



# TARIMSAL İNSANSIZ KARA ARACI YARIŞMASI KRİTİK TASARIM RAPORU

TAKIM ADI: GUZERGAH Agri  
BAŞVURU ID: 2179367

# İÇİNDEKİLER

<b>1</b>	<b>TAKIM ORGANİZASYONU</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>MEVCUT DURUM DEĞERLENDİRMESİ</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>ARAÇ ÖZELLİKLERİ</b>	<b>4</b>
3.1	Mekanik Tasarım Süreci	4
3.2	Elektronik Tasarım Süreci	9
3.2.1	Elektronik Birimi	9
3.3	Yazılım Tasarım Süreci	13
<b>4</b>	<b>SENSÖRLER</b>	<b>16</b>
<b>5</b>	<b>ARAÇ KONTROL ÜNİTESİ</b>	<b>18</b>
5.1	Üst Panel	19
5.2	İkaz Paneli	20
5.3	Terminal Paneli	20
5.4	Log Kayıtları Sayfası	20
<b>6</b>	<b>OTONOM SÜRÜŞ ALGORİTMALARI</b>	<b>21</b>
6.1	OTONOM YOL TAKİP ALGORİTMASI	21
6.2	ENGEL TESPİT ALGORİTMASI	22
<b>7</b>	<b>ÖZGÜN BİLEŞENLER</b>	<b>24</b>
7.1	Baskı Devre Kartı (PCB)	24
7.2	Batarya	24
7.3	Palet Sistemi	24
<b>8</b>	<b>GÜVENLİK ÖNLEMLERİ</b>	<b>25</b>
8.1	Acil Stop	25
8.2	İkaz Lambası	25
8.3	Sigorta	25
<b>9</b>	<b>SİMÜLASYON VE TEST</b>	<b>25</b>
9.1	Gazebo Simülasyonu	25
9.2	Mekanik Testler	26
<b>10</b>	<b>REFERANSLAR</b>	<b>30</b>

# 1 TAKIM ORGANİZASYONU

OKUDUĞU BÖLÜM	TAKIMDAKİ GÖREVİ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜH. ÖĞRENCİSİ	Otonom algoritmaları geliştirmek üzere ve Araç kontrol ünitesi üzerinde çalışmaktadır.
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜH. ÖĞRENCİSİ	Aracın devre kartlarının tasarlanmasında ve imalatında görevlidir.
MAKİNA MÜH. ÖĞRENCİSİ	Aracın CAD ortamında tasarlanmasında, simülasyon ortamında analizinde ve aracın imalatında görevlidir.
MEKATRONİK MÜH. ÖĞRENCİSİ	Merkez kontrol kartı ile Jetson bilgisayar arasındaki haberleşme protokolleri üzerinde çalışıp motor kontrol algoritmalarını tasarlamakla sorumludur.
MAKİNA MÜH. ÖĞRENCİSİ	Aracın CAD ortamında tasarlanmasında, simülasyon ortamında analizinde ve aracın imalatında görevlidir.
MEKATRONİK MÜH. ÖĞRENCİSİ	Sensor verilerini okunup aracın kullanımına uygun forma çevirmekle sorumludur.
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜH. ÖĞRENCİSİ	Algoritmalarda görüntü işleme tekniği ile geliştirme kısımlarından sorumludur.
MEKATRONİK MÜH. ÖĞRENCİSİ	Algoritmalarda görüntü işleme tekniği ile geliştirme kısımlarından sorumludur.
MEKATRONİK MÜH. ÖĞRENCİSİ	Merkez kontrol kartı ile Jetson bilgisayar arasındaki haberleşme protokolleri üzerinde çalışıp motor kontrol algoritmalarını tasarlamakla sorumludur.
MEKATRONİK MÜH. ÖĞRENCİSİ	Sensor verilerini okunup aracın kullanımına uygun forma çevirmekle sorumludur.
DOKTOR ÖĞRETİM ÜYESİ	Teknik anlamda ve projeyi yürütme konularında takıma destek vermektedir.

Görsel 1 Takım Görev Dağılımı



Görsel 2 Takım Birim Dağılımı



## 2 MEVCUT DURUM DEĞERLENDİRMESİ

Aracımızda mekanik olarak ön yeterlilik formunda palet sisteminde 95 shore TPU malzeme kullanmayı planlamıştık. Bu malzemenin seçilmesindeki ana hedef sistemi hafifletmek. Ancak, bir dizi değerlendirme ve analiz sonucunda, aracımızın daha verimli ve etkin bir performans sergilemesi adına dişli tahrik palet sistemine geçiş yapmayı daha uygun bulduk. Bu değişiklik aracın kullanım kolaylığı sağlayacaktır. Ayrıca, bu yeni sistem, parçaların bakım ve onarım süreçlerini daha hızlı ve verimli hale getirecektir. Dolayısıyla, bu stratejik değişiklik, aracımızın genel performansını ve dayanıklılığını artırmayı hedeflemektedir.

Elektronik olarak aracımızda GPS sensörünün olması gerektiğine karar verdik, Teknofest 'in yayınladığı güncel şartnameyi inceleyince tespit edilen yabancı bitkinin koordinat bilgisi için bu karara vardık. Ayriyeten aracımıza ESP32 CAM modülü eleyerek kullanıcı paneline anlık görüntü aktarmayı planladık. ESP32 CAM kullanmamızın asıl sebebi Jetson Nano üzerinden anlık görüntü aktarımı yaparak üzerinde ekstra bir yük oluşturmamak.

Yazılımsal olarak teknik yeterlilik raporuna göre algortimalarımızı sadeleştirme ve azaltma kararına vardık. Bunun sebebi algortimalar arasında veri uyumsuzluğu, veri kaybı ve sistemde yavaşlama gibi sebeplerin önüne geçmek. Burada izleyeceğimiz yol; daha sade algortimalar oluşturarak bu sayede sistemimizin genel performansını ve verimliliğini arttırmayı hedefliyoruz. Sadeleştirilmiş algortimalar, daha az işlemci gücü ve bellek kullanımı gerektirir, bu da sistemimizin daha hızlı ve daha verimli çalışmasını sağlar. Ayrıca, daha az algoritma kullanmak, kodun okunabilirliğini ve bakımını kolaylaştırır. Bu, hataları daha kolay bulmamızı ve düzeltmemizi sağlar, böylece sistemimizin genel güvenilirliğini ve kararlılığını artırır. Sonuç olarak bu strateji, robotumuzun daha etkin ve verimli bir şekilde çalışmasını sağlayacak, böylece belirli göreve daha hızlı ve daha doğru bir şekilde yanıt verebilecektir.

Bu değişikliklerin, projemizin genel başarısına önemli katkı sağlamasını bekliyoruz.

## 3 ARAÇ ÖZELLİKLERİ

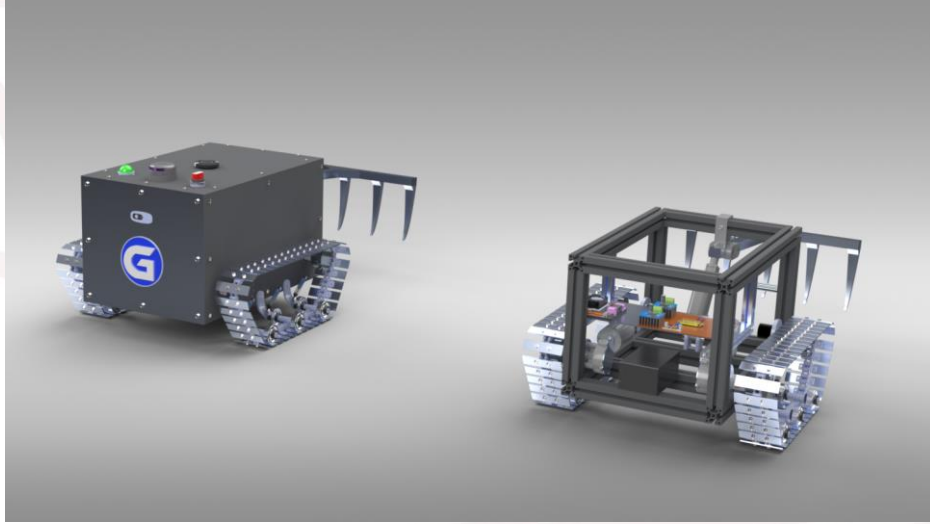
### 3.1 Mekanik Tasarım Süreci

Sistem tasarlanırken imal edilme ve maliyet, en önemli kriter olarak yer aldı. Sistemin kullanışlı ve modüler oluşu, sağlam ve uzun ömürlü oluşu, istenilen sistem özelliklerinin karşılanması doğrultusunda ön yeterlilik formundaki plana çok yakın olacak şekilde tasarlandı.

### 3.1.1 Şasi ve Dış Kabuk

Aracın şasi malzemesi seçiminde sağlam olması, düşük maliyetli olması ve özel bağlantı elemanları sayesinde diğer parçalar ile kolay montajlanması sebebiyle 6063-T5 40x40 mm alüminyum sigma profil tercih edilmiştir. Tasarlanan şasi yapılan analizler dikkate alınarak üretilecektir.

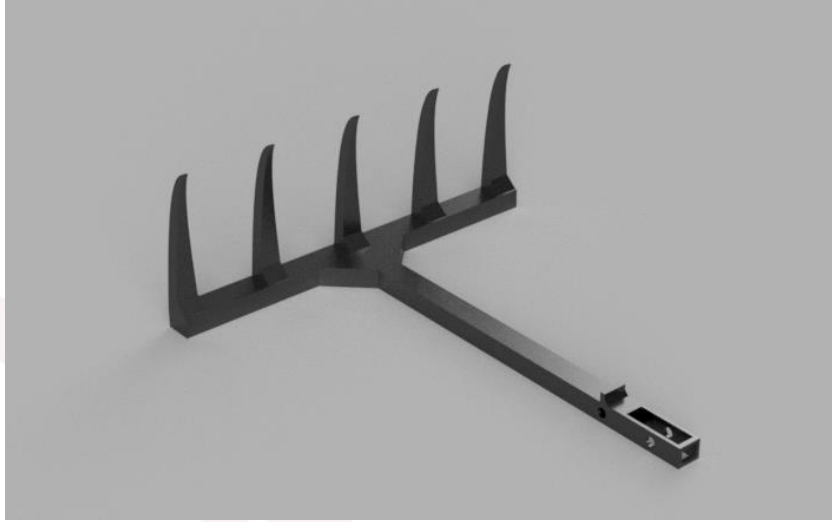
Aracın dış kabuğu alüminyum levhadan üretilecektir. Levhalar şasiye uygun şekilde kesilecek ve elektronik parçaların yerleştirileceği şekilde delikler açılacaktır.



*Görsel 3 Araç İç ve Dış Tasarımı Render Görüntüsü*

### 3.1.2 Görev Mekanizmasının Tasarımı

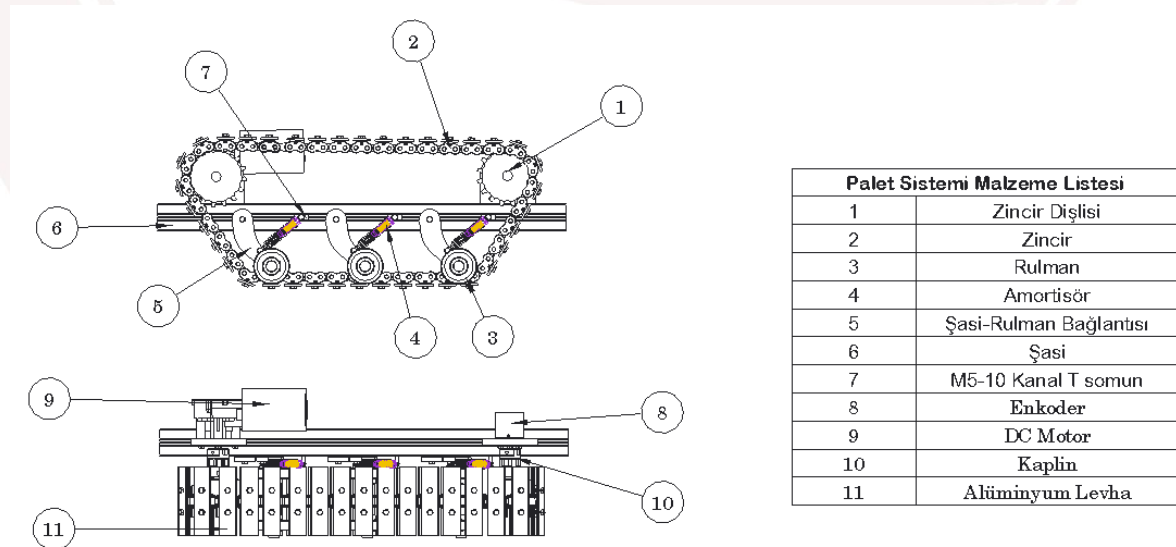
Görev mekanizması tasarlanırken, modüler bir yapıda olması göz önünde alındı. Sistem otonom şekilde olası senaryolarda çapa sisteminin kaldırılarak yola devam edebilmesi için bir salıncak mekanizması ile kısıtlanmış hareket doğrultusunda hareket edebilmektedir. Hareketli mekanizmaya bağlı olan loadcell ile araç, çapanın zemin altındaki herhangi bir olumsuz durumun da zorlanarak sisteme hasar vermemesi için, çapa mekanizmasını toprağın dışına kaldırıyor ve istenilen mesafe kadar o şekilde ilerleyip istenildiğinde çapa sistemini toprağın altına geri sokuyor. Görevde istenilen 60 santim toprak işleme ve toprağın içine 5 cm den fazla batabilme şartlarını sağlayacak şekilde geliştirildi. Çelik profilden imal edilecek olan bu sistem için gerekli statik analizlerine, test ve simülasyon başlığı adı altında değinilmiştir. 600\*600\*500 şekilden çizilen parça aşağıdaki gibidir.



Görsel 4 Görev Mekanizmasının Tasarım Görüntüsü

### 3.1.3 Palet Sisteminin Tasarımı

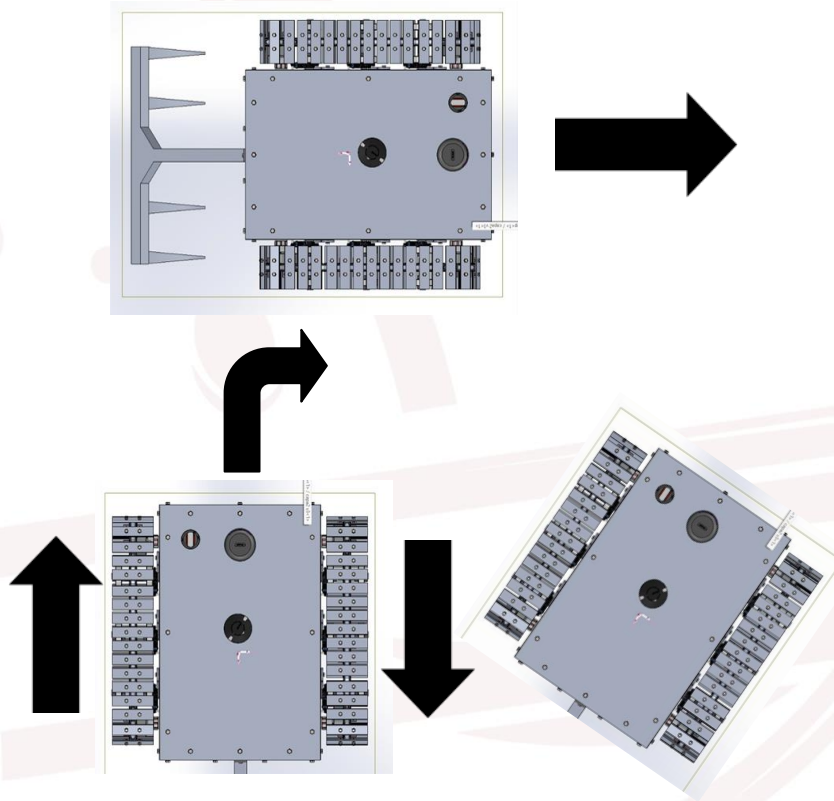
Aracın palet sistemi 2 motorlu bir diferansiyel sürüş sistemi şeklinde tasarlanmıştır. Palet sistemindeki tahrik mekanizması ön yeterlilik formundan farklı olarak TPU malzemeden değil dişli mekanizmasından yapılmıştır. Bu iyileştirmenin amacı daha uzun kullanım ömrü sunmaktır. Zincir sistemi için kulakçıklara sahip 10B-1 zincir ve 10B-1 zincir dişlisi tercih edilmiştir. Paletleri oluşturan levhalar ise 5 mm kalınlığında ve 10 mm uzunluğunda kesilecek şekilde alüminyum levha olarak belirlenmiştir.



Görsel 5 Palet sisteminin Tasarım Görüntüsü

### 3.1.4 Aracın Dönüş Sistemi

Sistemde kullandığımız palet mekanizması toprakta maksimum yüzey alanı ile sürtünme sağlarken, patinaj durumunun önüne geçmesini hedefler. Buna karşın olarak dönüş sisteminde ise diferansiyel dönüş prensibi ile çalışır. Çapa mekanizması toprak içinde iken dönüş açısı için fiziki sınırlar göz önüne alınarak yazılımsal olarak kısıtlandı. Çapa mekanizması toprak dışında iken ise kendi ekseninde dönüş dahil olmak üzere 360 derecelik bir dönüş imkânına sahiptir. Homojen bir dönüş için gerekli çizgisel hız, açısal hız ve konum bilgileri, doküman da ilgili bölümde bahsedilmiştir.



*Görsel 6 Aracın Dönüş Sistemi Tasarımı*

### 3.1.5 Aracın Yanal Devrilme Açısı

Oluşturduğumuz sistemi tasarlarken, gündelik hayatta kullanım kolaylığı, işlevsellik ve modülerlik gibi kullanıcılardan istenenler ışığında tasarlandı. Modüler yapısı sayesinde istenildiğinde çapa mekanizması çıkarılıp yerine başka bir işlevci takılabilecek olarak geliştirildi. Sistemin sadece haritalandırma yapılması istendiğinde, enerji tasarrufu sağlamak ve görev süresini kısaltmak için çapa mekanizması

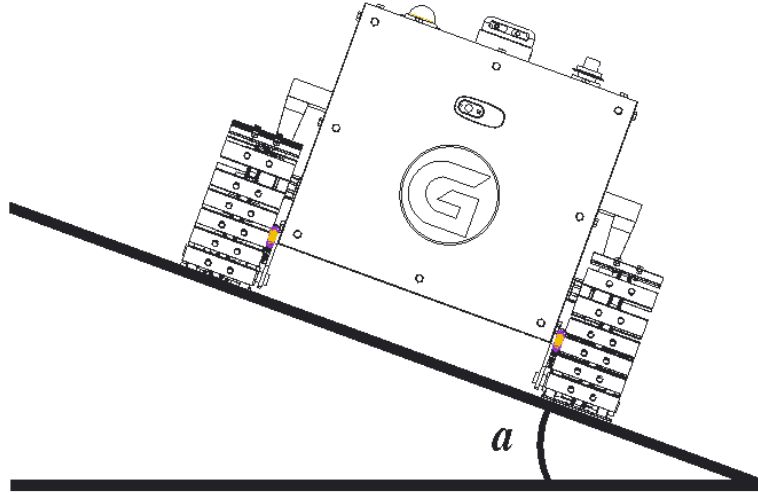
olmaksızın \*çalışabilmektedir. Bundan mütevellit sistemin yanal olarak durabileceği maksimum eğim açısı hesaplanmalıdır. Solidworks programından alınan referans noktasına göre ağırlık merkezinden yola çıkılarak eğim açısı hesaplanmıştır;

$$\tan^{-1} \left( \frac{w/2}{h} \right) = \alpha$$

Formülünden yola çıkarak, w = iki palet arası mesafe, h = sistem yüksekliği;

$$\tan^{-1} \left( \frac{(0,38/2)}{0,49} \right) = \alpha$$

Verilenler yerine konulduğu zaman 37,7 derecelik bir eğim açısı ortaya çıkmaktadır. Bu açı değeri sistemin temel amacını göz önüne de alarak bakıldığında fazlasıyla yeterlidir.



Görsel 7 Aracın Yanal Devrilme Açısı

Aracın boyutları 600 mm uzunluk, 425 mm yükseklik ve 620 mm genişlik olacak şekilde tasarlanmıştır aracın toplam kütlesi 38 kg olup kütle dağılımı aşağıdaki tabloda verilmiştir.

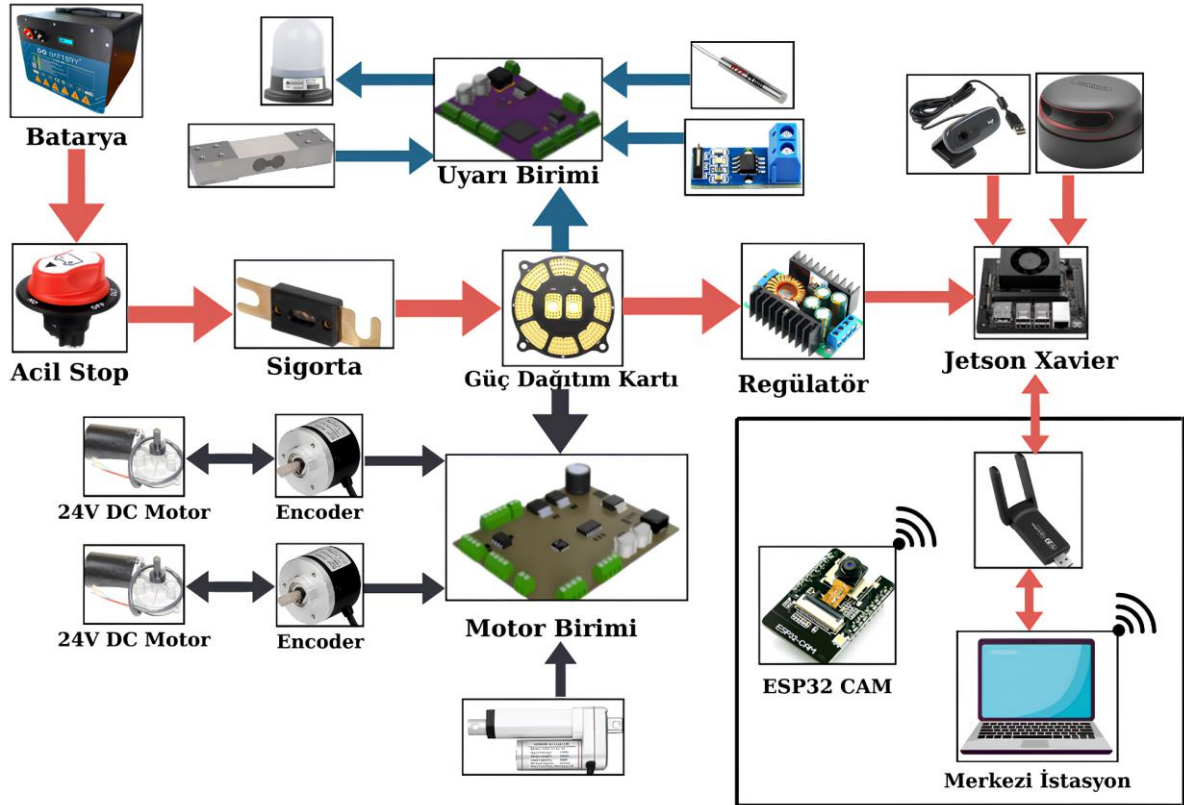


Bileşen	Kütle(kg)
Şasi Profiller	10 kg
Dış Kabuk	2 kg
Görev Mekanizması	7 kg
Motorlar	2 kg
Palet Sistemi	7 kg
Mekanik Bağlantılar	5 kg
Elektronik Donanım	5 kg
Toplam	38 kg

Tablo1 Araç Kütle Dağılım Tablosu

## 3.2 Elektronik Tasarım Süreci

### 3.2.1 Elektronik Birimi



Görsel 8 Elektronik Tasarımı

Sistemin genel yapısı, Görsel 7 'deki elektronik şemada verilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere, devreyi besleyen bir adet 24V 15000 mAh'lık bir batarya bulunmaktadır. Sistemdeki bileşenlerin ihtiyaç duyduğu gerilim ve akım değerleri hesaplanarak böyle bir batarya kullanmayı seçtik. Batarya çıkışında güvenlik amacıyla bir adet acil stop butonu bulunmaktadır ve tehlike anında tüm gücü kesmektedir.

Acil stop butonundan çıkan besleme kablosu daha sonra diğer bir güvenlik amacıyla kullanılan bıçak sigortaya bağlanmıştır. Bıçak sigorta değeri için anlık harcanan akım değeri hesaplanarak bu değer üzerinde 25A olarak seçilmiştir. 25A ve üzeri akım çekilmesi durumunda sigorta devreyi keserek olası durumların önüne geçmektedir. Sigortadan çıkan kablo daha sonra güç dağıtım kartına gelmektedir. Güç dağıtım kartı, bütün sisteme stabil bir şekilde güç dağıtımını yapabilmek için kullanılmıştır. Buradan regülatöre 24V hattı bağlanır ve 5V'a düşürülür. 5V çıkışı, Jetson Xavier' i beslemek için kullanılmıştır.

Görüntü işlemek için kullandığımız kamera, mesafe ölçümü için kullandığımız RPLIDAR ve merkezi istasyon ile veri alışverişi için Wifi alıcısını Jetson Xavier' e bağladık. Diğer yandan, güç dağıtım kartından 24V ile beslediğimiz uyarı birimine motor akımı ve sıcaklıklarını ölçebilmek için akım sensörü ve sıcaklık sensörü ekledik. Görev mekanizmasındaki çapanın engele takılması durumunu tespiti için ağırlık sensörü ekledik. Acil ve stabil durumlar için RGB ikaz ışığı eklenmiştir.

Aracımızın ve görev mekanizmasının hareketi için 24V DC motor ve lineer aktüatör kullanılmıştır. Motorların hızını ve konum bilgisini almak için Encoder kullanılmıştır. Video aktarımı için ESP32 CAM kullanılacaktır ve merkezi sistem, ESP32'nin Wifi modülü sayesinde kablosuz bir şekilde Wifi üzerinden veri iletimi sağlanacaktır.

### 3.2.2 Güç Birimi

Güç birimi, aracın tüm bileşenlerini beslemek ve güç sağlamak için kullanılan temel bir birimdir.

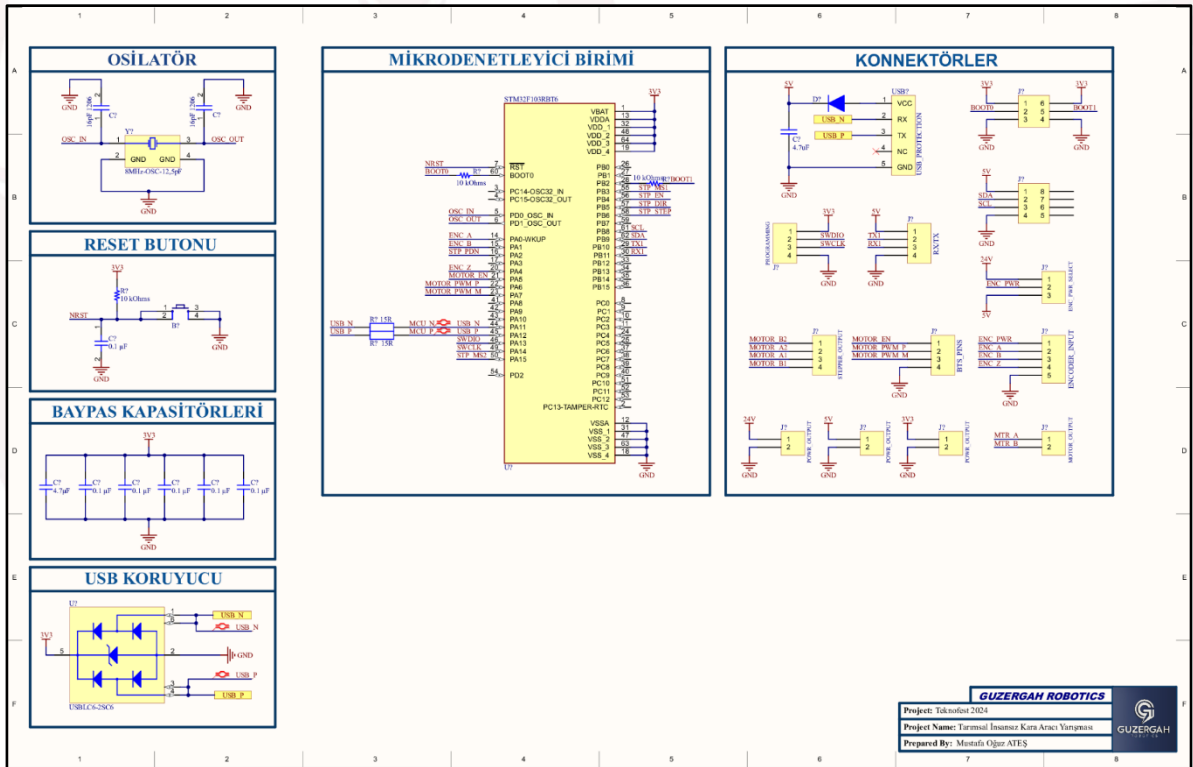
Bileşen	Adet	Voltaj (V)	Akım (A)	Güç (W)	Toplam
DC Motor (Yüklü)	2	24	5	240	
Lineer Aktüatör Motor	1	24	6	144	
Jetson Xavier	1	5	4	20	
RP Lidar	1	5	1,2	6	
WiFi Alıcı	1	5	0,2	1	
Logitech C270 HD Kamera	1	5	0,5	2,5	
STM32	4	3,3	0,1	1,32	
Led	1	5	0,4	2	
Buzzer	1	12	0,02	0,24	
Motor Sürücü	3	5	0,2	3	Amper* Saat (Ah)=18,12
USB Modülü	3	5	0,5	2,5	Toplam Güç (W)=422,56

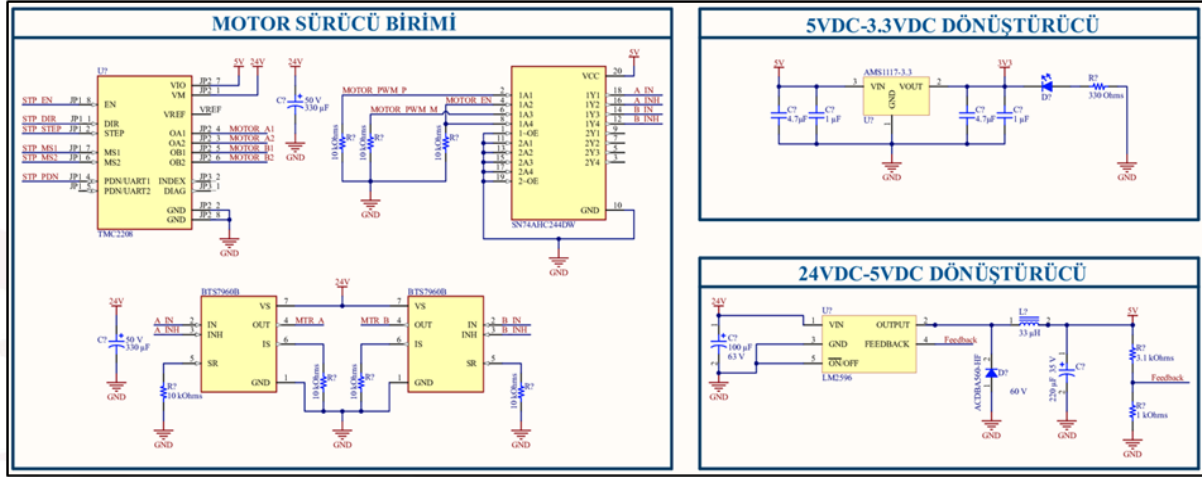
Tablo 2 Aracın Güç Tüketim Tablosu

Tablo-2 'deki değerler, her bir komponentin güç tüketimini ve toplam gücü temsil eder. Saat-ampere değeri ise bir saat boyunca sürekli olarak akım çeken bir cihazın toplam akım miktarını ifade eder. Bu değer, bataryanın kapasitesini belirlemede önemli bir parametredir.

### 3.2.3 Motor Kontrol Birimi

Motor kontrol birimi, aracın hareketini sağlayan ve motorların güç ve hızını kontrol eden kritik bir alt sistemdir. Bu birim, mikrodenetleyici, voltaj regülatörleri ve motor sürücüler gibi bileşenlerden oluşur. Mikrodenetleyici, Jetson Nano gibi bir bilgisayardan gelen verileri USB haberleşme yoluyla alır ve bu verilere göre motorların kontrolünü gerçekleştirir.

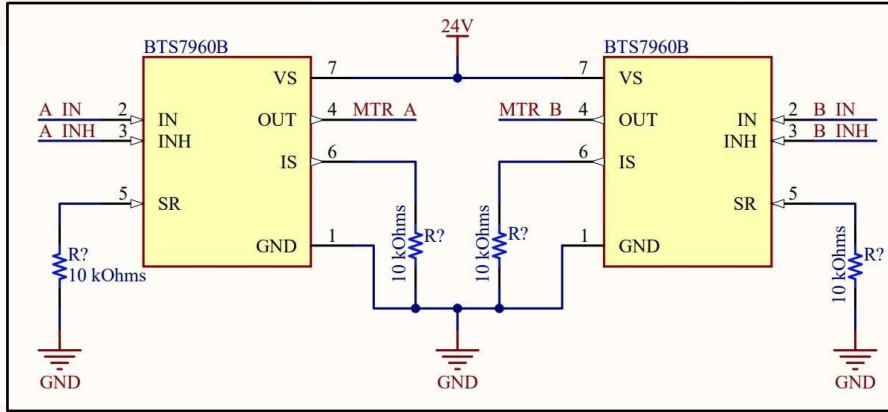




Görsel 10 Motor Kontrol Birimi Tasarımı

### 3.2.4 BTS7960 Motor Sürücü

BTS7960 entegresi yüksek akım verebilen yarım köprü (Half Bridge) entegredir. İki tane kullanılarak tam köprü (H-Bridge) yapılarak motor yön ve devir kontrolü yapılabilir. 24V DC çalışma voltajına ve 43A pik akıma sahiptir, aynı zamanda 25 kHz'ye kadar PWM yeteneğine sahiptir ve aktif geri akım ile birleştirilmiştir.

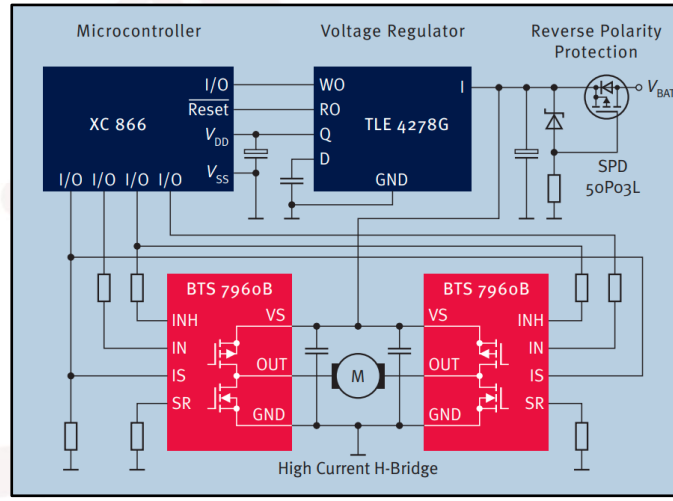


Görsel 11 BTS7960 Motor Sürücü Tasarımı



R_EN+L_EN	RPWM	LPWM	MOTOR STATE
0	X	X	OFF/STANDBY
1	0	0	LOW-SIDE PWM
1	0	1	CLOCKWISE
1	1	0	COUNTER-CLOCKWISE
1	1	1	HIGH-SIDE PWM

Tablo 3 BTS7960 Motor Sürücü Doğruluk Tablosu



Görsel 12 BTS7960 Motor Sürücü Uygulama Örneği

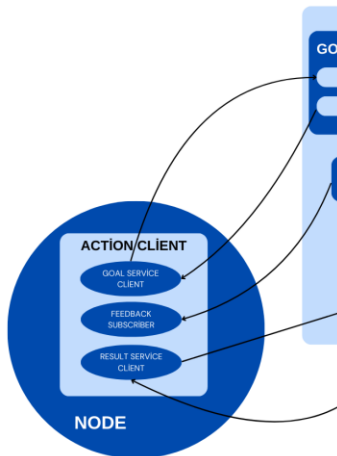
Uygulama Örneği; INH girişleri High yapılarak IN girişlerinden motor dönüş kontrol gerilimi pwm olarak uygulanır.

### 3.3 Yazılım Tasarım Süreci

#### 3.3.1 ROS

Geliştirdiğimiz araç, Jetson Xavier master cihazı üzerinde çalışan merkezi komut birimi ve diğer birimler olmak üzere iki ana birimden oluşmaktadır. Otonom sürüş ve görüntü işleme algoritmaları, ROS2 ve Python programlama dilleri üzerinde geliştirilmekte ve entegre edilmektedir. ROS2'nin modüler yapısı ve geniş kütüphane desteği, yazılım geliştirme sürecini hızlandırırken, Python'un esnekliği ve okunabilirliği sayesinde karmaşık sistemlerin modüler olarak tasarlanmasına olanak tanır. ROS2 düğümleri birbirlerini bulur ve birbirleriyle konuşur; düğümler, haberleşmeyi konular yayınlayıp bu konulara abone olarak gerçekleştirir.

belirtir. Diğer düğümler ise kameradan Bu şekilde kamera düğümü, kame üzerinden mesajları diğer düğümlere ve birden fazla konuya abone olabilir. düğümlerin birbirleriyle veri alışverişi destekler.



Görsel 13 R

### 3.3.2 GÖRÜNTÜ İŞLEME

Yabancı otları tespit etmek, ta artırmak amacıyla geliştirilen bu algor çalışmaktadır. Algoritma, yabancı ot ve bir veri seti üzerinde eğitilmiştir. B oranlarına ulaşarak yabancı ot algı hedeflemektedir.



*Görsel 13 ROS Topic Düğüm Ağı*

### 3.3.2 GÖRÜNTÜ İŞLEME

Yabancı otları tespit etmek, tanımak, mücadele etmek ve toprak verimliliğini artırmak amacıyla geliştirilen bu algoritma, OpenCV kütüphanesinden destek alarak çalışmaktadır. Algoritma, yabancı ot ve kültür bitkilerinin fotoğraflarını içeren kapsamlı bir veri seti üzerinde eğitilmiştir. Bu eğitim süreci sayesinde, yüksek doğruluk oranlarına ulaşarak yabancı ot algılama kapasitesini en iyi seviyeye çıkarmayı hedeflemektedir.

YOLO Algoritması ile Hızlı ve Doğru Tespit: Algoritma, nesne tespiti alanında hızı ve doğruluğu ile öne çıkan YOLO (You Only Look Once) algoritmasını temel almaktadır. YOLO'nun çalışma prensibi şu şekildedir:



Görsel 14 YOLO Örnek Görseli

- Araç kamerasında gelen HD görüntüler bir ızgara hücrelerine bölünür ve her hücre, nesnenin varlığının tahmin edebilmesini sağlar.
- Eş zamanlı olarak birden fazla sınıf için olasılık tahminleri yapılır.
- Tüm hücrelerin tahminleri birleştirilerek nesnelerin varlık olasılıkları hesaplanır ve en yüksek olasılığa sahip nesneler tespit edilir.

YOLO, bu işlemleri tek bir erişimli sinir ağı (CNN) kullanarak gerçekleştirir. Bu da onu diğer yöntemlere göre daha hızlı ve ortalama hassasiyet açısından daha üstün kılar. Algoritma, donanım performansını optimize etmek ve daha az güçlü donanımlarda bile verimli çalışabilmesi için YOLO üzerinden kurulmuştur..

Ortam Değişikliklerine Uyum Sağlayan Görüntü İşleme: Farklı hava koşullarında ve ışıklandırma ortamlarında görüntü algılamada yaşanabilecek problemleri çözmek için görüntüler gri tonlamaya dönüştürülerek işlenir. Bu sayede, ortamdaki değişikliklerden etkilenmeden yabancı otların doğru bir şekilde tespit edilmesi sağlanır

Yabancı Otların Konumlandırılması ve Müdahale: Nesne sınıfı olasılığı yüksek olan bölge bir dikdörtgen (Bounding Box) içine alınarak yabancı otun konumu belirlenir. Yabancı ot tanımlandıktan sonra, konum bilgisi sisteme iletilir. Bu süreç, yabancı otların doğru bir şekilde tanınmasını ve gerekli müdahalenin yapılmasını sağlar.

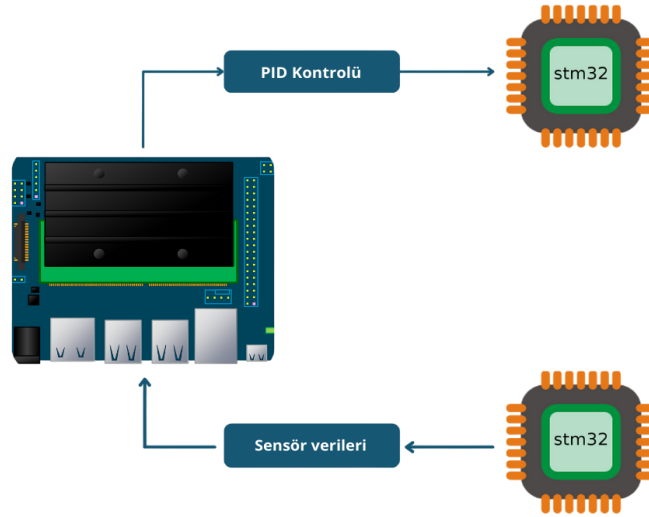


Görsel 15 Yolo Örnek Görseli

### 3.3.3 JETSON VE STM32

STM32 mikrodeneleyici ve Jetson Xavier bilgisayar kartı entegrasyonuna dayalı otonom İKAR sistemi, tarımsal faaliyetlerde otomasyonu ve verimliliği artırmak amacıyla kullanılmaktadır. Bu sistem, alandaki sensörlerden veri toplayan, verileri anlamlı hale getiren ve bu verileri gerçek zamanlı analiz ederek aracı kontrol eden Jetson Xavier kartı ile, sensörlerden gelen verileri işleyen ve komutları uygulayan STM32 mikrodeneleyicisinin haberleşmesi üzerine kurulmuştur.

Sistem, yol takip algoritması yabancı ot tespiti, otonom çapalama, engeli tanıma ve gerekli reaksiyonu gösterme gibi görevleri yerine getirerek tarım işçiliği ihtiyacını minimize etmeyi ve tarımsal verimliliği önemli ölçüde artırmayı amaçlamaktadır.

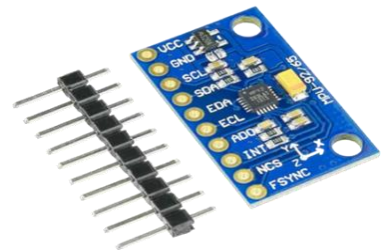


Görsel 16 Jetson ve STM32 Örnek Şekli

## 4 SENSÖRLER

### 4.1 IMU

MPU9250, araçların hareketini algılamak için geliştirilmiş bir sensördür. İçerisinde 3 eksenli jiroskop, ivmeölçer ve manyetometre barındırır. Bu sensör, aracın konumunu, hızını, yönünü ve açısal değişimini dijital formatta kontrol birimine ileterek analiz edilmesini sağlar. Yüksek hassasiyet ve doğruluk sağlaması nedeniyle tercih edilen MPU9250, araç üzerinde bir adet kullanılır ve Jetson bilgisayarıyla entegre çalışır. [2]



Görsel 127 IMU Sensörü



## 4.2 Ağırlık Sensörü

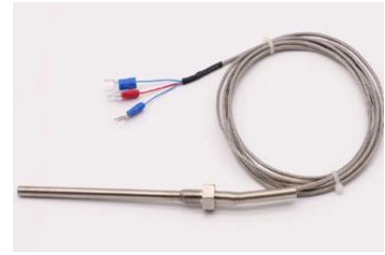
C-4 tipi yük hücresi, 5V ile 10V arasında değişen besleme gerilimi ile çalışır ve üzerine uygulanan kuvvetle orantılı analog sinyal üretir, bu sinyal STM32 tarafından okunur ve ardından ADC (Analog-Dijital Dönüştürücü) ile dijitale çevrilir. Bu şekilde değerlendirilir. Bu yük hücresi, araçta bir adet kullanılacak ve görevi, mekanizma (çapa) ile şase arasında yer alarak çapa üzerindeki yük bilgilerini anlık olarak gözlemlememizi sağlar.



Görsel 18 Ağırlık Sensörü

## 4.3 Sıcaklık Sensörü

PT100 sıcaklık sensörü, 0 ila 100 ohm arasında değişen bir direnç değerine sahiptir ve -50°C ile 250°C arasındaki sıcaklık değişimlerini algılar. Değişen sıcaklık değeriyle orantılı olarak direnç değeri değişir ve böylece analog bir çıkış üretilir, bu çıkış kontrol birimine iletilir. Araçta toplam 3 adet sıcaklık sensörü kullanılır. Bunlar, araç üzerinde bulunan iki DC motor ve lineer aktüatörün sıcaklığını gözlemlemek amacıyla motorların çevresine yerleştirilir.



Görsel 19 Sıcaklık Sensörü

## 4.4 Akım Sensörü

ACS712 akım sensörü, 20A'ya kadar akım ölçme yeteneği ile hat üzerinden geçen akıma orantılı analog bir çıkış üretir. Bu çıkış, STM32 tarafından dijitale çevrilir ve hassas bir ölçüm sağlar. hassas ölçüm ve hızlı tepki süresinden dolayı tercih edilmiştir. Araçta 3 adet kullanılacak olan bu sensörler, DC motorlar ve lineer aktüatörün güç kablolarına entegre edilecek.[3]



Görsel 20 Akım Sensörü

## 4.5 Encoder

E6B2-CWZ6C 600 Pulse Encoder, motorların hassas hareketlerini izlemek ve kontrol etmek için yüksek çözünürlüğe sahiptir. 5-24V DC çalışma gerilimi ile çalışır ve 600 darbe/devir çözünürlüğüne sahiptir. Bu encoder, motorların dönüşünü algılayarak elektrik sinyali üretir ve bu bilgi kontrol sistemine aktarılır. İki adet kullanılacak olan bu encoderlar, DC motorların millerine entegre edilecektir.[4]



Görsel 21 Encoder

#### 4.6 Kamera

C270 HD kamera, 720p HD video çözünürlüğü ve 30 fps ile net ve akıcı görüntüler sağlar. Nesne tanıma, takibi, görüntü işleme ve analiz gibi görevlerde kullanılır. Yüksek çözünürlük ve CSI bağlantısı, Jetson Xavier'a kolayca bağlanmasını sağlar. Araçta bir adet kullanılacak ve aracın kısmında yer alacak.[5]

ESP32-CAM, 1600x1200 fotoğraf ve 640x480 video çözünürlüğü sunan bir modüldür. Wi-Fi özelliği sayesinde video kayıtlarını paylaşabilir, merkez istasyona veri aktarımı yapabilir. Araçta bir adet kullanılacak olan bu modül, video gönderme amacıyla tercih edilmiştir.



Görsel 13



Görsel 23 ESP32 CAM

#### 4.7 Lidar

RPLIDAR A2M8, lazer ışınlarını kullanarak nesnelerin mesafesini ölçen 360 derece 2D lazer tarayıcı sensörüdür. Geniş ölçüm aralığı, yüksek hassasiyet, hızlı tarama ve kompakt tasarım gibi özellikleri nedeniyle tercih edilmiştir. Araç üzerinde bir adet kullanılacak olan bu sensör, aracın ön kısmına konumlandırılacaktır.[6]



Görsel 24 Lidar

#### 4.8 GPS

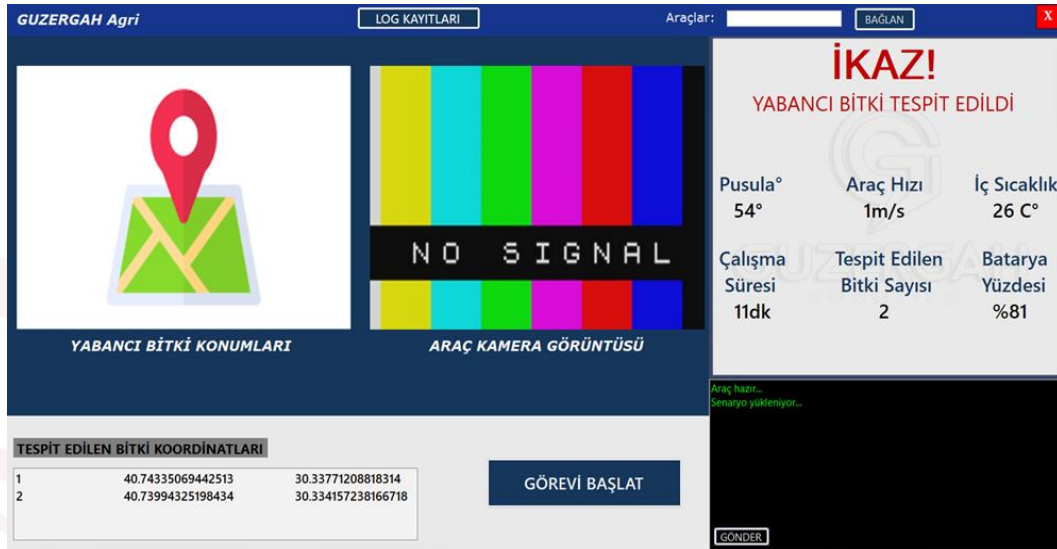
Here3 GPS Modülü, dünya çapındaki uydulardan gelen sinyalleri kullanarak konum ve zaman bilgilerini hassas bir şekilde ileten GNSS modülüdür. hızlı, yüksek doğruluğu ve jetson ile uyumlu olmasından dolayı tercih edilmiştir. Aracın üst kısmında düz bir zeminde konumlandırılacak şekilde tasarlanmıştır.



Görsel 25 GPS

### 5 ARAÇ KONTROL ÜNİTESİ

Araca anlık olarak uzaktan müdahale ve takip için geliştirdiğimiz kullanıcı arayüzü bulunmaktadır. Araç için özel olarak programlanan bu arayüz, bilgisayar üzerinde çalışacaktır.



Görsel 26 Araç Kontrol Ünitesi

Geliştirilen arayüz programı üzerinden: aracın sensör bilgileri, sistem durumu, yabancı bitki konumları ve araç kamerası canlı olarak görüntülenmektedir. Araç arayüz programı üzerinden manuel olarak kontrol edilebilecek, göreve başlama ve durma komutu gibi komutları alacaktır. Kullanıcı arayüzünün Yabancı Bitki Konumları Haritasında araçtan gelen veriler doğrultusunda tespit edilen yabancı bitkilerin konumları harita üzerinde gösterilecektir. Bu harita her yabancı bitki tespitinde gerçek zamanlı bir şekilde güncellenecektir. Araç kamera görüntüsü panelinde aracın anlık olarak kamera görüntüsü yer alınacaktır. Panel üzerinde harici olarak tespit edilen yabancı bitkilerin koordinatları da yer alacaktır.

Windows işletim sistemleri üzerinde çalışan bu arayüz programı C# dilinde Form Application olarak geliştirildi. Form Application, Windows işletim sisteminin standart grafiklerini kullanan uygulama geliştirme aracıdır. Arayüz ile araç arasındaki haberleşme için C# programlama dilinin TcpClient sınıfı kullanılmıştır. TcpClient sınıfı, ağ üzerinden akış verilerini göndermek ve almak için basit ve etkili yöntemleri sağlar. C# dilinin seçilmesinde, yazılan kodların anlaşılır ve geliştirmeye açık olması etken olmuştur.

## 5.1 Üst Panel

Arayüz programının üst barında araca bağlanabilmek için bir araç seçim port listesi bulunmaktadır. Ayrıca log kayıtları sayfasına bu bölümden geçilmektedir.



Görsel 27 Araç Kontrol Ünitesi Üst Paneli

## 5.2 İkaz Paneli

Aracın sensör verilerinin takip edilebileceği bölümdür. Bölüm içerisinde tespit edilen yabancı bitki sayısı da yer almaktadır. Aracın sıcaklık durumu, hızı, batarya şarj yüzdesi ve çalışması süresi gibi değerlerde bu panelde gösterilecektir.

İKAZ!		
YABANCI BİTKİ TESPİT EDİLDİ		
Pusula°	Araç Hızı	İç Sıcaklık
54°	1m/s	26 C°
Çalışma Süresi	Tespit Edilen Bitki Sayısı	Batarya Yüzdesi
11dk	2	%81

Görsel 28 İkaz Paneli

## 5.3 Terminal Paneli

Jetson bilgisayarına dışarıdan müdahale etmeyi gerektiren durumlar oluşabilir. Bu



Görsel 29 Terminal Paneli

durumlarda kullanıcı paneli üzerinden Jetson bilgisayarına bağlanmak için kullanıcı arayüzü üzerinde bulunan Terminal Paneli kullanılacaktır. Terminal Paneli üzerinden Linux terminalinin komutlarını Jetson bilgisayarına iletebileceğiz.

## 5.4 Log Kayıtları Sayfası

Bu pencere aracın çalıştığı süre boyunca gerçekleşen senaryoları ve hataları kullanıcı panelinde görüntüleyecek ve veri tabanına kaydedecektir.

LOG KAYIT EKRANI	
<u>Tarih:</u>	<u>Veriler:</u>
23.04.2024 15:30	Örnek hata...
23.04.2024 15:30	Örnek veri...

Görsel 30 Log Kayıtları Sayfası



## 6 OTONOM SÜRÜŞ ALGORİTMALARI

Otonom sürüş algoritmaları genel olarak aracımızın, başlangıç noktasından harekete geçmesi ve otonom şekilde hareket ederken sıralı bitkileri ezmeden, görüntü işleme tekniği ile rotasında verimli bir şekilde çapalayarak ilerlemesini sağlar.

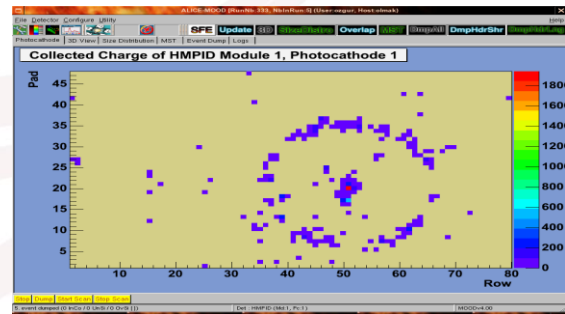
Rota üzerindeki engeli Encoder'lerden ve Atalet Ölçü Birimi (IMU) Sensörlerinden gelen verileri kıyaslayıp, engeli doğru şekilde atlatabilen ve yabancı otları görüntü işleme tekniği ile direk tespit edip kaydedebilen algoritma mimarilerinin tümüdür.

### 6.1 OTONOM YOL TAKİP ALGORİTMASI

Otonom araçların yol takibi, belirlenen rotayı kararlı bir şekilde izleyebilmeleri için kritik öneme sahiptir. Bu amaçla, görüntü işleme teknikleri kullanılarak çizgiler tespit edilir ve takip başlar. Görüntüden elde edilen çizgi açıları, diferansiyel sürüş düğümüne iletilir. Bu düğüm, motorlara uygulanacak açısal hız değerlerini hesaplar ve PID algoritması ile aracın istenilen rotayı takip etmesini sağlar. Şerit takip algoritması, OpenCV ve NumPy kütüphanelerini kullanarak görüntü işleme ve matematiksel hesaplamaları gerçekleştirir. Gri tonlama, eşikleme, ağırlık merkezi hesaplama ve orta nokta belirleme gibi adımlarla yol takibi yapılır. Hedef açı hesaplama ve orta nokta belirleme, otonom aracın şeritte en kısa ve verimli şekilde hareket etmesini sağlar. Otonom araçların rotayı kararlı bir şekilde takip etmesi için görsel geri besleme kontrolü ve görüntü işleme teknikleri kullanılmaktadır.

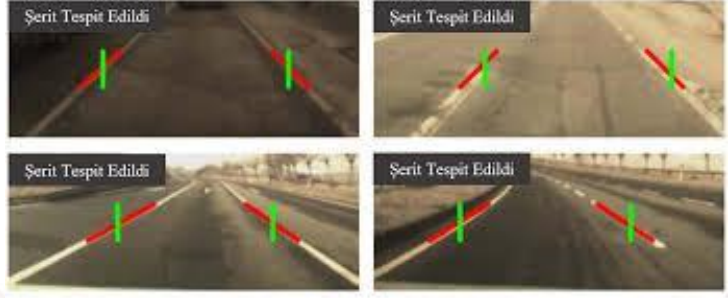
Renkli görüntüler gri tonlamaya dönüştürülerek ışıktandırmadan etkilenmeden net görüntü elde edilir. Eşikleme ile yol çizgileri belirginleştirilir ve her bir çizginin ağırlık merkezi hesaplanarak konumlarını ve yönlerini bulunur.

Bu bilgilerle çizgilerin ortası ve hedef açı belirlenerek aracın rotadaki konumu ve gitmesi gereken yön hesaplanır. Görüntü işleme verileri PID kontrolcüsüne gönderilerek hata sinyali hesaplanır ve motorlara uygulanacak açısal hız belirlenir. Bu sayede araç istenilen rotayı takip ederek ilerler. Görüntü işleme, araçların karmaşık yol koşullarında bile rotayı takip ederek güvenli bir şekilde ilerlemelerini sağlar.

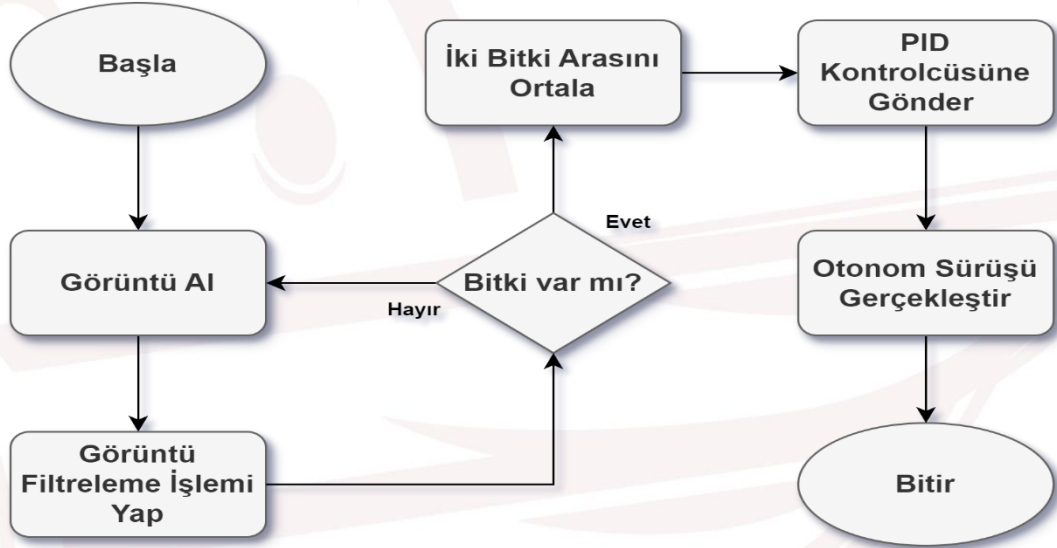


Görsel 31 Görüntü İşleme Örnek Görseli

Bu bilgilerle çizgilerin ortası ve hedef açı belirlenerek aracın rotadaki konumu ve gitmesi gereken yön hesaplanır. Görüntü işleme verileri PID kontrolcüsüne gönderilerek hata sinyali hesaplanır ve otonom sürüş başlar.



Görsel 32 Görüntü İşleme Örnek Görseli



Akış Diyagramı 1 Otonom Yol Takip Algoritması

## 6.2 ENGEL TESPİT ALGORİTMASI

Engel tespit algoritması, parkur içerisinde 10. metreden başlayan ve 15. metreye kadar devam eden yumuşak toprak zeminde seyreden aracın, bu zemin içerisinde rastgele bir konumda bulunan hareket yönüne dik olan engeli algılamasına ve gerekli aksiyonları almasına olanak sağlar.

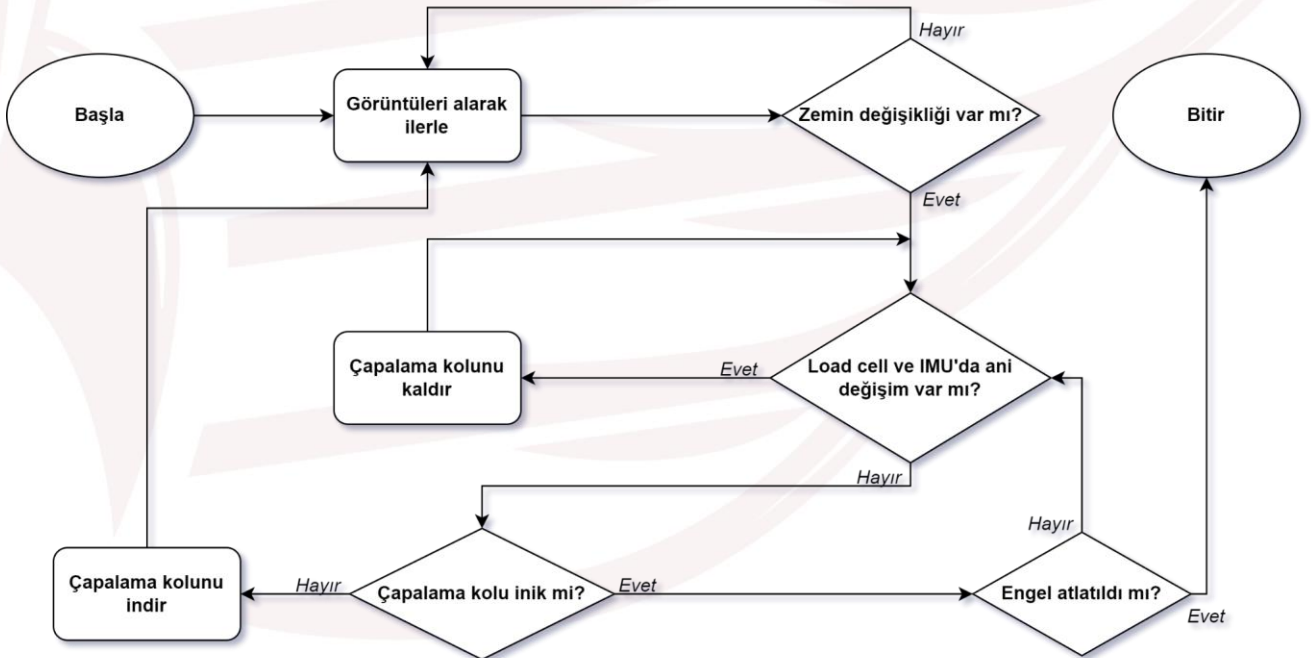
Parkur üzerindeki ilerleme sürecinde aracımızın kamerası olan Logitech C270 ile HD formatta akıcı bir görüntü alınabilmektedir. Alınan bu görüntüler renk, derinlik ve yüzey dokusu farklılıkları göstereceğinden görüntü işleme algoritmaları ve makine öğrenimi gibi yöntemlerle zemin değişimi algılanacaktır.



Görsel 33 Engelli Arazi Örneği

Sonrasında bahsedilen engele kadar sabit hızla devam eden aracın beklenen engel ile teması; aracın tekerleğine bağlı encoder verilerinin analizi, load cell modülü ile algılanan çapalama kolundaki kuvvet miktarı ve IMU sensörü yardımıyla algılanacaktır. IMU sensörü içerisinde jiroskop ve ivmeölçer barındırdığından dolayı aracın hızını ve hızındaki değişiklikleri güncel olarak algılayabilecektir. Otonom aracın yumuşak toprak zeminde ilerleyişi esnasında hızdaki ani düşüş engel ile temasın gerçekleştiği anlamına gelecektir.

Engelin tespiti sonrasında çapalama kolu otonom olarak toprak dışına çıkacak, engel geçildikten sonra kol mekanizması tekrardan otonom olarak toprak yüzeyinden 5 cm kadar derine inecektir.



Akış Diyagramı 2 Engel Tespit Algoritması

## 7 ÖZGÜN BİLEŞENLER

### 7.1 Baskı Devre Kartı (PCB)

Aracımızın motor sürücü ve sensör kartı, Altium Designer kullanılarak özgün olarak tasarlanmıştır. Bu tasarımlar, aracın motor kontrol birimi ve çevresel algılama sistemine güçlü ve özelleştirilmiş çözümler sunar. Bu özgün kartlar, aracın performansını artırırken aynı zamanda özgün ihtiyaçlarına uyum sağlar.

### 7.2 Batarya

Araç üzerinde kullanılacak olan bataryayı Li-ion pil hücrelerini kullanarak kendimiz yapacağız, Li-ion hücreleri tercih etmemizin sebebi yüksek şarj-deşarj özellikli olmasıdır. 18650 Li-ion pil hücrelerinden 7 adet seri ve 6 adet paralel bağlantılı olacak şekilde toplam 25.2V ve 17400 mAh kapasiteli bir batarya oluşturulacaktır. Bu, 24V 15000 mAh gereksinimizi karşılayacaktır. yapılan hesaplamalara göre aracımıza 1 saatlik sürüş sağlayacaktır.

### 7.3 Palet Sistemi

Araç için kullanılacak palet sistemi kendimizce tasarlanıp üretilcektir. Araçta kullanılacak 24v DC motorları şasiye bağlayacak olan bağlantı elemanı cnc tezgahında üretilcektir.

Aracın süspansiyon sistemi için alüminyum plakalar kesilecek ve bu plakalara 80 mm boyutunda amortisörler takılacak alüminyum plakalardan rulman geçirilecektir. Aracın yol tekerlekleri için rulman kullanılacak ve bu rulmanların ortasından geçen mil alüminyum plakaya bağlanacaktır.

Aracın zincir ve palet sistemi için 10b-1 zincir dişlilerine alüminyum levhalar geçirilecek ve bu levhalar yer ile araç arasındaki sürtünmeyi yeterince sağlayacak şekilde ölçülerek kesilecektir.



## 8 GÜVENLİK ÖNLEMLERİ

### 8.1 Acil Stop

Araç üzerinde kolay ulaşılabilir noktada bulunacak olan acil stop butonuna basıldığı anda aracın tüm elektriği kesilecektir.



Görsel 34 Acil Stop

### 8.2 İkaz Lambası

Olası durumlarda çevreye görsel uyarı vermek adına araç üzerinde ikaz lambası bulunacaktır. İkaz lambası kendi tasarımı olup içerisinde programlanabilir RGB led olacaktır. Araç çalışır durumdayken yeşil, Araç arızalı veya hatalı bir durumda ise kırmızı renk yanacaktır.



Görsel 35 İkaz Lambası

### 8.3 Sigorta

Araçta devre kesici bıçak sigortası kullanılacak. Sigorta, güç dağıtım kartının öncesine seri olarak bağlanarak aşırı yüklenme durumunda devreyi kesecektir. Aracın anlık çekeceği akım 18.2A olarak hesaplanmış ve bu değere göre sigortanın 25A olması öngörülmüştür.



Görsel 36 Sigorta

## 9 SİMÜLASYON VE TEST

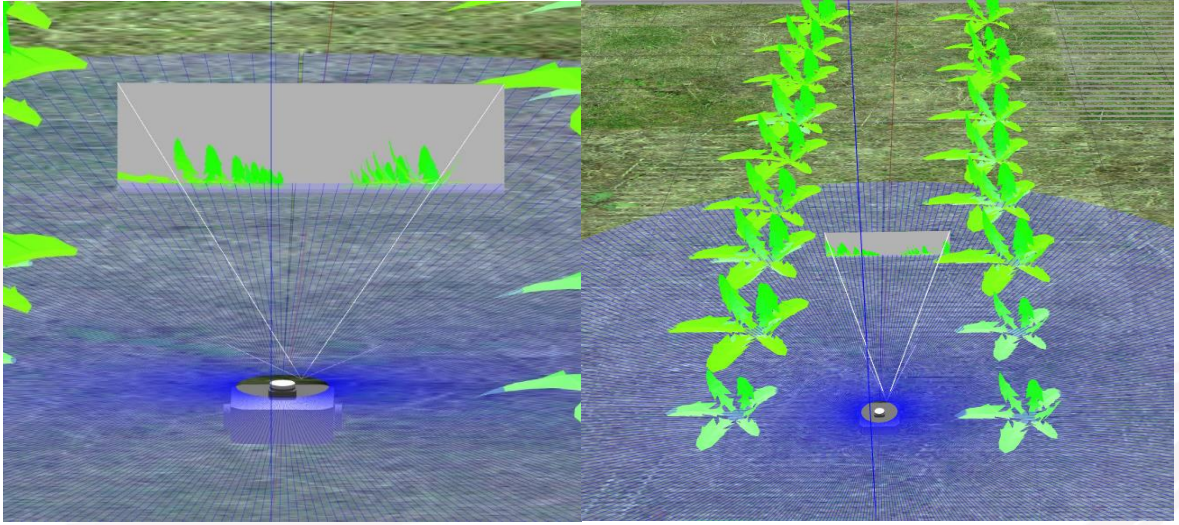
### 9.1 Gazebo Simülasyonu

Aracımız gerçek hayatta test edilmeden önce simülasyon ortamında istenilen yarışma ortamı oluşturularak gerçek zamanlı bir şekilde test edilmiştir. Simülasyon ortamı şartnamede belirtilen kurallar ve ölçüler çerçevesinde oluşabilecek her türlü senaryo göz önünde bulundurularak hazırlanmıştır.

Görev ve test algoritmalarının geliştirilmesi için gerçek zamanlı olarak çalışan ROS2 (Robot Operating System) Humble kullanılmıştır. ROS içerisinde robot üzerinde kullanılan sensörler, motorlar ve diğer bileşenler birer düğüm olarak tanımlanır.

Tanımlanan düğümler ROS'un kendi içerisinde paralel bir şekilde haberleşme olanağı sunan DDS (Data Distribution Service) yapısı üzerinden haberleşmektedir.

Geliştirilen algoritmaların simülasyon ortamı denemelerinin yapılması amaçlanmıştır. Bu denemeler için Gazebo simülasyon ortamı tercih edilmiştir. Gazebo simülasyon ortamı kullanıcının kendi oluşturduğu ya da hazır olarak edindiği modelleri kullanarak simülasyon yapmasına olanak sağlar. Yarışma alanının bir benzeri oluşturularak Gazeboya dahil edilmiştir. Oluşturulan bu ortam üzerinde geliştirilen yazılımların testi yapılmıştır.



*Görsel 37 Gazebo Ekran Görüntüleri*

Testler sonucunda aracın etrafta bulunan bitkileri tespit edebildiği, bu bitkilerin orta noktalarını kendisine bir yol olarak belirleyebildiği, bu yolu ortalamak için manevra yapabildiği ve kendisini otonom bir şekilde yolun ortasına getirdikten sonra bu konumunu koruyarak ilerleyebildiği görülmüştür. Araç yarışma alanının A-B noktaları arasını tamamlamış ve bir sonraki yolu bulabilmek için manevra yapmıştır. Görevin başında olduğu gibi tespit ettiği bitkileri kendisine hayali bir şerit olarak belirlemiş ve bu hayali şeriti takip etmeye devam etmiştir.

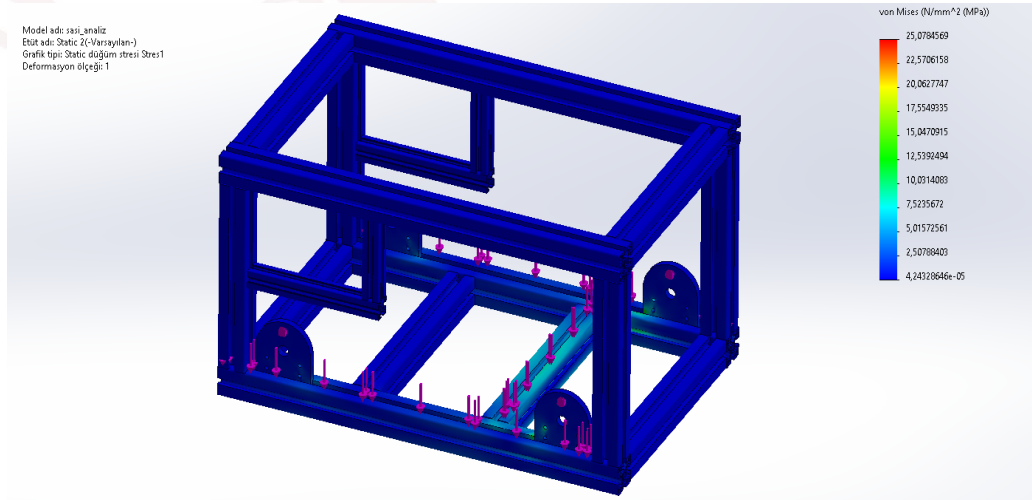
Yumuşak zeminde engel tespiti Gazebo ortamında simüle edilememiştir. Bu testler araç hazır hale geldikten sonra gerçek dünyada test edilecektir.

## **9.2 Mekanik Testler**

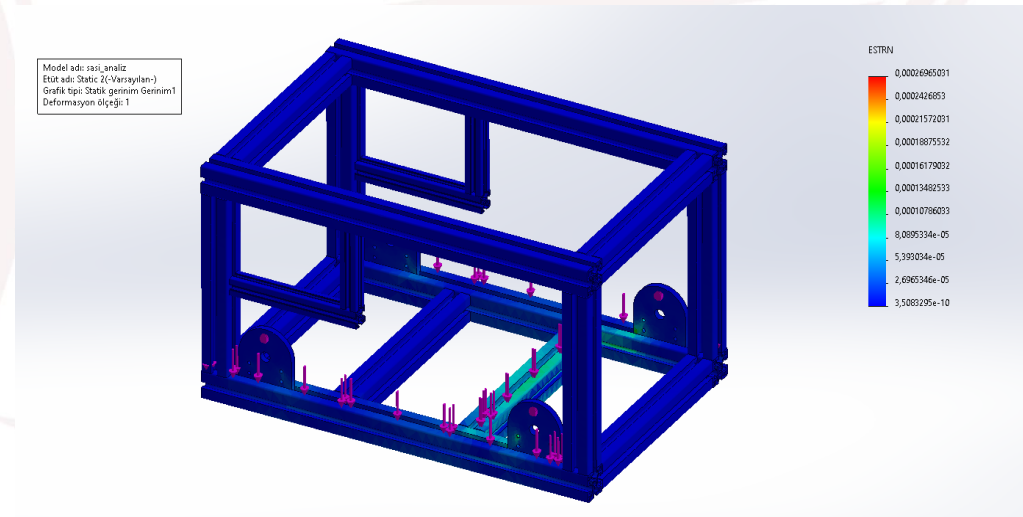
### **9.2.1 Şasinin Statik Analizi**

Aracımızın parçaları, üretim öncesinde detaylı bir yapısal analize tabi tutuldu. Bu analiz, parçaların çeşitli yükler altında nasıl tepki gösterdiği ve olası gerilme veya deformasyon bölgelerini göstermeyi amaçladı. Şasi için yapılan analizler sonucunda en yüksek gerilme değeri olan 25.0784569 MPa, kullanılan alüminyum profillerin akma dayanımının (140 MPa) oldukça altında kaldı. Bu sonuç, şaside plastik deformasyon riskinin olmayacağını gösteriyor.

Şaside oluşabilecek maksimum elastik deformasyon ise 0.0002696 mm'dir. Bu değer araçta sorun oluşturabilecek elastik deformasyon değerinin fazlasıyla altındadır. Sonuç olarak yapılan kullanılan alüminyum sigma profillerin, gerçek ortam koşullarında karşılaşılabileceği tüm gerilimlere dayanacak kadar sağlam olduğu belirlendi.

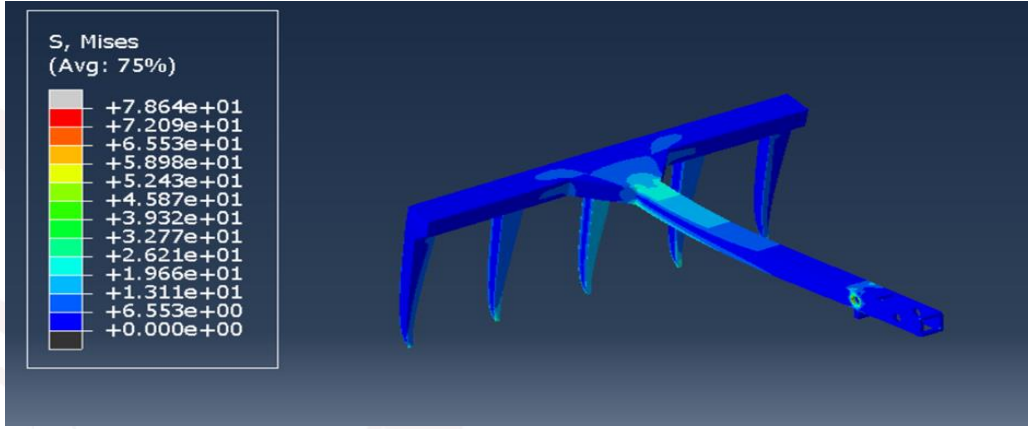


Görsel 38 Şasi Stres Analizi



Görsel 39 Şasi Gerilme Analizi

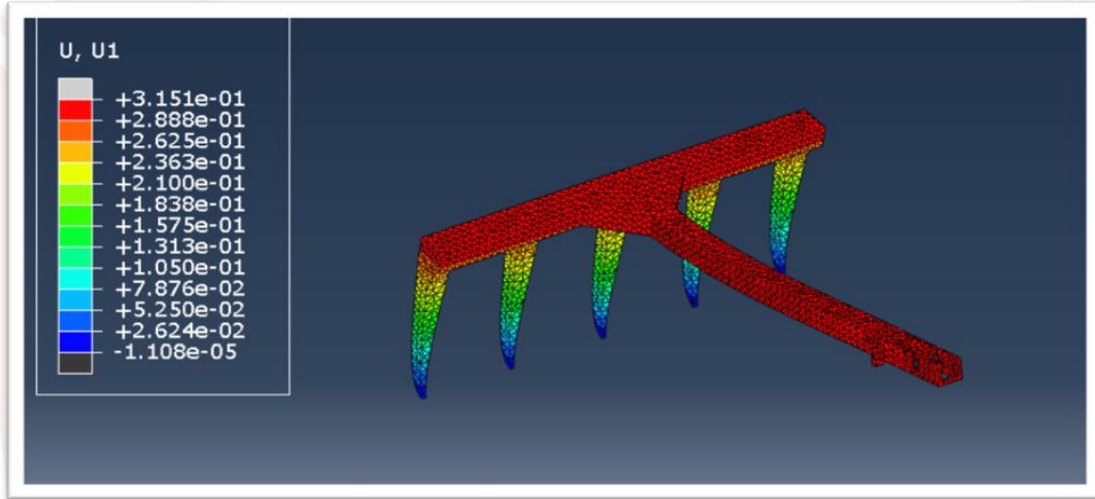
### 9.2.2 Görev Mekanizması Statik Analizi



Görsel 40 Abaqus Test Görüntüsü

Çapa mekanizmamız da S235JR ıslah çeliği kullanmayı planladık. Malzeme 235 MPa akma dayanımına sahiptir.

Abaqus CAE ortamında statik stres ve gerilme analizi yapılan, görev mekanizması olan çapa; istenilen yeterli dayanımları karşıladığı gözlemlenmiştir. Çapaya, olası zeminle etkileşimi sırasında oluşabilecek durumlar için hesapladığımızdan daha yüksek değer olan 300N'lık bir güç uyguladık, analiz sonucunda çapada gerçekleşebilecek maksimum Von Mises gerilmesi, milimetreye 78,6N olarak bulundu. Bu durumda mühendislik katsayısı yaklaşık 3 olmaktadır.

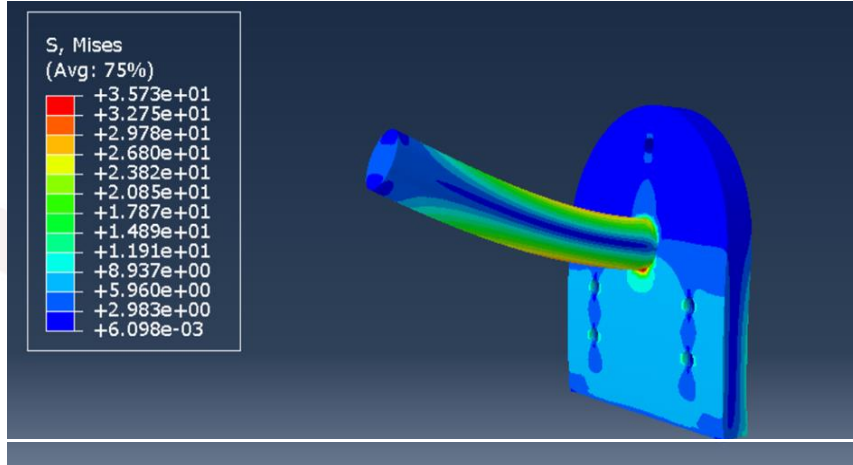


Görsel 41 Abaqus Test Görüntüsü

Yapılan analiz de olası durumlar için uzama miktarları da hesaplandı. Çapanın yer ile paralel kalan kısmı boyunca maksimum uzama 0,31 mm olarak bulundu. Yapılan analizler neticesinde çapa için oluşturduğumuz sistem tasarımının gerekli mekanik özelliklerinin fazlasıyla yeterli olduğunu görüş olduk.



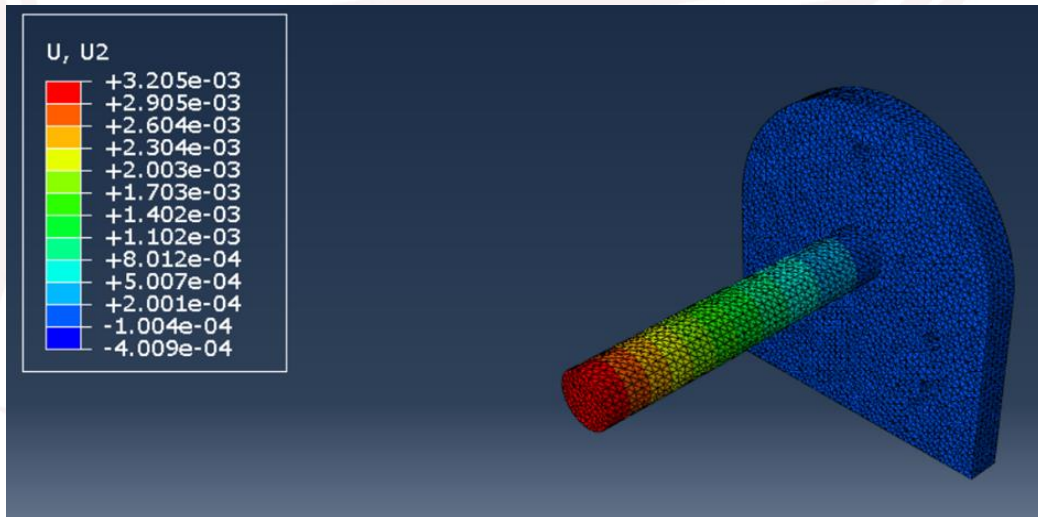
### 9.2.3 Ana Motor Taşıyıcı Statik Analizi



Görsel 42 Abaqus Test Görüntüsü

Kullandığımız Dc motorun şasi ile bağlantısı ile palet sistemine giden dişlinin ortak bağlantı noktasında kalan ve ana yükü taşıyacak bağlantı elemanı için Abaqus Cae programı ile statik analiz yapıldı. Kullanılan malzeme alüminyum alaşım olarak seçildi. Mil bağlantısına sistemin tamamı kadar olan 38 kilogram değerinden de fazla olan 400N' lık bir kuvvet uyguladık. (Bağlantı parçası başına nominal olarak 100N' lık bir kuvvet düşmesi tahmin edilmektedir). Yapılan analiz sonucunda maksimum gerilme değeri 35,73 MPa olarak elde ettik. Kullandığımız alüminyumun akma dayanımı olan 70 MPa değerinin yaklaşık yarısı olduğundan kullandığımız geometri ve malzemenin güvenli olduğu sonucunu elde etmiş olduk.

Y eksenindeki maksimum uzama miktarı ise 0.003 cm ile güvenli sınırları içerisinde yer almaktadır.



Görsel 43 Abaqus Test Görüntüsü

## 10 REFERANSLAR

- [1]<https://salihspace.home.blog/2021/05/13/ros2-mimarisi-ve-gercek-zamanli-sistemler/>
- [2]<https://invensense.tdk.com/products/motion-tracking/9-axis/mpu-9250/>
- [3]<https://wolles-elektronikkiste.de/en/acs712-current-sensor-2>
- [4]<https://www.ia.omron.com/product/item/2473/>
- [5]<https://www.logitech.com/assets/46735/2/hd-webcam-c270.pdf>
- [6][https://bucket-download.slamtec.com/af084741a46129dfcf2b516110be558561d55767/LM108\\_SLA\\_MTEC\\_rplidarkit\\_usermanual\\_A1M8\\_v2.2\\_en.pdf](https://bucket-download.slamtec.com/af084741a46129dfcf2b516110be558561d55767/LM108_SLA_MTEC_rplidarkit_usermanual_A1M8_v2.2_en.pdf)
- [7]<https://learn.microsoft.com/tr-tr/dotnet/api/system.net.sockets.tcpclient?view=net-8.0>
- [8][https://wiki.ros.org/rosbridge\\_suite](https://wiki.ros.org/rosbridge_suite)
- [9]<https://arduinodestek.com/arduino-ile-bts7960b-motor-surucu-kullanimi/>
- [10]<https://elektrokod.wordpress.com/2017/11/20/bts7960-motor-surucu-motor-driver/>
- [11]Çelik, O. M. (2019). Lazer mesafe ölçer ile otonom mobil robotlar için navigasyon planlaması (Master's thesis).
- [12]YAYAN Uğur vd., ROS ile Robot Programlama (Robot İşletim Sistemi), Seçkin Yayıncılık, Ankara 2020