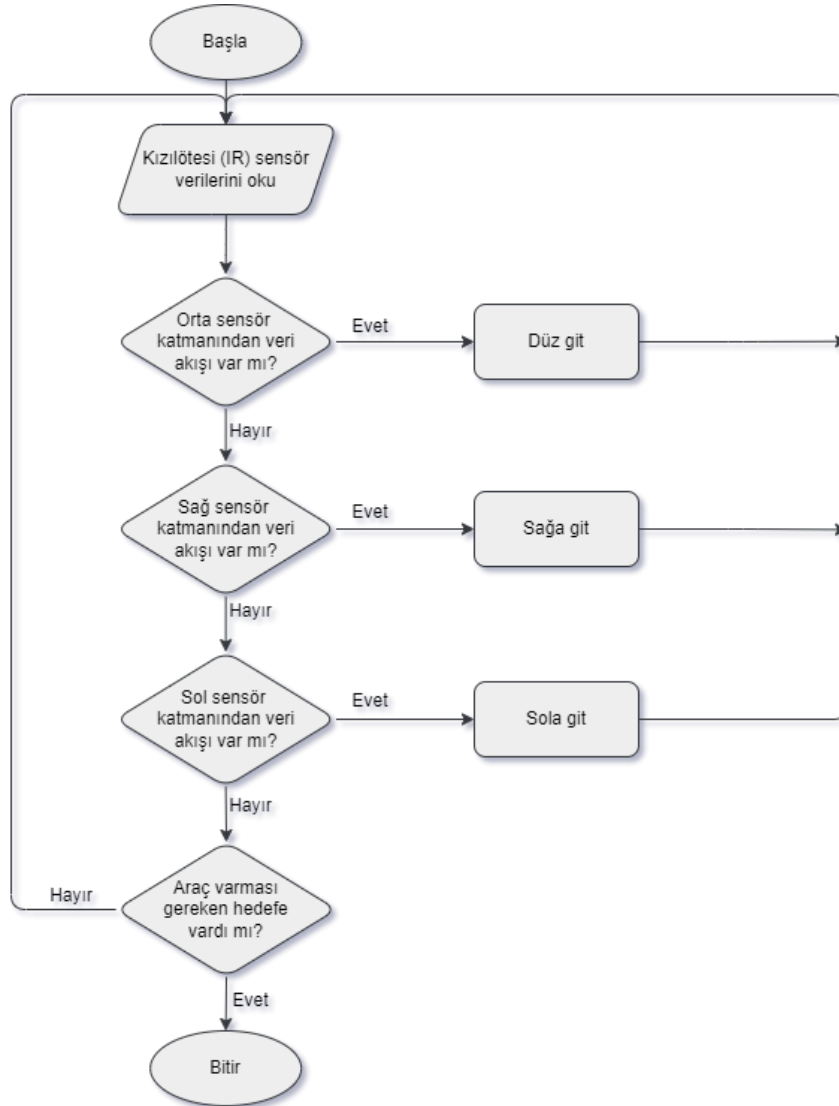
ağırlığı bu aralığın dışında olursa araç hem ses sinyalleri hem de kontrol arayüz ekranı üzerinden uyarı mesajı verecek şekilde tasarlanacaktır.

4.3.2. Algoritma Tasarım Süreci

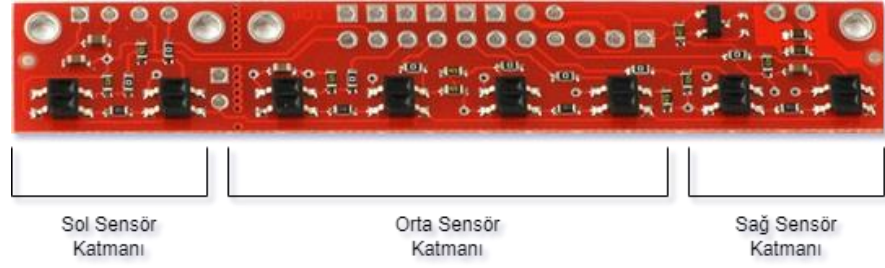
4.3.2.1 Şerit Takip Algoritması

Kızılötesi (IR) sensörden gelen veriler doğrultusunda şeridin yön tayini yaparak robotun yola devam etmesi sağlanmaktadır. Kızılötesi Sensör verisinin (Şekil-46) yanı sıra görüntü işleme algoritmasından gelen veriler ile karşılaştırma yapılarak verilen kararın doğruluğunu teyit edip yola devam etmesi planlanmaktadır.

Şekil-46'da gösterildiği üzere sol katmandan yer alan bölümden veri okunduğunda araç sola dönmeli, sağ katmandan veri okunduğunda araç sağa gitmeli, orta katmandan veri okunursa araç düz şekilde devam etmelidir. Bu algoritmaya ek olarak kullanacağımız görüntü işleme ile zeminde bulunan şeridin kaybolması veya takibin gerçekleştirilememesi durumlarını ortadan kaldırmak hedeflenmektedir.



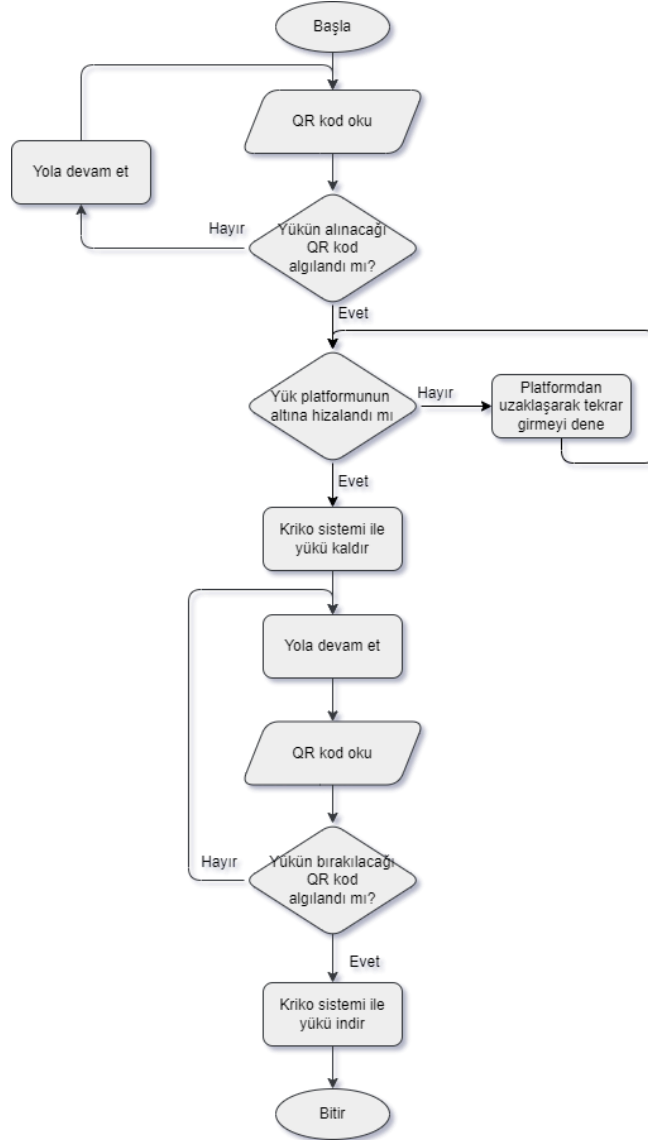
Şekil 45



Şekil 46

4.3.2.2 Yük Alma Taşıma Bırakma Algoritması:

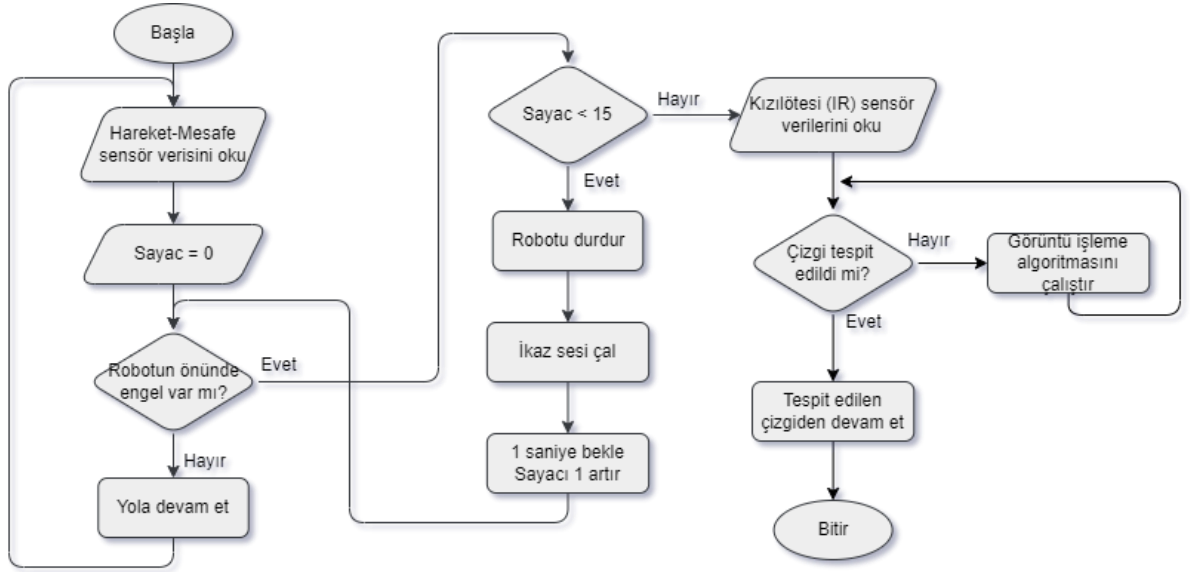
Yük alma ve bırakma alanlarının 1m öncesinde bulunun QR kod okunduktan sonra araç yükleme noktasının etrafında bulunan bandı geçip, ekibimiz tarafından gerçekleştirilecek hizalama algoritması ile yükleme noktasında platformu hizalayarak altına girip lift sistemini devreye sokacak. Bırakma noktasına geldiğinde ise bırakma alanı içerisine girdikten sonra Lift sistemini indirip yoluna devam edecek.



Şekil 47

4.3.2.3 Engelden Kaçış Algoritması:

Robot otonom hareket sergilerken önüne çıkabilecek sabit ve hareketli engel veya nesneleri en güvenli şekilde aşması hedeflenmektedir. Lidar ve görüntü işleme algoritmalarından dönen verilere dayanarak, engel nesne algılanarak, death line mesafesi korunarak robot 15 saniye duraklayacak ve sesli ikaz sistemi devreye girecektir. Engel teşkil eden durum veya durumların ortadan kalkması halinde planlanan yola devam edecektir. Eğer nesne hala engel teşkil ediyorsa nesnenin sabit olduğuna karar verecek ve engeli aşmak için etrafından dolaşarak planlanan yola devam edecektir.



Şekil 48

4.3.2.4 Lidar ile 2D Haritalama:

Kapalı alan algılama ve konumlandırma yapılması otonom araçların vazgeçilmez özelliklerinde biri haline geldiği günümüzde, SLAM (Eş Zamanlı Konum Belirleme ve Haritalama) algoritmasının temellerinden faydalandık. Bu sayede ilk defa giriş yapılan kapalı alanda bile robotun konumunu ve bu kapalı alanın 2d haritalamasına erişim mümkün olacaktır. “RPLidar A2M8” modeli ile lazer ölçümler alınırken ROS (Robot İşletim Sistemi) üzerinde toplanan lazer ölçüm verileri ile SLAM algoritmasını kullanarak haritalama ve konumlandırma işlemleri yapılmaktadır. İlgili veriler log tutmak ve geriye dönük hatalı işlemlerin filtrelenerek yapay zekâ ile önüne geçilmesi için kayıt altına alınmaktadır. Bu sayede Makine Öğrenmesi süpervizör olarak Robot çalışmaya devam ettiği sürece öğrenme hep aktiftir. Real time verilere göre Kapalı alan konumlandırma imkânı sağlayacak olması ihtiyaçları karşılayacaktır.

4.3.2.5 Görüntü işleme ve yapay zekâ

Otonom sistemlerde oldukça sık kullanılan görüntü işleme algoritmaları ile yapay görme sistemi kurulan robotlar, yapay zekâ desteği ile tıpkı canlı gözü gibi işlev görmeye başlıyor.

Robotumuzda kullanmak istediğimiz bu algoritma ile yük alma-bırakma, şerit takibi, şarj istasyonu giriş-çıkış gibi işlemlerde karar mekanizmasını güçlendirmesi hedeflenmektedir. ROS teknolojisi Python yazılım dili ve OpenCV kütüphanesi kullanılacaktır. İşlemlerin üzerinde çalışacağı donanım olarak Raspberry Pi 4 kullanılması hedeflenmektedir.

4.3.2.6 RSSI ile konum hesabı

Tam özgünlük ile ekibimizce geliştirilmiş olan Radyo frekans dalgaları ile kapalı alan konum algılama sistemi, alan büyüklüğüne bağlı olarak temelde 4 kesişim noktasına konumlandırılan sabit verici ve alan içinde gezen AGV'nin üzerinde bulunan alıcıdan oluşmaktadır. Çalışma prensibi RF dalgalarının alıcı ile verici arasında oluşan RSSI değerlerinin bir araya getirilip matematiksel işlemler yapıldıktan sonra alan AGV'nin içindeki konumunu olabildiğince düşük sapma ile tespit edebilmek hedeflenmektedir.

RSSI değerlerini anlamlı hale getirmek için triangulation yöntemini kullanmaktayız. Bu yöntem aldığı 3 sinyal değerinden bir konum üretmekte. Biz 4 verici kullanarak, bu hesabı dördün üçlü kombinasyonunu hesaplayarak, elde ettiğimiz 6 farklı kombinasyondan çıkan sonuçları x değerleri arasından en düşük ve en yüksek değeri, y değerleri arasından en düşük ve en yüksek y değerini dikkate almayarak kalan 4 değer aritmetik ortalamasını alma işlemi gerçekleştirerek hesabımızı daha kesin şekle sokmayı hedefledik.



Şekil 49

4.3.2.6.1 RSSI Konumlandırma Sistemi Detaylı Açıklama

Nesnelerin bulundukları yerleri tespit etmek ve onları gerçek zamanlı olarak yönlendirmek için konumlandırma sistemleri kullanılmaktadır. Açık alanlarda bir nesnenin konumunu tespit edebilmek için GPS, GLONASS gibi uydu tabanlı konumlandırma sistemleri kullanılmaktadır. Uydu tabanlı sistemler ile nesnelerin gerçek konumunun tespit edilebilmesi için uydular ile konumu tespit edilecek nesne, görüş hattında olması gerekmektedir. Çatılar, duvarlar gibi uydu görüşünü engelleyen yapılardan dolayı uydu tabanlı konumlandırma sistemleri kapalı alanlarda kullanılamamaktadır. Bu nedenle kapalı alanlardaki nesnelerin konum tespiti için, uydu tabanlı sistemlerden bağımsız olarak, Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, UWB vb. tabanlı kablosuz teknolojiler kullanılmaktadır.

Technology	Technique	Algorithm	Accuracy	Cost	Complexity	Privacy/Security	Realtime
Bluetooth	Trilateration, Fingerprinting	TDoA, RSSI	Low	Medium	Medium	Medium	Yes
Ultra-Wideband (UWB)	Trilateration	ToA, TDoA	High	Medium	Medium	Low	Yes
Wireless Sensor Networks (WSN)	Fingerprinting	RSSI	Medium	Medium	Medium	Low	Yes
Wireless Local Area Network (WLAN)	Trilateration, Fingerprinting	TDoA, RSSI	Low	Medium	High	Low	Yes
Radio Frequency Identification Device (RFID)	Fingerprinting	RSSI	Low	Medium	Medium	Low	Yes
Near Field Communication (NFC)	Proximity	RSSI	High	Low	Low	High	No

Şekil 50 RF Tabanlı İç Mekân Konumlandırma Teknolojileri Karşılaştırması

Kapalı alan içerisindeki nesnelerin konumlarını tespit edebilmek ve onları gerçek zamanlı olarak yönlendirebilmek için konumlandırma yapılacak alandaki sabit ve hareketli cihazlardan gelen sinyalleri elde etmek gerekmektedir. Bu nedenle sinyal ölçüm teknikleri kullanılmaktadır.

4.3.2.6.2 Sinyal Ölçüm Teknikleri

Kapalı alanlardaki nesnelerin konum tespiti yapılabilmesi için konumlandırmanın yapılacağı alanda kullanılmak üzere sabit ve hareketli düğümlere ihtiyaç duyulmaktadır. Sinyal ölçüm tekniğine bağlı olarak; konumu tespit edilmek istenen hareketli düğümler, sabit düğümlerin sinyal bilgilerini elde edebilir veya sabit düğümler hareketli düğümün sinyal bilgilerini elde edebilir. Bu amaçla kullanılan birçok sinyal ölçüm tekniği bulunmaktadır.

Kapalı alan konumlandırma sistemlerinde kullanılan sinyal ölçüm teknikleri arasında geliş süresi (ToA), geliş süresi farkı (TDoA), geliş açısı (AoA), gidiş-dönüş zamanı (RTT), alınan sinyal gücü göstergesi (RSSI) yaygın olarak kullanılan sinyal ölçüm teknikleridir.

Technology	Property	Indoor Accuracy	Affected by Multipath	Cost	Complexity
RSSI	Signal-based (Received Signal Strength)	Medium	Yes	Medium	Low
Angle of Arrival (AoA)	Angle-based	Medium	Yes	Expensive	High
Time of Arrival (ToA)	Distance-based	High	Yes	Expensive	High
Time Difference of Arrival (TDoA)	Distance-based	High	Yes	Expensive	High
Fingerprinting	Signal-based (Received Signal Strength)	High	No	Medium	Low

Şekil 51 Sinyal Ölçüm Teknikleri

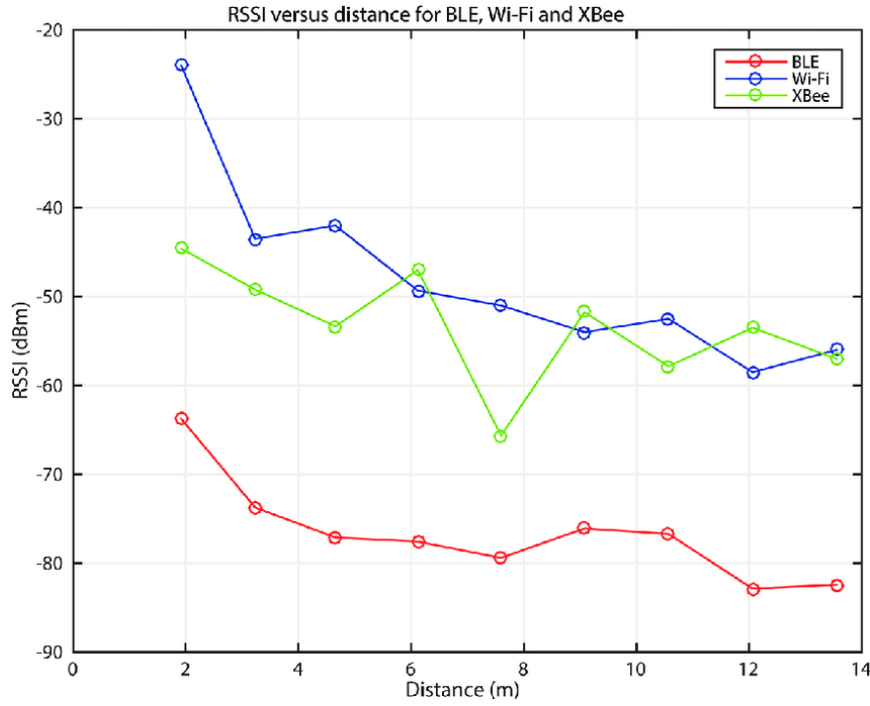
Geliş süresi (ToA) tekniği ile konumu bulunmak istenen düğüm tarafından yayılan sinyaller sabit düğümler tarafından alındığı süreler hesaplanarak sinyal ölçümleri yapılır. Bu sistemde konumu bulunmak istenen düğüm ve sabit düğümlerin tamamının zaman eşlemesi tek bir kaynak tarafından yapılmalı ve nesne tarafından gönderilen sinyalin başlangıç süresi de düğümlerin tamamı tarafından bilinmelidir.

Geliş süresi farkı (TDoA) tekniğinde eşzamanlı olarak çalışan sabit düğümler, konumu bulunmak istenen düğüm tarafından yayılan sinyalleri alırlar ve bu sinyallerin düğüm noktalarına ulaşmasındaki süre farkları hesaplanarak konumlandırma yapılır [14].

Gidiş dönüş zamanı (RTT) tekniği ile vericiden çıkan sinyalin alıcıya ulaşp tekrar vericiye ulaşma süresinin hesaplanmasıyla sinyal ölçümleri gerçekleştirilir.

Geliş açısı (AoA) tekniği ile verici tarafından gönderilen sinyallerin kaç derecelik açı ile geldiğini tespit ederek nesnelerin konum hesaplaması yapılır.

Alınan Sinyal Kuvvet Göstergesi (RSSI) alıcı cihaz tarafından elde edilen sinyallerin güç göstergesidir. Sinyallerdeki yol kayıplarından kaynaklanan zayıflamalar kullanılarak konumlandırma gerçekleştirilir. Wi-Fi, Bluetooth gibi birçok cihazda standart bir özellik olarak bulunan RSSI değeri, fazladan bir donanıma ihtiyaç duymadan alıcı cihazlar tarafından elde edilebildiklerinden dolayı bu teknik kapalı alan konumlandırma sistemlerinde sıklıkla kullanılmaktadır.



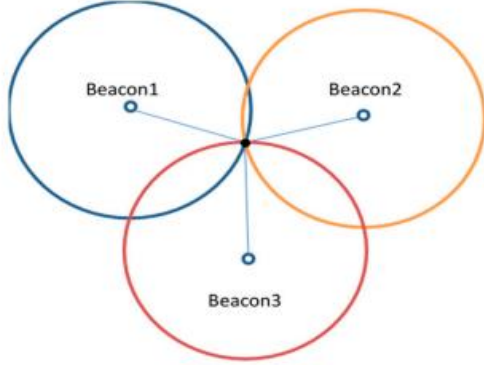
Şekil 52 Farklı RF Sinyallerinin RSSI Davranışları

RSSI tekniği, kapalı alan konumlandırma sistemlerinde nesnelerin konumlarının tespit etmek için sıklıkla kullanılan bir sinyal ölçüm tekniğidir. Wi-Fi, Bluetooth gibi birçok teknolojiye standart bir özellik olarak bulunan RSSI değeri, harici bir donanım gerektirmeden elde edilebilmektedir. Bu nedenle RSSI ölçüm tekniğine dayanan konumlandırma sistemleri zaman ve maliyet açısından kolaylık sağladığı için diğer sinyal ölçüm tekniklerine göre daha fazla tercih edilmektedir. Tasarladığımız sistemde bluetooth RSSI sinyallerini üretmek ve ölçmek için ESP32S mikrodenetleyicisini kullandık.

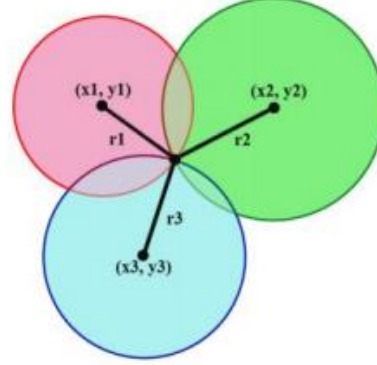
Kapalı alan konumlandırma sistemleri farklı şekillerde tasarlanabilmektedir. Konumu bulunmak istenen nesneler tarafından gönderilen sinyal bilgileri, konumu önceden bilinen sabit düğümler tarafından alınması ve bu cihazların gerekli hesaplama işlemlerini yapmasıyla konumlandırma yapılabileceği gibi konumu önceden bilinen sabit düğüm noktalarından alınan sinyallerin, konumu tespit edilmek istenen nesne tarafından alınmasıyla da konumlandırma yapılabilmektedir. Konumlandırma yapılacak tekniğe göre konumu önceden bilinen sabit cihaz ya da konumu bulunmak istenen nesne gerekli hesaplamaları kendisi yapabileceği gibi alınan sinyal özelliklerini merkezi bir cihaza göndererek konumlandırma hesaplarını merkezi cihaz da yapabilir.

Düğümlerden sinyal verilerinin elde edilmesinden sonra bu sinyal verileri konumlandırma algoritmaları aracılığıyla işlenerek konum tahmin işlemi gerçekleştirilir. Kapalı alan konumlandırma sistemlerinde üçgenleme, daire kesişimi, yakınlık, parmak izi yöntemleri sıklıkla kullanılan konumlandırma yöntemleridir. Biz ise bunlar arasında **triangulation** algoritmasını uygulayabileceğimiz **daire kesişim yöntemi**ni tercih ettik.

Daire kesişimi yönteminin kullanılabilmesi için kapalı alan içerisinde konumu önceden bilinen en az 3 sabit düğüm kullanılmalıdır. Konumu bulunmak istenen düğümünden elde edilen sinyal bilgilerine dayanarak sabit düğümler etrafında daireler çizilir. Bu dairelerin kesişim noktası konumu bulunmak istenen cihazın yeridir.



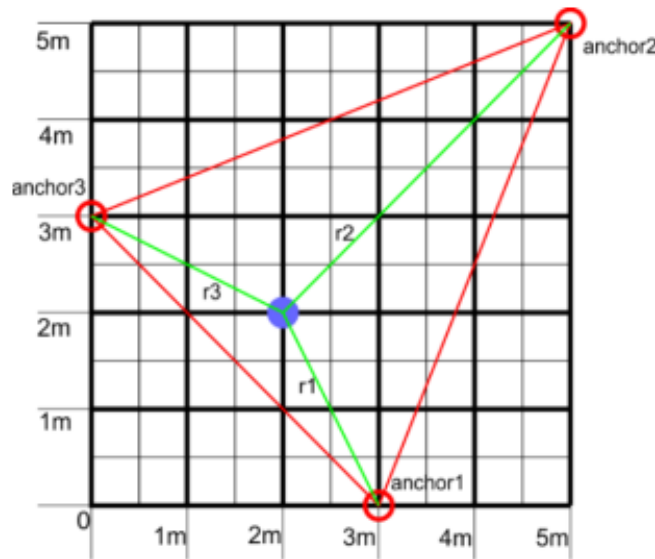
Şekil 53 Daire Kesişim Yöntemi



Şekil 54 Triangulation Model

Ölçülen sinyallerin, eğitim aşamasında oluşturulan haritadaki sinyaller ile benzerlik analizi yapılırken konum tahmin doğruluğunu artırmak için yapay sinir ağları, K-en yakın komşu (KNN), rassal orman gibi makine öğrenmesi yöntemleri kullanılmaktadır. Wi-Fi ve Bluetooth cihazlarından RSSI değerleri kolaylıkla elde edilebildiğinden dolayı, kapalı alan konumlandırma sistemlerinde parmak izi yöntemi en sık kullanılan yöntemdir.

Biz ise bu çalışmamızda 3'ün üzerinde bulunan alıcı cihazlar üzerinde hesaplanan birden fazla konum bilgisini yapay zekâ ile iyileştirmeye ve ölçülen sinyallerin Kalman filtresi ile iyileştirilmesi üzerine odaklandık.



Şekil 55 Alıcı Beaconlar ile Triangulation

Konumunu tespit etmek istediğimiz verici olarak çalışan Beacon'ın yaydığı sinyalin RSSI değeri, kapalı alan içerisinde konumları ve birbirlerine olan uzaklıkları bilinen alıcı bluetooth cihazları ile ölçülerek verici cihazın herbir alıcı cihaz ile arasındaki mesafe tespit edilebilmektedir. Mesafe bilgisini elde ettikten sonra geliştirdiğimiz triangulation algoritması ile verici beacon cihazın kapalı alandaki konumunun trigonometri hesaplamaları ve yapay zekâ yazılımları ile saptanması sağlanmıştır.

4.3.2.6.3 RSSI Değerlerinin Kalman Filtresi ile Kalibrasyonu

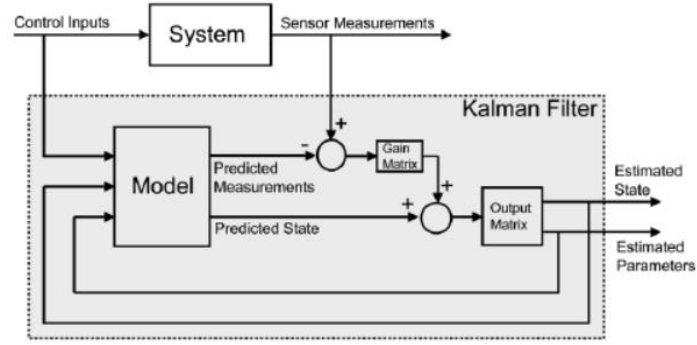
Sabit konumlarda bulunan alıcı cihazlar hareket halindeki cihazımızın (verici) RSSI değerini ölçer ve bu değeri dbm cinsinden servera gönderir ve gerekli işlemlerden sonra cihazın konumu bulunur. Bu RSSI değerleri kullanılan ESP32 cihazında ortalama olarak 0 dbm ile -94 dbm arasında değişir. Dbm cinsinden RSSI değerinin azalması haberleşme gerçekleştiren iki cihaz arasındaki mesafenin arttığının bir göstergesidir. İki cihaz arasındaki haberleşmede radyo dalgaları kullanıldığı için bu radyo dalgası sinyalleri çevresel faktörlerden dolayı gürültü oluşturmaktadır. Özellikle kapalı alanlarda bu gürültü, sinyalin sürekli yansınmasıyla stabil değerler elde edilmemesine neden olmaktadır.

Ölçülen RSSI değerlerinin stabil hale getirilmesi için ilk başta 3 saniye boyunca sürekli ölçüm yapıldı ve ölçülen değerlerin aritmetik ortalaması alındı. Fakat gürültülü sinyallerin uç değerler üretmesinden ötürü aritmetik ortalama bu uç değerler tarafından bastırılıbiliyordu. Diğer bir yöntem olarak ise histogram yöntemi ile en sık rastlanan değer gerçek RSSI olarak kabul edildi fakat burada da bazen en sık rastlanan değer gerçekçi olmayan gürültü sinyali tarafından oluşturulan değer olabilmekteydi. Tespit edilen bu sorunların çözümü için ise yapılan araştırmalar sonucunda elde edilen gürültü içeren bu ölçüm değerlerine Kalman Filtre uygulanmasına karar verildi. Bu filtre sonucu gürültüler bastırıldı ve stabil RSSI değerleri elde edildi.

4.3.2.6.4 Kalman Filtresi

Kalman Filtresi, gürültülü (noise) veriler üzerinde uygulanır. Gürültülü ve kesin olmayan bir veriden, gerçeğe olabildiğince yakın bir tahminleme de bulunmanızı sağlar. Kalman Filtresi, dinamik bir sistemin önceki durumlarına göre, bir sonraki durumlarını tahmin etmeye çalışır. Bunu yapabilmek için, sistemin matematiksel modeli oluşturulur.

Kalman filtresi, dinamik sistemlerde belirsiz ve kesin olmayan bilgilere sahip olduğumuz zaman kullanılabilir. Hatta sistemin ne yapacağını tahminlemek için eğitilmiş bir tahmin sistemi oluşturulabilir. Direkt olarak ölçemediğiniz veya doğruluğu kesin olmayan veriyi elde edip, sistemin gerçek durumuna yakın bir tahminde bulunmaya çalışırız. Elde ettiğiniz veri çeşitli sensörlerden geliyorsa ve gürültü içeriyorsa kalman filtre gerçeğe en yakın değeri tahmin etmemiz de yardımcı olacaktır. Kalman filtre için blok diyagram aşağıda görülmektedir.



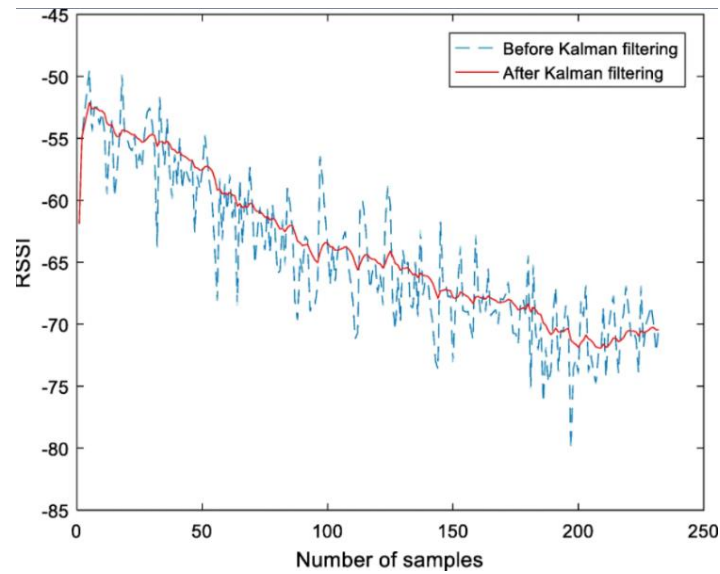
Şekil 56 Kalman Filtresi Blok Diyagramı

Aşağıdaki görselde gürültüyü azaltmak için uygulanan yöntemler ve bu yöntemler sonucu elde edilen RSSI değerleri görülmektedir.

Mesafe(metre)	Aritmetik Ort.	Histogram	Kalman Filtre
1	-64dbm	-63dbm	-62dbm
5	-66dbm	-67 dbm	-67dbm
10	-79dbm	-80 dbm	-71dbm
15	-77dbm	-80 dbm	-76dbm
20	-73dbm	-75 dbm	-80 dbm

Şekil 57 Farklı Metotlarla Ölçülen RSSI Değerleri

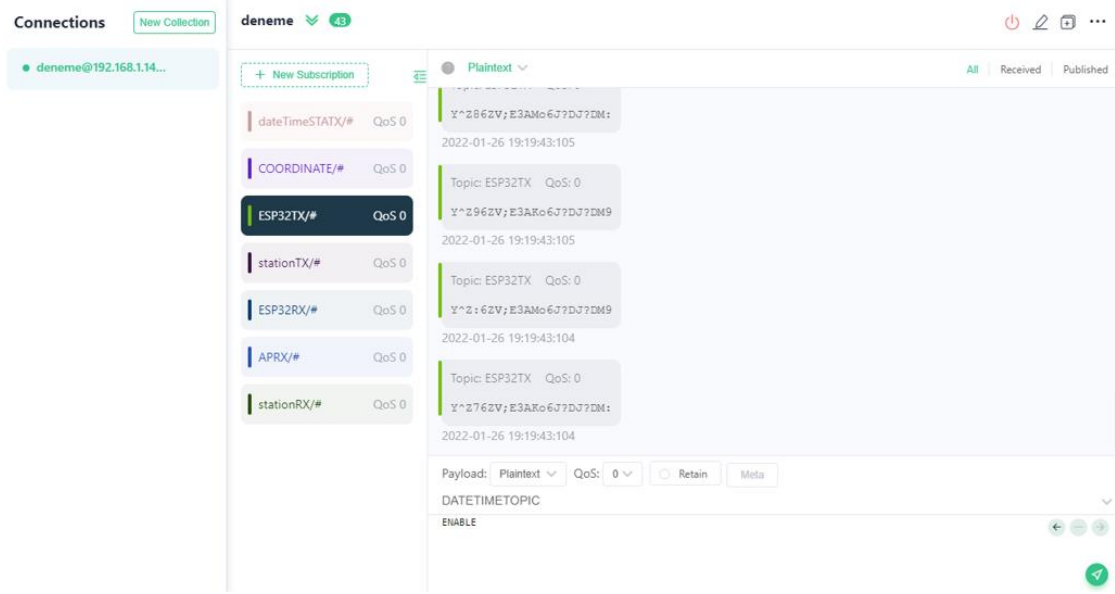
Yukarıdaki tablo incelendiğinde kalman filtre sonucu elde edilen değerlerin mesafeye göre doğrusal olarak değiştiği açıkça görülmektedir. 1 metre mesafede ölçülen RSSI değerlerin kalman filtre uygulanmadan ve uygulandıktan sonraki durumlarının daha iyi anlaşılması için aşağıdaki görsel de incelenmelidir. Burada görüleceği üzere uç değerler yani gürültüler bastırılmış olup stabil değerler elde edilmiştir.



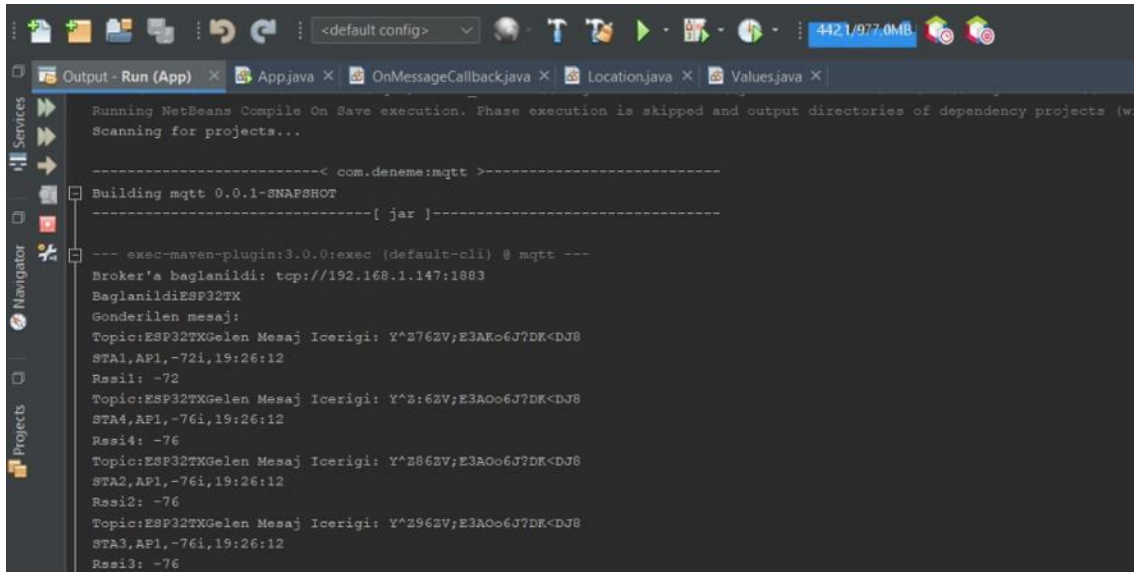
Şekil 58 Kalman Filtresi Sonrası RSSI Değerleri

Kapalı alan içerisinde dört bir köşeye yerleştirilen bluetooth alıcı cihazları, vericinin yaydığı sinyalin RSSI şiddetini ölçüp verici ile arasındaki mesafeyi hesapladıktan sonra bu mesafe bilgisini kablosuz olarak Mosquitto MQTT Broker aracılığı ile triangulation ve yapay zeka algoritmalarının çalıştığı Back-End yazılımına aktarmaktadır.

Burada her bir alıcı cihazdan gelen mesafe bilgileri işlenerek verici beacon cihazın konumu hızlı bir şekilde hesaplanmaktadır ve arından beacon olarak çalışan AGV araca komuta kontrol istasyonu üzerinden kablosuz bir şekilde aktarılmaktadır. Bu konum bilgisi hem komuta kontrol istasyonu üzerinde çalışan arayüz ekranında aracın konumunu gösterecek şekilde simüle edilecek hem de araç üzerinde çalışan Lidar sensörü ile birleştirilip yine araç üzerinde bulunan Raspberry Pi 4 kartı üzerinde geliştirilecek Path Planing algoritmaları ile rota takibi sağlanacaktır.



Şekil 59 Alıcı cihazların MQTT Server'a attığı şifreli veri



Şekil 60 Backend yazılımına MQTT üzerinden gelen veri ve işlenmesi sonucu elde edilen RSSI değerleri

4.3.3. Yazılım Tasarım Süreci

Araç üzerinde kullanmayı planladığımız mikro denetleyici tabanlı geliştirme kartlarında;

- STM – Gömülü C Programlama Dili
- Raspberry Pi 4– Python & Java

Yukarıdaki programlama dilleri kullanılarak yazılımın geliştirilmesi planlanmaktadır.

Aracımız otonom kabiliyetlerini gerçekleştirmesi adına yapay zekâ tabanlı teknolojiler kullanılması planlanmaktadır. Bunlar, Kamera tabanlı yapay görme sistemi, radar (Lidar Sensör) tabanlı haritalama sistemi ve Kapalı alan konum hesaplama sistemi (Indoor position) olmak üzere 3 temel sistemden oluşmaktadır.

- 1) **Görüntü İşleme ile Yapay Görme Sistemi:** Aracın üzerinde bulunan kameralardan gelen görüntü verileri yapay zekâ desteği ile işlenip yapay göz olarak kullanılması hedeflenmektedir. Bu sayede anlık değişkenlik gösteren yol durumuna göre otonom kontrolü hedeflemektedir. Aracın engel algıladıktan sonraki şeritten ayrılıp tekrar şeridi bulabilmesi gerekmekte olduğu için kamera ile görüntü işleme sistemi oldukça önem arz etmektedir. Bu takip edeceği şeridi tekrar bulmasına yarayan algoritma Python yazılım dili kullanılarak programlanacaktır.
- 2) **Lidar Sensör Tabanlı Haritalama Sistemi:** Aracın tepe noktasında bulunacak olan ve ışık sinyal verilerini yapay zekâ desteği ile işleyip görüntüye çevrileceği bu sistemde ortamın haritalandırılması ve ortamda yer alması planlanan bileşenlerin -engel gibi- harita üzerine yerleştirilmesi işlemi gerçekleştirilecektir. Lidar sensörden alınan açı ve uzaklık verileri backend yazılımları ile anlamlandırılarak, aracın arayüzüne aktarılacaktır.
- 3) **RSSI Tabanlı Kapalı Alan Konumlandırma Sistemi:** Robotun üzerinde bulunan alıcı sayesinde vericilerden gelen sinyalin RSSI değerlerini alındıktan sonra ilgili yapay zekâ işlemlerinin ardından mevcut alandaki konumunu bulmayı hedeflemektedir. Parkurun 4 köşesine yerleştirmeyi planladığımız alıcılar ile araçtan yayılan RF dalgalarının değerlerini toplayıp, Triangulation metodu uygulayarak anlamlı konum değerleri üretmeyi hedeflemektedir. Bu yazılım geliştirilirken Java yazılım dili kullanılacaktır.

4.4. Dış Arayüzler

4.4.1. Web- Mobil Arayüz Tasarımları

Aşağıdaki Şekil-61’de yer alan kontrol panel arayüzünde aracın batarya durumu, motoruna yerleştirmeyi planladığımız ısı sensörü ile motor ısı değerinin anlık durumu, aracın hızı gibi bilgileri görüntülenebilecek. Bunun yanı sıra aracın bulunduğu konumun parkur haritası üzerindeki yeri ve parkurda yer alan yükleme boşaltma alanlarının konumu, algılanan engellerin 12 bulunduğu konum ve A, B, C, D noktalarının konumu gibi bilgilere de erişmek mümkün olacak. Yarışmanın başında hakem tarafından

yükleme/boşaltma istasyonu olarak belirlenen noktalar da bu arayüzden sisteme tanımlanacak. Arayüze eklenmesi planlanan “DUR” butonu ile robota acil durum anlarında anında arayüz üzerinden müdahale edilebilecek. Kontrol paneli hazırlanırken HTML, CSS, Javascript yazılım dillerinden ve Vue.js framework’ünden faydalanılmıştır. Aynı zamanda mobil arayüz tasarımı da geliştirilmiştir. Mobil arayüz yazılımı geliştirilirken Dart dili ve Flutter framework’ü kullanılmıştır.

4.4.1.1 Web Tasarım

Bu bölümde Web tasarım detaylı biçimde açıklanmıştır. En üstte menü çubuğu olarak isimlendirebileceğimiz bir alan ve bu alanın içerisinde:

- Ana sayfamız olan Robot GUI (Graphic User Interface – Kullanıcı Arayüz Birimi),
- Bağlantı: Daha sonrasında eklenecek olan robot ile sağlanan bağlantı hakkında bilgilerin ve kontrollerin olduğu sayfa,
- Dokümanlar: Robotun kullanımı ve site ara yüzü kullanımı hakkında bilgilerin ve adımların olduğu belgelerin olduğu sayfa.
- Henüz kesinleştirilmemiş fakat planlanan bir sayfa olan Profil sayfasında ise o an cihazı kullanan kullanıcının bilgilerinin olduğu bir sayfa, şeklinde yönlendirmeler mevcut.

Renk paleti olarak, açık renk bir arka plan tercih edildi. Çünkü çalışma ortamının ışıklandırması yeterli olmayabilir hatta güneş ışığı altında çalışıldığı bir ortamda koyu renk bir arka plan içeriğin görünürlüğünü düşürecekti. Yazı fontlarının rengi beyaz üzerine mavinin koyu tonları olarak seçildi. Acil bir durum anında robotun hareketini durdurmak için bir “Dur” butonu eklendi. Acil bir durumu ve durdurma eylemini anlatmak için kırmızı renk tercih edildi.

Konulandırmalar için, Her noktadan erişimi kolay olması için Dur butonu tasarımın ortasında olması tercih edildi. Robotun anlık bilgilerinin diğer bilgilerden ayrılması için “Hız, Yük Bilgileri, Batarya Bilgileri, Sıcaklık Bilgileri” alanlarını bir satırda ve diğer alanlara göre üste konumlandırıldı. Ekranı bastırılacak ve birkaç sayıdan fazla içeriğe sahip olan alanlar daha geniş bir alan gerektirdiği için “QR Son Okuma, Araç Durumu, Manuel Kontrol ve Rota Girişi” alanları bir önceki alanlara göre daha geniş bir alana sahip olacak şekilde tasarlandı.

Süre alanı aslında bir butonmuş gibi üzerine tıklandığında başlayacak ve duracak şekilde tasarlandı, CSS düzenlemeleri ile bu alanın üzerine geldiğinde tıklanabilir bir alan olduğu hissettirilecek.

Robotun çalışma ortamını gösterebileceğimiz bir harita alanını tasarıma eklendi. Tasarımda kullanılacak teknolojilerin yeterliliği tartışıldı. Animasyonlar eklenebileceği düşünüldü. Bunun için araştırmalar yapılması not edildi.

Tasarımda bir güvenlik önlemi olarak düşündüğümüz alan olan, manuel kontrol alanı eklendi. Bu alanda kontrol için yön tuşlarının olduğu bir alana yönlendiren bir Kontrol Tuşu var. Yine burada da dur eylemini yapan bir buton var, Ses butonu ile aracın sesli bir uyarı yapmasını sağlayabiliyoruz ve Işık butonu ile de

görsel bir uyarı yapmamızı sağlayabiliyoruz. Kontrol butonuna basıldığında açılan alanda yön tuşları gibi butonlar olması planlandı. Joystick (Kontrol çubuğu) tasarımı düşünüldü fakat mouse(fare) ile kontrol edilmesi zor olacağı için buton ile kontrol fikrinde karar kılındı. Hatta mouse(fare) olmadığı zaman sadece touchpad (dizüstü bilgisayar) ile butona tıklayarak kontrol sağlanabileceği bir tasarım düşünüldü.

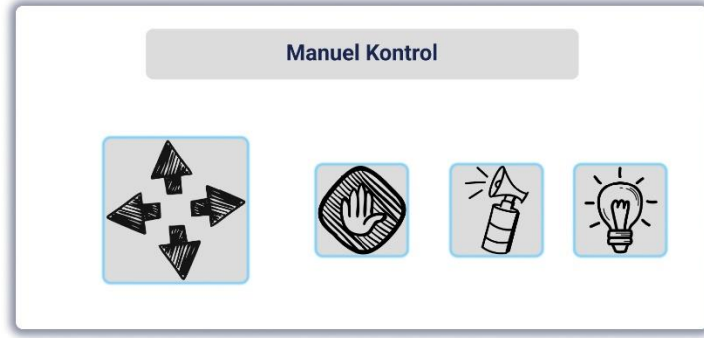
Takımın sponsorlarının logolarının veya isimlerinin bulunduğu bir alan harita alanının üzerine koyu arka plan üzerine açık renkli bir font ile eklendi. Harita için iki adet örnek görsel eklendi.



Şekil 61



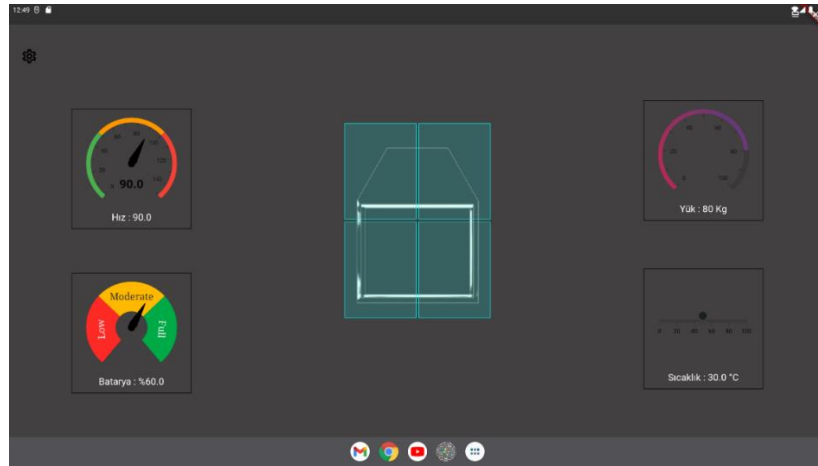
Şekil 62



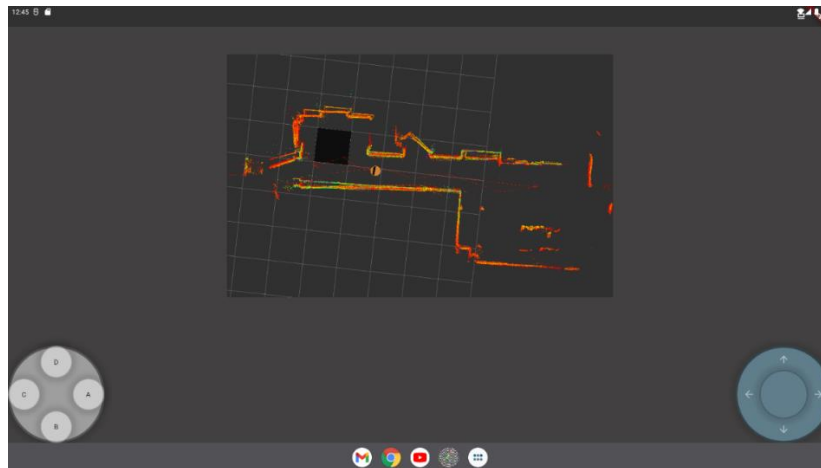
Şekil 63

4.4.1.2 Mobil Tasarım

Şekil- da aracın tablet arayüzü yer almaktadır. Aracın hızı, yük ağırlığı, sıcaklığı, batarya durumu gibi verilere tablet arayüzünden de erişilebilmektedir. Şekil-64 ve Şekil-65'te Acil durum kullanım için manuel kontrol bölümü yer almaktadır.



Şekil 64



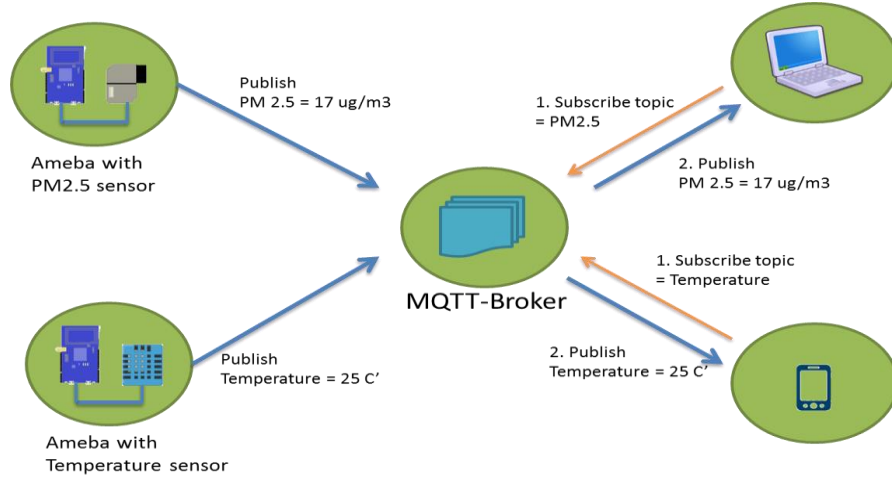
Şekil 65

4.4.2. IOT Sistemlerde MQTT Protokolü ve Verilerin kaydedilmesi

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) protokolü, internette yaygın olarak kullanılan makinalar arası (M2M) mesaj tabanlı bir protokoldür. Lightweight oluşu ve düşük kaynak tüketmesiyle Internet of Things (IoT) ekosisteminde benimsenmiştir. Hemen hemen tüm IoT bulut platformları akıllı nesnelerden veri gönderip almak için MQTT protokolünü desteklemektedir.

4.4.3. MQTT Mimarisi

MQTT'deki kilit unsur MQTT brokerıdır. MQTT brokerın asıl görevi, clientlara (abonelere) mesajlar göndermektir. Yani yayıncıdan mesajlar alır ve bu mesajları abonelere gönderir. Mesaj gönderirken, MQTT broker mesajı alacak olan clientları filtrelemek için konuyu(topic) kullanır. Konu bir dizedir ve konu seviyeleri yaratan konuları birleştirmek mümkündür.



Şekil 66

4.4.4. Veri Yapısı

Kurulan REST API ile robottan gelen JSON tipindeki veriler veritabanına aktarılacak, veriler robota bağlı olan Raspberry Pi içine kurulan MariaDB'de tutulacaktır ve MQTT protokolü ile tekrar veritabanından REST API ile veriler robota geri dönebilecek ayrıca mobil ve internet arayüzünde kullanabilecek şekilde veriler eş zamanlı olarak tüm cihazlara aktarılabilecektir.

```
1 {
2   "RSSI": "30",
3   "X": "15",
4   "Y": "25",
5   "Hiz": "15",
6   "Sure": "45",
7   "Sıcaklık": "32",
8   "Yuk_Bilgisi": "60",
9   "Batarya": "96",
10  "Konum": "A"
11 }
```

Şekil 67

5. GÜVENLİK

Ağırlık sensörü, robot yükleme işlemi sırasında kaldırdığı yükün değerinin taşıyabileceği sınırlar içerisinde olup olmadığının kontrolünü yaparak, robotun kırıko sisteminin veya içerisinde yer alan sistemlerin zarar görmesinin önüne geçecek.

Engel sensörü, robot etrafındaki cisimleri algılayabilecek. Bu şekilde çarpışmaların önüne geçilecek. Robotun dış yapısı darbe soğurucu niteliklere sahip olacak ve bu sayede çarpışma gerçekleşse bile az hasar alması sağlanacak.

Batarya Yönetim Sistemi, tasarlayacağımız batarya yönetim sistemi ile akülerin dengeli bir şekilde deşarj olmasını, bu devrenin üzerinde bulunan sigortalar ile motor sürücü ve elektronik kontrol kartlarının fazla akım çekmesi durumunda elektriksel olarak korunmasını ve aküden aşırı akım çekilmesi durumunda regülatör katmanının oluşacak gerilim dalgalanmasından devrelerin korunması hedeflenmektedir.

Akım sensörü, aracın motor ve elektronik kontrol devrelerinin anlık olarak çektiği akım değerlerini ölçerek nominal çalışma aralığının dışına çıkması durumunda sigortaların devreye girmemesi halinde BYS aracılığı ile besleme hattının tetiklenecek olan röleler ile kapatılması sağlanacaktır.

Acil Durum Butonu, sistemde meydana gelecek olası acil durumlarda robotta yer alan tüm devrelerin enerjisini kesecek şekilde bağlanmış bir acil durum butonu eklenerek, sisteme hızlı müdahale hedeflenmektedir.

ESD Muhafaza Kutusu, elektriksel kartlar ve devrelerin zarar görmemesi ve elektro manyetik dalgalardan etkilenmemesi için ESD kutuda muhafaza edilmeleri sağlanacak ve bu kutunun içerisine ısı sensörü yerleştirilerek fazla ısınma durumunda fan sisteminin aktif edilmesi sağlanarak sistemin zarar görmesinin önüne geçilecektir.

ESD, hassas elektronik kart üretimi yapan firmalardan kullanılan, cihaz hasar oranını ciddi oranda düşüren bir sistemdir. Elektrostatik deşarjın elektronik kartlara zarar vermesini önlemek için elektronik kart ile ilgili çalışmalarımızı ESD zemin ve bileklikler ile gerçekleştirmekteyiz.

Test Parkuru, robotun test edileceği alanın etrafı bariyerler ile kapatılarak. Çalışmakta olan robotun ekip içerisinde yer alan kişilere çarpmasının ve olası yaralanmaların önüne geçilmesi hedeflenmiştir.

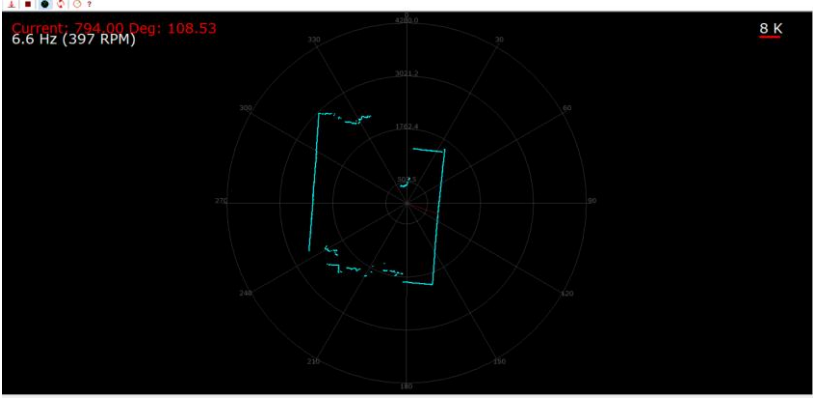
Eğitici içerikler, çalışma alanında iş güvenliği ile alakalı bilgilendirici posterlere ve uyarılara yer verilerek ekibin iş güvenliği bilincinde artış hedeflenmektedir.

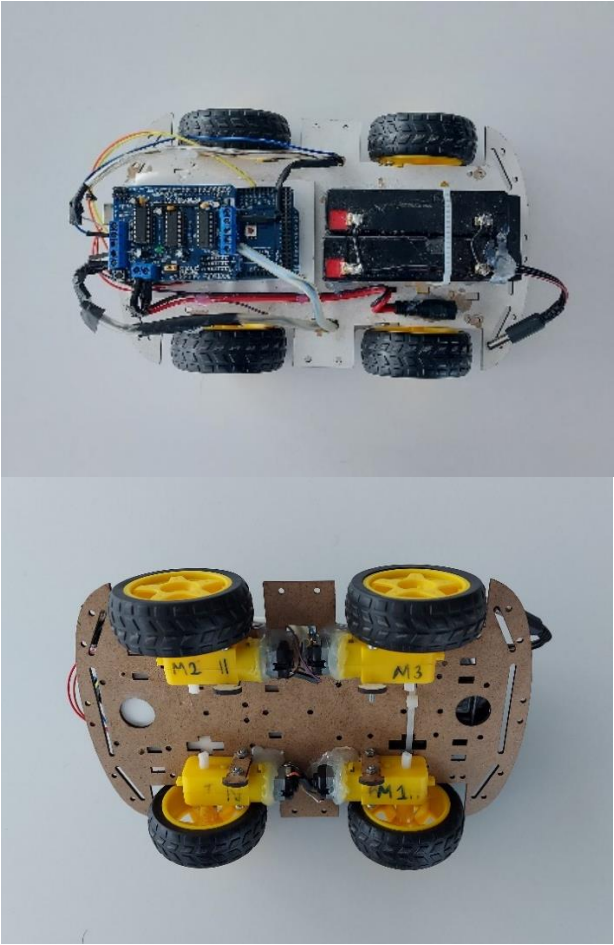
Yangın Söndürme Tüpü, çalışma alanında olası alevlenme durumlarında yangın daha da büyümeden müdahale edebilmek için çalışma alanımızda yangın tüpü bulunmaktadır.

Araç karakutu, araç içerisine konulacak bir SD kart ile aracın gerçekleştirildiği işlem loglarının depolanması ile olası kaza durumlarında geriye dönük analiz yapılması hedeflenmektedir. Bu analiz sayesinde aracın güvenlik zafiyetleri tespit edilip ona göre bir geliştirme yapılabilecektir.

6. TEST

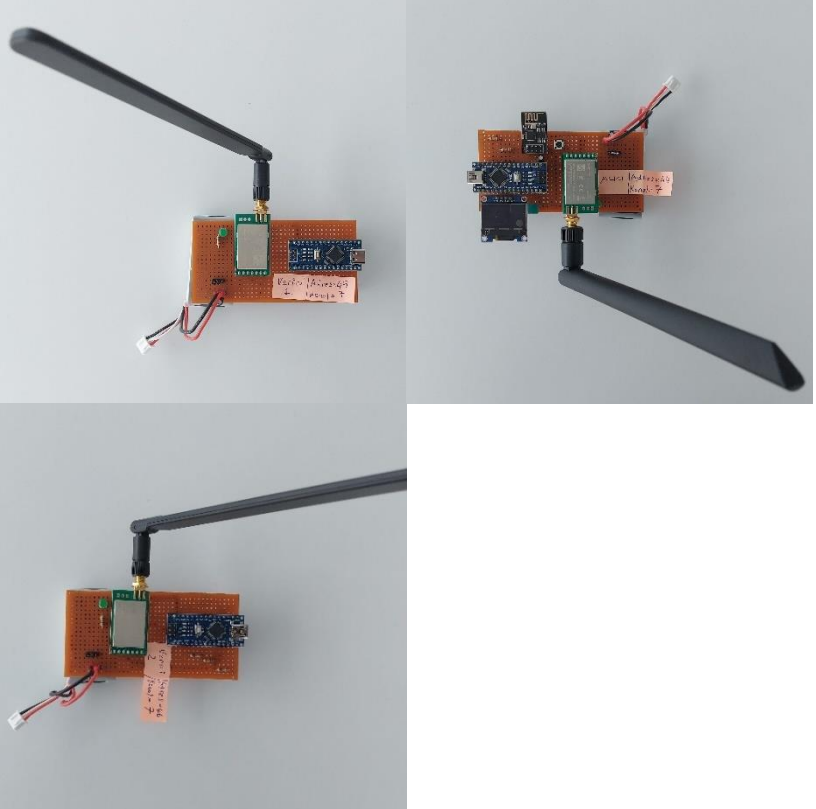
Halihazırda geliştirmekte olduğumuz otonom robotumuz için çeşitli testler planladık. Bu testler ile robot geliştirme sürecindeki yanlışların ve eksiklerin analiz edilmesi hedeflendi. Yanlış ve eksiklerin tespit edilmesinin yanı sıra test edilen modüler yapılar, esas robota entegre edilmeye hazır hale getirildi. Okuldan geçici olarak temin edilen Lidar sensör ile çalışmalar yapılmaya başlandı. Lidar sensör verileri ve bu verilerin kullanım şekli üzerine araştırma yapıldı. Araç üzerinde yer alan sensörlerin haberleşme modülleri ile internet üzerine çıkarma işlemleri gerçekleştirildi. Bu veriler geliştirilen backend yazılımına taşındı.

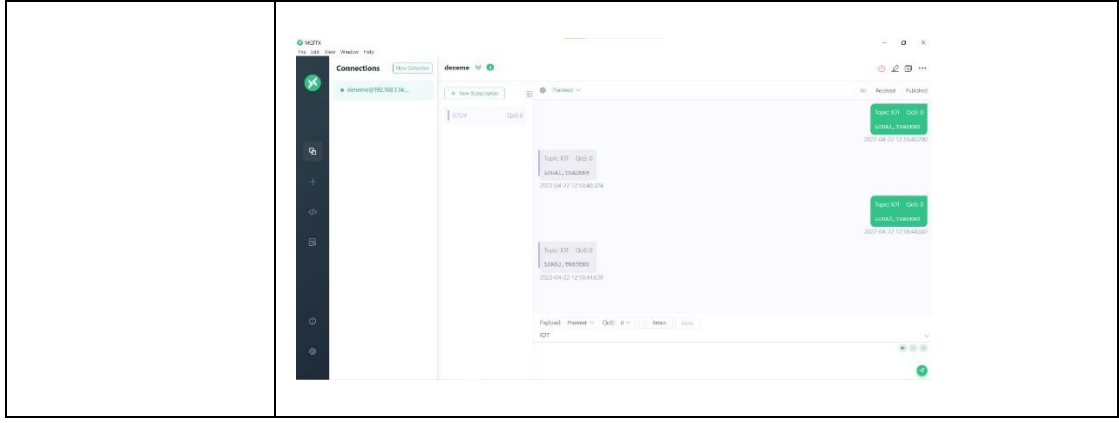
Test No: 1	Test Adı: Lidar Sensör
Ekipmanlar	Seed RPLIDAR A1M8 Lidar Sensör Mikro USB kablo Raspberry Pi USB-TTL Dönüştürücü
Test Süreci	Haritalama yapmak için kullanılacak lidarın tool kurulumu yapıldı. Frame arayüzü ile ortam taraması yapıldı. UART haberleşme protokolü ile çalışan lidar, Raspberry Pi ile senkron çalışıp veri aktarımının sağlanması için çalışmaya başlandı. 

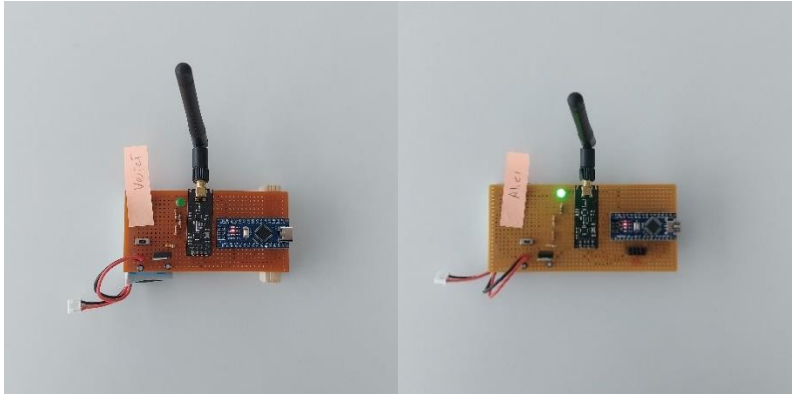
Test No: 2	Test Adı: DC Motor
Ekipmanlar	4 Adet Redüktörlü DC Motor Arduino Motor Sürücü Shield Arduino Mega Mini Araba Şasesi
Test Süreci	Kullanılan motor sürücü sheild sayesinde DC motorlar hareket ettirilerek motorların çalışması gözlemlenmiştir. Shield üzerinde bulunan motor sürücü entegreler incelenerek pwm sinyal ile motor sürme mantığı anlaşılmış olup edinilen bilgiler doğrultusunda motor sürücü kartı geliştirilmiştir. 

Test No: 3	Test Adı: Çizgi Okuma
Ekipmanlar	2 adet kızıl ötesi (IR) sensör 1 adet Arduino Nano 4 Adet Redüktörlü DC Motor Arduino Motor Sürücü Shield Arduino Mega Mini Araba Şasesi 50mm Siyah bant
Test Süreci	DC Motor hareket testinden sonra aynı araca çizgi okuma sensörü de eklenerek çizgi okuma testleri de gerçekleştirilecektir. 2 adet kızıl ötesi sensör kullanılmıştır.

	Aracın çizgi izleme yeteneği üzerine çalışmalar gerçekleştirilip, görüntü işleme algoritması tasarımı üzerine ihtiyaç analizi çalışması gerçekleştirilmiştir.
--	---

Test No: 4	Test Adı: LoRa Haberleşme Testi
Ekipmanlar	Arduino Nano 2 Adet E22900T22D LoRa modülü ESP01 Wi-fi modülü Oled Ekran Pil Voltaj Regülatörü Erkek-Erkek ve Dişi-Dişi Jumper Kablo
Test Süreci	 Araç üzerindeki sensör verilerini kontrol masasına iletmesi için kullanılması planlanan Lora modülleri ile başarılı bir şekilde veri aktarımı gerçekleştirilmiştir. Kontrol masasındaki GUI ekranlarının verileri almak için kullandığı MQTT server'a ise alıcı lora modülü aldığı bilgileri ESP-01 WiFi modülü ile başarılı bir şekilde göndermiştir.



Test No: 5	Test Adı: NRF Haberleşme Testi
Ekipmanlar	Arduino geliştirme kartı NRF modülü Pil Voltaj Regülatörü Kondansatör Direnç Erkek-Erkek ve Dişi-Dişi Jumper Kablo
Test Süreci	 LoRa haberleşme testine benzer şekilde NRF modülü ile de veri alışveriş işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Test No: 6	Test Adı: Yük kontrol
Ekipmanlar	1 adet Ağırlık Sensörü- Load Cell 1 adet HX711 1 adet Buzzer Arduino UNO ve USB Kablosu Erkek-Erkek ve Dişi-Dişi Jumper Kablo Yük koyulabilen platform Temsili yük
Test Süreci	Bu test ile araca taşıyamayacağından fazla yük yüklendiğinde buzzer ile uyarı vermesi sağlanacak. Bu sayede robota fazla yük yüklendiğinde müdahale edilerek, oluşabilecek hasarın önüne

	geçildi. Aynı zamanda Ağırlık sensörü sayesinde yük değerine ulaşılabildiğinden arayüzde araca yüklenen yükün değeri de gösterilebilmiş olacaktır.
--	--

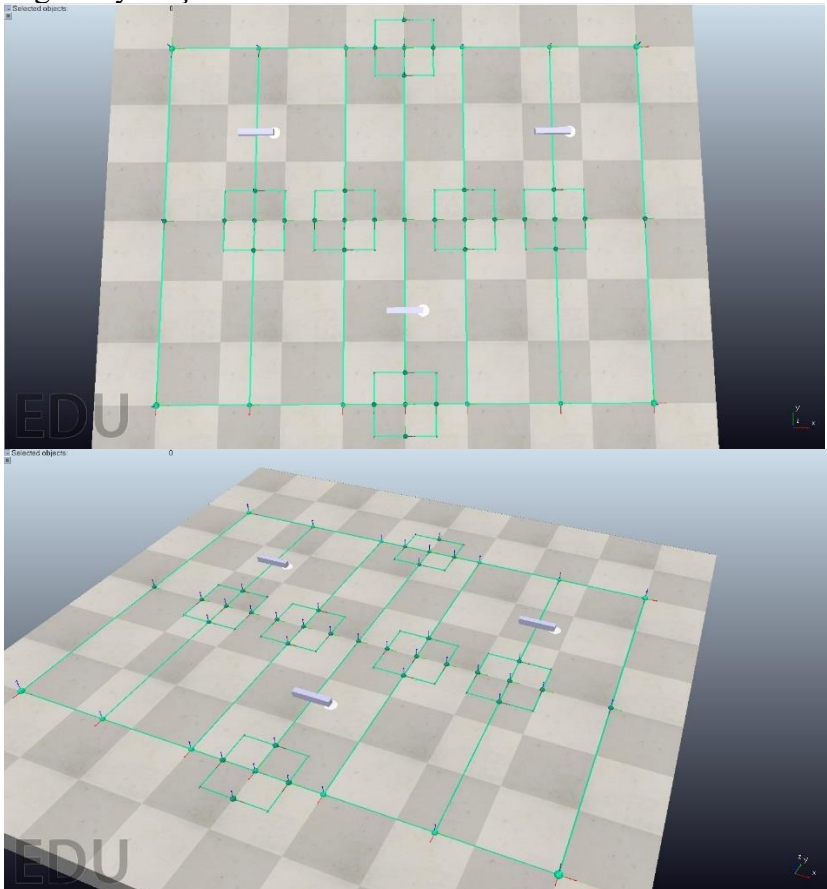
Test No: 7	Test Adı: Manevra Testi
Ekipmanlar	2 Adet Redüktörlü DC Motor 4 Adet Sarhoş Teker Arduino Motor Sürücü Shield Arduino Mega Araba Şasesi 1 adet kızıl ötesi (IR) sensör Arduino UNO ve USB Kablosu Erkek-Erkek ve Dişi-Dişi Jumper Kablo Siyah bant
Test Süreci	Bu test ile yenilenen parkurun ölçülerine uygun aralıklarla yere yapıştırılmış bantlar ile 2 motorlu 4 sarhoş tekerli aracın manevra performansı test edilecektir. Parkurda gerçekleştirilen değişiklik ile aracın manevra kabiliyetinin önemi daha da artmıştır. Bu testte araca eklenen çizgi izleme sensörü ile aracın yere çizilmiş siyah bandı takip ederek, başladığı noktaya geri dönebilmesi hedeflenmektedir. Aracın dönüşlerdeki manevra kabiliyeti incelenerek yarışmaya uygun hale getirilmesi hedeflenmektedir.

Test No: 8	Test Adı: Batarya Süresi
Ekipmanlar	1 Adet Dijital Multimetre DC Güç Kaynağı Jel Akü Yük (Motorlar, Elektronik Kartlar)
Test Süreci	Jel akü tam kapasite şarj edildikten sonra aküye bağlanan yük (Motor, elektronik kartlar) tam kapasite çalıştırılıp akünün deşarj olma süresi izlenecektir.

Test No: 9	Test Adı: RSSI ile Konum Hesaplama
Ekipmanlar	5 ADET ESP32 Araç Bluetooth Beacon
Test Süreci	Esp32 üzerinde bulunan dahili bluetooth modülünün kullanılması düşünülmektedir. Kapalı alana yerleştirilecek olan

	4 adet esp32 hareket halinde olan araçtaki esp32 modülünden yayılan sinyalin 4 farklı noktadan gücünü ölçerek triangulation algoritması sayesinde aracın kapalı alanda yaklaşık konumunu (X, Y) olmak üzere iki eksenle verecektir. Triangulation algoritması, input olarak aldığı dbm cinsindeki RSSI değerlerinden yola çıkarak ilk etapta hareket halindeki aracın her bir köşedeki esp32 cihazlarına olan uzaklığını hesaplar ardından bu hesaplamalar doğrultusunda aracın noktasal konumu bulunur.
--	--

Test No: 10	Test Adı: QR Okuma
Ekipmanlar	Raspberry Pi 3 B+ Raspberry Pi cam Micro SD
Test Süreci	Kameradan alınan görüntü verileri ile QR okuma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Test No: 11	Test Adı: Simulasyon Testi
Ekipmanlar	Gazebo programı kurulu bilgisayar
Test Süreci	Gazebo programı üzerinde yarışma parkuru gerçek ölçülerine uygun olacak şekilde tasarlandı. Başlangıç/bitiş, Yükleme/Bırakma noktaları belirtildi. Parkur içerisine temsili engeller yerleştirildi. 

7. TECRÜBE

Aracın tasarım üretim ve test aşamaları gerçekleştirilirken birtakım tecrübeler kazanılmıştır.

İç mekân konum algılama üzerine yapılan çalışmada araçtan yayılan sinyallerin odanın 4 köşesinde yer alan antenlerden okunan RSSI değerinin konuma dönüştürme aşamasında sapma tespit edilmiştir. Bu dönüştürme işleminde triangulation algoritması kullanılmıştır. Bu sapmanın nedeninin algoritmik değil de okunan sinyal değerlerindeki tutarsızlık olarak belirlenmiştir. Bu sistem ile yeterince hassas konum değeri hesaplanamadığı sonucuna ulaşılmıştır. Daha sağlıklı sinyal değerleri elde etmek üzerine yapılan çalışmalar hala devam etmektedir.

Lidar sensör ile ilgili yapılan araştırmalar sonucu Lidar'ın çıktı verdiği veri biçimi öğrenilmiştir. Alımı yapılması planlanan “Seed RPLIDAR A2M8 Lidar” açısı ve uzaklık bilgisi dönmemektedir. Veriler arayüze açısı ve uzaklık değeri olarak taşındıktan sonra da görselleştirilebilir veya görselleştirilmiş şekli ile de arayüze taşınabilir. Verinin görselleştirilmiş şekilde taşınması, lidarın çıktı verdiği verinin büyük olması sebebi ile sorun çıkarmaktadır. Lidar'dan okunan açısı ve uzaklık verilerini Görselleştirip haritalandırmaya yarayan algoritmalar araştırılmış olup “SLAM” algoritmasının kullanılmasına karar verilmiştir.

Araç ve arayüz iletişiminde XBee yerine Lora kullanılmasına karar verilmiştir. Bunun nedeni LoRa'nın daha iyi performans göstermiş olmasıdır. Lora'ya ek olarak ESP32 ve nRF24L01 modülleri ile de haberleşme sağlanacaktır.

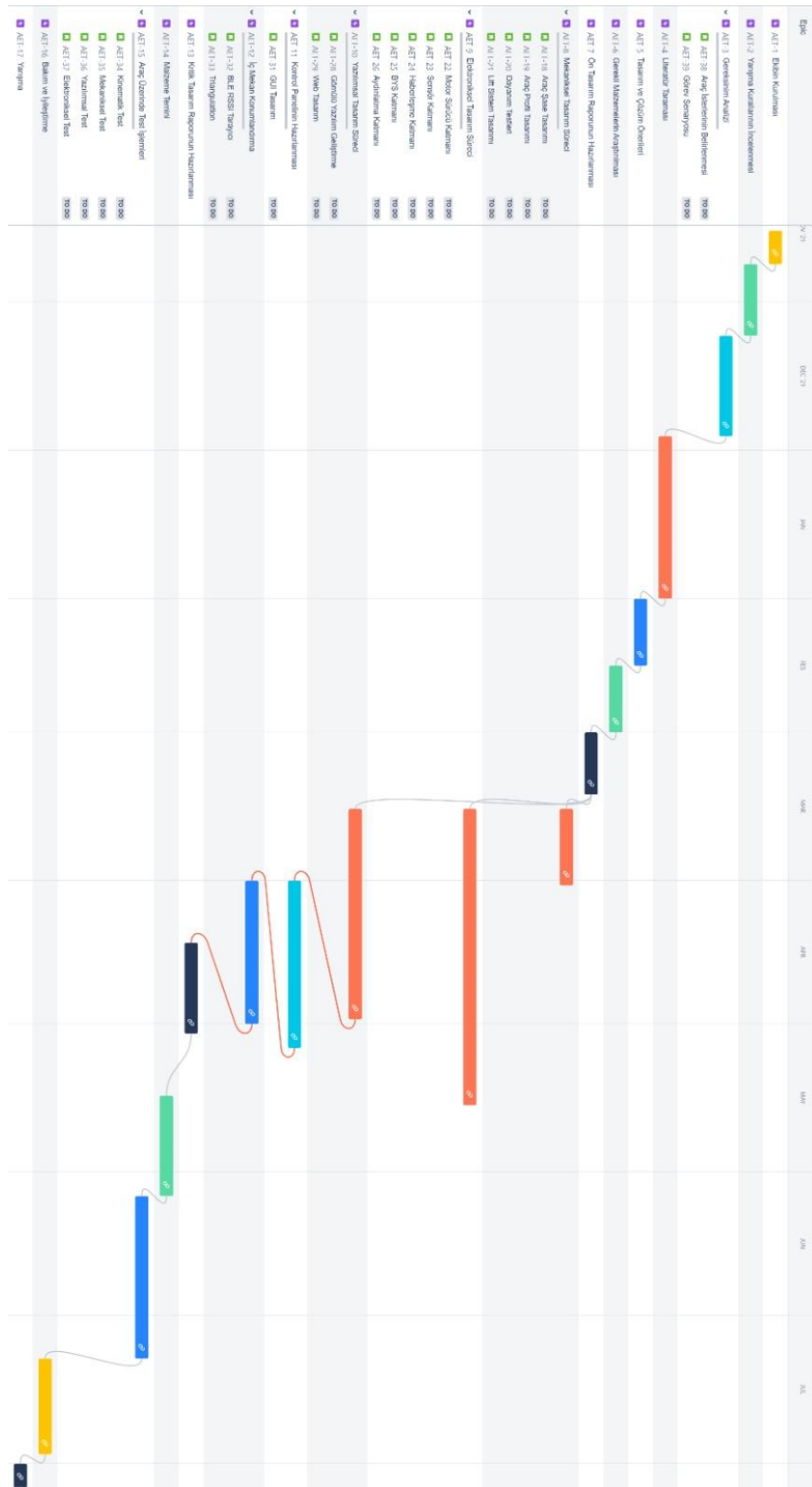
Aracın platformun altına girebilmesi için gerekli sistem tasarlanmaya başlanmıştır ve otonom araba park algoritmaları incelenmiştir. Aracın, ultrasonik mesafe sensörü kullanılarak araç ile platform arasındaki mesafe değerine göre platformu algılayarak altına park ediyormuşçasına giriş yapabilmesi üzerine çalışılmaktadır.

Çizgi izleme sensörü kullanılırken çizgi kalınlığının önemi anlaşılmıştır. Sensör üzerinde yer alan bitlerden dönen bool değerlerin yorumlanış biçimi çizgi kalınlığına göre şekil alabilir. Parkurda yer alacak çizginin kalınlığı 50mm olarak belirlenmiştir ancak test gerçekleştirilememiştir. Test sonucuna göre çizgi izleme sensörü sayısı kesin olarak belirlenecektir.

Her ekip çalışmasında olduğu gibi bu çalışmada da ekibin uyumlu ve planlı çalışması önem arz etmektedir. Takım organizasyonu ve takım arasında kurulan sinerjinin verimli çalışmalara dönüştürülmesi üzerine dersler çıkarılmıştır.

8. ZAMAN, BÜTÇE VE RİSK PLANLAMASI

8.1. Zaman Planlaması



Şekil 68

8.2. Bütçe Planlaması

Malzeme Adı	Özellği	Adet	Birim Fiyat	Toplam Fiyat
Pololu Redüktörlü Encoderli Fırçalı DC Motor	12V, 100 RPM, 37mm, Max Tork 34 kg/cm	3	680 TL	2040 TL
Lineer Motor	12V, 500N, Hız: 13mm/s yükte, 16mm/s	1	2000 TL	2000 TL
ZBP125x40 Poliamid Üzeri Poliüretan Kaplı Tekerlek	Çap:125, Genişlik: 40mm Taşıma Kapasitesi: 250kg	2	96 TL	192 TL
EU01ZKZ50 Poliamid Tekerlek Çap:50	Döner Tabla Bağlantılı, Çift Bilya Kendinden Burçlu, Çap: 50mm, Taşıma Kapasitesi: 40kg, 4 tane 120kg	4	25 TL	100 TL
Seed RPLIDAR A2M8 Lidar	360 Derece Tarama, Ölçüm Mesafesi: 12m, 5.5Hz tarama için 1450 örnekleme.	1	5645 TL	5645 TL
Makaslı Kriko	Taşıma Kapasitesi: 100 kg	1	2500 TL	2500 TL
Alüminyum Levha	Hdg Galvanizli çelik Plaka levha 1 mm kalınlık	4	90 TL	450 TL
Alüminyum Profil	Dış çap: 40x20 mm Et kalınlık: 2 mm	7	120 TL	480 TL
Filament	ESUN PLA +	1	250 TL	250 TL
Satek Jel Akü	12V, 24Ah, Ağırlık: 20kg	1	550 TL	550 TL
XL4016 Voltaj Düşürücü	300W 10A DC-DC Regülatör, Vin: 7-40V Vout: 1-35V	2	85 TL	170 TL
Akü Şarj Cihazı	12V, 2A	1	190 TL	190 TL
Raspberry Pi 4 Model B	1.5 GHz dört çekirdekli ARM Cortex-A72 CPU, 4Gb LPDDR4 RAM, True 1Gb Ethernet	1	3100 TL	3100 TL
Raspberry Pi 3 Model B+	1.4GHz işlemci 1GB LPDDR4 RAM	1	2790 TL	2790 TL
Raspberry Pi Çevre Bileşeni	Adaptör, HDMI Kablo, SD Card	1	330 TL	330 TL
Lora Modülü	E22 900T22D 7km Menzilli 900MHz SX1262	2	270 TL	540 TL
Wireless Modülü	nRF24L01 2.4GHz	2	50 TL	100 TL
ESP32 Wifi Bluetooth Geliştirme Modülü	2.4GHZ ~ 2.5GHZ, 2.7V ~ 3.6V	5	130 TL	650 TL
SMA Anten	868MHz - 900MHz 5dbi	2	108 TL	216 TL

Yarım Dalga RP-SMA Anten	2.4 GHz 4.5 Inch, VSWR: 2 Kazanç: 2.1dBm, Pout: 60mW	2	160 TL	320 TL
STM32F401RET6 Nucleo Mikrodenetleyici Kartı	CPU: 84MHz ARM Cortex-M4, Flash: 512 Kbyte, 3x I2C, 3x USART, 4x SPI, SDIO, 12 bit 10 kanal ADC	2	450 TL	900 TL
STM32F407VGT Discovery1 Geliştirme Kartı	168 MHz'lik, M4 tabanlı ARM Cortex 1MB flash bellek 192 KB ana bellek.	3	1600 TL	4800 TL
MPU9250 IMU Sensör	MPU-9250 5 V. I2C çıkış 16 bit	3	60 TL	180 TL
HMC5883L Pusula Sensörü	3 Eksen, Ölçüm Aralığı: $\pm 1,3-8$ Gauss	1	50 TL	50 TL
ACS711LC Akım Sensörü	Akım Ölçüm Aralığı: $\pm 12.5A$ Sens: 0.110V/A($V_{cc}=3.3V$)	3	95 TL	285 TL
Ağırlık Sensörü	100 Kg Loadcell	1	450 TL	450 TL
HX711 Kuvvetlendirici	24 bit ADC Dönüştürücü	1	15 TL	15 TL
MCP2551 CAN Entegre	CAN Tranciever, CAN-Serial	7	50 TL	350 TL
Nextion HMI TFT Ekran	2.4 Inch, 8 Port GPIO / 16 MB Dahili Hafıza, NX3224K024	1	600 TL	600 TL
URM09 Ultrasonik Sensör	Ölçüm Aralığı: 2-500 cm Çözünürlük: 1 cm	10	10 TL	100 TL
MZ80 Kızılötesi Sensör	Menzil: 3-80 cm	5	50 TL	250 TL
Buzzer	Ses Basınç Seviyesi: 95dB/22.6Mm			
Mikro Swith	Orta boy kontak.	10	5 TL	50 TL
Logitech Full HD Webcam	Logitech C925E Full HD Webcam 960-001076 Video Çözünürlüğü 1920 x 1080	1	1900 TL	1900 TL
Tesa universal extra power	50mm, 10 metre, beyaz	2	55 TL	110 TL
Vida-Somun-pul seti	1200 Parça	1	170 TL	170 TL
Şarjlı Tornavida Seti	Maksimum Tork Gücü 2 Nm Devir 180 Devir/Dakika Ağırlık 400 G Voltaj 4.8 Marka Atlas	1	150 TL	150 TL
Sıcak Silikon Tutkal Tabancası	60 Watt	1	50 TL	50 TL
Toplam Maliyet:				33.023 TL

8.3. Risk Planlaması

Riskler	Planlamalar
Risk 1 Robotun güzergahtan çıkması	Robotun güzergâh kontrolünün birden fazla etmen - Kamera, Lidar, Mesafe sensörü verileri- ile doğrulanması ve sonuçların karşılaştırılması.
Risk 2 Yükün devrilmesi	Yükün robotun üzerine el ile eklenmesi.
Risk 3 Robotun yük platformunun altına otonom şekilde girememesi	Robotun yükün altına arayüzdeki kumanda sistemi ile yerleştirilmesi.
Risk 4 Sensör verilerinde tutarsızlık olması	Birden fazla algoritma denenerek sensör çıktıların karşılaştırılması.
Risk 5 Akünün arızalanması	Arızalı akünün yedek akü ile değiştirilmesi
Risk 6 Şasenin kırılması	Şase tamirinin mümkünse gerçekleştirilmesi, değil ise yenisinin temin edilmesi
Risk 7 Lift sisteminin kırılması	Lift sistemi tamirinin mümkünse gerçekleştirilmesi, değil ise yenisinin temin edilmesi
Risk 8 Elektronik devre elemanlarında bozulma	Bozuk devre elemanının tespiti, çevresinde yer alan yapılara zarar verip vermediğinin tespiti, ardından devre elemanının tamiri mümkünse tamir edilmesi, değil ise yenisinin temin edilmesi.
Risk 9 Robotun çevre bileşenlerine çarpıp hasar alması	Aldığı hasarın robotun işler mekanizmasında sorun oluşturup oluşturmadığının tespit edilmesi, eğer robotta bozulmalar meydana gelmiş ise hangi bölümdeki, hangi bileşenin buna sebep olduğunun tespit edilmesi. Eğer robotun işler mekanizmasında zarar oluşmadıysa ve göze hoş görünmeyecek derecede büyük bir hasar değilse göz ardı edilmesi.
Risk 10 Aracın bataryasının bitmesi	Araca yedek batarya eklenmesi.
Risk 11 Beklenmedik durumlar sonucu planlanan takvimin gerisinde kalınması	Süreç planlanırken pay bırakılması. Raporların rapor teslim tarihinden en az 1 hafta öncesinde tamamlanacak şekilde planlanması.
Risk 12 Robotun haberleşme bağlantılarının kopması	Birden fazla haberleşme protokolü kullanılması planlanarak haberleşme protokollerinin birinde herhangi bir sorun olması durumunda diğeri kullanılarak devam edilebilmesi hedeflenmektedir. Kullanılması planlanan 3 haberleşme protokolü NRF, Lora, ESP32 Wifi olarak belirlenmiştir.
Risk 13 Elektronik kartları kısa devre yapması	Kart üzerindeki hatlar multimetre ve termal kamera ile kontrol edilmiştir.
Risk 14 Arayüzde çıkarılan harita ile gerçek alanın eşleşmemesi	Böyle bir durum ile karşılaşıldığında Lidar tarama işlemi yinelenerek haritalama işleminin tekrarlanması.

Risk 15 Yükleme boşaltma noktalarına tanımlanan QR değerlerinin yanlış girilmesi	Böyle bir durum tesbit edildiğinde komuta kontrol sistemi üzerinden doğru QR değeri araca kablosuz haberleşme üzerinden gönderilir. Ayrıca AGV araca yük kaldırma ve bırakma noktalarının QR değerleri girilirken bu değerlerin Hexadecimal formatta olması gereken uzunluğun altında veya üstünde olması durumunda komuta kontrol istasyonuna hata geribildirimi verecek şekilde tasarlanacaktır.
Risk 16 Aracın yol üzerinde karşına çıkan engelin etrafından dolaşırken, engeli aştıktan sonra yoluna kaldığı yerden devam edememesi	Kameradan toplanan verilerle, yapılacak görüntü işleme algoritmalarıyla yol bulma işlemini sadece çizgi izleyerek değil, görüntü işleme ile de destekleyerek daha güvenilir hale getirilecek. Buna ek olarak aracın konumu üzerine yaptığımız RSSI sinyal değeri üzerine çalışmaları bu sistem üzerine entegre edilerek aracın iç mekan konumunun hesaplanması

9. ÖZGÜNLÜK

Araç içerisinde modüler olarak tasarlayacağımız bütün elektronik devrelerin şematik ve PCB tasarımları ardından PCB kartın montaj işlemleri ekibimiz tarafından yapılmıştır. Örnek olarak şu ana kadar geliştirdiğimiz motor sürücü katmanının şematik ve PCB tasarımları rapor içerisinde gösterilmiştir.

Aracın kapalı alan içerisinde daha yüksek hassasiyette konumlandırılmasını gerçekleştirmek için Lidar sensörünün yanı sıra Bluetooth Beacon cihazları ile RSSI sinyal ölçümü yaparak daha net bir konumlandırmanın yapılması hedeflenmektedir. Bahsedilen bu iç mekân konumlandırma (Indoor Positioning) sisteminin tasarımı ve gerçekleştirilmesi tamamen ekibimiz tarafından geliştirilmiştir. Mevcut çalışmalarda 1-2m arası sapmalarda sonuç veren sistemin yarışma tarihine kadar iyileştirme çalışmaları devam edecektir.

Geliştirdiğimiz AGV araç içerisinde kullanılan motorların olası arıza durumlarının erkenden tespit edilebilmesi için akım ve sıcaklık sensörleri kullanılarak bir kestirimci bakım yapısı oluşturulmuştur. Belirli periyotlarda sensörlerden alınan veriler Back-End yazılımı üzerinde çalışan yapay zekâ algoritmaları ile analiz edilmekte ve olası bir arıza durumunda hem komuta kontrol istasyonu üzerinden hemde mobil uygulaması üzerinden sorumlu personele uyarı mesajının iletilmesi sağlanacaktır.

Bunlara ek olarak araç için tabletlerde kullanıma uygun mobil uygulama geliştirilmeye de başlanmıştır. 4.4.1. Bölümde ilgili mobil uygulamanın arayüzlerine yer verilmiştir.

10. YERLİLİK

Dışa bağımlılığı az ve uluslararası arenalarda kendini daha iyi gösterebilen bir ülke için çalışmayı kendine görev edinmiş bir ekip olarak, Aracımızı tasarlarken amacımız, kendimizi vatana daha faydalı ürünler gerçekleştirebilecek bilgi birikiminde bireyler haline getirmek olduğundan, kullanılan ürünleri ekip olarak tasarlamayı hedefledik.

Kendimize belirlediğimiz diğer bir hedef, geliştirmekte olduğumuz bu robotu sanayide kullanıma uygun hale getirmek. Böylece yerli üretim sanayi robotu sektörüne ve ülkeye katkı sağlanabilecektir.

Araç tasarlanırken gerçekleştirilen mekanik tasarımlar ve 3D çizimler ekip tarafından gerçekleştirildi. Araçta kullanılması planlanan malzemelerin eğer yerli muadilleri varsa yerli üretim ürünler tercih edildi.

11. KAYNAKÇA

- [0] J. F. Archila and M. Becker, "Mathematical models and design of an AGV (Automated Guided Vehicle)," 2013 IEEE 8th Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA), 2013, pp. 1857-1862, doi: 10.1109/ICIEA.2013.6566670.
- [1] Suryowinoto, A., & Wijayanto, M. (2020). The prototype of A Forklift Robot Based on AGV System and Android Wireless Controlled for Stacked Shelves.
- [2] J. Choi, S. Ulbrich, B. Lichte and M. Maurer, "Multi-Target Tracking using a 3D-Lidar sensor for autonomous vehicles," 16th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2013), 2013, pp. 881-886, doi: 10.1109/ITSC.2013.6728343.
- [3] Giovanni Zanca, Francesco Zorzi, Andrea Zanella, and Michele Zorzi. 2008. Experimental comparison of RSSI-based localization algorithms for indoor wireless sensor networks. In *Proceedings of the workshop on Real-world wireless sensor networks (REALWSN '08)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 1–5. DOI:<https://doi.org/10.1145/1435473.1435475>
- [4] M. Fliess and C. Join, "Intelligent PID controllers," 2008 16th Mediterranean Conference on Control and Automation, 2008, pp. 326-331, doi: 10.1109/MED.2008.4601995.
- [5] H. Ishikawa, D. Wang and H. Naitoh, "A new switched reluctance motor drive circuit for torque ripple reduction," Proceedings of the Power Conversion Conference-Osaka 2002 (Cat. No.02TH8579), 2002, pp. 683-688 vol.2, doi: 10.1109/PCC.2002.997601.

[6] X. Wu, P. Lou, Q. Cai, C. Zhou, k. Shen and c. Jin, "Design and control of material transport system for automated guided vehicle," Proceedings of 2012 UKACC International Conference on Control, 2012, pp. 765-770, doi: 10.1109/CONTROL.2012.6334726.

[7] L. Li, Y.-H. Liu, M. Fang, Z. Zheng and H. Tang, "Vision-based intelligent forklift Automatic Guided Vehicle (AGV)," 2015 IEEE International Conference on Automation Science and Engineering (CASE), 2015, pp. 264-265, doi: 10.1109/CoASE.2015.7294072.

[8] 1. Chung W, Moon C, Jung C, Jin J. Design of the Dual Offset Active Caster Wheel for Holonomic Omni-Directional Mobile Robots. International Journal of Advanced Robotic Systems. December 2010. doi:10.5772/10485

[9] Varecha, Daniel, Robert Kohar, and Frantisek Brumercik. "AGV brake system simulation." LOGI–Scientific Journal on Transport and Logistics 10.1 (2019): 9.

[10] Texas Instruments, Introduction to the Controller Area Network (CAN) Application Report (May 2016)

[11] CAN in Automation Website, <http://www.can-cia.org>, viewed September 2006.

[12] Jeffrey Cook, Ilya Kolmanovsky, David McNamara, Edward Nelson and K. Venkatesh Prasad, "Control, Computing and Communications: Technologies for the Twenty-first Century Model T," Proceedings of the IEEE, February 2007.

[13] Luqman Hakim, Akhmad Hendriawan, Alrijadjis, Path Planning Based on Indoor Positioning System for Mobile Robot,

[14] Dr. Rainer Mautz, Indoor Positioning Technologies, Habilitation Thesis submitted to ETH Zurich, February 2012

<https://pdf.direnc.net/upload/ir2104s-datasheet.pdf>

<https://www.elektrikport.com/universite/h-koprusu-nedir/17187#ad-image-0>

<https://www.youtube.com/watch?v=OXLiHRuupzM&list=LL&index=60&t=5s>

https://www.youtube.com/watch?v=LUJc_t6Bd9w&t=1011s

<https://www.robocombo.com/blog/icerik/arduino-ile-dc-motor-kontrolu>

<https://diyot.net/mosfet-ve-igbt-surme/>

12. GELİŞTİRİLMİŞ SİSTEME AİT ARAÇ RESİMLERİ







13. YARIŞMA RESİMLERİ



