TEKNOFEST
HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ
TARIMSAL İKA YARIŞMASI

FİNAL TASARIM RAPORU

İÇİNDEKİLER

1. TAKIM ORGANIZASYONU 5

2.ÖN TASARIM RAPORU DEĞERLENDIRMESI 7

3. ARAÇ ÖZELLIKLERI 7

3.1. OTONOM KONTROL ALT BIRIMI 7
3.2. ARAÇ GENEL TASARIMI 10
3.2.1. Boyutlandırma ve Yerleşim 10
3.2.2. Hareket organı 11
3.4. YAKALAYICI SISTEM TASARIMI 15

4. SENSÖRLER 16

4.1. MESEFE SENSÖRÜ: 16
4.2. NVDIA JETSON NANO: 16
4.3. KAMERA: 17
4.4. HAREKET SISTEMI MOTORU 18
4.5. DC MOTOR SÜRÜCÜ 18
4.6. YAKALAMA SISTEMI SERVO MOTOR 19
4.7. HABERLEŞME MODÜLÜ 19
4.8. 3.3 V SMPS (ANAHTARLAMALI GÜÇ KAYNAĞI) 19
5. ARAYÜZ VE KULLANICI ARAÇ KONTOL ALT BIRIMI 20
5.1. ARAYÜZDE GÖSTERILECEK OLAN BILGILER: 20

6. OTONOM SÜRÜŞ ALGORITMALARI 21

6.1. YABANI OT İMHA: 21
6.1.1. Robotik Kol Hareket Algoritması 22
6.1.2. Robotik Kol Yakalama Algoritması 22
6.1.3. Bitki İmha Algoritması 22
6.2. ENGEL TESPIT ETME 23
6.3. GENEL SISTEM ALGORITMASI 24
6.4. GÖRÜNTÜ IŞLEME ICONU 24

7. ÖZGÜN VE YERLI BILEŞENLER 25

7.1. YERLILIK VE ÖZGÜNLÜK 25
7.2 SISTEMIN ELEKTRONIK TASARIMI 25
7.3. ENERJI VE GÜÇ PLANLAMASI 26

8. SİMÜLASYON VE TEST 27

8.1. HAREKET SITEMI SIMÜLASYONU 27
8.2.YOLO EĞİTİMİ 27

9. GÜVENLIK ÖNLEMLERI 29

REFERANSLAR 31

EK 1. ARAÇ GÖRSELLERI 32

ŞEKİLLER ÇİZELGESİ

ŞEKIL 1: HABERLEŞME ALGORITMASI 9
ŞEKIL 2: GÖMÜLÜ YSTEM MIMARISI 10
ŞEKIL 3: ARAÇ SOL YAN GÖRÜNÜMÜ 11
ŞEKIL 4: ARAÇ ÜST GÖRÜNÜM VE GÖMÜLÜ SITEMIN KONUMLANDIRMASI 11
ŞEKIL 5: HAREKET ORGANI TEKNIK RESIM 12
ŞEKIL 6: HAREKET ORGANI KATI MODEL YANDNA GÖRNÜM 12
ŞEKIL 7: HAREKET SISTEMI MATEMATIKSEL MODEL [13] 12
ŞEKIL 8: HAREKET SISTEMI ENGEL AŞMA AŞAMALARI [13] 13
ŞEKIL 9: JANT TASASRIMI GÖRSELI 14
ŞEKIL 10: MOTOR TEKNIK TASARIM GÖRSELI [5] 14
ŞEKIL 11: YAKALAYICI SISTEM TASARIMI GÖRSELI 16
ŞEKIL 12:NVDIA JETSON NANO GPIO PINLERI GÖSTERIMI 17
ŞEKIL 13: HARITA GÖSTERIM 21
ŞEKIL 14: KAVRAMSAL ARAYÜZ TASARIMI 21
ŞEKIL 15:ROBOTIK KOL HAREKET ALGORITMASI 22
ŞEKIL 16: YAKALAMA ALGORITMASI 22
ŞEKIL 17: BITKI İMHA ALGORITMASI 23
ŞEKIL 18:ENGEL TANIMA ALGORİTMASI 23
ŞEKIL 19:GENEL ALGORITMA 24
ŞEKIL 20: GÜÇ DAĞITIM ŞEMASI 26
ŞEKIL 21: YERLI ÜRETILECEK OLAN BATARYA SISTEMININ ŞEMASI 26
ŞEKIL 22: HAREKET ANALIZ GÖRSELI VE VIDEOSU. 27
ŞEKIL 23:LABELIMG ILE ETIKETLEME 27
ŞEKIL 24: EĞITIM BAŞLANGIÇ EKRANI 28
ŞEKIL 25:EĞITIM SONRASI YABANI OTUN TESPITI 28
ŞEKIL 26: TEST SONUCU ELDE EDILEN DOĞRULUK ORANLARI 29
ŞEKIL 27: RISK ANALIZI 29
ŞEKIL 28: ÇALINMA VE KONUM DEĞİŞİMİ ALARM SİSTEMİ DEVRES – A: ALICI DEVRE B: VERICI DEVRE 30
ŞEKIL 29: DEVRE ELEMANLARININ YERLEŞIMIVE BAĞLANTILARI 30
ŞEKIL 30: ÖN GÖRÜNÜM 32
ŞEKIL 31: ARKA GÖRÜNÜM 32
ŞEKIL 32: SAĞ GÖRÜNÜM 33
ŞEKIL 33: BOYUTLANDIRMA 33
ŞEKIL 34: ÜST GÖRÜNÜM 34
ŞEKIL 35: PATLAMA GÖRÜNTÜSÜ 35

TABLOLAR ÇİZELGESİ

TABLO 1:TAKIM GÖREV DAĞILIMI 5
TABLO 2:TAKIM ÜYE BILGILERI VE DETAYLI GÖREV DAĞILIMI 5
TABLO 3: TAKIM ÜYELERININ GEÇMIŞ BAŞARILARI 6
TABLO 4:GANTT CHART 7
TABLO 5: KONTROLCÜ KARŞILAŞTIRMA TABLOSU 8
TABLO 6: NORMAL LASTIĞIN VE ZEMINLERIN TUTUNMA KATSAYILARI. 13
TABLO 7: YAZICI FILAMENT MALZEME KARŞILAŞTIRMASI 15
TABLO 8: YERLI ÜRÜN VE TEMIN EDILECEK ÜRÜN PAKETLERI 25

1. TAKIM ORGANIZASYONU

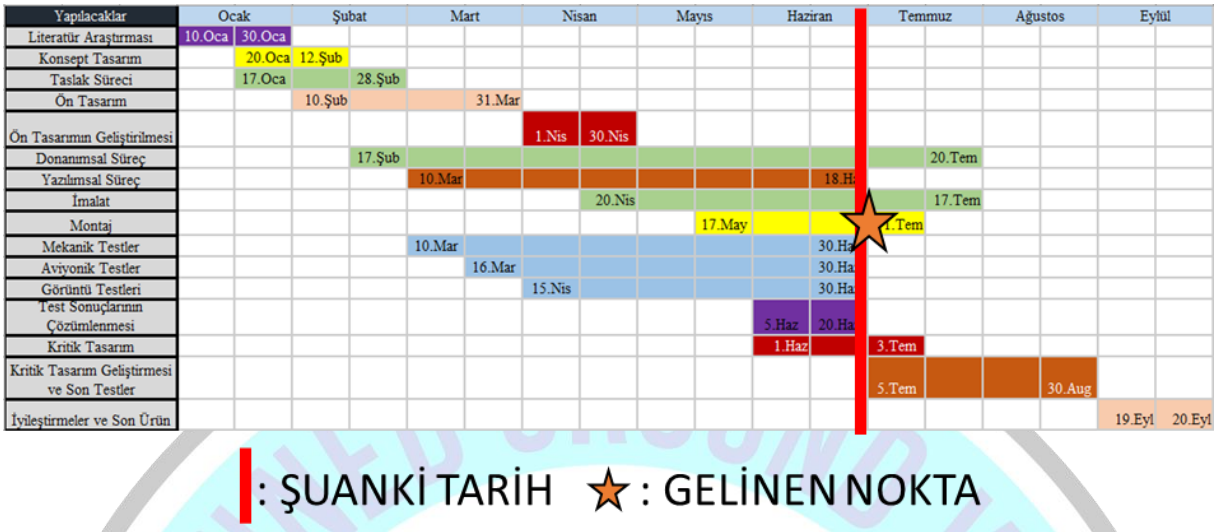
BTU İKA takımı 2020 senesi içerisinde makine teknolojileri robot ve otomasyon topluluğu bünyesinde 6 kişi olarak kurulmu, geliştirme işlemlerine 5 kişi ile devam eden bir takımdır. Takım bünyesinde yer alan 5 kişiden sadece takım kaptanı yeterli tecrübe ve deneyime sahip iken diğer ekip üyeleri yarışmaya ilk defa katılmaktadır.

Tablo 1:Takım Görev Dağılımı

Tablo 2:Takım üye bilgileri ve detaylı görev dağılımı

Tablo 3: Takım üyelerinin geçmiş başarıları

Tablo 4:Gantt Chart



Kavramsal tasarımların oluşturulmasının ardından belirlenen görev gereksinimleri ve hedef planlar kapsamında oluşturulan kilometre taşına uygun çekilde ilerlenmiştir. Takım üyelerinin tamamı Bursa Teknik Üniversitesi' nde yer alan çalışma atölyesinde malzemelerin dayanım testlerini gerçekleştirmiştir. Komite tarafından tarafımıza gönderilen yabani otun görüntü işleme algoritmalarınca tespiti sağlanmıştır. Öngörülen süreç sapma payları sayesinde eksiksiz bir şekilde robotun yarışmaya istenilen gereksinimleri karşılayacak düzeyde hazır olması beklenmektedir.

2.ÖN TASARIM RAPORU DEĞERLENDIRMESI

Python programlama dilinin C# diline göre daha basit, işlevli olması ve arayüzü geliştirecek olan takım üyelerinin Python diline C#'dan daha fazla hakim olmaları sebebiyle arayüz için kullanılacak programlama dili olan C#, Python olarak değiştirilmiştir.

Yabani ot imha görevinde kullanılacak püskürtme sistemi, yakalama sistemi olarak değiştirilmiştir. Püskürtme sisteminde araçta sıvı taşıma zorunluluğunun aracın ağırlığını arttırması ve yazılacak kodların araca fazla sayıda komut verme gerekliliği araç ve ekip için dezavantaj olmaktadır.

Elde edilen verilere göre bitkinin yakalama algoritması üzerinden imha edilmesi aracın daha hafif olmasını ve kulanılacak algoritmaların daha sade bir şekle gelmesine olanak sağlayacaktır. Akış diyagramları püskürtme sisteminin değiştirilmesi nedeni ile yeniden şekillenmiştir.

Hareket sisteminde eksik olan süspansiyon sistemi geleneksel hareket organı tipinden vazgeçildi ve Rocker Bogie hareket sistemine geçildi.

3. ARAÇ ÖZELLIKLERI

3.1. Otonom Kontrol Alt Birimi

Tarımsal insansız kara aracının,tarım arazisi üzerinde otonom bir şekilde ilerleyip,yapılması gerekli görevleri yerine getirebilmesi için içerisinde birçok elektronik alt sistem bulundurması

gerekmektedir.Bu kapsamda ihtiyaç duyulan malzemeler belirlenmeli ve tüm bu malzemelerin birbirleri ile entegrasyonu düzgün bir biçimde yapılmalıdır.

Günümüz teknolojisinde neredeyse her robotik sistem,içerisinde bulunan mikroişlemci ve bilgisayarlar ile kontrol edilmektedir.Bu kapsamda ekibimizce yapılan kara aracında,Jetson Nano geliştirici kartının kullanılması uygun görüldü.Jetson Nano,görece diğer geliştirici kartlarına oranla daha pahalı bir donanım olsada,yarışma kapsamında ihtiyaç duyulacak yapay zeka algoritmaları gibi ağır işlem gerektirecek durumlar için en uygun donanım olarak görülmüştür.Aşağıda yer alan tabloda Jetson Nano geliştirici kartının diğer kartlara oranla sahip olduğu bazı teknik özellikler gösterilmektedir.

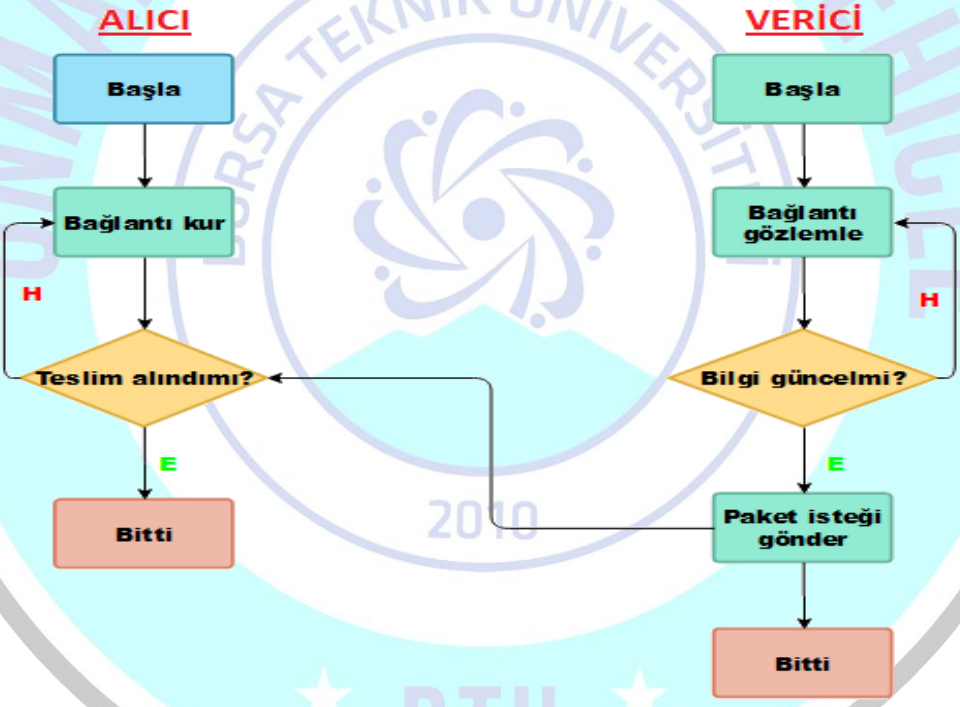
Tablo 5: kontrolcü karşılaştırma tablosu

	Jetson Nano Dev Board	Raspberry Pi 3A+	Raspberry Pi 3B+
AI Performance	472 GFLOPS	21.5 GFLOPs (est*)	21.4 GFLOPs (est*)
CPU	1.4 GHz 64-bit Quad-Core ARM Cortex-A57 MPCore	1.4 GHz 64-bit Quad-core ARM Cortex-A53	1.4 GHz 64-bit quad-core ARM Cortex-A53
GPU	128-Core Nvidia Maxwell	Broadcom VideoCore IV	Broadcom VideoCore IV
RAM	4GB LPDDR4	512MB LPDDR2 SDRAM	1GB LPDDR2 SDRAM
GPIO Header	40-pin	40-pin	40-pin
Board Dimensions	100 X 79mm	65 X 56mm	85 x 56mm
Wireless	None	Dual-band 802.11ac wireless LAN, Bluetooth 4.2/BLE	Dual-band 802.11ac wireless LAN, Bluetooth 4.2

Tabloda bulunan yapay zeka kısmındaki **GFLOPS(Floating Point Operations Per Second)** değeri,temel olarak geliştirici kartının sahip olduğu hesaplama ve işlem gücünün değeridir.Bu durumda Jetson Nano geliştirici kartının diğer geliştirici kartlarına oranla sahip olduğu açık ara üstünlük görülebilmektedir.Jetson Nano geliştirici kartının bu seviye bir işlem gücüne sahip olması,içerisinde bulunan kuvvetli işlemci,ekran kartı ve ram özellikleri ile açıklanabilir.Tüm bu özellikleri dışında 40 farklı GPIO(General Purpose Input-Outpt) pine sahiptir.Üzerinde bulunan bu pinler sayesinde,bir çok sensörden veri okuması yapılabilecek ve birçok elektronik komponent yazılımsal olarak işlenebilecektir.Tüm bu özelliklere sahip olmasına rağmen Jetson Nano,içerisinde dahili bir Kablosuz haberleşme için wi-fi modülü barındırmamaktadır.Bu sebepten ötürü,geliştirici kartı harici bir wi-fi modülüne ihtiyaç duymaktadır.Bu kapsamda bu harici modülün AC8265 modülü olmasına karar verildi.

AC 8265 wi-fi modülünün özellikleri aşağıda listelenmiştir.
-Bant şeritleri: 2.4 Ghz,5 Ghz
-Maksimum haberleşme hızı: 867 Mbps
-BlueTooth sürümü: 4.2
-Anten: 2x2

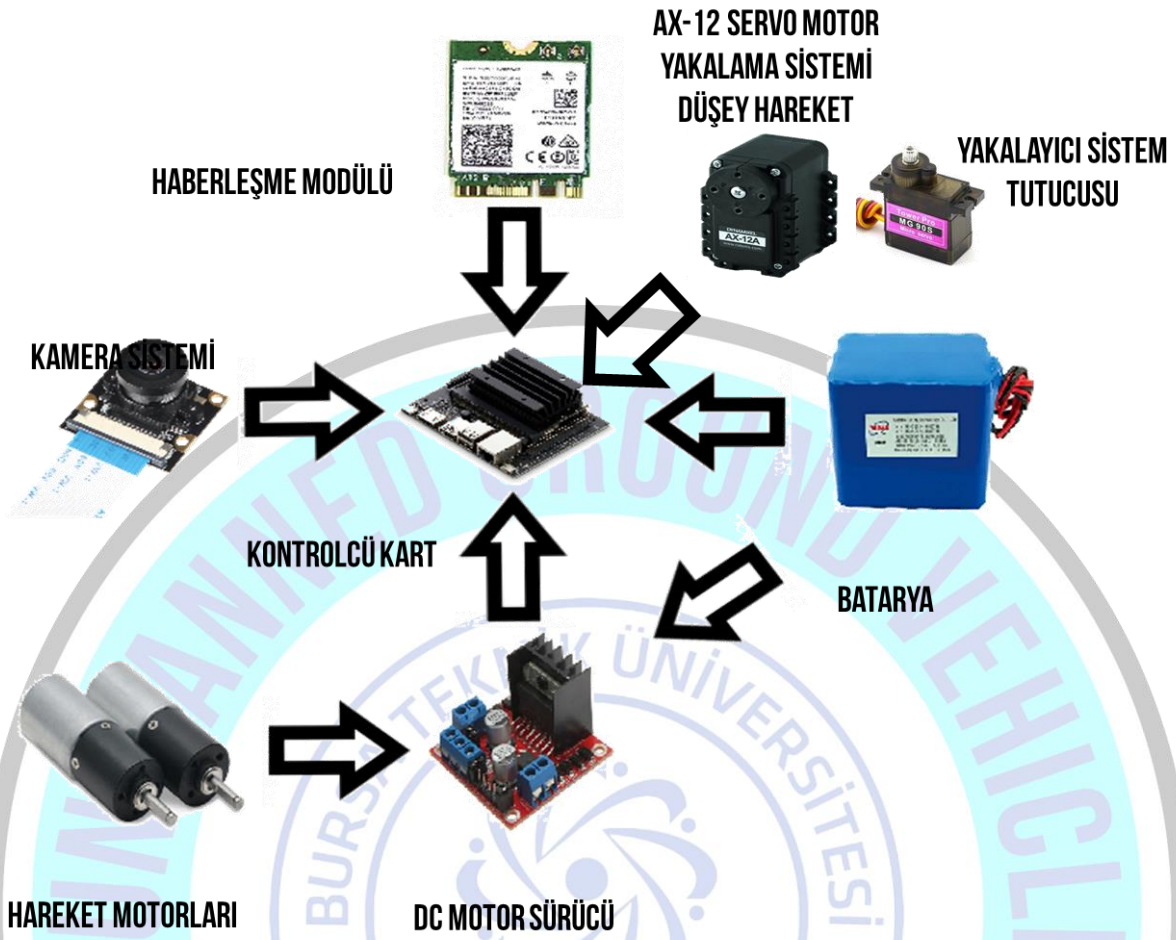
Haberleşme modülü ile geliştirici kartı entegre edildikten sonra,tarımsal kara aracı ile kurulacak kablosuz haberleşme bağlantısı algoritması aşağıda gösterilmektedir.



Şekil 1: Haberleşme algoritması

Yukarıda gösterilen haberleşme akış algoritması,wi-fi üzerinden yapılacaktır.Yapılacak bu haberleşme sisteminde,hem gönderici,hemde alıcı aynı iletişim ağına bağlı olmalıdır.Bu şekilde cihazların IP leri birbirlerine bağlanarak bilgi iletişimi yapılabilmektedir.

Jetson nano geliştirici kartı,tarımsal insansız kara aracının temel bilgisayarı olacağından,üzerinde bulunan pinler ile robotun geri kalan aksamını ystem edebilecektir.Bu kısımda robotun içerisinde birleşik bir ystem bulunacaktır.Bu sistemlerin birbirleri arasında kurulacak bağlantı aşağıda bulunan diyagramda gösterilmektedir.

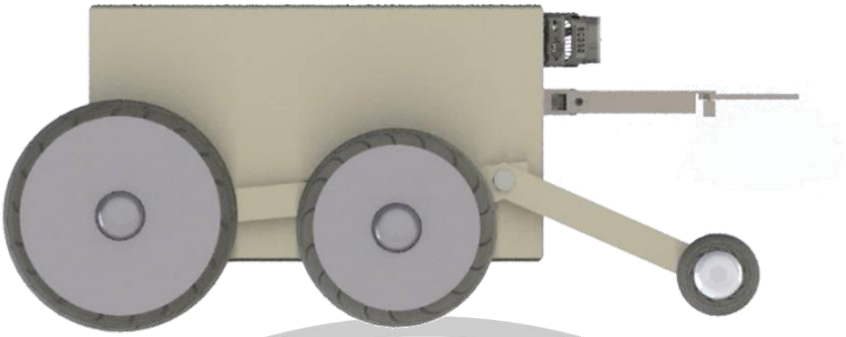


Şekil 2: Gömülü ystem mimarisi

3.2. Araç Genel tasarımı

3.2.1. Boyutlandırma ve Yerleşim

İnsansız kara aracının boyutları uzunluk 960mm, boy 400 mm ve genişlik 740mm'dir. Bu boyutlar şartnamede istenilen sınırlar içerisindedir. İKA'nın iskeletinin tasarımında sağlamlığı ve hafifliği ile bilinen sigma profiller kullanıldı, profillerin etrafı şekil verilmesi ve işlenmesi kolay olan saç metaller ile çevrelendi Saç metaller bağlantı noktalarından civata ve somun yardımıyla gövdeye tutturuldu. Ön tarafa yerleştirilen kamera ve robot kolun ağırlığı arka tarafta konumlandırılmış jetson nano, haberleşme modülü ve piller sayesinde dengelenmiş oldu. Robot kol eşikleri atlarken engellere takılmasını önlemek amacıyla kısa tutuldu ve kameranın heman altına konumlandırıldı. Tasarımın genelinde İKA'mız yere yakın ve yayvan yapıya sahip olmasının nedeni ise engelleri aşarken daha dengeli olması amacıyla tercih edildi.

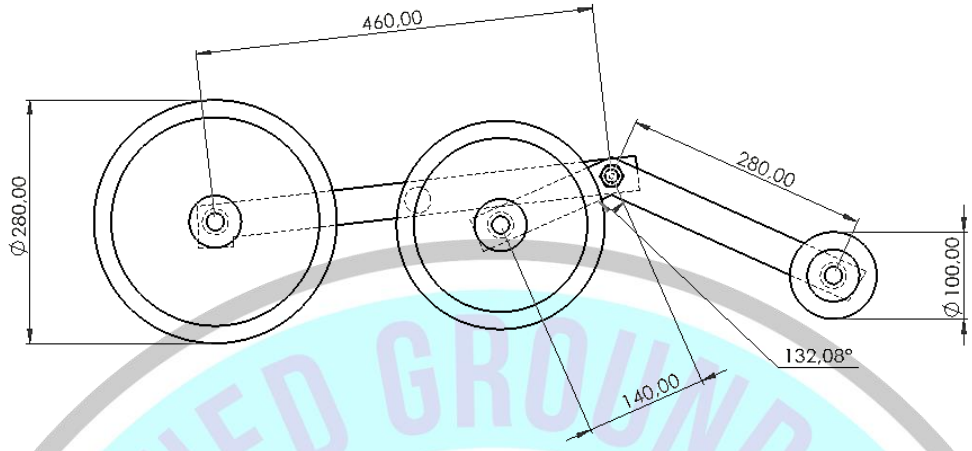


Şekil 3: araç sol yan görünümü

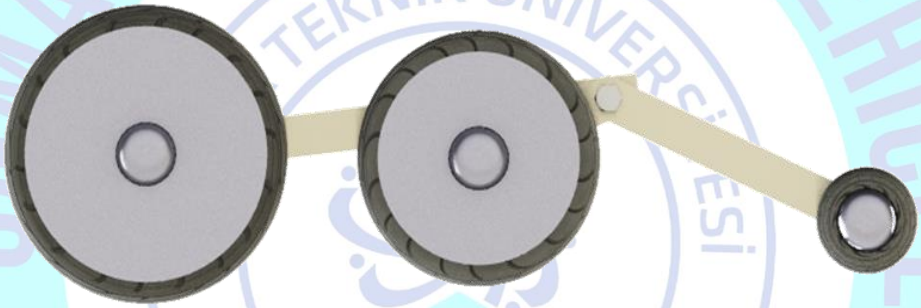
Şekil 4: araç üst görünüm ve gömülü sitemin konumlandırması

3.2.2. Hareket organı

İKA'mızın hareket sistemini tasarlarken nasa mars rover'larında ve merdiven tırmanan robotlarda kullanılan ''rocker bogie'' adlı hareket sisteminden esinlendik. Bunun temel sebebi ise dayanıklılık, yokuş ve engebeli arazide manevra kabiliyeti, üretimi nispeten kolay ve az maliyetli olması oldu. Bütün bu özelliklerinin yanı sıra bu hareket sistemi orta kısmı hareketli olduğundan arazi koşullarına göre alçalıp yükselebilir bu sayede yaylı ve benzeri dahili bir süspansiyon sistemi kullanmamıza gerek olmaması da bu hareket sistemini seçmemizde bir etken oldu. Daha öncesinde iki tekerlekli ve yekpare bir hareket sistemi kullanmıştık bu tasarımdan vazgeçmemizin sebebi ise engebeli araziye yeterince iyi uyum sağlayamayan bir tasarım oluşudur.

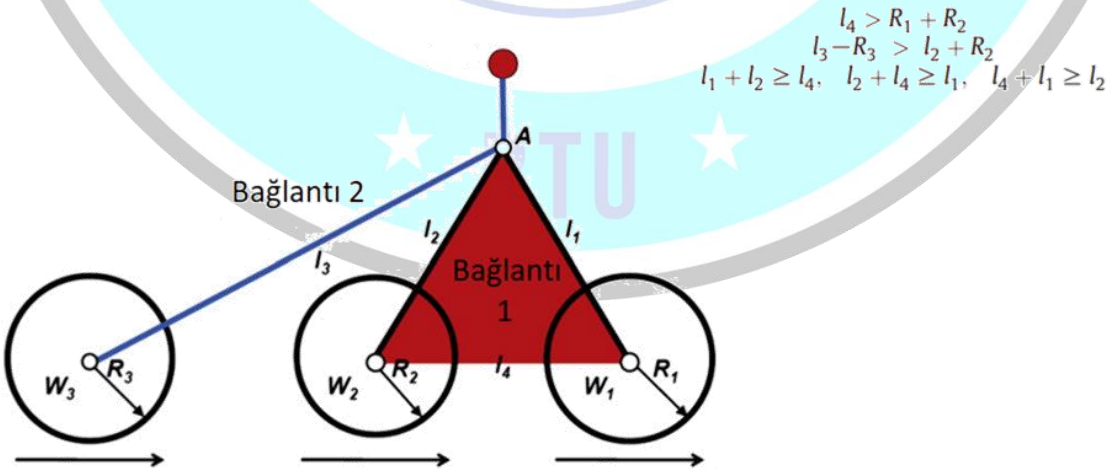


Şekil 5: Hareket organı teknik resim



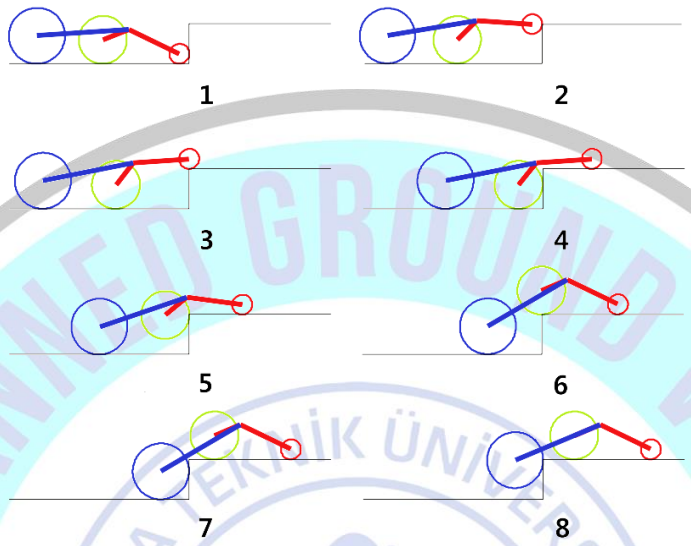
Şekil 6: Hareket organı katı model yandna görnüm

Şekillerde belirtilen hareket sistemini tasarlarken yararlandığımız matematiksel hesaplar aşağıdaki gibidir.



Şekil 7: Hareket sistemi matematiksel model [13]

Bu matematiksel ifadelerin yanı sıra teknofest şartnamesindeki izin verilen İKA boyutlarına, yerine getirmesi gereken şartlar da göz önünde bulunduruldu ve tüm bu parametreler ışığında hareket sistemimiz son halini almış oldu.
Hareket sisteminin daha iyi anlaşılması için engel aşma aşamaları aşağıdaki gibidir.



Şekil 8: Hareket sistemi engel aşma aşamaları [13]

Hareket sistemimizin yukarıdaki resimde görülen düzeneğe benzer bir alan oluşturulup testi yapılmıştır. Bu teste raporumuzun simülasyon ve test kısmından ulaşabilirsiniz.

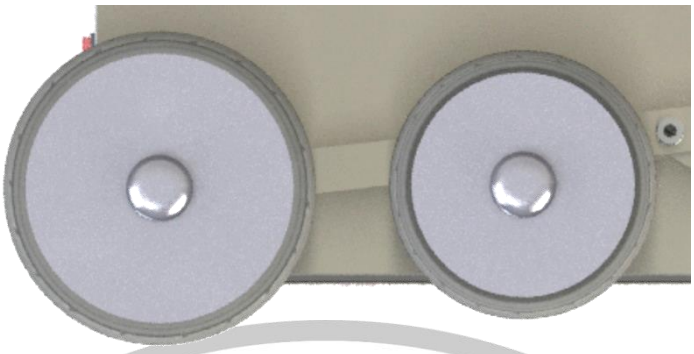
Hareket sisteminin önemli parçalarından biri de tekerlek kısmıdır. Engebeli araziye uygunluk ve verilen görevleri başarılı bir şekilde yerine getirmesi için lastik profillerini seçerken dişlerinin keskin ve çıkıntılı olmasına karar kıldık bu özellikler İKA'mızın görevleri yerine getirirken arazide sağlıklı şekilde ilerleyebilmesi için gerekli olan tutunma katsayısını göz önünde bulundurarak karar verdik.

Tablo 6: Normal lastiğin ve zeminlerin tutunma katsayıları.

Zemin	Lastik Tutunma Katsayısı	Zemin Tutunma Katsayısı
Asfalt	0,90	0,45
Beton	0,90	0,45
Kuru Toprak	0,45	0,30
Buz	0,10	0,15

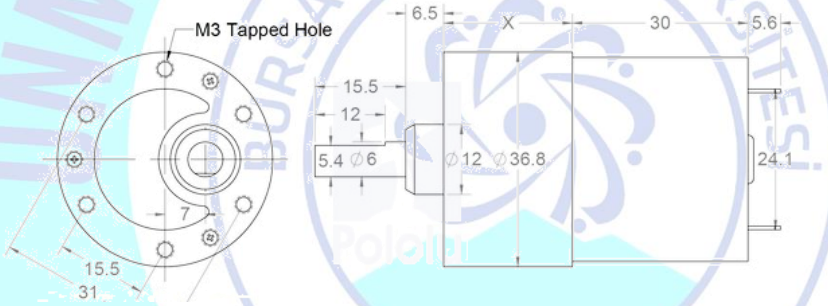
Toprak yolda yol almak için daha yüksek tutunma katsayılı bir lastik seçilmesi gerektiğini bu tabloda da görülmektedir.

Jant konusuna değinecek olursak arazi şartlarına uyumluluk, lastiğin ve jantın arasına toprak kaçması ve insansız kara aracının hareketini kısıtlayıcı sorunları yaşamamak için yekpare ve dışa dönük bir jant tasarımı seçildi.



Şekil 9: Jant tasasrımı görseli

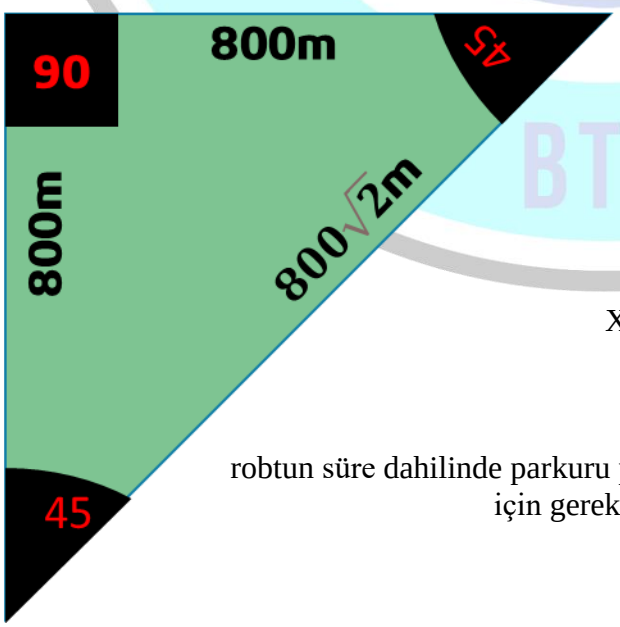
Toprak yolda operasyon yapan ikanın sahip olması gereken bir diğer özellik ise torku yüksek motorlara sahip olmasıdır. Bunun nedeni ise düz ve pürüzsüz bir zemin olmadığından yokuş çıkarken ve ilk kalkışlarda motorların yeterince tork üretmeleri gerekmektedir. Torku artırırken rpm'den biraz feragat etmemiz gerekti.
Bu formül sayesinde operasyonun belirtilen sürede tamamlanması ve gerekli rpm konusu kararlaştırıldı ve son olarak piyasadaki motorlar incelenerek tercih yapıldı.
Gerekliliklerini yerine getiren motorun özellikleri şunlardır;



Şekil 10: motor teknik tasarım görseli [5]

.

Toplam Yol = 800m + 800/2 = 1930m



+Çukur başına 20 saniye
+ Engel başına 10 saniye
+ Ot başına süre 5 saniye
= 5 dakika

X= VxT denkleminden 1930 = V x 1500saniye

V = 1.3 m/s yani **4.7 km/h**

robtun süre dahilinde parkuru planlalan görev şemasına göre tamamlaması için gerekli olan asgari hızıdır.

3.4. Yakalayıcı sistem tasarımı

Sistemde 2 adet motor bulunmaktadır. Dynamixel AX-12A servo motor çoklu geri besleme yapısına sahip akıllı, programlanabilir ve yüksek performanslı bir servo motor türüdür. Bağlantı kolaylığı ve yüksek performansı nedeniyle araçta bulunan Gripper yükseklik kontrolü için oldukça kolaylık sağlamaktadır. Eklem yapısı sayesinde Gripper için istenilen her açıda dönme yeteneğine sahiptir. 3 girişi bulunmaktadır (data-ground-besleme). Düşük akım, yüksek voltaj sürüş kabiliyeti ile verimi yüksektir. Kendilerine has özel kimlik numaraları (ID) olan Dynamixeller 'Bus Port' üzerinden paket haberleşmeyle kontrol edilirler. Modellerine göre TTL,RS 485 gibi standartları destekler. Bu özellikleri sayesinde ana gövdeye monte edilerek kıskaç sistemimizi yüksek doğrulukta taşıyabilmektedir. Bir diğer motorumuz MG90S 2kg/cm çalışma torku, 180 derecelik dönme açısı ve düşük voltajda çalışma kabiliyeti sayesinde kıskacımızı kapatmayı sağlamaktadır.

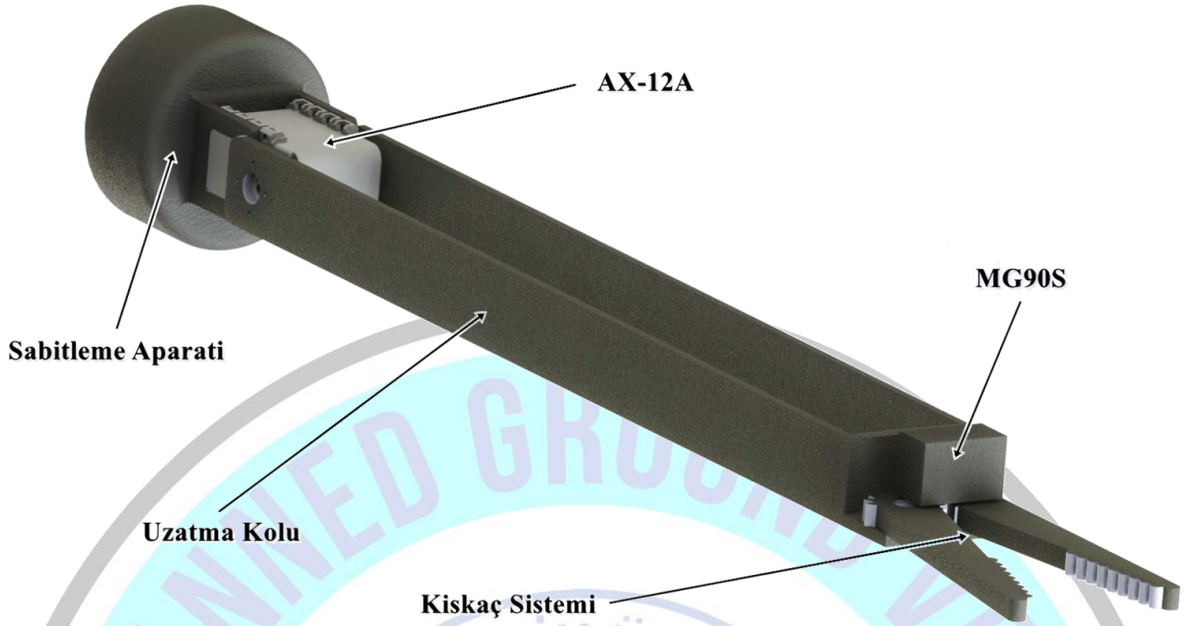
Aracın yabani otu algılayıp yanına gitmesi ile çalışmaya başlamaktadır. Kamera ile senkron çalışan sistemimiz, tüm işlemlere kıskacın açısını kontrol ederek açık olup olmadığına bakar. AX-12A motoru yardımıyla yabani otun köküne yönelmektedir. Köke ulaşılması ile birlikte MG90S motoru kullanılan dişli sistemi sayesinde tek motor ile kıskacı yüksek doğrulukta ve bitki sapını koparmayacak şekilde tutmaktadır. AX-12A motorunun çalışması ile yukarı kalkan otun kökü topraktan tamamen ayrılır. Algoritmanın sonunda kıskac açılarak bitkiyi bırakmaktadır.

Tablo 7: yazıcı filament malzeme karşılaştırması

PLA, PLA Plus, ABS ve ABS Plus – Mekanik Özellikleri

Mekanik Özellikler	PLA	PLA Plus	ABS	ABS Plus
Tensile Strength (MPa)	65	60	41	39.4
Elongation at Break (%)	7.5	29	8.2	30
Bending Strength (Mpa)	97	87	63	68
Bending Modulus (MPa)	3600	3672	2200	2443

Malzeme olarak basım kolaylığı ve malzeme işleme maliyetlerini düşürmek amacıyla 3d basım tekniği tercih edildi. Filament olarak ise PLA yatak dayanımının daha fazla olmasına rağmen elastik dayanımının yüksek olmasından dolayı ona yakın olan PLA Plus tercih edildi. 3d yazıcı üzerinden 4 parça olarak çıkartıldı.



Şekil 11: yakalayıcı sistem tasarımı görseli

4. Sensörler

4.1. Mesefe Sensörü:

Mesafe, derinlik ve konum hesaplarının yapılabilmesi amacıyla su geçirmez JSN-SR04T mesafe sensörü kullanılacaktır. Engelden kaçan robot projelerinde sıklıkla kullanılmaktadır. Küçük boyutlu, düşük voltajda çalışabilen, yüksek doğruluk sağlayan, su geçirmezlik özelliğine sahip, 20 cm - 600 cm arası temassız mesafe algılama işlevi sağlayabilmesi ve aralık doğruluğunun 2 mm'ye kadar ulaşabilmesinin yanında fiyat olarak da uygunluğu sebebiyle kullanılması tercih edilmiştir.

JSN-SR04T Mesafe Sensörü
https://www.makerguides.com/wp-content/uploads/2019/02/JSN-SR04T-Datasheet.pdf

4.2. NVDIA Jetson Nano:

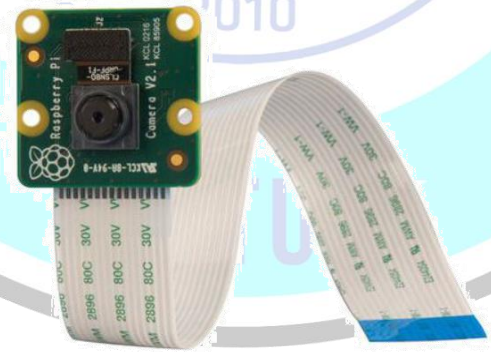
NVIDIA Jetson Nano görüntü işleme ve yapay zekâ uygulamalarının gerçekleştirileceği geliştirme kartıdır. Uygulamaları 5 Watt güç harcayarak gerçekleştirmesiyle yüksek enerji verimliliğine sahiptir. Sıcaklık seviyesi yükselmesinden kaynaklı sorunların çözümü için kartta soğutucu modülü eklidir. Boyutunun küçük olmasının yanı sıra donanımsal özellikleri sayesinde görüntü işleme ve nesne tespitinde yüksek hız ve kolaylık sağlayacaktır. Üzerinde bulunan 40 adet GPIO ve haberleşme pinleri ile ESC ve motorların kontrolü kolayca sağlanırken Raspberry Pi Pico ile de veri iletimi rahatça yapılacaktır.
https://openzeka.com/wp-content/uploads/2019/05/Jetson-Nano-DevKit-Brosur.pdf

NVIDIA Jetson Nano

4.3. Kamera:

Raspberry Pi v2 kamera boyut olarak küçük fakat görev işlevi bakımından büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Görüntü işleme ihtiyacını giderecektir.

Şekil 12:Nvdıa Jetson Nano GPIO pinleri gösterimi.



Raspberry Pi v2 Kamera

4.4. Hareket Sistemi Motoru

$$N(rpm) = \frac{60}{2\pi \times r} v(m \cdot s^{-1}) \quad \textbf{(3.1)}$$

Yukarıda belirtilen denklem üzerinden aracın en az 280 rpm/dk devir parametresine sahip bir motora ihtiyaç duydu belilrlenmiştir. Bu kapsamda sistemi de zorlamaması için zorlama akımı max 0.45 olan 6 adet dc motor kullanılacaktır.

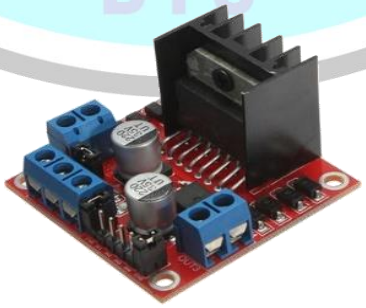
Çalışma Voltajı: 12V

- Devir: 280 Rpm/Dk
- Boşta Çektiği Akım: 60mA
- Zorlanma Akımı: 0.45A
- Motor Çapı: 25mm
- Mil: 5mm D Şaft
- Mil Uzunluğu: 12mm

4.5. Dc Motor Sürücü

Motorların yanmadan sürülmesi ve zorlamalara karşı direncinin yüksek olması amacıyla dc motor sürücüde L298 tercih edilmiştir

- Max. Çalışma voltajı: 50V
- Max Akım çıkışı: 2A
- Max Volt çıkışı: 5V
- Sıcaklık Dayanımı: 75 C
- Sürülebilecek Motor Çıkışı: 2



4.6. Yakalama Sistemi Servo Motor

Dynamixel AX-12A servo motor çoklu geri besleme yapısına sahip akıllı, programlanabilir ve yüksek performanslı bir servo motor türüdür. Bağlantı kolaylığı ve yüksek performansı nedeniyle araçta bulunan Gripper kontrolü için oldukça kolaylık sağlamaktadır. Eklem yapısı sayesinde Gripper için istenilen her eksene dönme yeteneğine sahiptir. 3 girişi bulunmaktadır (data-ground-besleme). Düşük akım,
yüksek voltaj sürüş kabiliyeti ile verimi yüksektir.
Kendilerine has özel kimlik numaraları (ID) olan Dynamixeller 'Bus Port' üzerinden paket haberleşmeyle kontrol edilirler. Modellerine göre TTL,RS 485 gibi standartları destekler.

- Çalışma derecesi: 00-3000 (sonsuz dönme)
- Çalışma gerilimi: 9-12V
- Sabit tork: 1.5N.m (12.0Volt'ta, 1.5A)
- Yüksek hız: 59rpm
- Çalışma sıcaklığı: -5℃ ~ +70℃
- Haberleşme Hızı: 7343bps ~ 1 Mbps
- Boyut (lar) : 32mm * 50mm * 40mm
- Protokol Tipi : Yarı-duplex Asenkron Seri Haberleşme

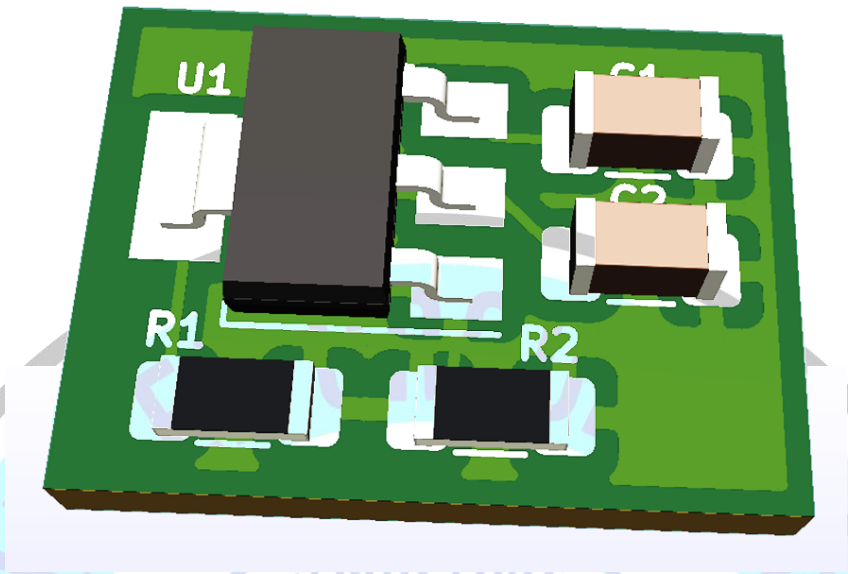
4.7. Haberleşme Modülü

Haberleşme modülü olarak piyasada yer alan ve jetson nano ile uyumlu bir şekilde çalışabilen AC 8265 wi-fi modülü tercih edilmiştşir.

-Bant şeritleri: 2.4 Ghz,5 Ghz
-Maksimum haberleşme hızı: 867 Mbps
-BlueTooth sürümü: 4.2
-Anten: 2x2

4.8. 3.3 V SMPS (Anahtarlamalı Güç Kaynağı)

Kendi tasarladığımız devre yardımıyla sürücü kartı ve diğer sensörler için gerekli olan 3.3V değerini elde etmekteyiz.

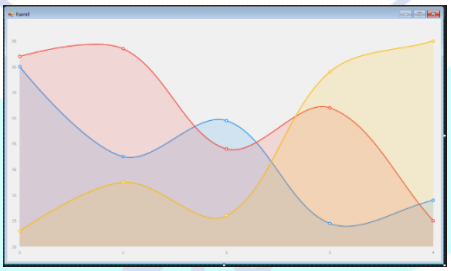


5. Arayüz ve Kullanıcı Araç Kontol Alt Birimi

Aracın yer istasyonu tercihi ekip üyelerinin bilgisyarı olaran seçilmiştir. Bu kapsmda gerektiği durumda müdahale edebilmek için bilgisyardan aracın takibi ve yönlendirmesi yapıalcaktır. Arayüz ile araç özellikleri ve çevre şartlarının takibi gerçekleştirilecektir

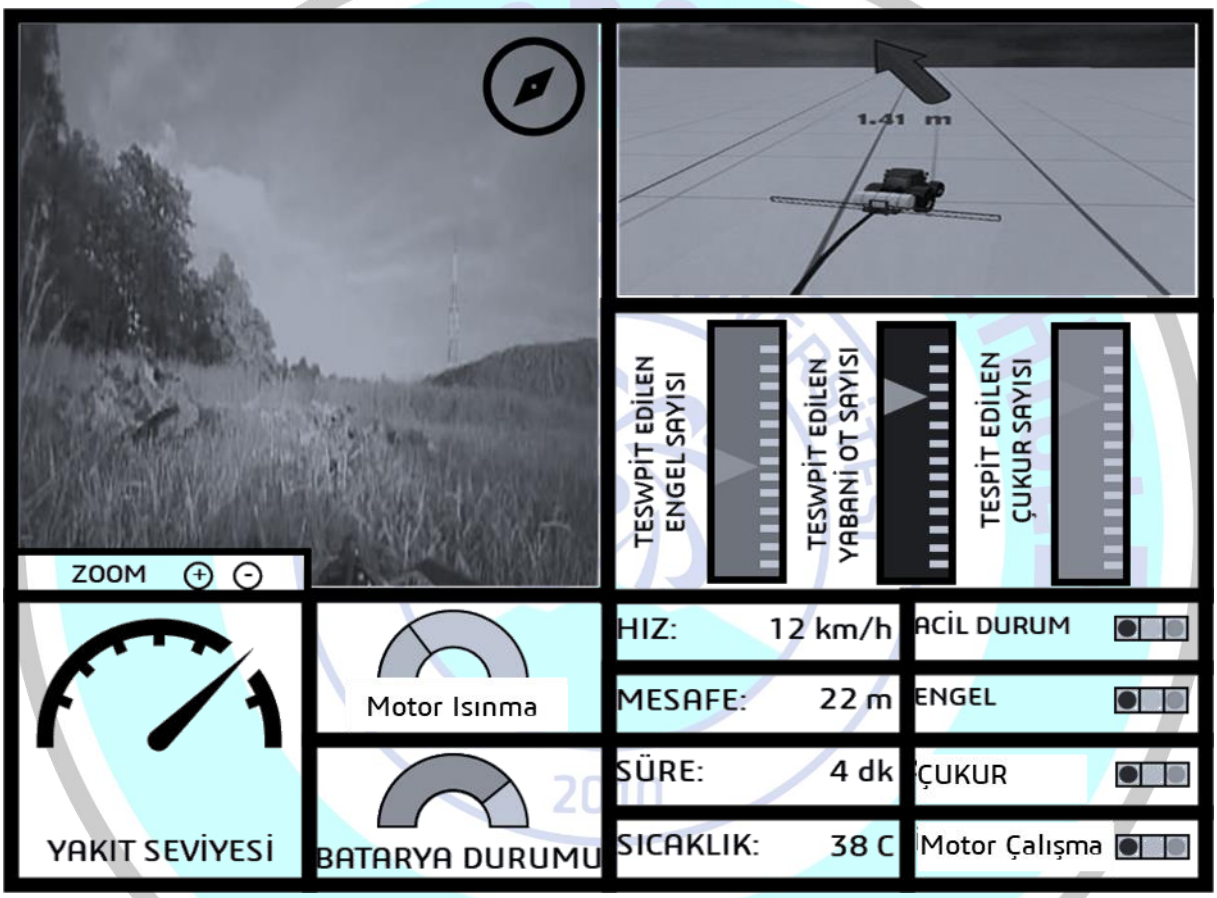
5.1. Arayüzde gösterilecek olan bilgiler:

1) İnsansız kara aracının yakıt ve ilaç seviyesi gibi temel bilgileri gösterilecektir.
2) Aracın yapmakta olduğu görevin durumu ile alakalı bilgiler gösterilecektir (zararlı bitki bulundu/ zararlı bitki ilaçlanıyor vs).



3) Araç görüntü işleme ile bitki, engel ve çukur gibi nesneleri tespit edecektir ve bu nesnelerin ekranda tespit edildikleri konumlar gösterilecektir.
4) Aracın ve işlem yapılan arazinin konum bilgisi google maps api kullanılarak gösterilecektir.

Şekil 13: Harita gösterim



Şekil 14: Kavramsal arayüz tasarımı

6. OTONOM SÜRÜŞ ALGORITMALARI

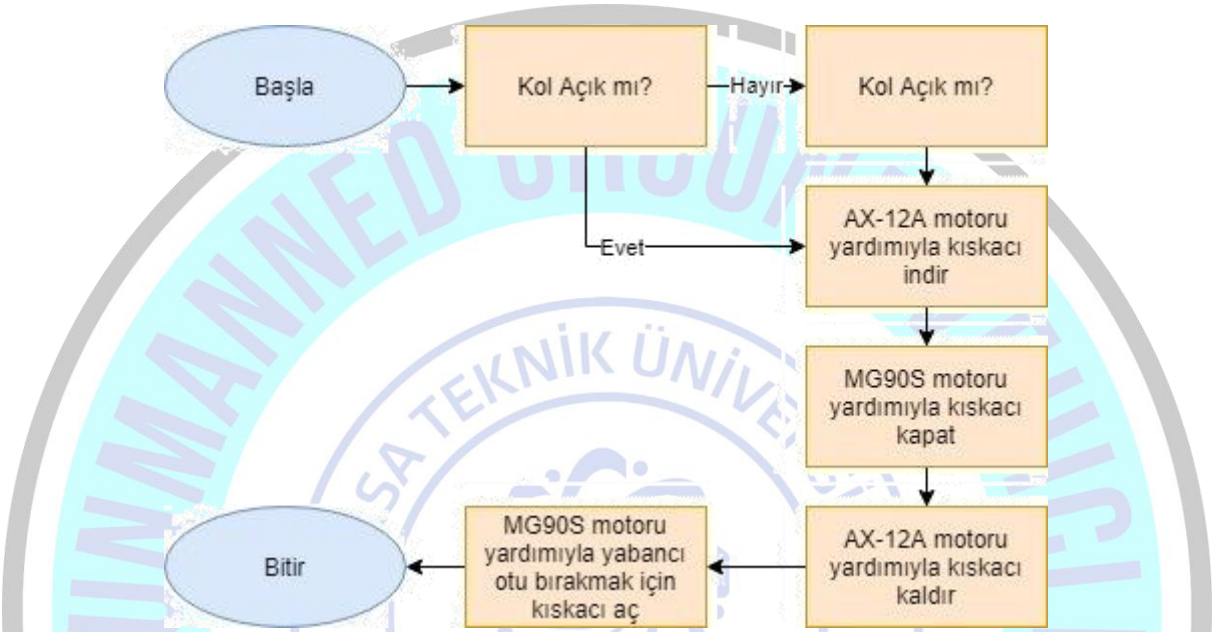
Aracın durma ve yola devam etme durumları tarafımızca yapılan özgün algoritmalar ile sağlanacaktır.

6.1. Yabani Ot İmha:

Otonom aracımız alanda bulunan yabancı otları imha etmek için özgün kodlarımızı kullanarak görüntü işlemle uygulamalarını gerçekleştirecektir. Araç ekin sırasında düz bir şekilde ilerlemeye başlayacaktır. İlerlerken her bitkiyi bitkinin konumunu tespit edecek ve tespit ettiği bitkinin yararlı ve zararlı mı diye 2 kategoriye ayıracaktır. Eğer zararlı bitki tespit edilirse yakalama algoritması devreye girecektir. Otonom aracımızın yakalama algoritması bitkinin

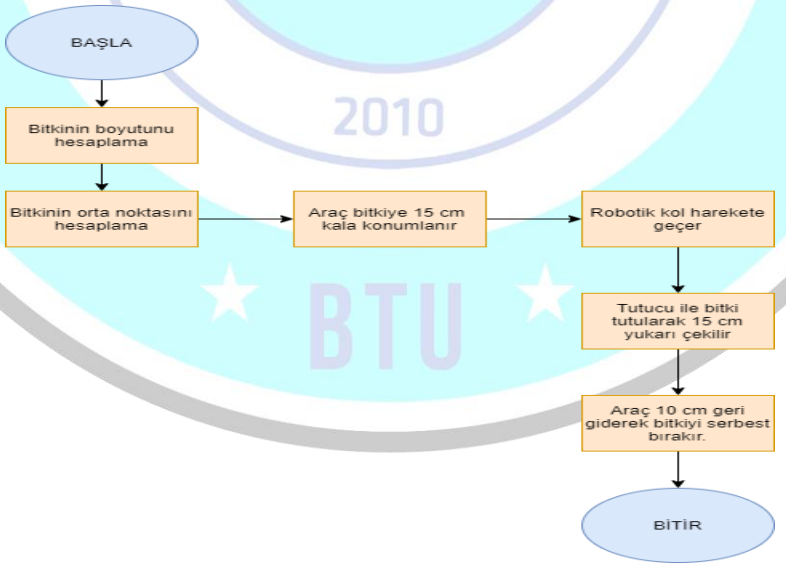
boyutunu ve orta noktasını hesaplayacaktır. Bitkinin orta noktası belirlendiğinde araç kamera bakış açısını bozmadan bitkiye doğru ilerleyecektir. Bitkiye belirli bir mesafe kala konumlanacaktır. Araç tamamen konumlandıktan sonra robotik kol harekete geçecektir. Robotik kol üzerinde bulunan tutucu ile yabani ot orta noktasından kavranacaktır. Kavranan bitki belli bir yüksekliğe kadar yukarı çekilip imha edilecektir. İmha edilen yabani ot aracın belirli bir mesafe kadar geri gitmesi ile beraber tutucu tarafından serbest bırakılacaktır.

6.1.1. Robotik Kol Hareket Algoritması



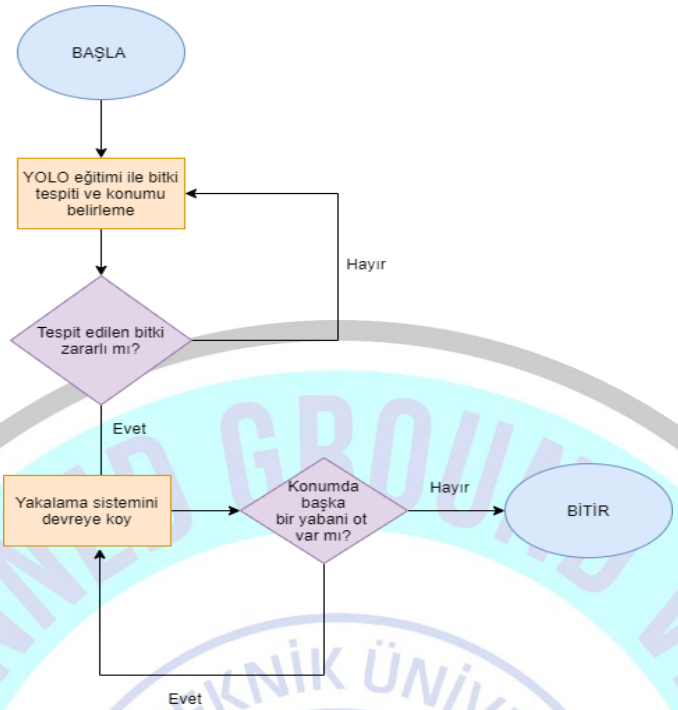
Şekil 15:Robotik Kol Hareket Algoritması

6.1.2. Robotik Kol Yakalama Algoritması



Şekil 16: Yakalama Algoritmasi

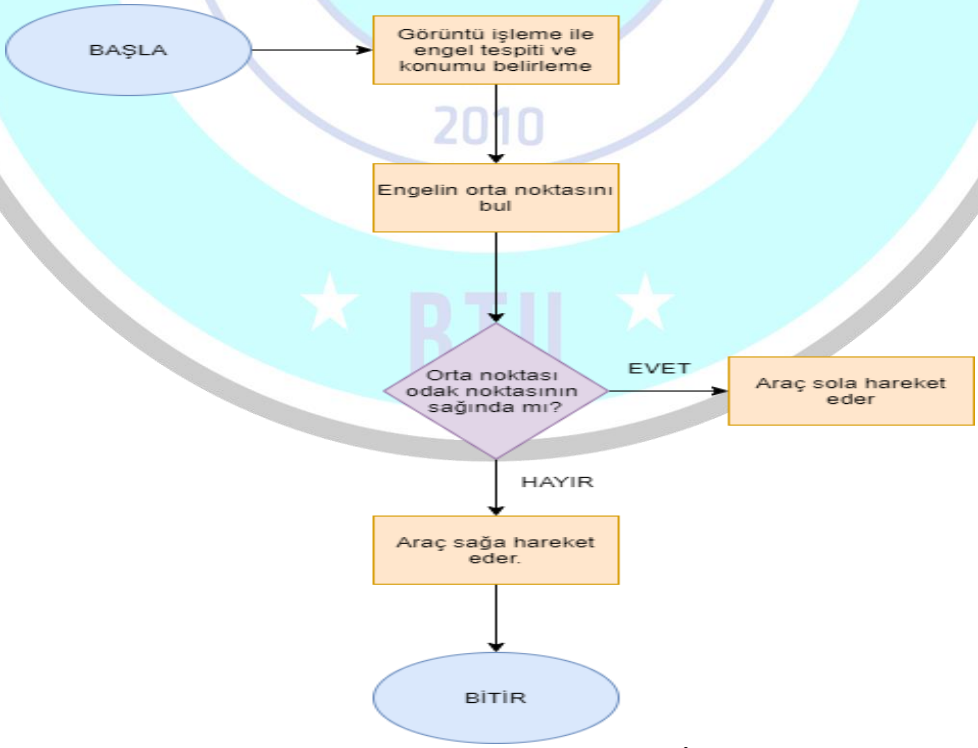
6.1.3. Bitki İmha Algoritması



Şekil 17: Bitki İmha Algoritması

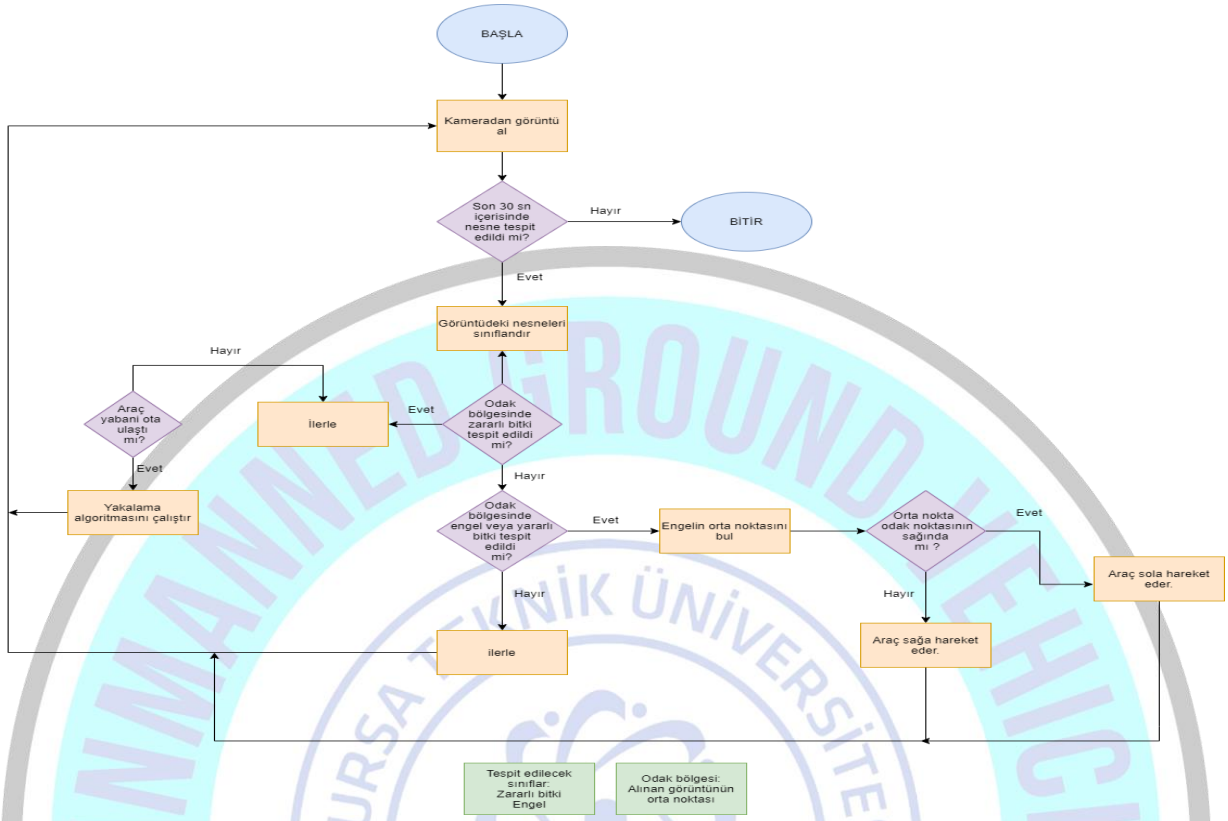
6.2. Engel Tespit Etme

Ekin alanında ilerleyen otonom aracımız engel ve çukurları görüntü işleme ile elde edilecektir. Engeli tespit eden tarım aracımız ilk olarak engelin boyutunu hesaplayacaktır. Engelin kapladığı alan belirlenip engelin orta noktası belirlenir. Eğer orta noktası aracın solunda ise araç sağa doğru hareket edecektir. Ama orta noktası aracın sağındaysa araç sola doğru hareket edecektir. Araç aldığı komutlar ile belirlenen yolda ilerleyip görevini tamamlayacaktır.



Şekil 18:ENGEL TANIMA ALGORİTMASI

6.3. Genel Sistem Algoritması



Şekil 19:Genel Algoritma

Geliştirmekte olduğumuz insansız kara aracının kontrolünün ve verilen görevlerin yerine getirilmesinde ele alınacak algoritmalar için Python dili kullanılacaktır https://www.python.org/ .Bu programlama dilinin seçilmesindeki en büyük iki etmen yapay zekâ ve görüntü işleme konularında en çok tercih edilen dil olmasıdır. Python üst düzey dil özelliği sayesinde makine ile haberleşmeyi kendi içerisinde halledecektir. Böylelikle kod yazarken makine öğrenmesi ile ayrıca uğraşılmayacaktır.

Görüntü işleme, görüntüyü dijital form haline getirmek ve bazı işlemleri gerçekleştirebilmek için geliştirilmiş, spesifik görüntü elde etmek veya bu görüntüden bazı yararlı bilgiler çıkarmak için kullanılan bir yöntemdir.

Jetson Nano kameradan aldığı görüntüyü kendi içinde sınıflandırarak, konumunu ve gerçekleştireceği görevi için ne yapması gerektiğini tahmin etmeye çalışacaktır. Yapılan tahmin sonuçlarına verilen karara göre robot hareketini sağlayacaktır.

6.4. Görüntü Işleme Iconu

Görüntü işleme ile bir görüntüden renk, şekil, kenar/köşe gibi veriler çıkarılabilir ve anlamlandırılabilir. Görüntü işleme kısmında OpenCV https://www.udentify.co/Blog/04/2017/goruntu-isleme-nedir/ ,
NumPy kütüphanesi ve YOLO nesne takip algoritması kullanılacaktır.

- OpenCV kullanılmasının sebebi görüntü işleme için kullanılan en popüler kütüphanelerden birisi olmasıdır
https://opencv.org/42
- YOLO (You Only Look Once) algoritmasını tercih etmemizdeki en etkili sebep gelen görüntünün tamamını tek seferde nöral bir ağdan geçiriyor olmasıdır. Nesne tanımlamanın

doğruluğu ve hızı YOLO'nun diğer sürümlerinde (v1,v2,v3,v4 …) farklılık göstermekle birlikte maximum 244 FPS (Frame Per Second, saniye başına kare)'e çıkabilmekte ve + % 95 doğruluk değerlerine ulaşabilmektedir. Yolonun fps değeri diğer modellere göre daha yüksektir. Bu durum da realtime detection yapabilmemize olanak tanıyor.

7. Özgün ve Yerli Bileşenler

7.1. Yerlilik ve Özgünlük

Yerli ve milli teknoloji hamlesi doğrultusunda sahip olduğu alt sistemler ile operasyon gereksinimlerini en doğru, verimli ve optimum maliyet ile karşılaması için MATOR otonom insansız kara aracıu projesi BTU İKA takımı tarafından hayata geçirilmektedir. Batarya sisteminden güvenlik sistemlerine, algoritmalarından tasarımına kadar tamamen yerli olarak üretilecek ve Türk sanayi firmalarından yerli ürünler temin edilecektir.

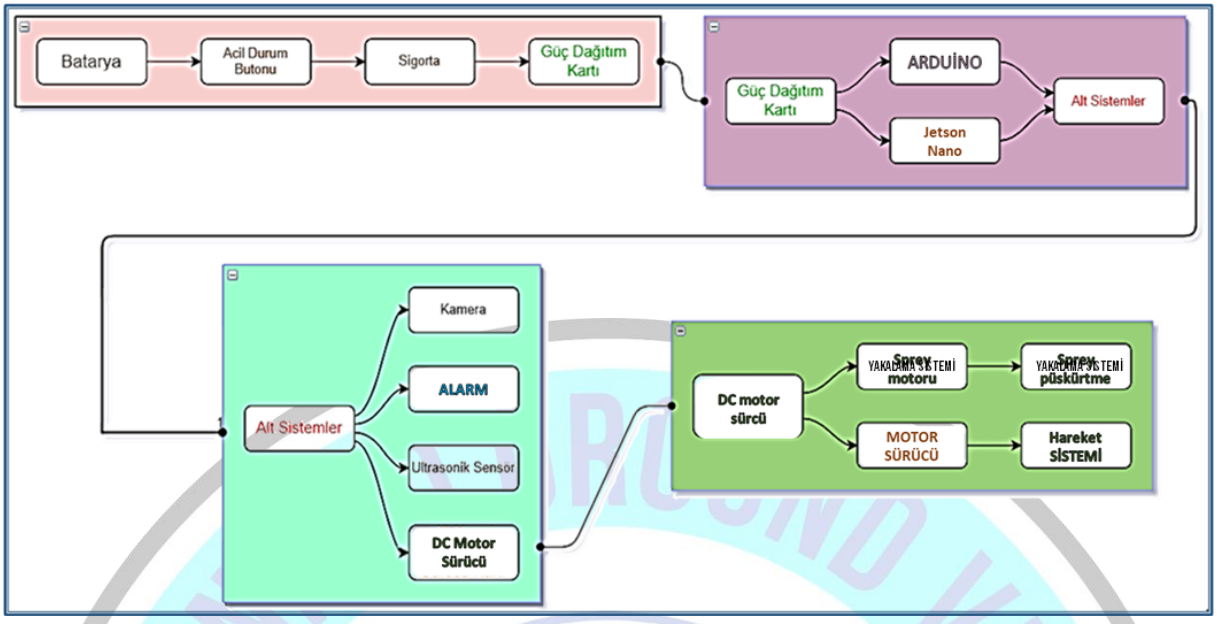
Tablo 8: yerli ürün ve temin edilecek ürün paketleri

ÜRÜN	ÜRETİM ŞEKLİ	ÜRETİCİ
Batarya	Yerli üretiliyor	Takım tarafından
Baskılı Devreler	Yerli üretiliyor	Takım tarafından
Şasi	Yerli üretildi	Sanayi firması
Diğer Gövde Malzemeleri	Yerli üretiliyor	Takım tarafından
Elektronik Komponentler	Temin edilecek	Yerli firma
Tasarım	Özgün ve yerli	Takım tarafından
Algoritmalar	Algoritmalar yerli	Takım tarafından

Yakalayıcı kol tasarımı özgün olarak tasarlanmış olup 3b yazıcılar ile basımı gerçekleştirilecektir. Bu kapsamda hem yerli hem de özgün bir tasarımın hayata geçirilmesi düşünülmüştür.

7.2 Sistemin Elektronik Tasarımı

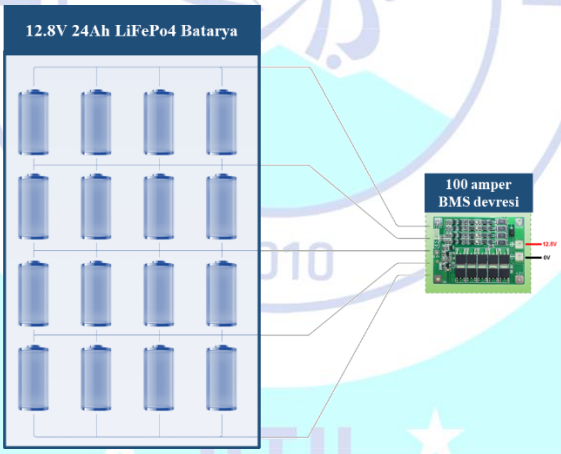
4S(12.8V) 24Ah LiFePo4 batarya sayesinde yerli üretimi gerçekleştirilecek olan batarya alt sistemi ile güç kartına enerji aktarımı sağlanacaktır. Güç dağıtım kartında ise tüm birimlerin kullanımına uygun gerilim seviyeleri uygun ve optimum halde elde edilecektir.



Şekil 20: Güç dağıtım şeması

7.3. Enerji ve Güç Planlaması

Yerli oalrak üretilecek olan batarya sisteminde çalışma gerilimleri 3.2V olan bu pillerin 4 tanesi seri bağlanarak 12.8V 6Ah lik bir kapasite elde edilir. Bataryanın akım kapasitesini 24Ah' e çıkartmak içinse 4 tane 12.8V paralel yapılır. Tasarlanmaya başlanan güç dağıtım kartında, güç tüketiminde bulunan sistemlerin her biri için farklı gerilim ve akım seviyelerinde değerler üretilecektir. Bu sayede tek kart ile kolay anlaşılır ve araçta oldukça az yer kaplayacak bir sistem geliştirilecektir.



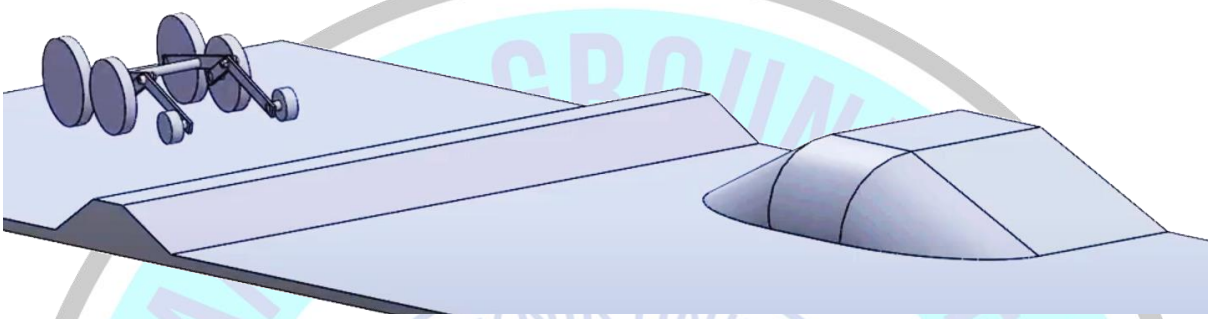
Şekil 21: Yerli üretilecek olan batarya sisteminin şeması

Çalışma gerilimleri 3.2V olan bu pillerin 4 tanesi seri bağlanarak 12.8V 6Ah lik bir kapasite elde edilir. Bataryanın akım kapasitesini 24Ah' e çıkartmak içinse 4 tane 12.8V paralel yapılır. Tasarlanmaya başlanan güç dağıtım kartında, güç tüketiminde bulunan sistemlerin her biri için farklı gerilim ve akım seviyelerinde değerler üretilecektir. Bu sayede tek kart ile kolay anlaşılır ve araçta oldukça az yer kaplayacak bir sistem geliştirilecektir.

8. SİMÜLASYON VE TEST

8.1. Hareket Sitemi Simülasyonu

Hareket sistemimizin engebeli arazideki hareket kabiliyetini görebilmek için dijital ortamda bir test gerçekleştirdik. Bu testi solidworks programı üzerinden ‘’Motion analysis’’ eklentisini kullanarak gerçekleştirdik. Analiz neticesinde başarılı bir şekilde eğimli arazilerden geçtiği gözlelenmiştir.



Şekil 22: Hareket analiz görseli ve videosu.

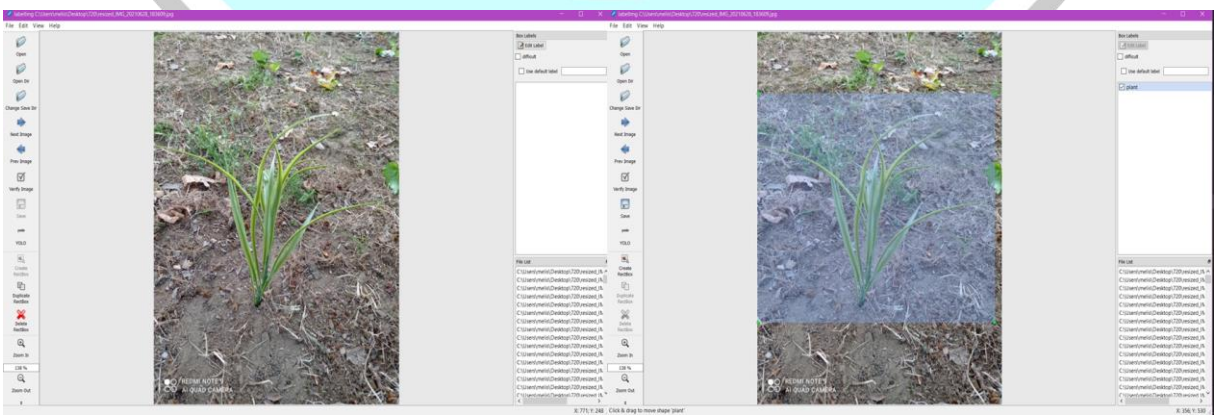
(https://www.youtube.com/watch?v=uSuoYwc0qnQ)

8.2.YOLO EĞİTİMİ

Otonom olarak geliştirdiğimiz aracımızda yabani ot YOLO algoritması tespit edilecektir. Teknofest tarafından bizlere ulaştırılan yabani ot üzerinden eğitilmek üzere 750 adet fotoğraf çekilmiştir. Fotoğraflar :

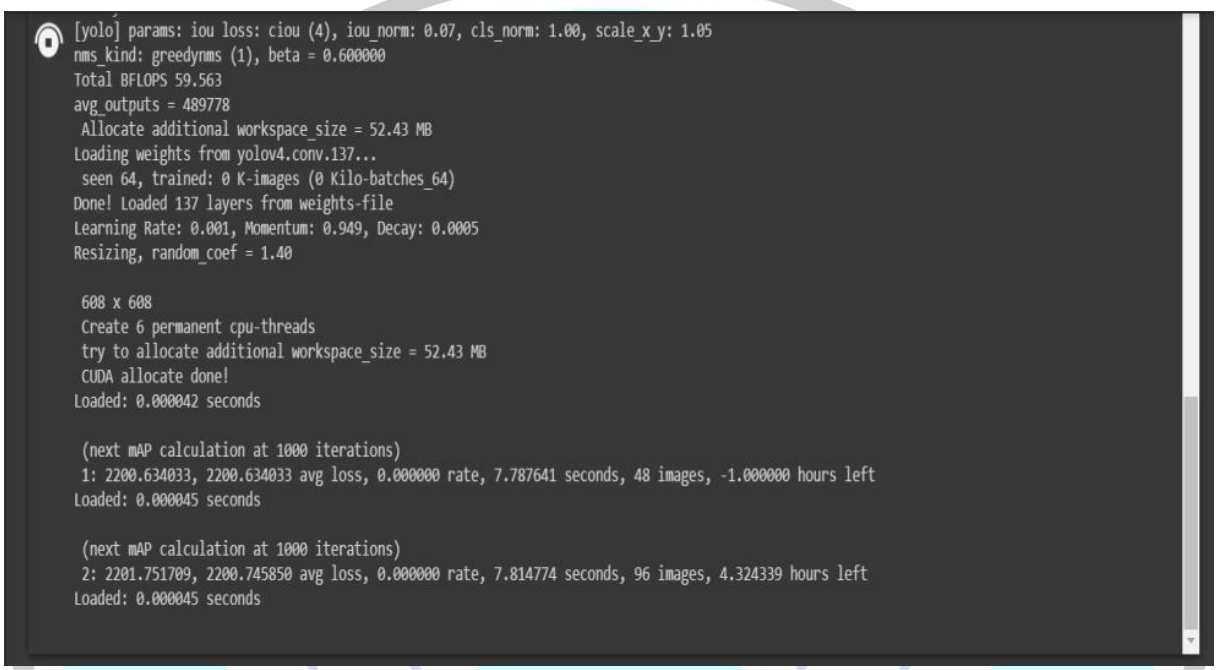
- Yabani ot tespit etme algoritmasında belirtildiği gibi yabani ot ile araç arasında 15 cm mesafesi ile çekilmiştir.
- Kullanılacak kameranın görüntü pixeli ve fotoğraf çekilen kameranın görüntü pixelinin aynı olması

durumları dikkate alınarak çekilmiştir. Elde etmek istediğimiz bitkiyi barındıran görüntülerimiz bitki_dataset adlı klasör altında tutulmaktadır.
Veri seti oluşturulduktan sonra elde edilen veriler üzerinde etiketlemeler yapılmıştır. Etiketlenme LabelImg Grafiksel Resim Ekleme Aracı üzerinden gerçekleştirilmiştir

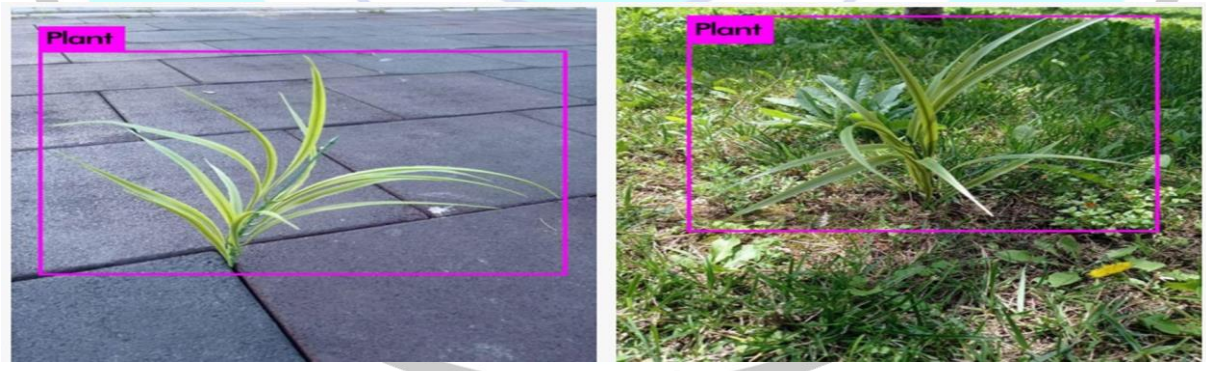


Şekil 23:LabelImg ile Etiketleme

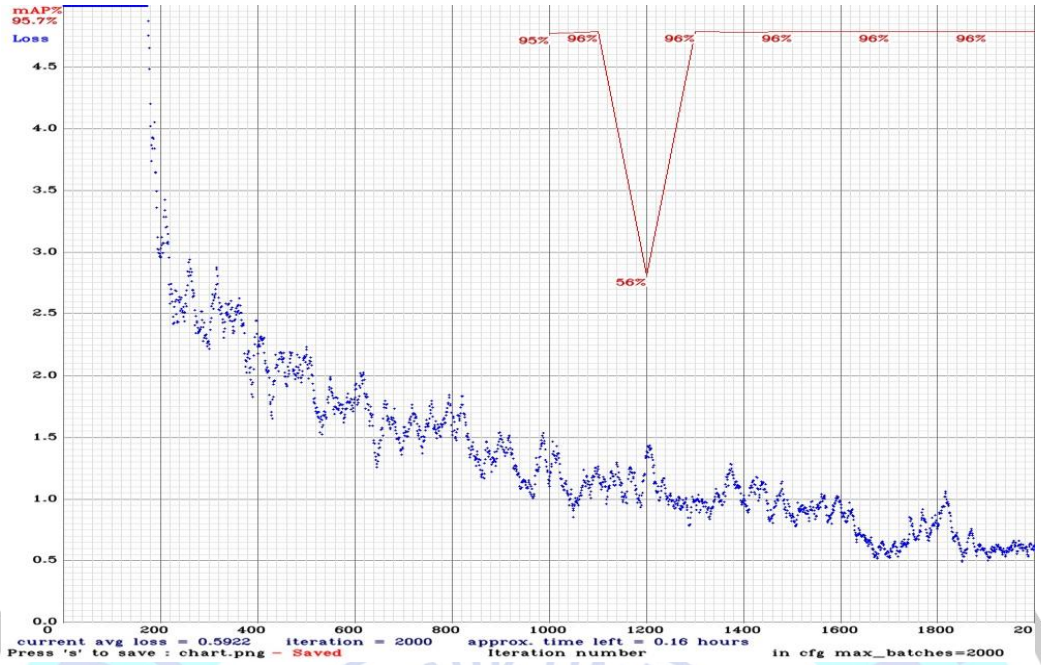
Etiketlenme işlemleri tamamlandıktan sonra YOLO algoritması kullanılarak oluşturulan modelimiz eğitime hazırdır. YOLO'yu eğitmek için veriler belli test ve eğitim olmak üzere ikiye ayrılmıştır.
Eğitim ve test işlemleri için veri setimiz, %70 eğitim, %20 doğrulama ve %10 test verileri rastgele olacak şekilde bölünmüştür. Bunun sebebi ise eğitim esnasında mAP(mean average precision) oranını inceleyip over fit durumunun önüne geçmek ve eğitim tamamlandıktan sonra modelimizin daha önceden hiç görmediği veriler üzerinde nasıl bir doğruluk oranına sahip olacağını daha iyi gözlemlemektir. Eğitimin sonrasında yapılan testlerde %98 doğruluk oranına ulaşılmıştır.



Şekil 24: Eğitim başlangıç ekranı



Şekil 25:Eğitim sonrası yabani otun tespiti



Şekil 26: Test sonucu elde edilen doğruluk oranları

9. Güvenlik Önlemleri

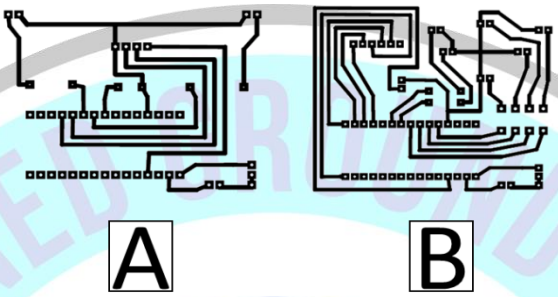
Aracın test ve yarışma sırasındaki olası tehlikelerin tespiti yapılmış olup bu sorunlar için çözüm önerileri geliştirilmiştir. Araç üretiminden önce öngörülen risklerin ortadan kaldırılması sağlanacaktır. Yarışma sırasında araçta bulunan uzak kapatma ve gerekirse elle müdahale ile kolay erişilebilir yerde bulunan sigortadan aracın tüm güç sistemleri keseilecektir. Bunun yanı sıra ilaç sisteminin sızdırmazlığı sağlanırken aynı zamanda yerli üretimi gerçekleştirilecek olan batarya sisteminin bulunduğu hazne yanma ve alev alma direnci yüksek olan, barınma alanlarında yalıtım malzemesi olarak kullanılan cam yünü ile kaplanacaktır.

		RİKS DERECELERİ					
	RİSK FAKTÖRLERİ	1	2	3	4	5	TOPLAM
1	Çevresel Faktörler			+/ -			9
2	Sensörlerin Bozulması	+		-			3
3	Kamera arızası		+			-	10
4	Yazılımsal Sorunlar		+		-		8
5	İnsan Etkileşiminde İSG ihlali		+	-			6
6	Motor Arızası		+			-	10

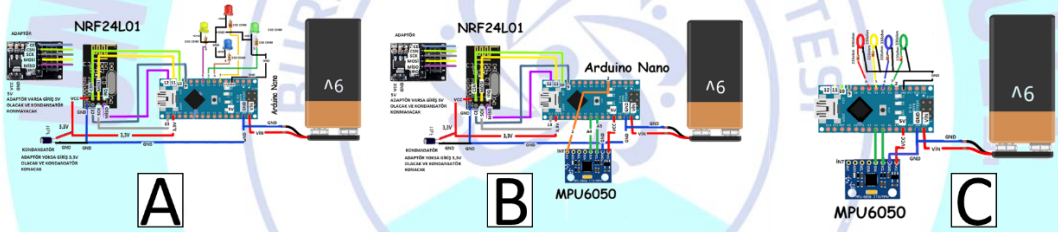
Şekil 27: Risk analizi

- Sigmaların açılı bağlantı elemanı için keskinlik oluşmaması ve kazaya sebep olmaması için köşelere radius verilerek köreltilmiştir.

- Araçta, yüksek akım çekme durumuna karşı devre elemanları sigortalar ile koruma altına alınacaktır.
- Araçtaki tüm kabloların elektrik yalıtımı kontrol edilecek ve hem estetik hem de kontrol açısından herhangi bir gerilme olmadan araca sabitlenecektir.
- Bahsi geçen tüm çözüm önerilerinin yanında çevreden gelecek sürükleme, çekme, çalma, konum değiştirme vb. tehdit unsurlarının engellenmesine yönelik alarm sistemi kurulacak olup gerektiği durumlarda kullanıcıya bilgi aktarması sağlanacaktır



Şekil 28: ÇALINMA VE KONUM DEĞİŞİMİ ALARM SİSTEMİ DEVRES – A: alıcı devre b: verici devre



Şekil 29: devre elemanlarının yerleşimive bağlantıları

Referanslar

[1] Jiang G. Q., Zhao C. J., Si Y. S. (2010) "A Machine Vision Based Crop Row Detection for Agricultural Robots" Proceedings of the 2010 International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition, Qingdao, 11-14 July 2010.

[2] Machleb J., Kollenda B., Peteinatos G. G., Gerhards R. (2018) " Adjustment of Weed Hoeing to Narrowly Spaced Cereals" Agriculture 2018, 8(4),54

[3] Liu Y., Sun R., Liu J., Fan Y., Zhang Q. (2019) "Research on the Positioning Method of Autonomous Mobile Robot in Structure Space Based on UWB" 2019 International Conferenceon High Performance Big Data and Intelligent Systems (HPBD&IS)

[4] Michaels A., Haug S., Albert A. (2015) "Vision-Based High-Speed Manipulation For Robotic Ultra-Precise Weed Control" 2015 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS) Congress Center Hamburg Sept 28-Oct 2, 2015. Hamburg, Germany.

[5] Naio Technologies Autonomous Vegetable Weeding Robot-DINO Erişim Adresi: https://www.naiotechnologies.

[6] Slaughter, D., Giles, D., & Downey, D. (2007). "Autonomous robotic weed control systems: A review". Computers and Electronics in Agriculture, 61(1),63-78.

[7] Rathod, R., Munde, P., & Nadre, R. (2010). "Development of tractor drawn inter-row rotary weeder". International Journal of Agricultural Engineering, 3(1), 105-109.

[8] Sun Y., Wang J., Duan X. (2013) " Research on Path Planning Algorithm of Indoor Mobile Robot" 2013 International Conference on Mechatronic Sciences, Electric Engineering and Computer (MEC) Dec 20-22, 2013, Shenyang, China.

[9] Steward B., Gai. J & Tang L. "The Use of Agricultural Robots in Weed Management and Control", J. Billingsley (Ed.), Robotics and Automation for Improving Agriculture . Cambridge, Birleşik Krallık: Burleigh Dodds Publishing Limited, 2019.

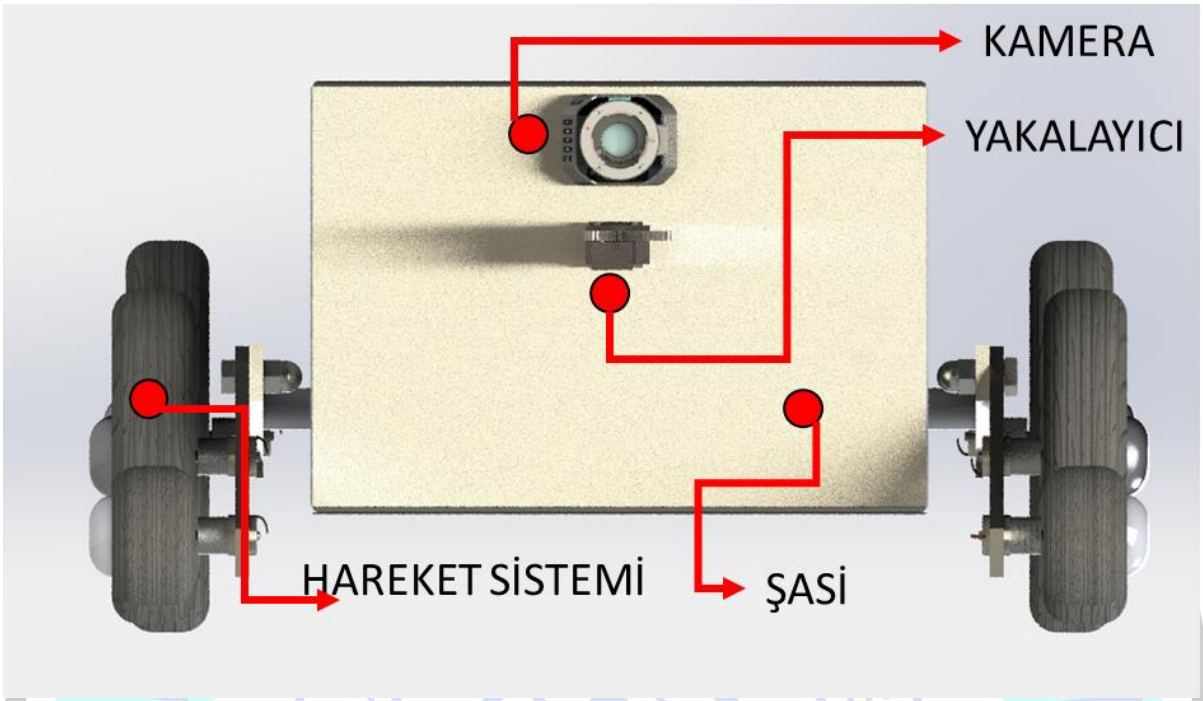
[10] Tillet N. D., Hague T., Grundy A. C., Dedousis A. P. (2008) "Mechanical within-row weed control for transplanted crops using computer vision". Biosystems Engineering 99, pp. 171-178.

[11] Vidovic I., Cupec R., Hocenski Z., (2016) " Crop Row Detection by Global Energy Minimization" Pattern Recognition Vol:55, pp. 68-86.

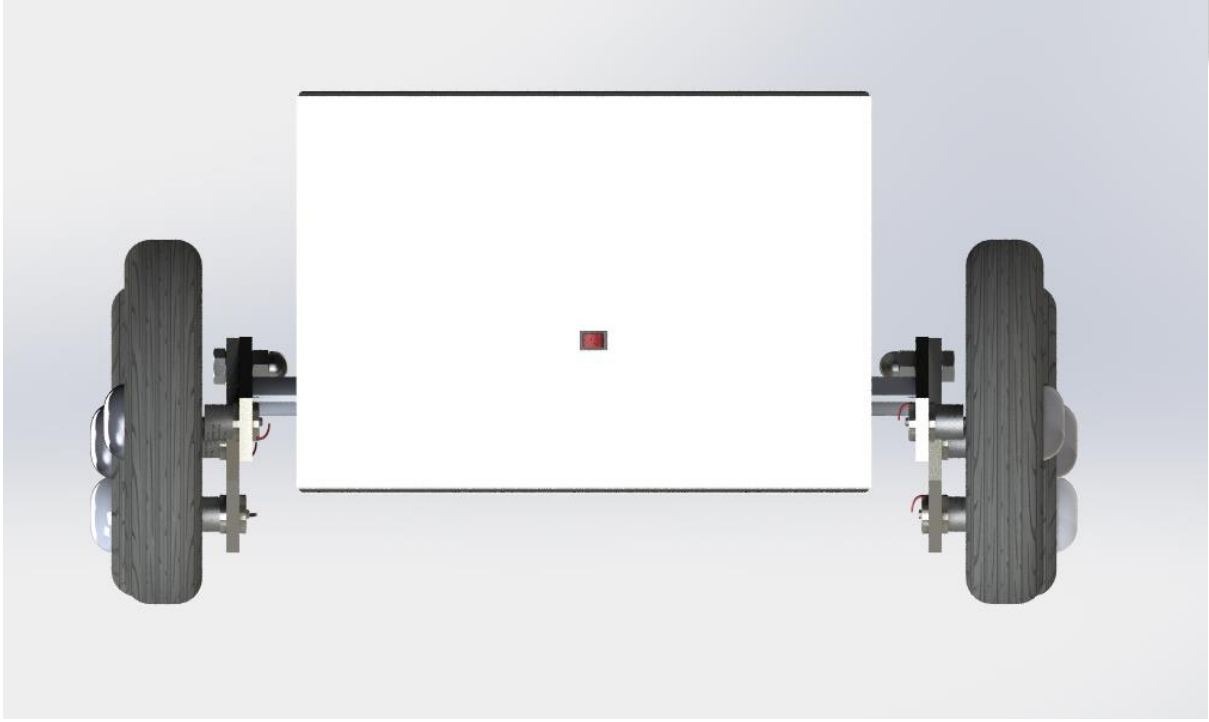
[12] Zhang, Q. Precision Agriculture Technology for Crop Farming; CRC Press: Washington, DC, ABD, 2015.

[13] ELSEVİER, Mechanism and Machine Theory, Optimal design and kinetic analysis of a stair climbing mobile robot with rocker bogie mechanism

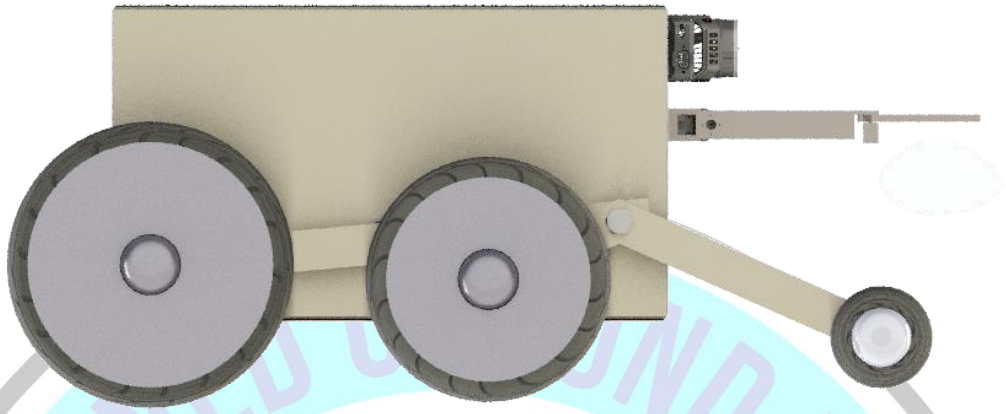
Ek 1. Araç Görselleri



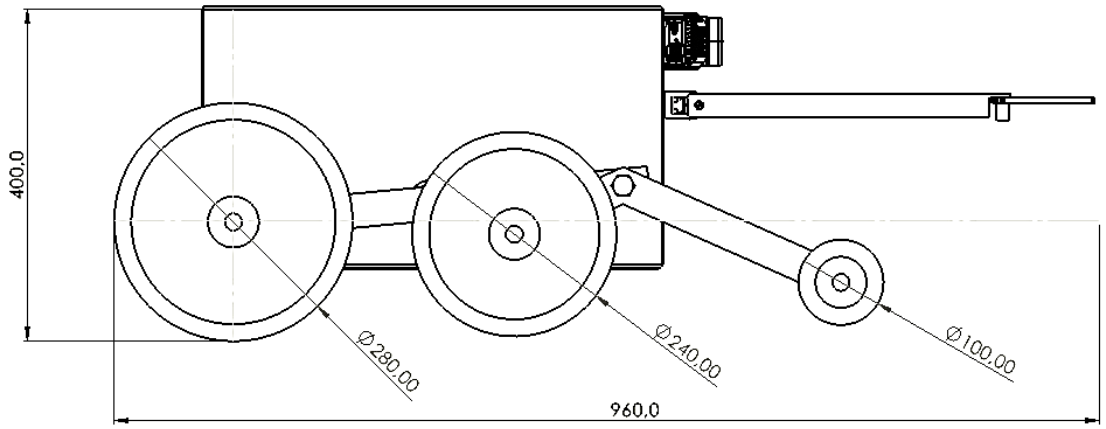
Şekil 30: ön görünüm



Şekil 31: Arka Görünüm

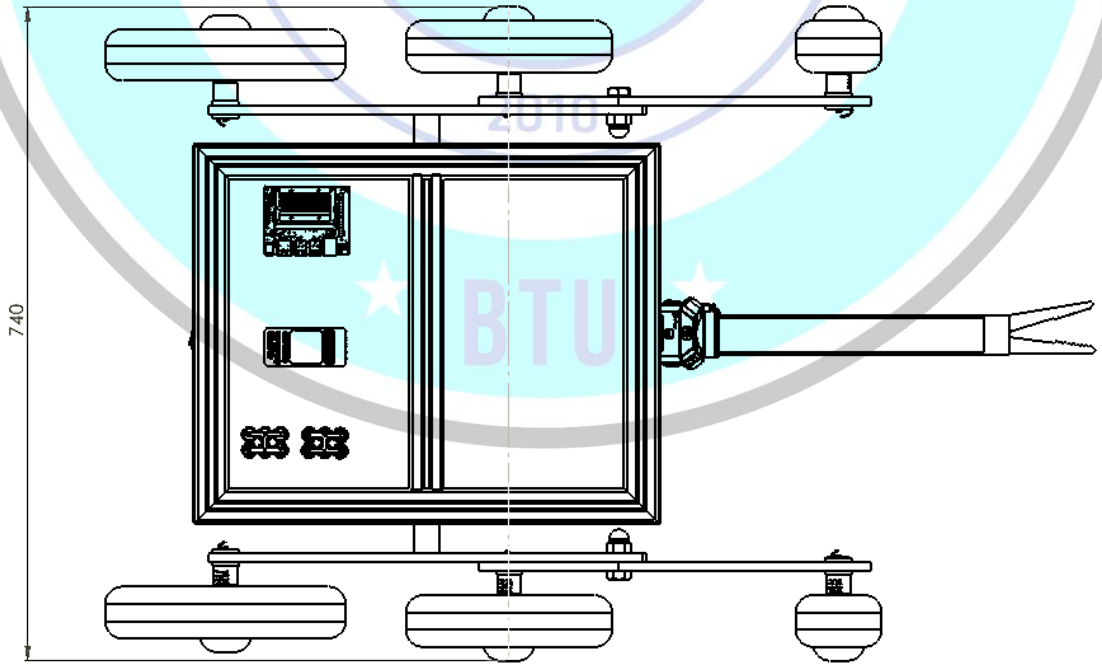


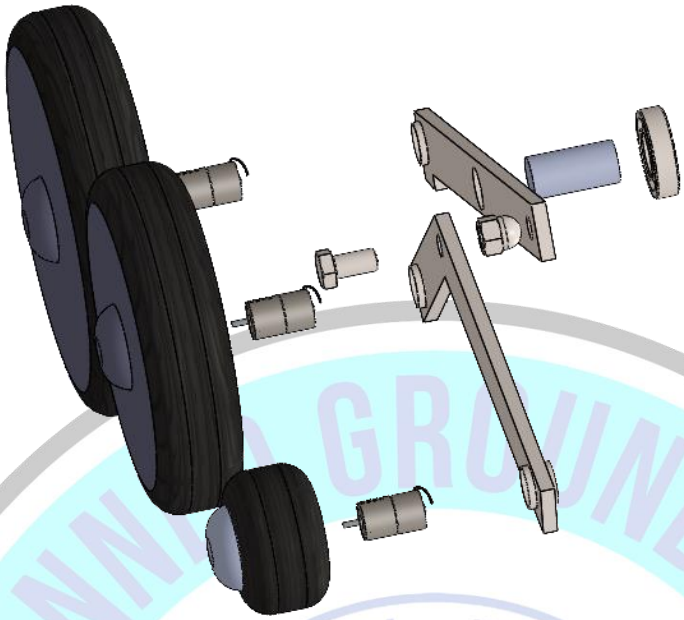
Şekil 32: Sağ görünüm



Şekil 33: boyutlandırma

Şekil 34: Üst görünüm





Şekil 35: patlama görüntüsü