TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

TARIMSAL İNSANSIZ KARA ARAÇLARI YARIŞMASI

TAKIM ADI

KTUN RACLAB NİNURTA

PROJE ADI

TARIMSAL İKA

BAŞVURU ID

413308

İÇERİK

1 Takım Organizasyonu ----------3
2 Ön Tasarım Raporu Değerlendirmesi ----------3
2.1 Mekanik Değişiklikler ----------3
2.2 Yazılımsal Değişiklikler ----------4
2.3 Elektronik Değişiklikler ----------4
2.4 Bütçe Planlaması ----------4
3 Araç Özellikleri ----------4
3.1. Mekanik Özellikler----------4
3.1.1 Temel Boyutlandırma ----------5
3.1.2 Tırmanabilirlik ve Motor Gücü Hesabı ----------6
3.1.3 Robot Kol Sistemi ----------6
3.2 Elektronik Özellikler----------9
3.2.1 Enerji ve Güç Planlaması ----------9
3.3 Yazılımsal Özellikler ----------11
4 Sensörler ----------11
4.1 Lidar ----------11
4.2 Kamera ----------12
4.3 SHT 30 Sıcaklık Sensörü ----------13
4.4 Hız Sensörü----------13
4.5 Fotoelektrik Su/Sıvı Seviye Sensörü ----------14
5 Araç Kontrol Ünitesi----------15
5.1 Ana Kontrol Ünitesi ----------15
5.2 Yardımcı Kontrol Ünitesi ----------15
5.3 Haberleşme Sistemi ----------15
5.3.1 Donanım Arası Haberleşme ----------15
5.3.2 Kablosuz Haberleşme ----------16
5.3.3 Arayüz ----------16
6 Otonom Sürüş Algoritmaları ----------17
6.1 Bitki Sıra Tespiti ----------17
6.2 Yabani Ot Tespiti ----------20
6.3 Engelden Kaçış Algoritması ----------22
7 Yabancı Otla Zirai Mücadele Yöntemleri ----------23
8 Özgün Bileşenler ----------23
8.1. Mekanik Bileşenler ----------23
8.1.1 Zincir- Dişli Güç Aktarma Sistemi ----------23
8.1.2 Yataklama Sistemi ----------24
8.1.3 Araç Yükseklik Ayarı ----------24
8.2.Yazılımsal Bileşenler ---------- 26
9 Güvenlik Önlemleri ----------26
9.1. Mekanik Güvenlik Önlemleri ----------26
9.2 Elektronik Güvenlik Önlemleri ----------27
10 Test ----------27
10.1 Simülasyon Ortamı ----------27
10.2. Bitki Modeli ----------28
10.3. Mekanik Analiz ve Simülasyon ----------29
11 Referanslar ----------33

1. Takım Organizasyonu

Takımımız 2021 Eylül ayında RACLAB bünyesinde kurulmuştur. Takımımızda 3 bilgisayar mühendisi, 3 elektrik-elektronik mühendisi ve 2 makine mühendisi olmak üzere 8 takım üyesi bulunmaktadır. Takımımız otonom sürüş, görüntü işleme, mekanik tasarım, elektronik bileşenlerin montajı ve haberleşmesi görevlerini yerine getirebilecek bilgi ile donanıma sahiptir.

2. Ön Tasarım Raporu Değerlendirmesi

2.1 Mekanik Değişiklikler

Ön Tasarım Raporu	Kritik Tasarım Raporu
Robot kol tasarımı ve montajı yapılmamıştır.	Robot kol tasarımı ve montajı yapılmıştır.
Boyutlandırma 1000x750x500 olacak şekilde tasarlanmıştır.	Robot kol uzunluğu ile beraber 995x745x 1170 olacak şekilde düzenlenmiştir.
Motor modeli ve motor braketi tasarlanmamıştır.	Motor modeli ve motor braketi tasarlanıp montaja eklendi.
Araç üzerindeki kamera ve lidarların konumu belirlenmemiştir.	Aracın üzerindeki kamera ve lidarların konumu belirlenmiştir.
Sistemin sonlu elemanlar analizi yapılmamıştır.	Ansys Static Structural kullanılarak deformasyon, gerileme ve emniyet faktörü analizleri yapılmıştır.
Tırmanabilirlik ve motor güç hesabı hesaplanmamıştır.	Araç noktasal cisim gibi düşünülerek 10° eğimli rampaya tırmanmak için gerekli, teker başına düşen tork hesabı yapılmıştır.

2.2 Yazılımsal Değişiklikler

Ön tasarım raporunda aracımızda kullanılan otonom sürüş algoritmasında yabani ot tespitini YOLOv4 ile yapmaktaydık. Fakat rapor sonrası testlerimizde YOLOv4'ün tespit aşamasındaki sistem yükü fazlaydı ve değişen ortamlardaki tespit yüzdeleri stabil sonuçlar vermiyordu. Bu yüzden yabani ot tespitini YOLOv5 ile yapmaya karar verdik. Bu sayede hem eğitim aşamasında hem de tespit aşamasında daha verimli sonuçlar elde ettik.

2.3 Elektronik Değişiklikler

Ön tasarım raporunda verilmeyen güç hesabı, kritik tasarım raporunda detaylı olarak hesaplanmış olup sistemin en optimum düzeyinde hesaplanmıştır. Araç üzerinde elde edilen veriler doğrultusunda sistemde donanımsal optimizasyonlar yapılmıştır.

2.4 Bütçe Planlaması

Ön tasarım raporu sonrasında maliyet tablosu güncellenmiş olup **Şekil-2.4.1**'de verilmiştir.

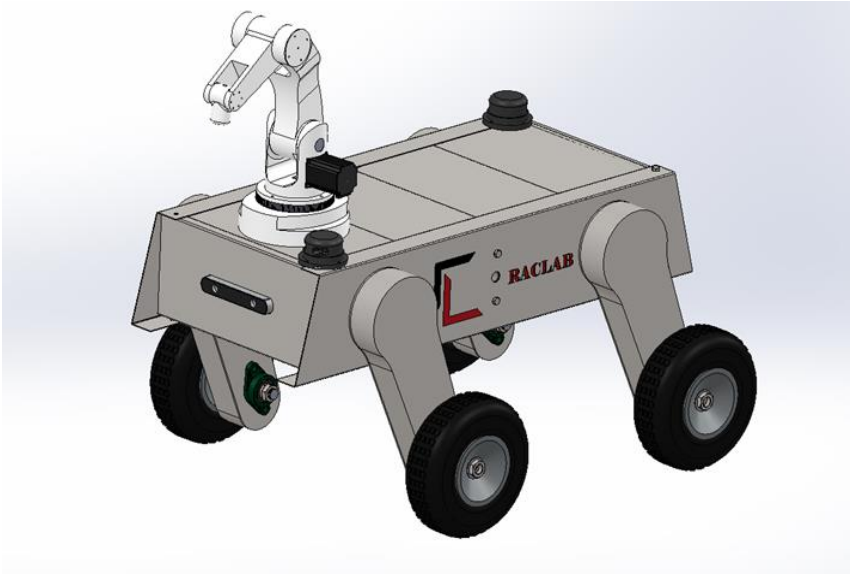
Maliyet Tablosu			
Malzeme Adı	Adet	Birim Fiyat (TL)	Toplam Tutar(TL)
EN715 Jetson Xavier NX Yapay Zeka Kiti(64GB)	1	20199,71	20199,71
Wireless-AC8265 NIC (Patch Antenli), WiFi / Bluetooth	1	396,48	396,48
ZED 2 Stereo Kamera	1	13238	13238
Arduino Mega	2	570,28	1140,56
Pixhawk The Cube Orange Standard Set (ADS-B Carrier Board)	3	8349	8349
Elektrikli Motor Seti 36 volt 450 watt	2	3046	6092
RPLidar A3M1 360 derece lidar	2	11875,52	23751,04
HDA Power 36V 18,3Ah Elektrikli Bisiklet Aküsü	3	5406,78	16220,34
Toplam Fiyat			89387,73

Şekil-2.4.1 Maliyet Tablosu

3. Araç Özellikleri

3.1. Mekanik Özellikler

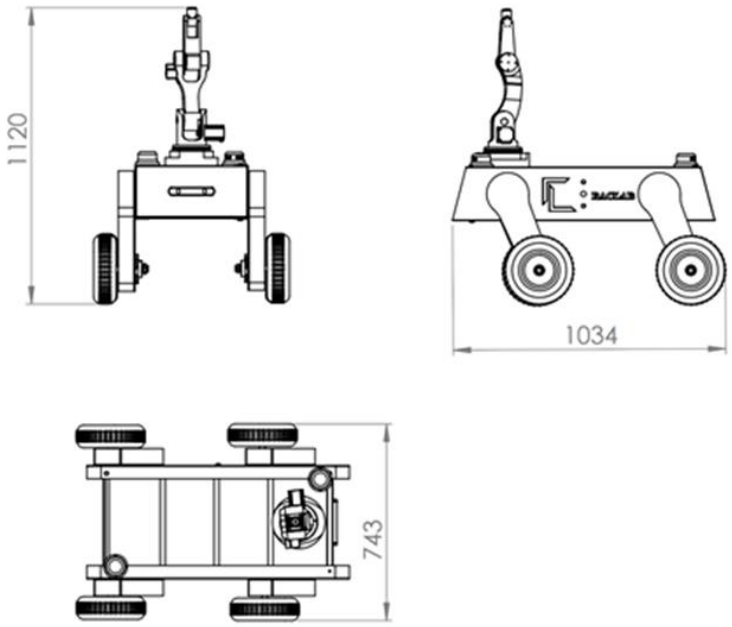
Sistem, ayarlanabilir yüksekliğe sahip dört kola bağlı dört tekerlek üzerinde hareket etmektedir. İlaçlama görevi ise 4 serbestlik derecesine sahip robot kol ile icra edilmektedir. Sistemin tam montajlı hali **Şekil-3.1.1**'de verilmiştir.



Şekil-3.1.1 Tarımsal İKA Tam Montaj Hali

3.1.1 Temel Boyutlandırma

Sistemin yerden itibaren en yüksek noktası, robot kol yüksekliği ile beraber 1120 mm, 1034 mm boyunda ve 743 mm genişliğindedir. Sistemin temel ölçülendirmeleri Şekil-3.1.1.1'de gösterilmiştir. Ayrıca sistemde 260 mm çapında tekerlek kullanılmıştır.



Şekil-3.1.1.1 Temel Ölçülendirmeler

3.1.2 Tırmanabilirlik ve Motor Gücü Hesabı

Sistemde 36 volt gerilim seviyesinde 450 W gücünde fırçalı DC motor kullanılmaktadır. Motorun çalışma parametreleri maddeler halinde aşağıda verilmiştir. [4]

- Gerilim Seviyesi = 36 V
- Akım Seviyesi [Yüksüz] = 2.2 A [Maks]
- Akım Seviyesi [Tam Yüklü] = 16 A [Maks]
- Nominal Dönüş Hızı = 3000 RPM
- Nominal Tork = 1.43 Nm
- Entegre Dişli Çevrim Oranı = 7.18 : 1
- Çıkış Dönüş Hızı = 3000 /7.18 = 417.82 RPM ≅ 418 RPM
- Çıkış Momenti = 1.43*7.18 = 10.26 Nm

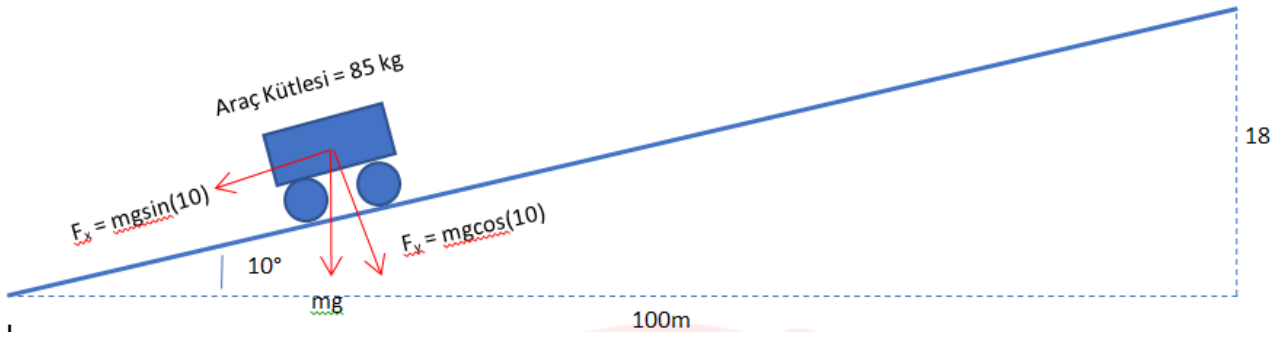
Zincir dişli güç aktarma sisteminin ilk katmanında motor tarafında 16 diş, mil tarafında 28 dişli çifti bulunmaktadır. Dolayısıyla, 1.75: 1 oranında dişli çevrim oranı bulunmaktadır. Son durumda ikinci kademeye,

- Dönüş Hızı = 418RPM / 1.75 = 238.85 RPM ≅ 239 Nm
- Moment = 10.26 Nm *1.75 = 17.96 Nm ≅ 18 Nm

tork ve dönüş hızı aktarılmaktadır [5]. İkinci ve üçüncü zincir dişli kademelerinde çevrim oranı bulunmamaktadır. Sistemin, maksimum lineer hızını hesaplamak için Denklem-1'deki formül kullanılabilmektedir [6].

- $v_{(km/saat)} = 0.1885 * N_{(RPM)} * D_{(m)}$ (1)
- $v_{(km/saat)} = 0.1885 * 239 * 0.26 = 11.71$

Araç, maksimum 11,71 km/saat lineer hız ile ilerleyebilmektedir. Araç, 10°'lik eğime sahip bir rampaya tırmanabilmelidir. Bu hesabın yapılabilmesi için aracın tüm ağırlığı ile bir noktasal cisim gibi davrandığı ve tekerleklerinin kaymadığı kabul edilmiştir.



Şekil-3.1.2.1 Araç noktasal serbest cisim diyagramı

Tırmanma olayının gerçekleşebilmesi için aracın F_x kuvvetini yenebilmesi gerekmektedir.

- F_x = mgsin (10) = 85*9.81*sin (10) = 144.79N

Bu kuvvetin yenilip ilerlenebilmesi için dört teker için, teker başına:

- $F_{tekerlek} = F_x /4 = 144.79/4 = 36.19$ N kuvvet aktarılması gerekmektedir.

Dolayısıyla 260 mm çaplı bir tekerleğin yere 36.19 N kuvvet aktarabilmesi için:

- $M_{tekerlek} = F_{tekerlek}$ * tekerlek yarı çapı =36.19 N * 0.13 = 4.70 Nm

tork üretebilmesi gerekmektedir.

Ayrıca bir motorun iki tekerlek için tork üretebilmesi gerekmektedir. Dolayısıyla motor başına

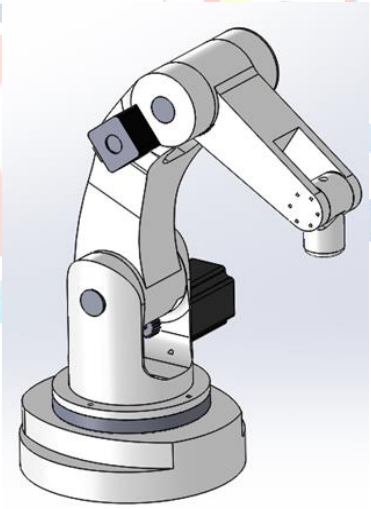
- = $M_{MotorGereken} = M_{tekerlek}$ * 2 = 4.70 * 2 = 9.40 Nm tork üretmesi gerekmektedir.

Motorun verebildiği torku tırmanabilirlik torkuna oranlanırsa emniyet katsayısı elde edilir.

- Emniyet Katsayısı = $M_{MotorÇıkış} / M_{MotorGereken}$ = 18 / 9.40 = 1.91

3.1.3 Robot Kol Sistemi

Sistemde kullanılan robot kol, ilaçlama görevi için kullanılacaktır. Uç işlevcisine takılan ilaçlama nozülü, tespit edilen yabani otun üzerine doğru konumlandırılarak ilaçlama işlemi gerçekleştirecektir.



Şekil-3.1.3.1 Robot Kol Tam Montaj

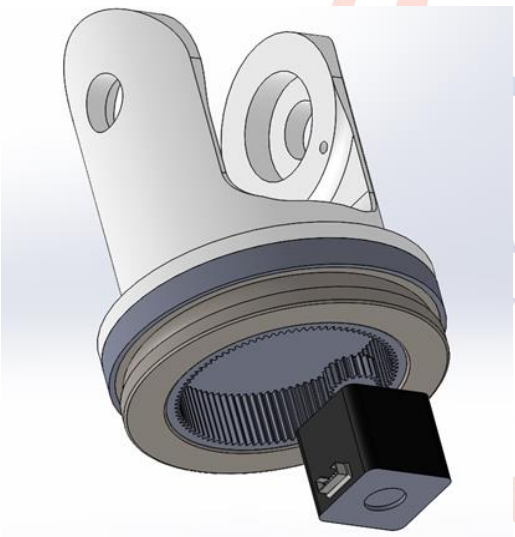
Robot kol, 4 serbestlik derecesine sahiptir. Bu eklemlerin üç tanesi step motor tahrikli iken en uçtaki 4. eklemde motor tahriki bulunmamaktadır. Son eklem, nozülün açısı ayarlandıktan sonra sabitlenecek ve diğer üç eklem kullanılarak konumlaması yapılacaktır.
Sistemin, birinci ve üçüncü eklemlerinde Nema 17 step (adım) motorları kullanılırken, ikinci eklemde daha yüksek tork ihtiyacı olduğu için Nema 23 step motoru kullanılmaktadır.

Sistemin eklemlerinde gerekli torkların karşılanabilmesi için düz dişli kullanılmıştır.

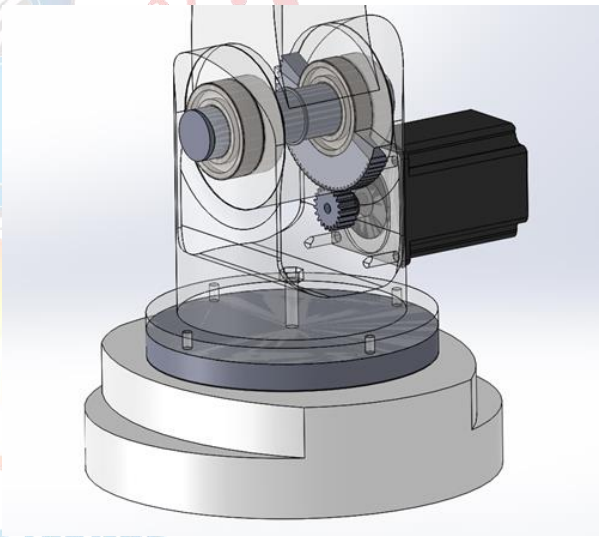
- 1.Eklemde: 90/20 = 4.5: 1,
- 2.Eklemde: 70/20 = 3.5: 1,
- 3.Eklemde: 70/20 = 3.5: 1 çevrim oranlarında dişli yapıları kullanılmıştır [5].

Robot kolun parçaları PLA+ malzeme kullanılarak, 3 boyutlu yazıcı ile üretilecektir. Eklemlerin yataklaması, radyal ve eksenel rulmanlar kullanılarak gerçekleştirilecektir. Birinci eklem kule görevi görmekte ve eksenel kuvvet taşımaktadır. Dolayısıyla bu kısımda eksenel rulman kullanılmıştır. Güç aktarımı ise düz iç dişli kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Birinci eklem güç aktarma ve yataklama **Şekil-3.1.3.2**'de gösterilmiştir.

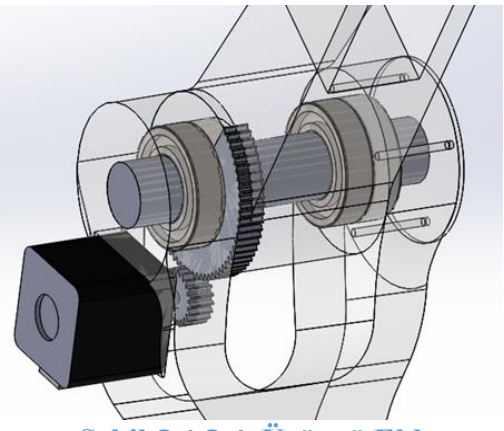
İkinci ve üçüncü eklemlerde ise radyal yükler bulunmaktadır. Dolayısıyla bu eklemde 4 adet radyal kullanılarak yataklama yapılmıştır. İkinci ve üçüncü eklemlerin güç aktarma ve yataklaması **Şekil-3.1.3.3**'te ve **Şekil-3.1.3.4**'te gösterilmiştir [8]. Dördüncü eklemde herhangi bir tahrik bulunmamaktadır. Dördüncü eklem **Şekil-3.1.3.5**'te gösterilmiştir.



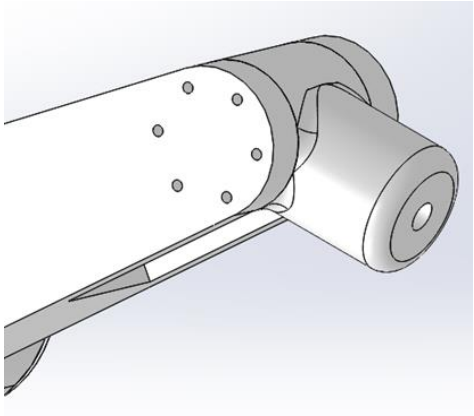
Şekil-3.1.3.2 Birincil Eklem



Şekil-3.1.3.3 İkinci Eklem



Şekil-3.1.3.4 Üçüncü Eklem



Şekil-3.1.3.5 Dördüncü Eklem

3.2 Elektronik Özellikler

Aracımız yarışma kapsamında verilen görevleri gerçekleştirmek üzere tasarlanmıştır. Bu kapsamda aracımızın elektronik bileşenleri 36 Volt 18.3 Ah'lik 3 batarya ile beslenmektedir. Bataryalarda BMS sistemi bulunmaktadır, bu sayede batarya güvenliği ve takibi sağlanmıştır. Bataryalardan elde enerjinin elektronik bileşenlere iletilmesi için 0.5, 1 ve 1.5 mm kesitlerinde Nyaf kablolar kullanılmıştır. Bu kablolar yüksek gerilime dayanıklı olup yeterli kalınlıktadırlar. Elektronik bileşenlerin ihtiyaç duyduğu akımı, ana hattan kullanılabilir düzeye indirmek veya yükseltmek için voltaj regülatörleri kullanılmıştır.

Aracın yarışma görevlerini yerine getirebilmesi için ana kontrol kartı ünitesi olarak Jetson Xavier NX kullanılmıştır. Bu ünitede aracın lidar ve kameradan gelen verilerin işlenmesi amaçlanmıştır. Aracın otonom görevlerini yerine getirmesi için 2 adet 360 derecelik RPlidar A3M1 ve bitki tespiti için 120 mm aralıklı 110 derecelik görüş alanına sahip ZED2 stereo kamera kullanılmıştır. Lidar ve kamera, Jetson Xavier NX kontrol kartına bağlanmıştır. Araçtan gelen verilerin arayüzde izlenmesi ve aracın uzaktan kontrolü için Jetson Xavier NX kartı ile uyumlu AC-8265 wifi modülü kullanılmıştır.

Aracın motorlarının kontrolü, robot kolunun hareketi ve ilaçlamanın yapılabilmesi için yardımcı kontrol kartı olarak Arduino Mega kullanılmıştır. Arduino Mega'dan alınan komutların motorlara iletilmesi için motor sürücü, robot kolun hareketi için ise 3 adet nema 17 step motor ve 1 adet nema 23 step motor kullanılmıştır. Araç, robot kolun hareketi için Arduino Mega'dan alacağı komutları TB-6600 motor sürücüye iletecektir.

Aracın hareket aksamı için 2 adet 450W DC fırçalı motor kullanılmıştır. Motorlar, motor sürücü yardımı ile Arduino Mega'dan aldığı komutlar ile çalıştırılmıştır.

Aracın ilaçlama yapabilmesi için ilaç pompasına Arduino ile komut gönderilmiştir. Pompa, Ardunio'dan gelen 1 sinyali ile bitkiye ilaç sıkacak; 0 sinyali ile de duracak şekilde ayarlanmıştır.

Aracımızın güvenliğini sağlamak amacıyla ve sistemin elektronik bileşenlerin sıcaklık takibi için SHT30 sıcaklık sensörü kullanılmıştır.

Araçta IMU sensörü kullanılmıştır. Bu sensör Pixhawk kontrol kartında filtrelenmiş ve dahili olarak bulunur. IMU sensörü arazi şartlarında aracın ivme ve denge durumlarını bildirir.

İlaç durumunun takibi için fotoelektrik sıvı seviye sensörü kullanılmıştır.

Araç hızının takibi için LM393 hız sensörü kullanılmıştır.

3.2.1 Enerji ve Güç Planlaması

Aracımızda 3 adet 18.3 Ah 36 Volt'luk batarya yönetim sistemine sahip Li-ion batarya tercih edilmiştir. Sistemdeki güç, yüksek akım dayanımına karşı dirençli nyaf kablolar ile sağlanmıştır. Elektronik bileşenlerin ihtiyaç duyduğu enerji, voltaj regülatörleri kullanılarak ana hattan devre elemanlarına aktarılmıştır. Aracımızda yaptığımız analizler ve hesaplamalar doğrultusunda güç ve tüketim değerleri **Şekil-3.2.1.1**'de verilmiştir.

CİHAZ	ADET	AKIM (A)	GERİLiM (V)	GÜÇ TÜKETİMİ(W)	AKIM TÜKETİMİ(Ah)
Jetson Xavier Nx	1	3A	5V	15W	3Ah
Arduino Mega	1	1A	5V	5W	1Ah
Nema17 Step Motor	3	1.25A	2.85V	3.56W	1.25Ah
Nema23 Step Motor	1	2A	3.2V	6.4W	2Ah
Su Pompası	1	1A	5V	5W	2Ah
TB6600 Step Motor Sürücüsü	4	2A	10V	20W	2Ah
DC Motorlar	2	12.5	36V	450W	12.5Ah
Pixhawk	1	2.5A	4.5V	11.25W	2.5Ah
TOPLAM				1042.08W	47.25Ah

Şekil-3.2.1.1 Güç ve Tüketim Değerleri

Sistemde toplamda 3 batarya kullanılmıştır. Her batarya 36V 18.3Ah kapasiteye sahiptir. Bataryalarımız toplamda sisteme 36*18.6*3=1976.4W'luk güç sağlamaktadır. Sistemin toplamda 1 saatlik akım tüketimi 47.25 Ah'dir. 1 saatlik güç tüketimi 1042.08 Wh'dir.
Aracın minimum çalışma süresi:
(54.9*0.7) /47.25=0.83=50 dakika çalışabilmektedir.

3.3 Yazılımsal Özellikler

Aracımızda 5 ana algoritma kullanılmıştır. Bunlar; bitki sırası tespiti algoritması, engel tespiti ve engelden kaçınma algoritması, bitki tespiti algoritması, haritalandırma ve işaret atama algoritması ve otonom sürüş algoritmalarıdır. Bitki sırası tespit algoritmasında OpenCv kullanılmıştır. Alınan görüntülere uygulanan segmentasyon, maske ve filtreleme işlemleri sonucunda; her bir bitkinin merkezi tespit edilmiş ve bu merkezler birleştirilerek bitki sırası çizilmiştir.

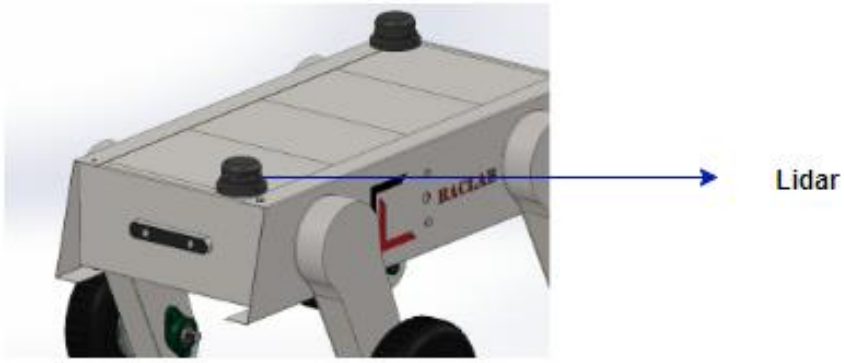
Aracın tarım arazisindeki hareketi sırasında, araç ZED2 Stereo kamera ile derinlik ölçümü yapacaktır. Aynı zamanda lidardan 2 boyutlu harita çıkartılacaktır. Tespit edilen nesneler Rviz üzerinden işaretlenecektir. Elde ettiğimiz tüm veriler PyQt de oluşturulmuş arayüz sistemimizde görselleştirilecektir. Bu arayüz; aracın hızını, görev durumunu, aldığı yolu, batarya seviyesini, sıcaklık verisini, tespit ettiği bitki sayısını, kamerasından ve lidarından aldığı verilerini ve haritalamasını gösterecektir. Lidar ve Zed kameranın bağlandığı Jetson Xavier NX kartının yüksek veri işleme kapasitesiyle yazdığımız bütün algoritmaları işleyebilmekteyiz.

4. Sensörler

4.1 Lidar

Aracımızda RPLidar A3M1 kullanılmıştır. Yarışma alanında bulunan engellerin rahat bir şekilde geçilmesi ve otonom sürüş algoritmalarında verimli bir şekilde veri alınabilmesi için bu lidar kullanılmıştır. Kullandığımız lidar modeli saniyede 1600 örnek toplama kapasitesine sahiptir. Sistemde iki adet lidar kullanılmıştır. İki lidar kullanılmasının sebebi, aracın önündeki ve arkasındaki 180 derecelik lidarlar ile toplamda 360 derecelik görüş açısı elde edilmesidir. Lidarlar, Jetson Xavier NX ile uyumludur. Veriler Jetson Xavier NX'e USB bağlantısı ile aktarılacaktır. Şekil-4.1.1'de sensörün özellikleri ve konumu detaylı olarak verilmiştir.

Sensör	Adet	Model	Özellikler
Lidar	2	RPLidar A3M1	-Kapalı ve iç mekan kullanımına uygun -25 metre menzilli -2D 360° -190 gram ağırlığında -ROS'a uyumlu

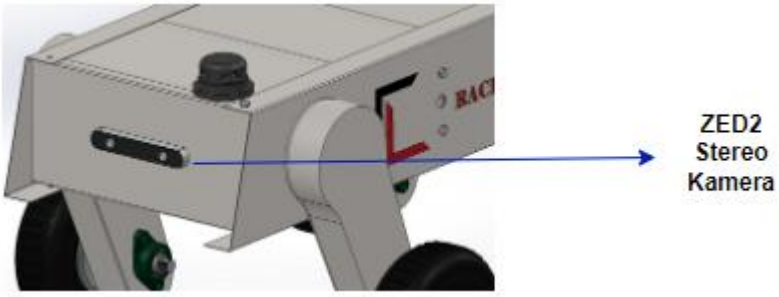


Şekil-4.1.1 Lidar Konumu

4.2 Kamera

Aracımızda yabancı bitki tespiti ve YOLOv5 algoritmasında kullanılması istenen verileri elde etmek için ZED2 stereo kamera kullanılmıştır. Bu kamera 120 mm olup 1,5 mm ile 20 mm arasında derinlik bilgisi sağlar. Kamera optiği 110 derecelik görüş alanına sahiptir. Derinlik algılama menzilimiz 0,2-20 m olduğundan bitkiyi uzaktan tespit oranımız artmaktadır. Bu kamera doğrudan yardımcı bilgisayara bağlanarak sıra üzerindeki bitkilerin görüntülerini yardımcı bilgisayara göndererek yardımcı bilgisayarda bulunan bitki tespiti algoritmalarına veri sağlayacaktır. Bu kamera ile kaliteli veri setleri elde etme olasılığımız artmaktadır, bununla birlikte bitki tespit oranı da artmaktadır.

Sensör	Adet	Model	Özellikler
Kamera	1	ZED 2 stereo	Derinlik için fps: 100Hz Derinlik algılama menzili:0.2 - 20 m Derinlik algılamada FOV: 110° (H) x 70° (V) x 120° (D)

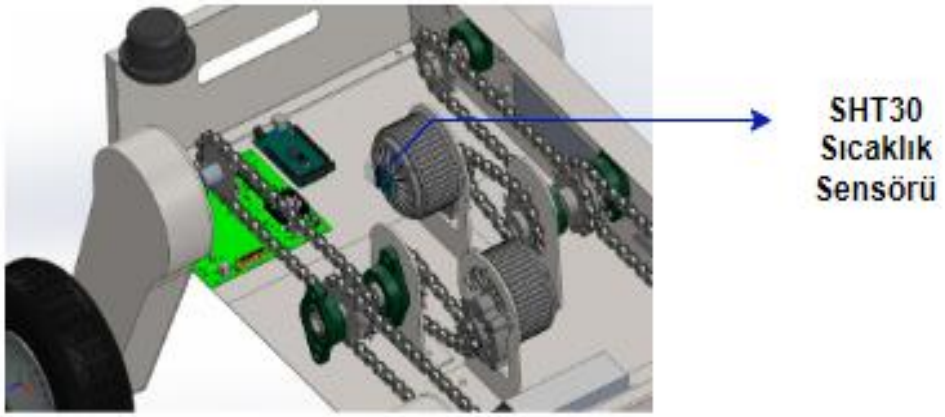


Şekil-4.2.1 Kamera Konumu

4.3 SHT 30 Sıcaklık Sensörü

Araçta bulunan sıcaklık sensörü aracın ana kontrol kartı ve motorların sıcaklığını ölçecektir. Arayüzde aracın elektronik bileşenlerdeki anlık sıcaklık takibi sağlanarak araç güvenliği ve donanım güvenliği sağlanmış olacaktır. Sıcaklık sensörümüz Arduino uyumlu olup I2C haberleşmesine sahiptir.

Sensör	Adet	Model	Özellikler
Sıcaklık Sensörü	1	SHT30	Doğruluk Yüzdesi% ±4.5. Nem Aralığı %0 - %100 .Sıcaklık Aralığı-40°C- 123.8°C. Besleme Gerilimi 2.4 V - 5.5 V

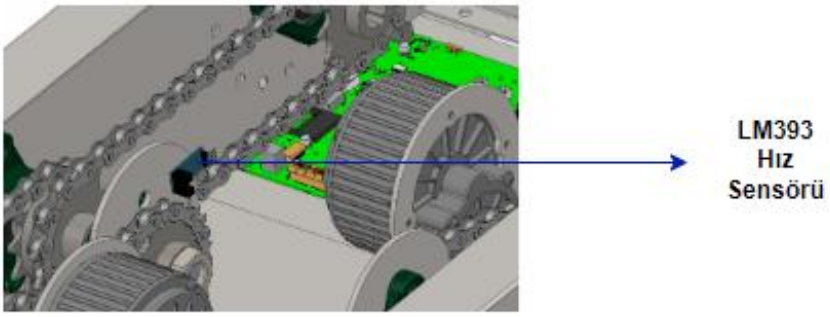


Şekil-4.3.1 Sıcaklık Sensörü Konumu

4.4 Hız Sensörü

Aracımızda bulunan hız sensörleri aracın anlık hızının arayüzde takip edilmesi için tekerlek kısımlarına konumlandırılmıştır. Aracın tekerlerine yerleştirilmiş olan optik sensörler tekerleklerin açısal hızını ölçmek amacıyla kullanılacaktır. Bu sayede İKA; yolun kaygan ya da yumuşak olması nedeniyle tekerleklerinin dönmesine karşın ilerleyememesi durumunda, durumun tespitini otonom olarak kolayca yapabilecek ve patinajdan kurtulma algoritması devreye girecektir.

Sensör	Adet	Model	Özellikler
Hız Sensörü	1	LM393	Çıkış formatı Dijital mantık (0 ve 1). Boyutlar 3.2cm x 1.4cm Geniş voltaj karşılaştırıcısı

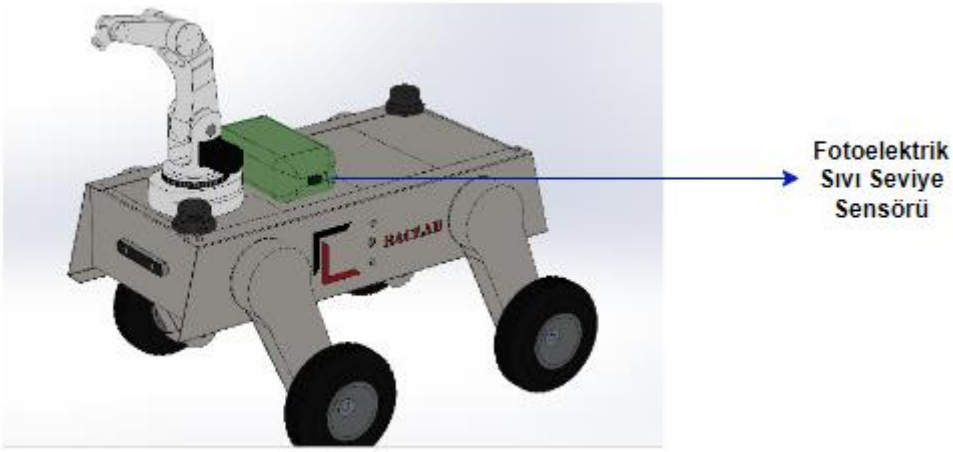


Şekil-4.4.1 Hız Sensörü Konumu

4.5 Fotoelektrik Su/Sıvı Seviye Sensörü

Sıvı seviye sensörü, İKA'nın ilaç tankında bulunan sıvının seviyesini ölçerek arayüzde takibinin sağlanması amaçlanmıştır.

Sensör	Adet	Model	Özellikler
Fotoelektrik Sıvı Seviye Sensörü	1	Sıvı Seviye Sensörü	Çalışma Gerilimi 5Vdc Çıkış Akımı 12mA Çalışma Sıcaklık Aralığı -25°C ~105°C Ömür 50.000 Saat Ölçü Değeri 28mm*28mm



Şekil-4.5.1 Sıvı Seviye Konumu

5.Araç Kontrol Ünitesi

5.1 Ana Kontrol Ünitesi

Aracımızın ana kontrol ünitesi olarak Jetson Xavier NX kartı kullanılmıştır. Lidar ve Zed kamera bu üniteye bağlanmıştır. Bu ünitede lidar sensöründen alınan verilerle otonom sürüş algoritması, kameradan alınan verilerle de nesne tespit algoritması ve haritalandırma algoritması işletilecektir. Jetson Xavier NX kartı yüksek veri işleme kapasitesine sahiptir. Bu ünite nesne tespit algoritmasının işletilmesi açısından da yüksek kapasiteye sahiptir. Bu üniteden alınan veriler sensör füzyon algoritmasıyla birleştirilerek aracın yardımcı kontrol ünitesi olan Arduino Mega kartına iletilecektir. Kartımız yapay zeka algoritmalarını çalıştırmak için 21 TOPS'a kadar performans sunar. Yapay sinir ağları, paralel işleme ve birden fazla sensörden gelen yüksek veriyi işleyebilme kapasitesine sahiptir.**[15]**

5.2 Yardımcı Kontrol Ünitesi

Aracımızda yardımcı kontrol ünitesi olarak Arduino Mega kartı kullanılmıştır. Bu kart, Jetson Xavier NX kartından gelen komuta göre aracın motorlarına, ilaçlama pompasına ve robot kola komut verecektir. Aracın sıcaklık sensöründen ve hız sensöründen gelen veriler burada işlenilecektir. Burada işlenilen verilerin arayüzde takibi yapılacaktır. Bu ünitede aracın ana kontrol ünitesinde bulunan algoritmalar, bu ünitedeki ROS serial ile haberleşecektir. Araçta bulunan IMU sensör Pixhawk kartında dahili olarak bulunmaktadır. Bu sensör verileri burada işlenilecektir. Bu sayede araç, parkurda verilen görevleri daha stabilize ve kararlı bir şekilde gerçekleştirecektir.

5.3 Haberleşme Sistemi

5.3.1 Donanım Arası Haberleşme

Aracımızda bulunan Arduino Mega ve Jetson Xavier NX kartı, veri alışverini SPI(serial peripheral interface) protokolü ile gerçekleştirecektir. Arduino üzerinde bulunan 3 pin, SPI haberleşmesine olanak sağlar. Bu pinler MISO, MOSI ve SCK pinleridir. Arduino Mega ile motorlar arasındaki haberleşme motor sürücüler yardımıyla gerçekleştirilecektir. Arduino

Mega'dan alınan komutlar PWM sinyalleri ile motora aktarılacaktır. Robot kolun kontrolü için ise Nema 17 ve Nema 23 step motorlara aktarılacaktır. Arduino Mega ile SHT30 sıcaklık sensörü arasındaki haberleşme I2C haberleşme protokolü ile gerçekleştirilecektir.**[14]** Araç hızının takibi için LM393 hız sensörü kullanılmıştır. İlaçlama pompasının kontrolü için Arduino Mega'dan alınan komutlar, ilaç pompasına 1 ve 0 dijital sinyalleri şeklinde gönderilerecektir.

5.3.2 Kablosuz Haberleşme

Kablosuz haberleşme, Jetson Xavier NX ile kontrol kumandası arasında gerçekleşecektir. Bunun için wifi modülü kullanılacaktır. Kontrol kumandası olarak kullanacağımız cihaz Logitech F710'dur ve kablosuz bağlantısı kablosuz-USB dongle ile sağlanmaktadır. F710'a ait olan dongle, cihazlar arasında hem kablosuz hem de bluetooth olarak bağlantı sağlayabilmektedir.**[13]** Dongle, Jetson Xavier NX kartının USB portuna bağlanarak kontrol kumandası ile Jetson arasında kablosuz haberleşme sağlamaktadır. Bu cihaz Jetson Xavier ile uyumludur.

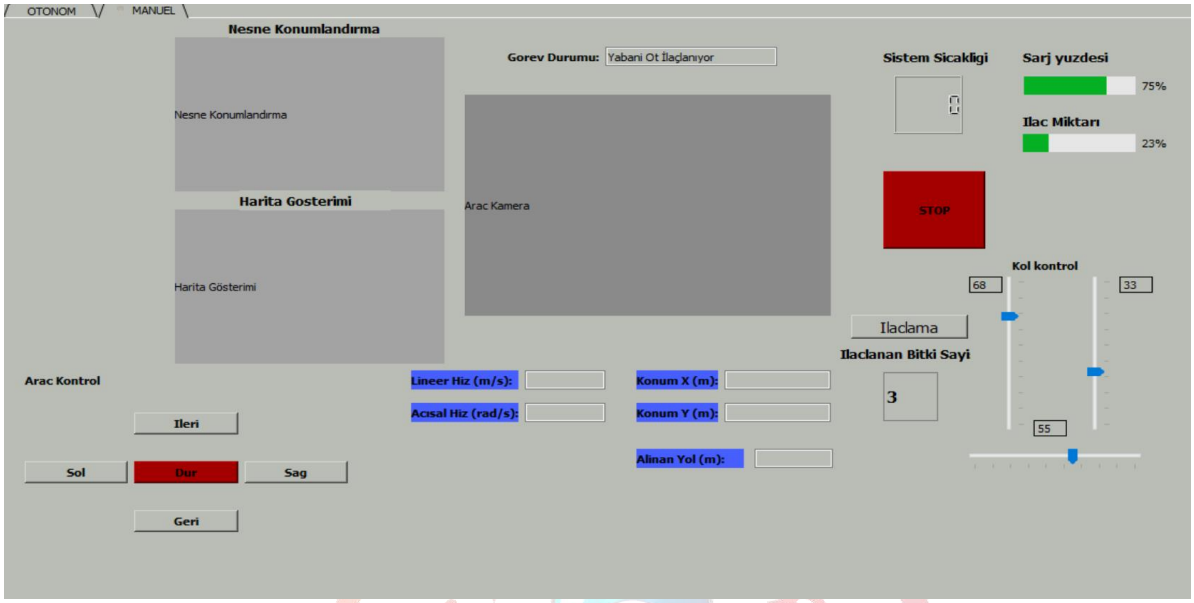
Aracımız yer kontrol istasyonu ve kumanda ile TCP/IP protokolü ile haberleşecektir.

Wifi modülünün teknik özellikleri şu şekildedir:

TX/RX akımları: 2*2
Bands: 2,4 GHz /5 GHz
Hız: 300Mbps/867 Mbps
Wifi protokol: 802.11 ac
Uyumluluk: FIPS, FISMA
Bluetooth sürümü: 4,2 anten 2*2
Anten range(mesafe): 500 metre

5.3.3 Arayüz

Arayüz PyQt ile oluşturuldu. PyQt bir programlama dili değildir, Python ile grafiksel kullanıcı arayüzlü programlar oluşturmamızı sağlar. PyQt, Python ve C++ çapraz platform uygulama çerçevesiyle, çapraz platform tarafından uygulanan Python dilini bir araya getiren bir köprü görevi görmektedir. PyQt5, grafik kullanıcıları için arabirimi tasarımcısı olan Qt Designer'ı içerisinde bulundurmaktadır. PyQt, Qt Designer ile yeni Qt kodları oluşturur ve yazılmış yeni arayüz kodlarını eklemeye olanak sağlar. PyQt; grafiksel kullanıcı arayüzlerini, XML işlemeyi, ağ iletişimini, SQL veritabanlarını ve Qt'de bulunan diğer teknolojileri de kapsayan 620'den fazla sınıfı içerisinde barındırır. **Şekil-5.3.3.1**'de arayüz tasarımı gösterilmiştir.



Şekil-5.3.3.1 Arayüz

6. Otonom Sürüş Algoritmaları

6.1 Bitki Sıra Tespiti

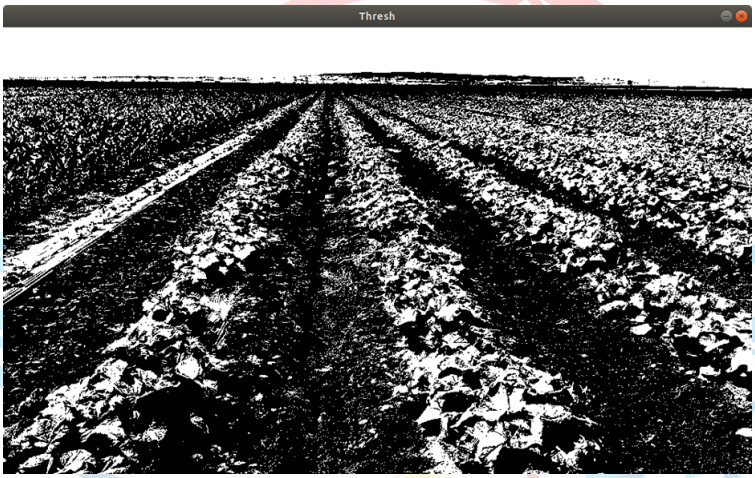
Tarımsal insansız kara aracımızın tarım arazisindeki hareketi, bitki sırasının tespiti ile başlayacaktır. Araç, tarım arazisine ilk konulduğunda bitki sırasını tespit edememesi halinde belirli bir miktar düz gidecektir. Sıra tespit edilirse araç kendini bitki sırasına ortalayarak hareketini sürdürecektir. Ancak bitki sırası hâlâ tespit edilemezse kendi ekseni etrafında dönüş yapacaktır. Bu belirttiğimiz algoritmalarla bitki sırasının tespiti sağlanacaktır.

Sıra tespit sürecinin ilk kısmı, bitki sırasını tespit etmeyi zorlaştıran faktörleri ortadan kaldırmaktır. Eşikleme uygulayarak bitki sıralarını temsil eden pikseller izole edilecektir. Güneşten gelen kamaşma, gölgeler, ışık kaynakları, tarla yüzeyi sıra tespitini zorlaştırabilir. Şekil-6.1.1'de eşikleme yapılmadan önceki görüntü yer almaktadır.

Şekil-6.1.1 Eşikleme Yapılmadan Önceki Görüntü

Eşikleme sayesinde, bir video karesindeki her pikselin, bir pikselin yoğunluğu bir sabitten daha

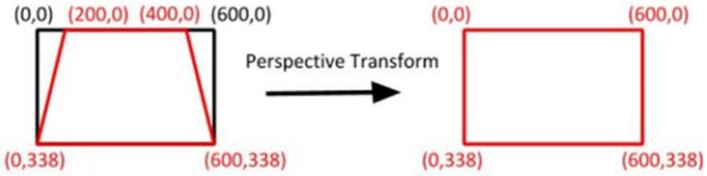
az ise siyah bir pikselle, pikselin yoğunluğu bir sabitten büyükse beyaz bir pikselle değiştirilir. Eşiklemenin ilk adımı olarak BGR renk formatından HLS'ye dönüşüm sağlanmıştır. HLS formatı; gölgeler, güneşten gelen yansımalar vb. çevresel faktörler görüntü sorunlarını algılamak için BGR formatından daha iyidir. İkinci adım olarak video karesinin x ve y ekseni boyunca L(açıklık) kanalında Sobel kenar algılama gerçekleştirilmiştir. Bu şekilde bitki sırası kenarlarını izole edebilmemiz için görüntüdeki en güçlü kenarları alınmış olunur. Üçüncü adımda video karesinin S(doygunluk) kanalında ikili eşikleme gerçekleştirildi. Dördüncü adımda BGR video karesinin R(kırmızı) kanalında ikili eşikleme gerçekleştirildi. Son adımda ise gölgelerin ve tarım arazisinin renk değişiminden kaynaklanabilecek parazitleri azaltmak için filtre uygulandı. Uygulanan eşikleme **Şekil-6.1.2**'de gösterilmiştir



Şekil-6.1.2 Eşikleme Yapılmış Tarım Arazisi

Bitki sırasının tespitinde daha iyi sonuçlar elde edebilmek için uygulanan bazı dönüşümler mevcuttur. Bitki sıralarının eğrilik yarıçaplarını hesaplamak sıra tespiti için oldukça önemlidir. Eğrilik yarıçaplarını hesaplamak, sıranın hangi yöne doğru döndüğünü bilmemizi sağlamaktadır. Ancak kameranın perspektifi nedeniyle bazı dönüşümler uygulanması gerekmektedir. Peki neden perspektif dönüşümü kullanmak daha faydalı olacaktır? Kuşbakışı bir görünümde bitki sıraları birbirine paralel olarak görünür. Ancak araca yerleştirilmiş kamera açısından bakıldığında **Şekil-6.1.1**'deki gibi bitki sırası yamuk benzeri bir şekilde gözükmektedir. Sıranın eğrilik yarıçapını hesaplanamaz çünkü kameranın bakış açısından iki sıra arası genişlik, araçtan uzaklaştıkça azalıyor gibi görünür. Ufuk noktası dediğimiz yerde de sıralar birleşiyor gibi görünür.

OpenCV'nin sunmuş olduğu perspektif dönüşümü yöntemi kameranın görüntüsünü, kuşbakışı perspektifine dönüştürür. Perspektif dönüşümünün ilk adımı için ilgi alanı (ROI) belirlenmesi gerekmektedir. Bu adım görüntünün ilgilenmediğimiz kısımlarını kaldırmaya yardımcı olur. **Şekil-6.1.3**'te ROI adımı gösterilmiştir. Bu şekilde aracın hemen önündeki sıra segmenti ile ilgilenilir.

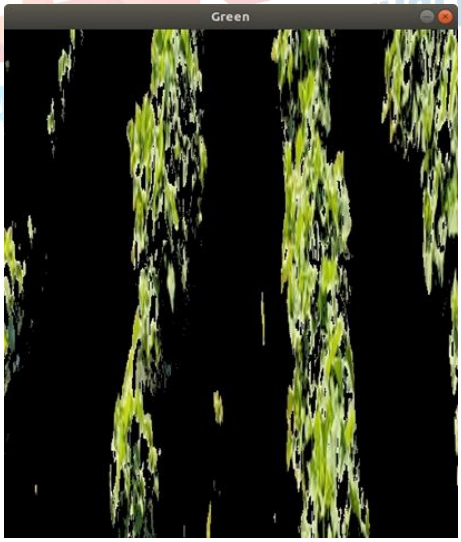


Şekil-6.1.3 ROI

Tarım arazisine uyguladığımız perspektif görünüm **Şekil-6.1.4**'te gösterilmiştir.

Şekil-6.1.4 Tarım Arazisine Uygulanan Perspektif Görünüm

Elde ettiğimiz perspektif görünüme uyguladığımız bazı filtreler ile gürültüleri azaltılır. **Şekil-6.1.5**'te uyguladığımız maskeleme işlemi görülmektedir.



Şekil-6.1.5 Maskeleme

Yaptığımız bütün filtreleme ve dönüşümlerden sonra bitki yoğunluğunun diğer noktalara göre fazla olduğu başlangıç konumundan bitiş konumuna çizgi çizilmektedir. Çizilen bu çizgiler takip edilerek araç görevini sürdürecektir. Şekil-6.1.6'da bitki sırasının tespiti gösterilmiştir.

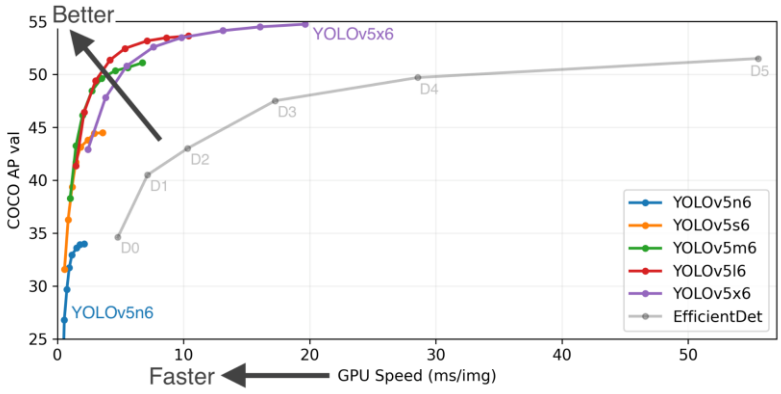
Şekil-6.1.6 Bitki Sıra Tespiti

Şekil-6.1.6'daki tarım arazisi tarayıcıdan bulunmuş olup üzerinde yapılan dönüşüm, filtreler ve sıra tespiti kendimize aittir. **[1]**

6.2 Yabani Ot Tespiti

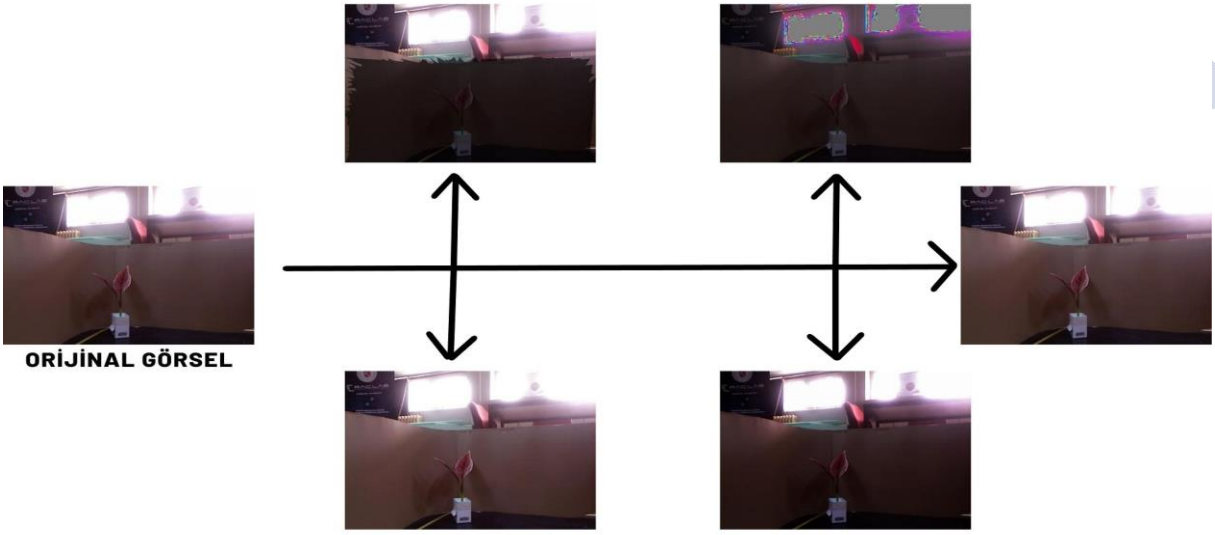
Aracımız yabani ot tespitini YOLOv5 nesne tespit algoritması ile yapacaktır. YOLO sürümlerinin hepsi v5 sürümüne kadar Darknet framework üzerinde çalışmaktaydı. Fakat yayınlanan YOLOv5 sürümüyle [7]PyTorch framework kullanıldı. PyTorch'un geniş bir geliştirici topluluğa sahip olması, ayrıntılı ve anlaşılır bir dokümantasyona sahip olması, hesaplama görevlerini birden fazla CPU'ya veya GPU'ya dağıtabilmesi avantajlarından birkaçıdır.

[9]YOLOv5; Nano, Small, Medium, Large ve XLarge olmak üzere 5 adet modele sahiptir. Her biri Şekil-6.2.1'de de görüldüğü gibi farklı tespit doğruluk değeri ve performansı sunmaktadır.



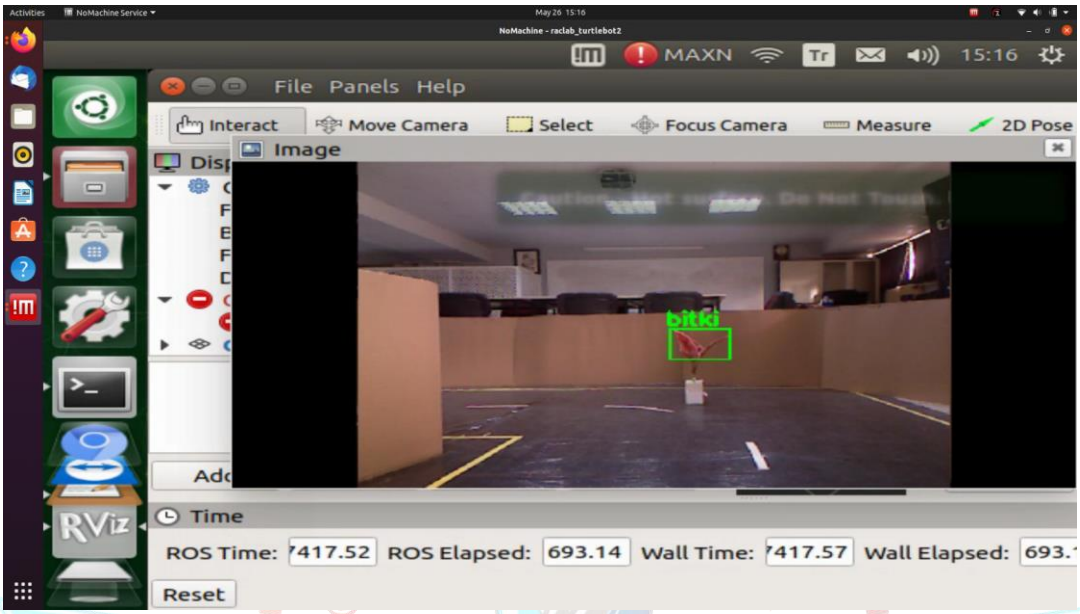
Şekil-6.2.1 Tespit ve Performans Değerleri

Şekil-6.2.1'de görüldüğü üzere modellerin kendilerine özgü tespit ve performans değerleri bulunmaktadır. Aracımızdaki Jetson Xavier NX kontrol kartının GPU performansını göz önünde bulundurarak Nano (YOLOv5n6) modeliyle eğitim ve tespit yapılacaktır.
Yabani ot tespitinde YOLOv5 nesne tespit algoritmasının genel özellikleri, eski sürümlerinden daha optimize çalışması ve sınırlı sistem kaynaklarında daha yüksek performans vermesi, eğitim aşamasında görüntüyü aynalayan, kendi ekseni etrafında çeviren, farklı renk ayarlarında örnekler oluşturan hiper parametrelere sahip olmasıdır. Bu hiper parametreler sayesinde eğitim aşamasında, elimizdeki veri seti çoğaltılmış olup daha kaliteli bir eğitim yapılmaktadır.
Eğitim aşamasında uygulanan hiper parametreler dışında bizim kendi uyguladığımız veri çoğaltma yöntemleri de bulunmaktadır. Bu yöntemler ile elimizde olan veri setindeki, resimlerin parlaklığını arttırıp güneşli ortamı, resimlere gölge ekleyip gölge altında kalması durumunu ve resimleri bulanıklaştırıp kameradan gelen verilerin bozulma durumunu simüle edip kaydediyoruz. Bu elde ettiğimiz verileri de veri setimize ekliyoruz. Kullandığımız veri çoğaltma yöntemleri arazi ve yarışma şartları göz önünde bulundurarak belirlenmiştir. Bu sayede topladığımız veri setini her türlü şarta göre çoğaltıp, arazi şartlarında yabani ot tespitini engelleyen durumların maksimum derecede önüne geçilmektedir. Veri çoğaltma işlemi uygulanmış görsel Şekil-6.2.2'de gösterilmiştir.



Şekil-6.2.2 Veri Çoğaltma İşlemi Sonuçları

Yukarıda belirttiğimiz yöntemleri kullanarak YOLOv5n6 ile eğittiğimiz modelin nesne tespit sonucu Şekil-6.2.3'te yer almaktadır. Nesne tespitini yarışmada kullanacağımız Jetson Xavier NX kartı ile yapmış bulunmaktayız.



Şekil-6.2.3 Bitki Tespit Sonucu

6.3 Engelden Kaçış Algoritması

Öncelikle aracın düz giderken yönünden sapmasını engelleyen kontrol algoritması anlatılacaktır. Kısaca bahsetmek gerekirse bu algoritma, gittiği yön 0.04 radyan kayarsa, yönünü tekrar ayarlamasını ve hareketine düzgün devam etmesini sağlıyor. 0.04 radyan seçildi çünkü, daha düşüğü yönünü sürekli ayarlamasına ve süre kaybına, daha fazlası da istenilen hareketi yapamamasına neden oluyor. Bu algoritma aşağıda anlatılan tüm düz hareketlerde geçerli olacaktır.

Araç bitki sırasında hareket ederken önüne çıkan engeli tanıdığında öncelikle gittiği yönü baslangic_yaw değişkeninde kaydedecektir. Ardından önündeki lidarının 60 ve 120 dereceleri arasındaki kısmının verisini tutan ‘on’ bölgesinden gelen minimum değer 0.5 metre olana kadar 0.25 m/s hızla düz hareketine devam edecektir.

0.5 metre kaldığında durup 0.25 m/s dönüş hızıyla 90 derece sola dönüş yapacaktır. Bu dönüşteki hata payı 0.01 radyandır. Dönüşü tamamladığında bulunduğu noktanın koordinatlarını (ilk_x, ilk_y) şeklinde kaydedecektir. Ardından yine önündeki lidarının 0 ve 60 dereceleri arasındaki kısmının verisini tutan ‘sag_on’ bölgesinden gelen minimum değer 0.75 metre olana kadar 0.25 m/s hızla düz hareketine devam edecektir.**[2]**

Bu gerçekleştiğinde engelin, aracın görüş alanından çıktığı anlaşılacaktır. Ancak görüş alanından çıkması, dönüş anında engele kesin çarpmayacağı anlamına gelmeyeceği için aracın engelden yeterli bir mesafede uzaklaşması istenmiştir. Bunun için de aracın arkasındaki lidarının 0 ve 60 dereceleri arasındaki kısmının verisini tutan sag_arka bölgesinden gelen minimum değer 0.75 metre olana kadar 0.25 m/s hızla düz hareketine devam edecektir.

Alınan minimum değer 0.75 metre olduğunda bir sonraki adım olan 90 derecelik sağa dönüş sırasında engele çarpmamak için yeterli mesafeye uzaklaştığı anlaşılacaktır. Ardından sağa dönüş başlayacaktır. Sağa dönüşü -0.25 m/s dönüş hızıyla ve 0.01 radyanlık hata payı ile

tamamlayacaktır. Dönüş tamamlanınca bulunduğu noktanın koordinatlarını (son_x, son_y) şeklinde kaydedip, ilk nokta ile son nokta arasındaki mesafeyi aşağıdaki formülle bulacaktır ve alinan_yol degiskenine kaydedilecektir:

alinan_yol=(((son_x-ilk_x)^2)+((son_y-ilk_y)^2))^0.5

Alınan yolun hesaplanmasıyla, önündeki lidarının 'sag_on' bölgesinden gelen minimum değer 0 olabilir, bu nedenle ilk önce bunu kontrol edilir ve bu değer 0 olması durumunda 0 olmayana kadar 0.25 m/s hızla düz hareket ettirilir.

Kontrolün ardından, önündeki lidarının 'sag_on' bölgesinden gelen minimum değer 0.75 metre olana kadar 0.25 m/s hızla düz hareket edecektir. Devamında da arkasındakı lidarının 'sag_arka' bölgesinden gelen minimum değer 0.75 metre olana kadar 0.25 m/s hızla düz hareketine devam edecektir.

0.75 metre uzaklaşıldığında, 90 derece sağa dönecektir. Sağa dönüşü -0.25 m/s dönüş hızıyla ve 0.01 radyanlık hata payı ile yapılacaktır. Dönüş tamamlandığında bulunduğu noktanın koordinatlarını (ilk_x, ilk_y) şeklinde kaydedecektir.**[3]**

Araç koordinat hesabının ardından, sürekli bulunduğu noktanın koordinatlarını (son_x, son_y) şeklinde kaydedip, gittiği mesafeyi aşağıdaki formülle hesaplayacaktır ve gidilen_mesafe değişkenine kaydedecektir:

gidilen_mesafe=(((son_x-ilk_x)^2)+((son_y-ilk_y)^2))^0.5

gidilen_mesafe ve alinan_yol değişkenleri arasındaki fark 0.1 metre olduğunda, araç en başta alınan yolu gittiğini anlayacak ve duracaktır.

Son dönüşü olarak başlangıçta gittiği yöne, baslangic_yaw değişkeninde kaydedilen değere, dönmek için 0.25 m/s dönüş hızıyla ve 0.01 radyanlık hata payıyla 90 derece sola dönüş yapacaktır ve engeli başarıyla geçip başlangıçta bulunduğu sırada hareketine devam edecektir.

7. Yabancı Otla Zirai Mücadele Yöntemleri

Yabani ot ile mücadele kısmında aracın üstünde bulunan 4 serbestlik derecesine sahip robot kol kullanılmaktadır. Yabani ot tespit edildiğinde bitkinin merkez konumu belirlenip robot kol, uygulanan matematiksel hesaplamalar sonucunda bitkiye doğru yönelip ucunda bulunan nozul ile püskürtme işlemi yapacaktır. Yabani otun tespiti ve robot kolun yönelim adımları tamamlandığında kullandığımız elektronik pompaya Ardunio Mega ile sinyal gönderip püskürtme işleminin yapılması sağlanacaktır. Robot kolun çalışma sistemi **3.1.3 Robot Kol Sistemi** başlığı altında anlatılmıştır.

Yabani ota püskürtülecek ilacın saklandığı deponun hacmi 5 litre olup deponun araç üzerindeki konumu **Şekil-4.5.1**'de verilmiştir.

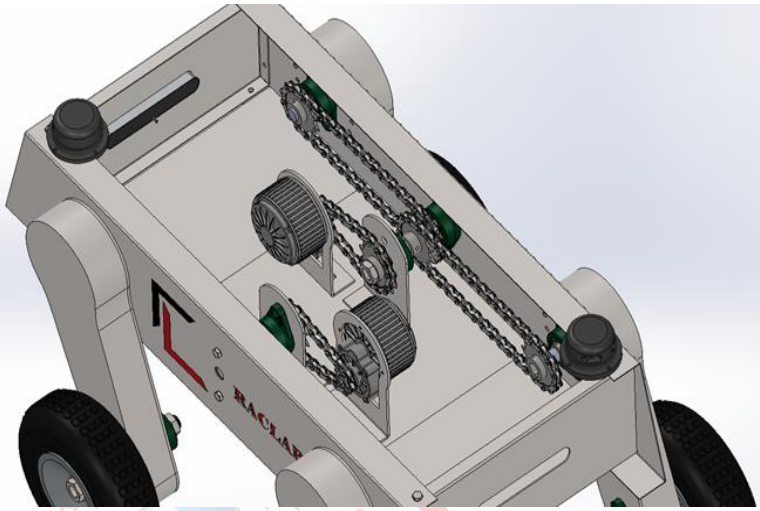
8. Özgün Bileşenler

8.1. Mekanik Bileşenler

8.1.1 Zincir- Dişli Güç Aktarma Sistemi

Aracın motordan tekere doğru güç aktarımı zincir ve zincir dişliler kullanılarak yapılmaktadır. Toplamda 2 adet redüktörlü fırçalı DC motor kullanılmaktadır. Motorlardan biri sol

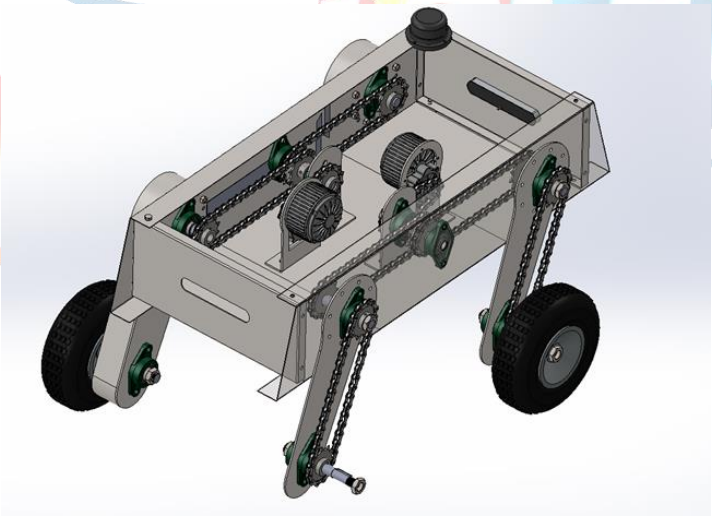
tekerleklere güç sağlarken, diğeri de sağ tekerleklere güç sağlamaktadır. Zincir dişli sistemi her bir motor için 3 kademede aktarılmaktadır. Zincir ve dişli, piyasada oldukça yaygın olarak kullanılan bisiklet zincirlerinden seçilmiştir. Dolayısıyla zincirin hasar görmesi halinde kolay ve ucuz bir şekilde bakımı ve değişimi yapılabilecektir. Zincir dişli aktarma sistemi Şekil-8.1.1.1'de gösterilmiştir.



Şekil-8.1.1.1 Zincir Dişli Aktarma

8.1.2 Yataklama Sistemi

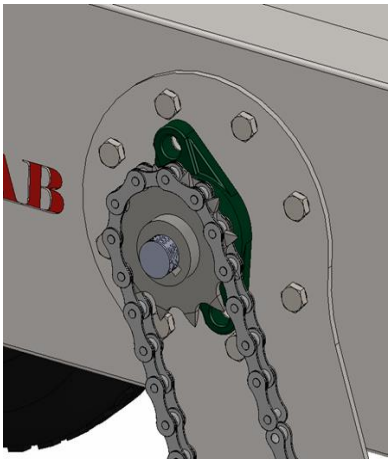
Motordan tekerleklere güç aktarımının boşluksuz, titreşimsiz ve enerji verimliliği yüksek olması için güç aktarma milleri, rulmanlı yataklar ile beraber çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Sistemin yükü tekerlere aktarılıncaya kadar geçen süreçte, kuvvetin yönleri dikkate alınarak, rulman seçimi ve tasarımı yapılmıştır. Sistemde 20 mm iç çapa sahip yataklı rulmanlar farklı bölgelerde kullanılmıştır. Yataklama sistemi Şekil-8.1.2.1'de gösterilmiştir.

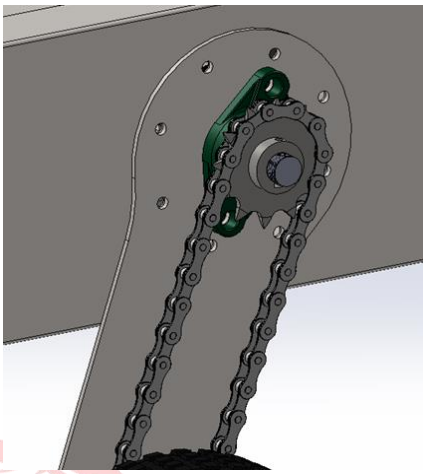


Şekil-8.1.2.1 Yataklama Sistemleri

8.1.3 Araç Yükseklik Ayarı

Araç, farklı arazi şartlarına karşı farklı yükseklik ayarlarında kullanılabilmektedir. Tekerlerin bağlı olduğu kollarda bulunan delikler kullanılarak kollar farklı açılarda montajlanabilmektedir. Montajlama delikleri Şekil-8.1.3.2'de, cıvataların yerleştirilmiş hali Şekil-8.1.3.1'de gösterilmiştir.

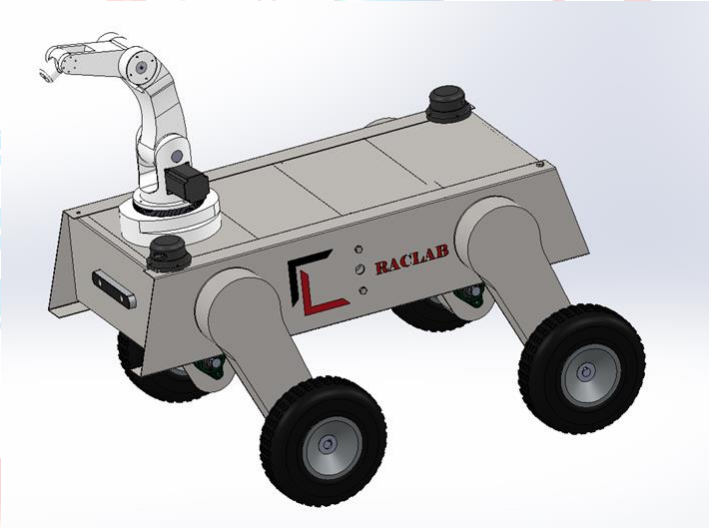




Şekil-8.1.3.1 Civata Yerleştirilmiş Hali

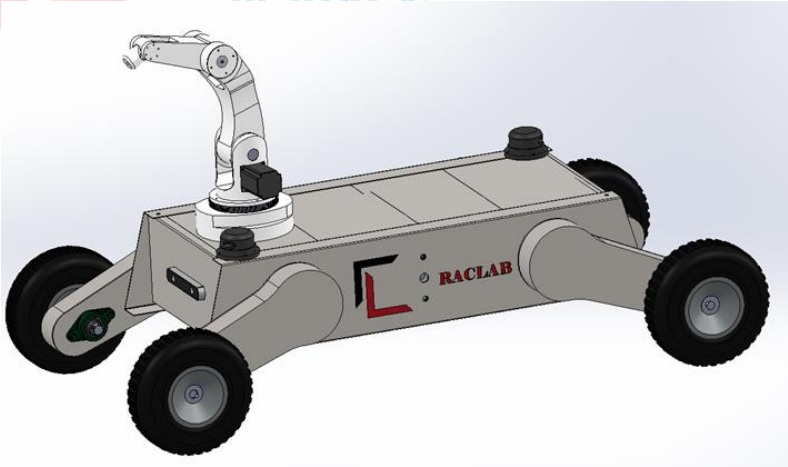
Şekil-8.1.3.2 Montajlama Delikleri

Aracın yerden yüksek konfigürasyonu Şekil-8.1.3.3'te gösterilmiştir.



Şekil-8.1.3.3 Yerden Yüksek Konfigürasyon

Aracın yere yakın konfigürasyonu ise Şekil-8.1.3.4'te gösterilmiştir.



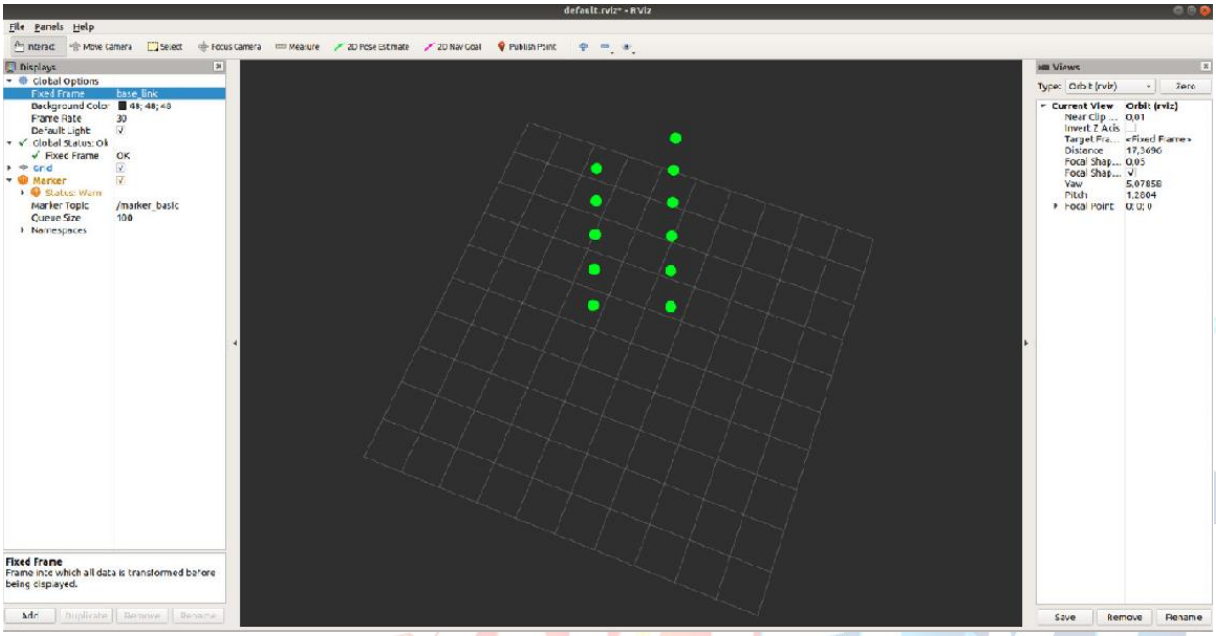
Şekil-8.1.3.4 Yere Yakın Konfigürasyon

8.2.Yazılımsal Bileşenler

8.2.1 İşaret Atama

Kullanıcı, oluşturulan harita üzerine işaret atama algoritması ile yabani bitkilerin ve taşların yerini harita üzerinden görülebilecektir. Bu sayede hızlı bir çözüm gerekiyorsa kendisi de müdahale edebilecektir. Kullanıcı taşları kendisi temizlerse, araç engelden kaçmadan hareket sağlayacak böylece zaman ve pilden tasarruf sağlayacaktır.

İşaret atama algoritmasının Rviz üzerindeki görüntüsü Şekil-8.2.1.1'de gösterilmiştir.

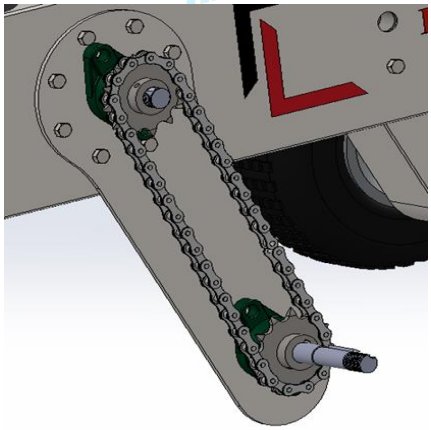


Şekil-8.2.1.1 Point

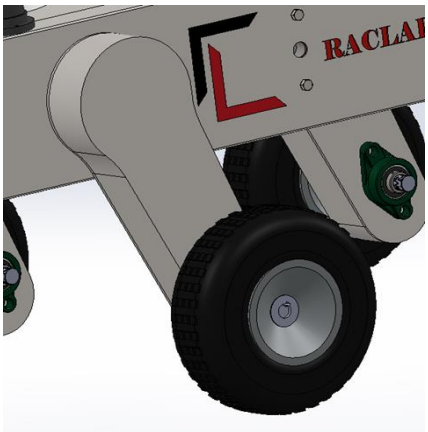
9. Güvenlik Önlemleri

9.1. Mekanik Güvenlik Önlemleri

Aracın dışarıda kalan zincir dişli güç aktarma bileşenlerinin tehlikeli durumlara yol açma ihtimali bulunmaktadır. Zincir dişli mekanizmasının güvenli bir şekilde çalışması için önüne kapak tasarlanmıştır. Mekanizmanın kapaksız hali Şekil-9.1.1'de, kapaklı hali ise Şekil-9.1.2'de gösterilmiştir.



Şekil-9.1.1 Kapaksız Hal



Şekil-9.1.2 Kapaklı Hal

9.2 Elektronik Güvenlik Önlemleri

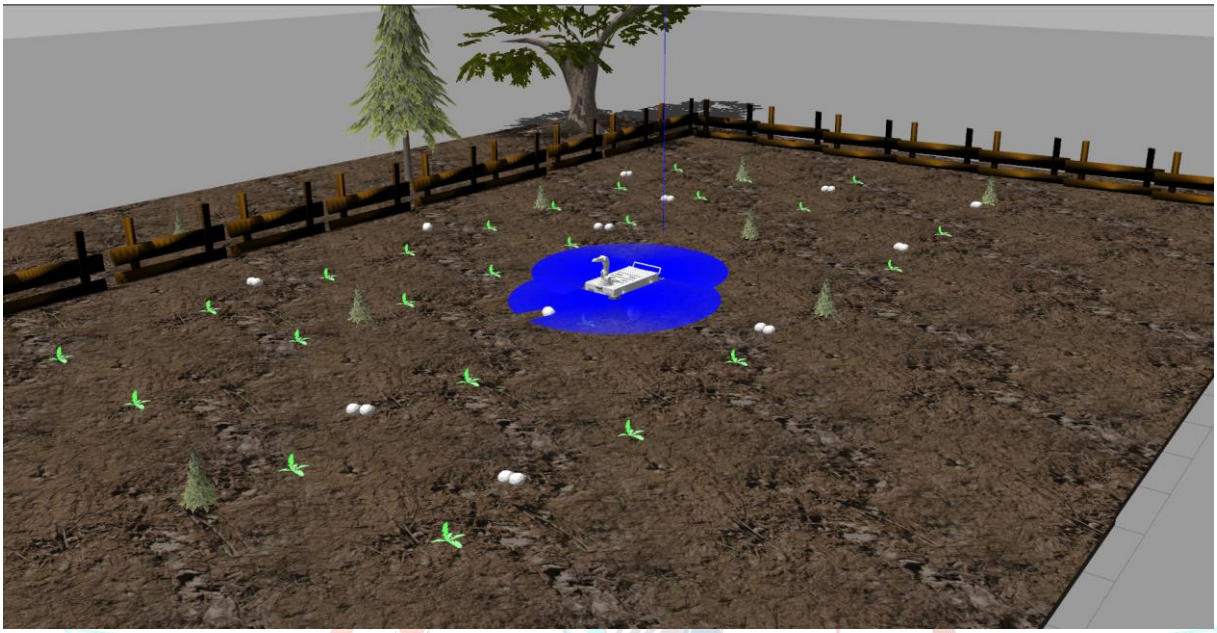
Sisteme verilecek olan ana hat akımı, sigorta ve acil durdurma butonu üzerinden sağlanacaktır. Aracın bataryadan fazla akım çekmesi durumunda sigorta devreye girecektir. Aynı zamanda acil durdurma butonuna basıldığı durumlarda sisteme verilen akım kesilecektir. Araçta kullanılan bataryalarda BMS (batarya yönetim sistemi) bulunmaktadır. Batarya yönetim sistemi bataryanın sıcaklık durumunu arayüzde görmemize olanak sağlar. Bu sayede bataryanın sıcaklığı anlık olarak ölçülebilir ve sistem güvenliği sağlanmış olmaktadır. Sistemin sıcaklığı sıcaklık sensörleri yardımı ile ölçülecektir. Sıcaklık sensöründen gelen veriler, arayüzden izlenebilecektir. Sıcaklık değerleri tehlike oluşturacak düzeye ulaştığında ana kontrol kartı üzerindeki algoritma ile sistem durdurulacaktır.

10.Simülasyon ve Test

10.1 Simülasyon Ortamı

ROS, açılımı Robot Operating System olan ve robotları kontrol etmeye yarayan bir yazılımdır. Robotun dış dünyadan sensörler aracılığıyla aldığı verileri işleyip tekrar robota komut olarak göndermeyi sağlar. Linux işletim sistemi üzerinde çalışan bir arayüzdür. Açık kaynak kodlu olmasının getirmiş olduğu araçlar ile çalışmalarımızı geliştirmekte ve yönetmekteyiz. Simülasyon ortamı olarak ROS ile uyumlu GAZEBO ve Rviz kullanılmıştır. GAZEBO, geliştirilen aracın fiziksel olarak gösterildiği ve başka materyallerin eklenip simulasyon oluşturulabildiği bir ortamdır. Python ve C++ ile yazılan kodları bu simulasyon üzerinde test etme imkânı buluyoruz. Rviz üzerinde ise yaptığımız haritalama işlemleri ve sensörlerden gelen verilere görsel olarak ulaşmaktayız.

Simülasyonda kullandığımız araç kendi aracımız olup kendi boyut ve torkuna göre simülasyonla gerçek arasında uyumlu ayarlanmıştır. Tarımsal aracımızın gerekli görevleri gerçekleştirebilmesi için hazırlanan tarım arazisi ve tarım aracı **Şekil-10.1.1**'de gösterilmiştir. Tarım arazisinde müdahale edilecek yabani ot, engeller ve kültür bitkisi yer almaktadır. İlk olarak bitki sırası tespit edilecektir. Bitki sırasının tespiti, istenilen bitki sayısı tespit edildikten sonra sıra olarak kabul edilip gerçekleşecektir. Bitki sırası üzerinde yapılan hareket sırasında tespit edilen yabani ot, robot kolun hareketi sonrasında ilaçlanacaktır. İlaçlamadan sonra robot kol ana konumuna geri gelecektir. Karşılaşılan engellerden kaçınılacaktır. Tüm bu görevler simulasyon ortamının sunduğu avantajlar sayesinde gerçekleştirilmiştir.



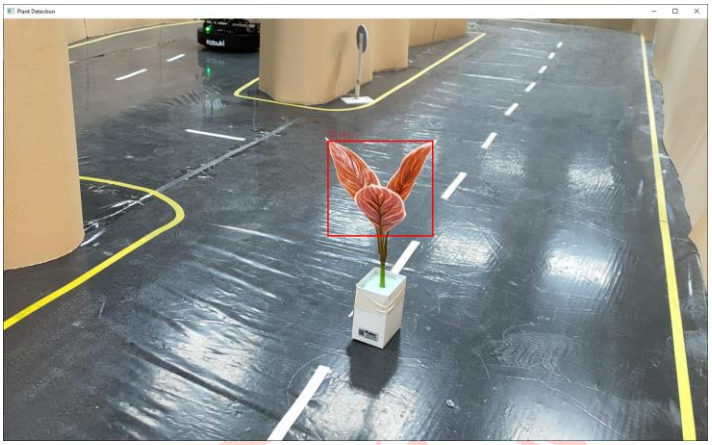
Şekil-10.1.1 Tarımsal Araç ve Tarım Arazisi

10.2. Bitki Modeli

Gönderilen yabani ot modeli yarışma koşullarında bitki sırasının tespiti için en iyi sonuca ulaşabilmek adına OpenCv ile dönüşümler ve filtreler uygulanmıştır.

Gönderilen bitki modeli üzerindeki tespit çalışmaları Şekil-10.2.1 ve Şekil-10.2.2'de verilmiştir.

Şekil-10.2.1 Bitki Tespit Çalışması

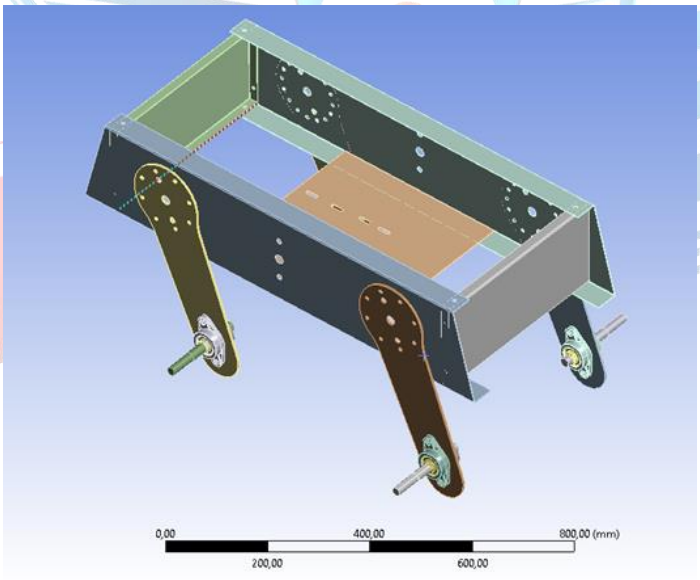


Şekil-10.2.2 Bitki Tespit Çalışması

10.3. Mekanik Analiz ve Simülasyon

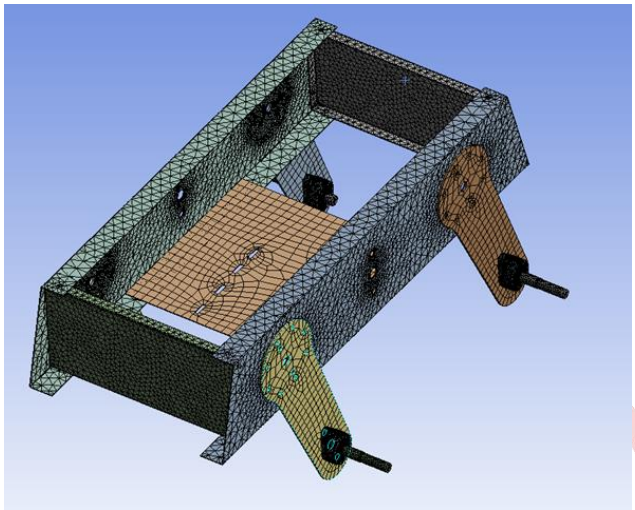
Sistemin, statik sonlu elemanlar analizi ANSYS 2020 programının Static Structural modülü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. [11]

Hem daha iyi mesh yapısı kurmak hem de daha hızlı çözüm almak açısından sistemin modeli sadeleştirilmiştir. Sadeleştirilmiş model Şekil-10.3.1'de gösterilmiştir.



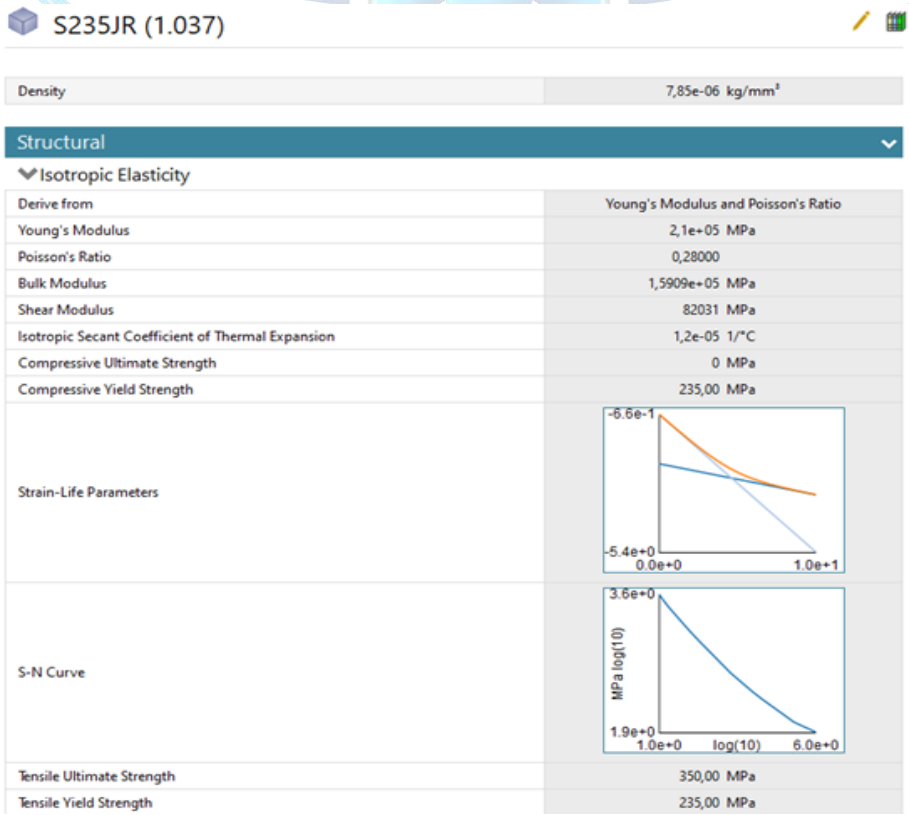
Şekil-10.3.1 Sadeleştirilmiş Model

Mesh yapısı tanımlandı. Toplamda 237907 element ve 435131 düğüm bulunmaktadır. Şekil-10.3.2'de gösterilmiştir.



Şekil-10.3.2 Mesh Yapısı

Tüm model parçalarına S235JR (1.037) çelik malzemesi atanmıştır **[12]**. Şekil-10.3.3'te gösterilmiştir.

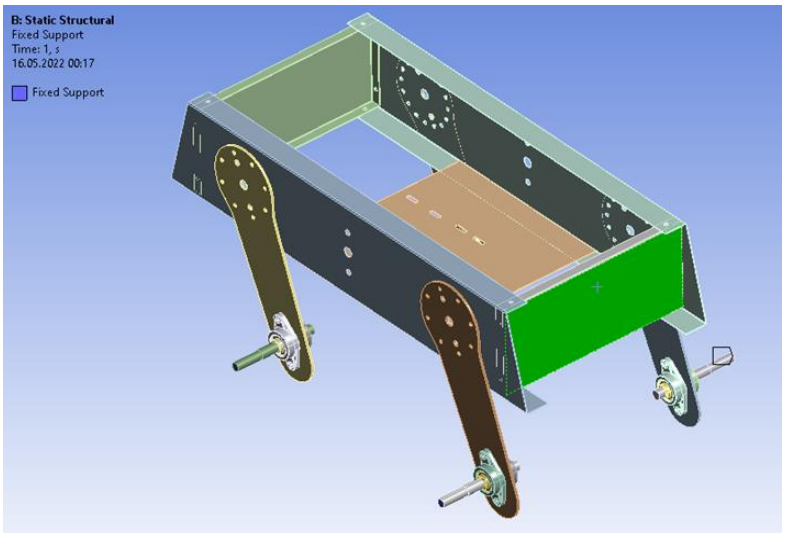


S235JR (1.037)

Density	7,85e-06 kg/mm³
Structural	
Isotropic Elasticity	
Derive from	Young's Modulus and Poisson's Ratio
Young's Modulus	2,1e+05 MPa
Poisson's Ratio	0,28000
Bulk Modulus	1,5909e+05 MPa
Shear Modulus	82031 MPa
Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion	1,2e-05 1/°C
Compressive Ultimate Strength	0 MPa
Compressive Yield Strength	235,00 MPa
Strain-Life Parameters	
S-N Curve	
Tensile Ultimate Strength	350,00 MPa
Tensile Yield Strength	235,00 MPa

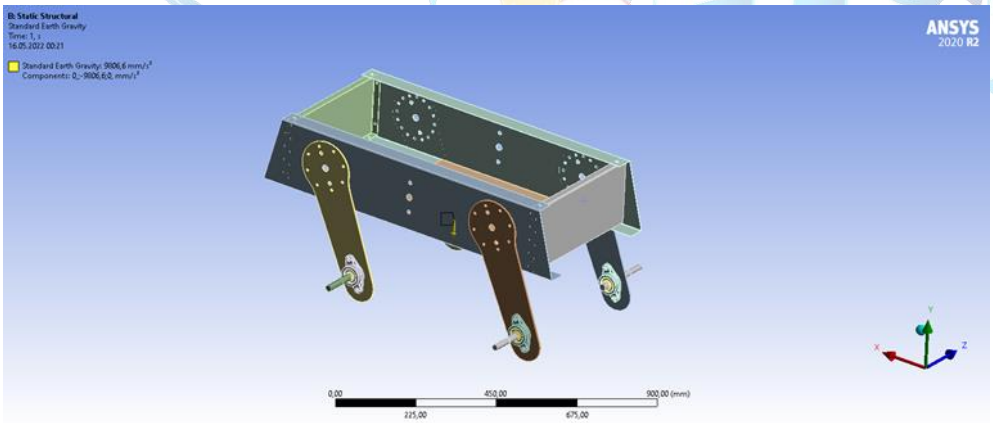
Şekil-10.3.3 S235JR (1.037) Malzeme Özellikleri

Sistem, teker millerinin uçlarından sabit mesnetlenmiştir. **Şekil-10.3.4**'te gösterilmiştir.



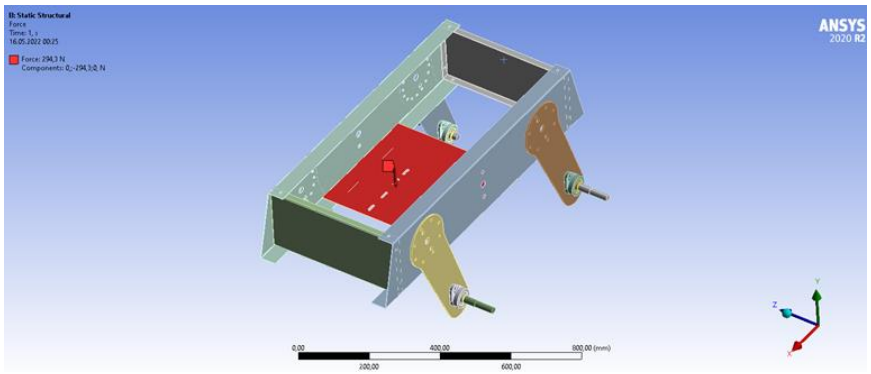
Şekil-10.3.4 Sabit Mesnet

Simülasyon için yerçekimi (–Y) yönünde tanımlanmıştır. **Şekil-10.3.5**'te gösterilmiştir.



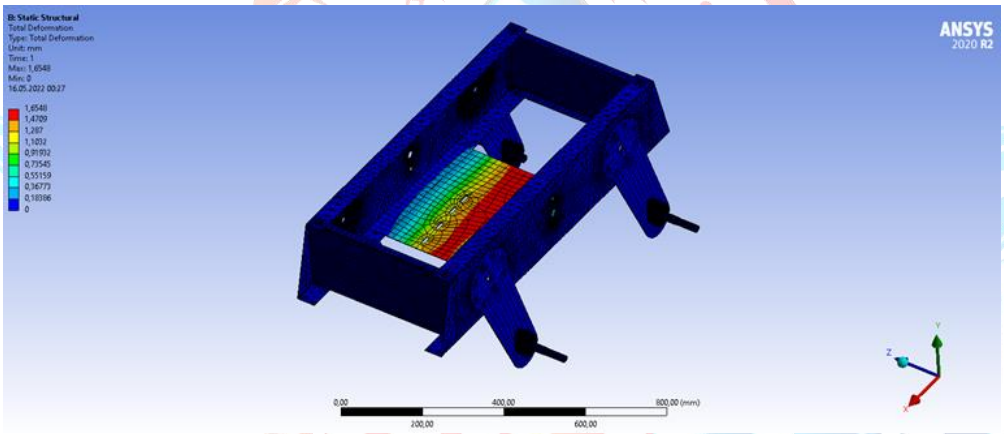
Şekil-10.3.5 (-Y) Yönünde Yer Çekimi İvmesi

Motor, batarya gibi elemanlar, taban sacının üstüne yerleştirilmiştir. Bu alana toplamda 30 kg karşılığında 294.3 N yayılı yük verilmiştir. **Şekil-10.3.6**'ta gösterilmiştir.



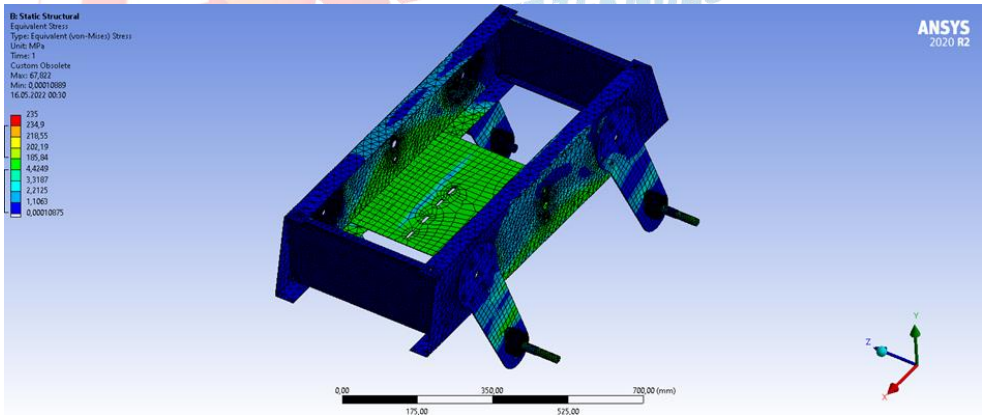
Şekil-10.3.6 Yük Tanımı

Analiz sonucunda en büyük 1.65 mm'lik deformasyon görülmüştür. Şekil-10.3.3'te gösterilmiştir.



Şekil-10.3.7 Toplam Deformasyon

Analiz sonucunda en büyük 4 MPa gerilme görülmüştür. Şekil-10.3.7'de gösterilmiştir.



Şekil-10.3.7 Tüm Aracın Gerilme Analizi

Analiz sonuçlarında sistemin oldukça mukavemetli olduğu görülmüştür.

11. Referanslar (Kaynakça)

[1] "OpenCV-Python Tutorials",https://docs.opencv.org/4.x/d6/d00/tutorial_py_root.html (2022, Mart 15).

[2] Quigley, M.; Gerkey, B.; Conley, K.; Faust, J.; Foote, T.; Leibs, J.; Berger, E.; Wheeler, R.; Ng, A. ROS: An open-source Robot Operating System. In Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA) Workshop on Open Source Robotics, Kobe, Japan, 12–17 May 2009.

[3] KRUZIC, STANKO; MUSIC, JOSIP; BONKOVIC, MIRJANA; and DUCHON, FRANTISEK (2020) "Crash course learning: an automated approach to simulation-driven LiDAR-based training of neural networks for obstacle avoidance in mobile robotics," Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences: Vol. 28: No. 2, Article 35. https://doi.org/10.3906/elk-1907-112

[4] "Cargo Trike Geared Brush DC Motor MY1018 24/36V UNITEMOTOR for E-bike", https://www.yalumotor.com/geared-brush-dc-motor/cargo-trike-geared-brush-dc-motor-my1018-24-36v-unitemotor-for-e-bike, (2022, Mayıs 18).

[5] "Dişlilerde Devir ve Tork Hesabı" http://www.muhendislikbilgileri.com/?pnum=161&pt=D%C4%B0%C5%9EL%C4%B0LERDE+DEV%C4%B0R+VE+TORK+HESABI, (2022, Mayıs 12).

[6] "RPM to KMH Calculation", https://www.electrical4u.net/calculator/rpm-to-kmph-kmps-conversion-calculator/#:~:text=RPM%20to%20kMH%20calculation,RPM%20*%20diameter%20of%20the%20tire. (2022, Mayıs 15).

[7] "YOLOV5", https://pytorch.org/hub/ultralytics_yolov5/ ,(2022, Nisan 20).

[8] "Rulman Nedir? Rulman Çeşitleri ve Sınıflandırılması", http://www.behcetoto.com/rulman-nedir-rulman-cesitleri-ve-siniflandirilmasi/#:~:text=Bilyal%C4%B1%20Rulmanlar(Radyal)&text=Bu%20tarz%20rulmanlarda%20bilyalar%C4%B1n%20k%C3%BCresel,y%C3%BCksek%20devir%20say%C4%B1lar%C4%B1%20elde%20edilebilir., (2022, Mayıs 18).

[9] "ultralytics/yolov5", https://github.com/ultralytics/yolov5, (2022, Nisan 12).

[10] "How many axes does my robot need?", https://robohub.org/how-many-axes-does-my-robot-need/ ,(2022, Mayıs 19).

[11] Ansys Sonlu Elemanlar Analiz Yazılımı, **"**https://www.ansys.com/", (2022, Nisan 17).

[12] S235JR (1.037) Çelik Malzeme **,** https://matmatch.com/materials/minfc21798-astm-a29-grade-1037**.** (2022, Nisan 20).

[13] https://jetsonhacks.com/2018/08/19/racecar-j-ros-teleoperation/#:~:text=The%20Logitech%20F710%20connects%20to,the%20F710%20is%20powered%20on

#Takım Organizasyonu ----------

3[14] https://bidb.itu.edu.tr/seyir-defteri/blog/2013/09/07/tcp-ip-protokolu

[15] https://www.nvidia.com/tr-tr/autonomous-machines/embedded-systems/jetson-xavier-nx/