TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

TARIMSAL İNSANSIZ KARA ARAÇLARI YARIŞMASI

KRİTİK TASARIM RAPORU ŞABLONU

TAKIM ADI

3T Tarım

PROJE ADI

KARAÇOR İKA

BAŞVURU ID

#367213

İçindekiler

1. Takım Organizasyonu 3
2. Ön Tasarım Raporu Değerlendirmesi 3
3. Araç Özellikleri 4
Mekanik Özellikler 4
Elektronik Özellikleri 6
Yazılımsal Özellikleri 8
4. Sensörler 8
5. Araç Kontrol Ünitesi 12
6. Otonom Sürüş Algoritmaları 14
8. Özgün Bileşenler 20
9. Güvenlik Önlemleri 21
10. Simülasyon ve Test 22
Simülasyon Ortamı 22
Simülasyon Bölümünde Kullanılan Unity Nedir? 25
Simülasyonda Kullanılan Algoritma 25
Statik Analiz 28
11. Referanslar (Kaynakça) 28

1. Takım Organizasyonu

Ön tasarım raporundan bu yana sürdürdüğümüz çalışmalar esnasında saygıdeğer danışman hocamız Dr. Mevlüt KARAÇOR'un vefatı bizleri çok derinden üzmüştür. Yaşadığımız bu elzem olaydan sonra danışmalık görevini rahmetli hocamızın da çok yakın arkadaşı olan Dr. Cihan ŞAHİN hocamız devralmıştır. Rahmetli hocamızın ismini yaşatmak için aracımızın ismi KARAÇOR İKA olarak değiştirilmiştir.

3T Tarım ekibi 2021 yılında Manisa Celal Bayar Üniversitesi bünyesinde kendi alanlarında çalışmalar yapan 4 takım üyesiyle kurulmuştur. Ekibimize katılan 5. Takım üyesi Göksel ORAKÇI ile takımımız tarım teknolojisini geliştirmek amacıyla çıktığı yolda saygıdeğer Dr. Mevlüt KARAÇOR hocamızın emaneti olan çalışmalarına istikrarlı bir şekilde devam etmektedir. Proje çalışma esnasında uyguladığımız yeni organizasyon planı Şekil 1 'de gösterilmiştir.

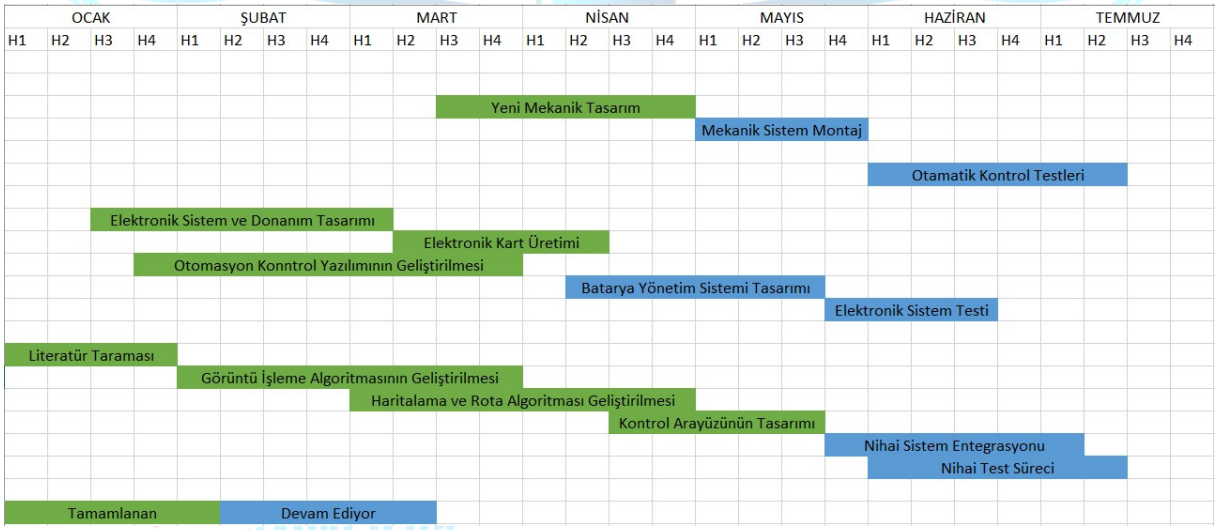
Şekil 1: Takım organizasyonu

2. Ön Tasarım Raporu Değerlendirmesi

Ön Tasarım Raporu sürecine kadar tasarlamış olduğumuz KARAÇOR İKA'nın mekanik sistem üretim sürecine Şekil 2'deki incelemeye sunduğumuz GANNT planımızdaki tarihte başladık. İlk olarak aracımıza gerçek saha koşullarında çalışmaya uygun bir şasi tasarladık. Tasarlanan aracın bir prototipinin üretim maliyetleri ve hareket performansı için gerekli ekipman temininin takım bütçemizin üzerinde olduğunu doğruladık. Bu sebeple daha kompakt bir yapıyla maliyet düşürme yoluna gittik.

Şekil 2: Üretim planına ilişkin başlangıçtaki GANNT şeması

Yeni başlatmış olduğumuz bu süreç Şekil 3' deki GANNT şeması üzerinde belirtilmiştir. Yapılan bu tüm değişiklikler Araç Özellikleri başlığı altında detaylandırılmıştır.



Şekil 3: Üretim planına ait güncel GANNT şeması

3. Araç Özellikleri

Mekanik Özellikler

Aracın tasarım süreci sonunda yapılan üretim çalışmaları yaşadığımız üretim maliyeti, parça temini ve parçaların işlenmesi takım bütçesini ve altyapısını aşması neticesinde yeni gövde tasarımına gidilmiştir. İlk tasarımızda planladığımız özellikler Tablo 1'de yer almaktadır.

Tablo 1: Başlangıçta tasarlanan araca ait özellikler

Özellik	Birim	Değer
Uzunluk	mm	860
Genişlik	mm	650
Yükseklik	mm	550
Palet Sayısı	adet	2
Gövde	malzeme	Alüminyum
Palet Uzunluğu	mm	800
Palet Genişliği	mm	105
Palet Yüksekliği	mm	221
Palet Tahrik Motoru	türü	Fırçalı DC Motor
Motor Sürücüsü	türü	Özel Tasarım
Motor Gücü	W	240
Batarya Türü	türü	Jel Akü
Güç Kaynağı Nominal Gerilimi	V	24
Güç Kaynağı Nominal Gücü	W	1920

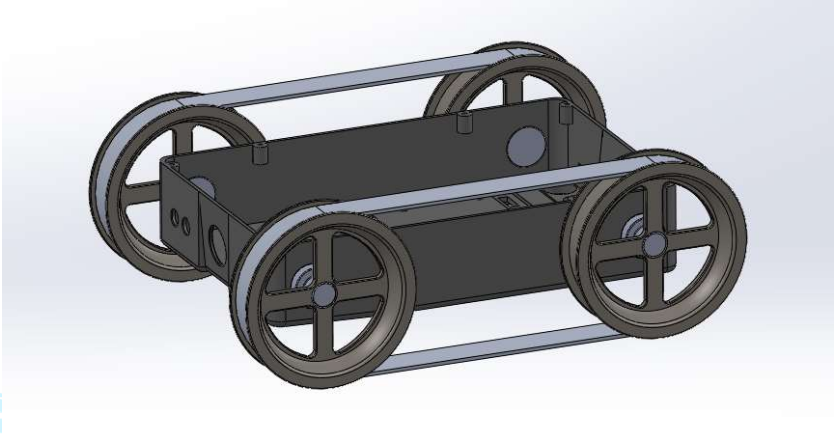
Daha kompakt bir yapıda tasarlamış olduğumuz yeni aracımızın özellikleri Tablo 2'de yer almaktadır.

Tablo 2: Güncel tasarlanan araca ait özellikler

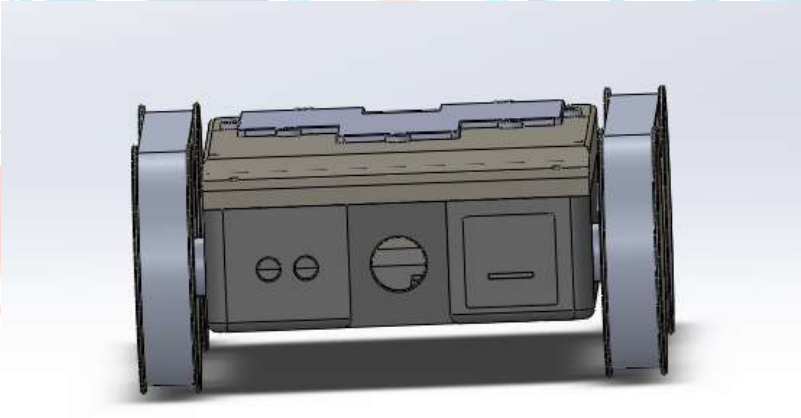
Özellik	Birim	Değer
Uzunluk	mm	250
Genişlik	mm	255
Yükseklik	mm	140
Palet Sayısı	adet	2
Gövde	malzeme	PLA
Palet Uzunluğu	mm	300
Palet Genişliği	mm	30
Palet Yüksekliği	mm	120
Palet Tahrik Motoru	türü	Fırçalı DC Motor
Motor Sürücüsü	türü	Özel Tasarım
Motor Gücü	W	20
Batarya Türü	türü	Li-Po
Güç Kaynağı Nominal Gerilimi	V	11,1
Güç Kaynağı Nominal Gücü	W	93,24

Yeni tasarımın 3D yazıcıdan üretilebilecek şekilde ağırlığı yaklaşık olarak 4 kg olacak şekilde tasarladık. Aracın ağırlığı düşmesi için üretim ham maddesini PLA filament olarak belirlenmiştir. Böylece üretim maliyetinde düşüş ve imalat sürecinde kolaylık sağlanmaktadır. Görevleri gerçekleştirebilmek için tasarımdaki faydalı yük taşıma kapasitesi 2 kg ile sınırlı tutulmuştur. Hava Destekli Elektrospraying uygulamasıyla müdahale esnasındaki ilaç sarfiyatının çok düşük olacağı bilindiğinden 2 kg faydalı yük yeterli bulunmuştur. Hava Destekli Elektrospraying yöntemine ilişkin açıklamalar Yabancı Otla Zirai Mücadele Yöntemleri başlığı altında detaylandırılmıştır.

KARAÇOR İKA ÖTR raporu sonrasında sistemin mekanik tasarım üzerinde revizyona gidilmiştir. Güncellenen aracın boyutları yüksekliği 140 mm, genişliği 255 mm boyu ise 250 mm'dir. KARAÇOR İKA tasarımımızın izometrik ve önden görünüşü Şekil 4 ve Şekil 5'te incelemeye sunulmuştur.



Şekil 4: KARAÇOR İKA izometrik görünümü



Şekil 5: KARAÇOR İKA önden görünümü

Elektronik Özellikleri

Araç üzerindeki değişiklikler sonucunda 24V 180 RPM 10W'lık 2 adet Maxon marka motor kullanılmıştır. ÖTR 'de yaptığımız hesaplamaları bu motorlar için yapacak olursak 2 adet motorun toplam gücü 20W'dır. $P = {}^{\tau \times \eta}/_{9550}$ formülünden tork değerini çekecek olursak

1.06 N/m olarak hesaplanmıştır. Araçta 0.06 metre yarıçapında tahrik tekerleri bulunmaktadır. Böylece motorların tekerleklere ilettiği kuvvet 17,66 N/m olmaktadır. Aracın 0 derecedeki eğimde hareketlenmesi için gerekli tork $F_n = m \times g \times (F_s + sin\beta)$ formülüne göre 11.77 N/m dir bu hesaplamaya dayanarak motorların torkunun yeterli olacağı kanaatine varılmıştır. Aracın 10 derecedeki eğimde hareket etmesi için gerekli tork 21.9 N/m dir. Bu değer motorların sürekli ürettiği torkun altında kalmaktadır, elektrik motorları kalkınma anında 3 katı kadar akım çekmektedir, bu da gücünü 3 katına kadar çıkarmasını sebep olmaktadır. Böylece motorların ürettiği kalkınma torkunu geçmektedir ve araç şartnameye göre hareket edebilmektedir. Kullanılan motorlara ait görsel Şekil 6' da gösterilmiştir.

Şekil 6: Maxon marka DC motor

Araç üzerindeki jel aküler yerine 2 adet 4200 mAh Li-po batarya kullanılmıştır. Sistemdeki elektronik kartlar ve Jetson Nano dahil toplam çekilecek akımın 3.9 Amper olarak hesaplanmıştır. Böylece bataryalar sistemi 2,15 saate kadar çalıştırabilecektir.

Makine üzerinde bulunan elektronik kartlar ve sürücüler ekibimiz tarafından tasarlanıp üretilmiştir. Sürücü kartları, Jetson Nano, Arduino Mega, elektrospraying sürücü kartı modüler olarak ayrı ayrı üretilecektir. Böylece bir modülde çıkan arıza diğer modülleri etkilemeyerek arızaya müdahaleyi kolaylaştıracaktır. Motor sürücü ve elektrospraying sürücü kartlarında bir değişikliğe gidilmemiştir.

Yazılımsal Özellikleri

Yabani otun tespit etmek için R-CNN FASTER R-CNN MASK R-CNN SSD YOLOV3 YOLOV4 YOLOV5 gibi çeşitli algoritmalar mevcuttur. Bu algoritmalar karşılaştırılmış ve en iyi sonucu elde etmek NVIDIA Jetson Nano üzerinde çalışacak bir makine öğrenmesi algoritması kullanılmasına karar verilmiştir. Makine öğrenimi, derin öğrenme, nesne tanıma işlemleri için optimize olan ve birçok kütüphane destekleyen Python programlama dili ile Pycharm IDE'si kullanılmıştır. Ayrıca algoritmanın ihtiyaçları kapsamında OpenCv, Matplotlib, NumPy hazır kütüphaneleri kullanılacaktır.

4. Sensörler

Araç üzerinde 10 DOF jiroskop, akım, gerilim, kamera, mesafe ölçüm, LIDAR olmak üzere 6 adet sensör bulunmaktadır.

Aracın hız ve açı değerlerini ölçmek için 10 DOF Mems IMU modülü bulunmaktadır. Modüle ait görsel Şekil 7' de bulunmaktadır. Modül içerisinde Adxl345 ivme ölçer, ITG3200 gyro, HMC5883L pusula ve BMP280 basın sensörü bulunmaktadır. Bu modüller ile aracın rotalama işlemi için gerekli veriler alınmaktadır.

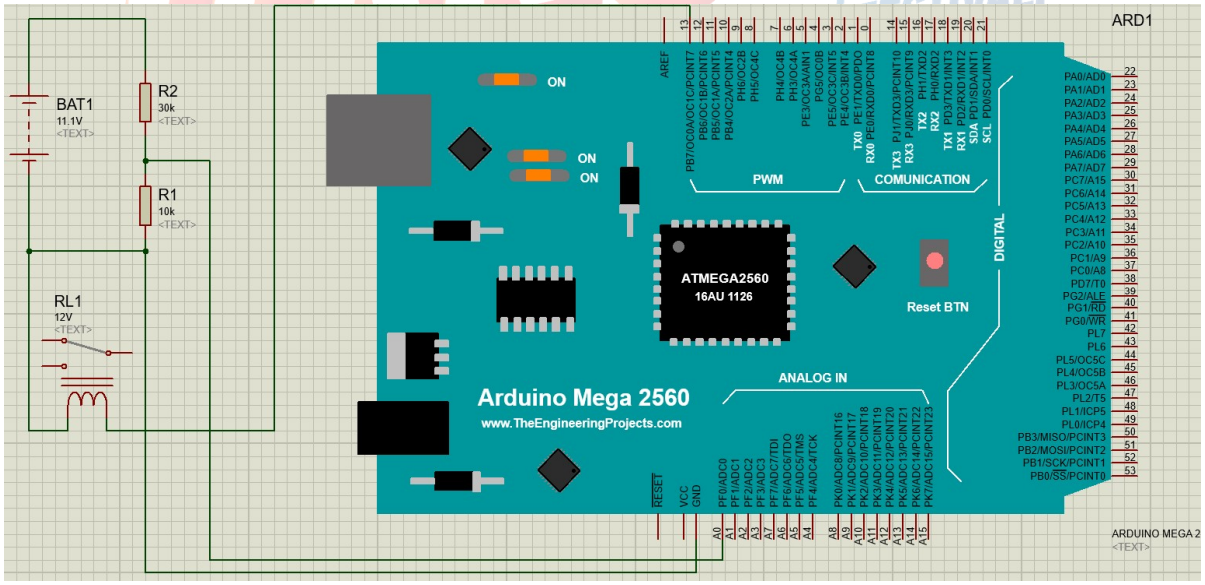
HMC5883L pusula ile aracın x, y, z eksenlerindeki açı değerlerini alınmaktır. Adxl345 ivme ölçer ile x, y, z eksenlerindeki ivme (m/s^2) değerlerini ölçülmektedir. BMP280 ile arazi ortam sıcaklığı ve basıncı ölçülmektedir. Bunun yanı sıra ITG3200 ile açısal eğimler görüntülenmektedir.

Şekil 7: 10 DOF Mems IMU

Elektronik sistemin çektiği akımı ölçmek için ACS712 Hall-Effect akım sensörü bulunmaktadır. 20 Amper ölçüm kapasitesine sahip bu sensör ile batarya seviyesi, motorun anlık gücü gibi değerler hesaplanacaktır. Ölçüm aralığının yüksek olması ölçümlerde gerçekleşen anormalliklerin tespit edilmesi için seçilmiştir. Sensöre ait görsel Şekil 8' de bulunmaktadır.

Şekil 8: ACS712 Hall-Effect

Sistemin beslemesini ölçme amacıyla gerilim bölücü devre kullanılmıştır. Bu devre gerilim dalgalanması olduğu takdirde sisteme giden enerjiyi bir röle yardımıyla kesmektedir. Batarya nominal voltajın altında olduğu durumlarda arayüz de alarm görüntülenmektedir. Bu sisteme ait şematik diyagram Şekil 9 'da incelemeye sunulmuştur.

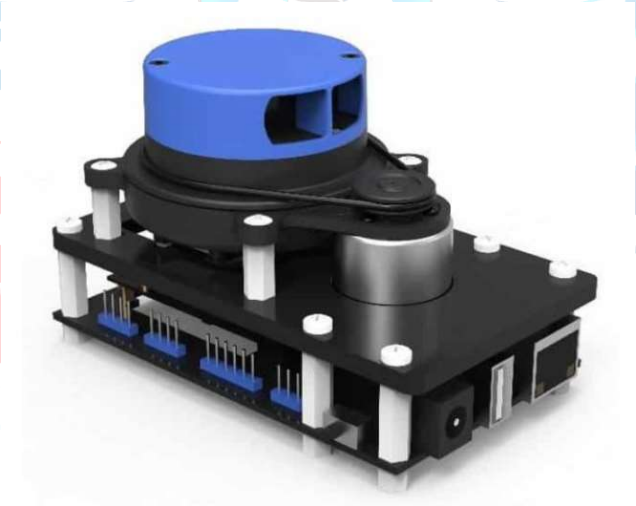


Şekil 9: Gerilim bölücü devre

Görüntü işleme için sistemde Logitech C310 HD WEB kamerası kullanılmıştır. Jetson Nano ile uyumlu olarak çalışan [1] ve görüntü işleme için uyumluluğu göz önünde bulundurularak seçilmiştir. Kameraya ait görsel Şekil 10 ‘da incelenebilmektedir.

Şekil 10: Logitech C310 HD WEB

Aracın görev esnasında engelleri algılama ve engel aşma prosesini gerçekleştirmesi için sistemde SLAMTEC RPLIDAR M1M1 360 derece tarama ve dış mekânda çalışabilme özelliği bulunan LIDAR kullanılmıştır. LIDAR’a ait görsel Şekil 11’ de gösterilmiştir.

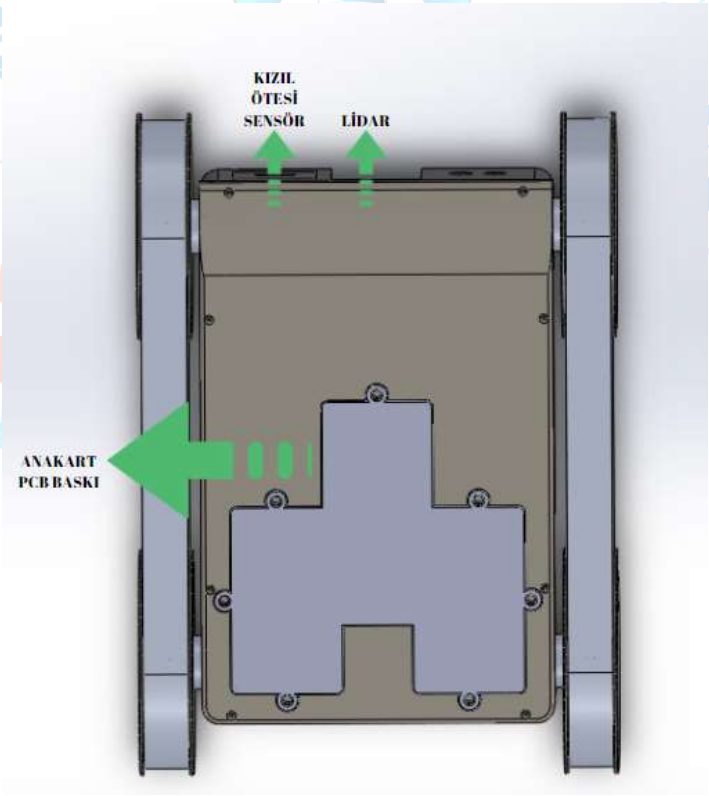


Şekil 11: SLAMTEC RPLIDAR M1M1 LIDAR

Sistemde LIDAR ‘a ek olarak kızıl ötesi mesafe ölçüm sensörü kullanılmıştır. 2 metreye kadar ölçüm yapabilen GY 530 kızıl ötesi mesafe ölçüm sensörüne ait görsel Şekil 12’de gösterilmiştir.

Şekil 12: GY 530 kızıl ötesi mesafe ölçüm sensörü

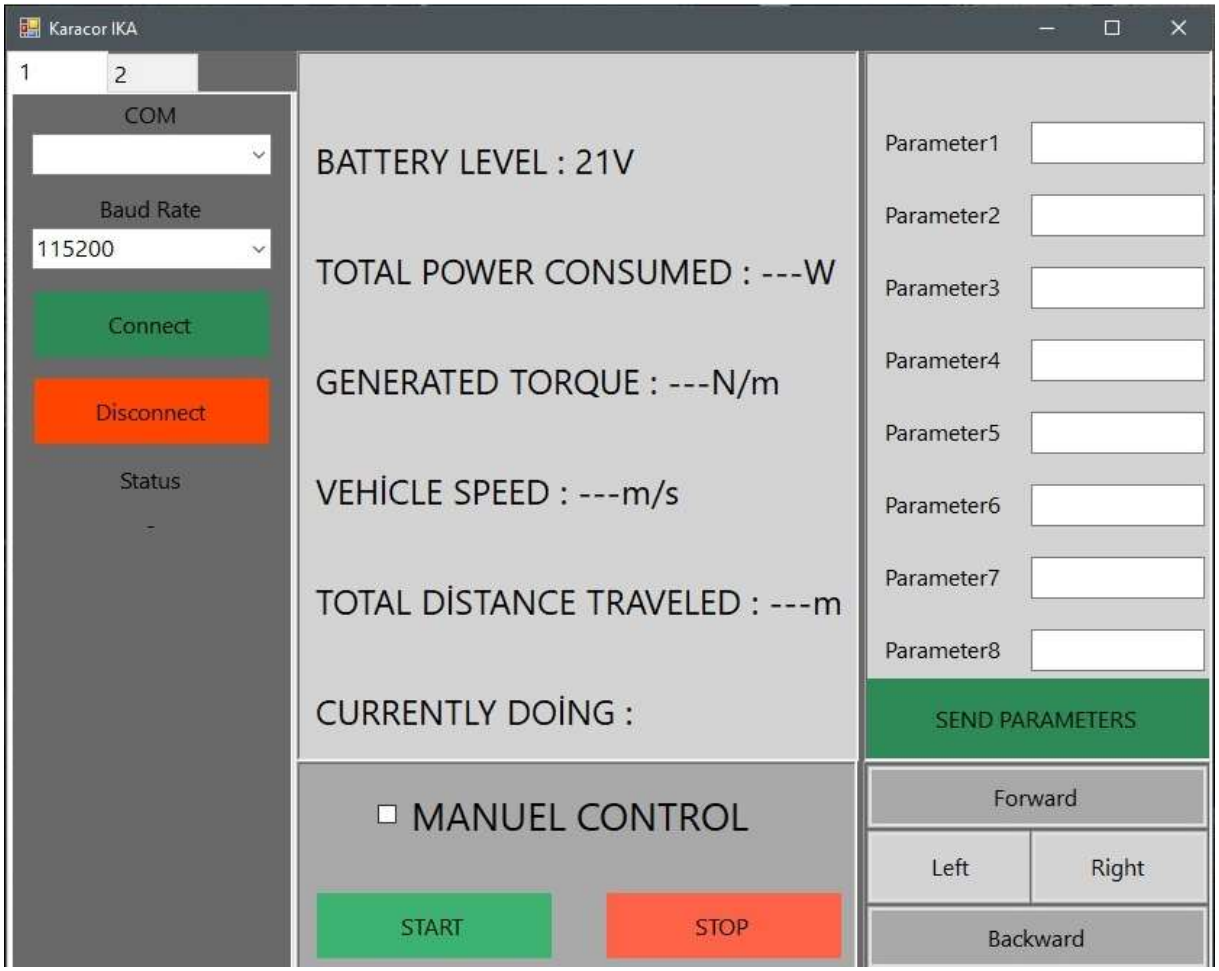
Araç üzerinde LIDAR ve kızıl ötesi algılayıcı sensör aracın ön kısmında bulunarak birbirleriyle senkronize çalışmaktadır. Akım, gerilim, IMU ve kamera aracın PCB si ile tümleşik olup gövde üzerinde bulunmaktadır. Sensörlerin araç üzerindeki yaklaşık noktaları Şekil 13'te belirtilmiştir.



Şekil 13: Sensör montaj planı

5. Araç Kontrol Ünitesi

KARAÇOR İKA' nın anlık verilerin görüntülenmesini kolaylaştırmak ve cihazın kullanıcı tarafından manuel olarak kontrol edilebilmesi için bir grafik arayüzüne ihtiyaç vardır. KARAÇOR İKA GUI (Graphical User Interface), C# programlama dili ile Visual Studio IDE'sinde hazırlanmıştır. Arayüz görseli Şekil 14' de incelemeye sunulmuştur.



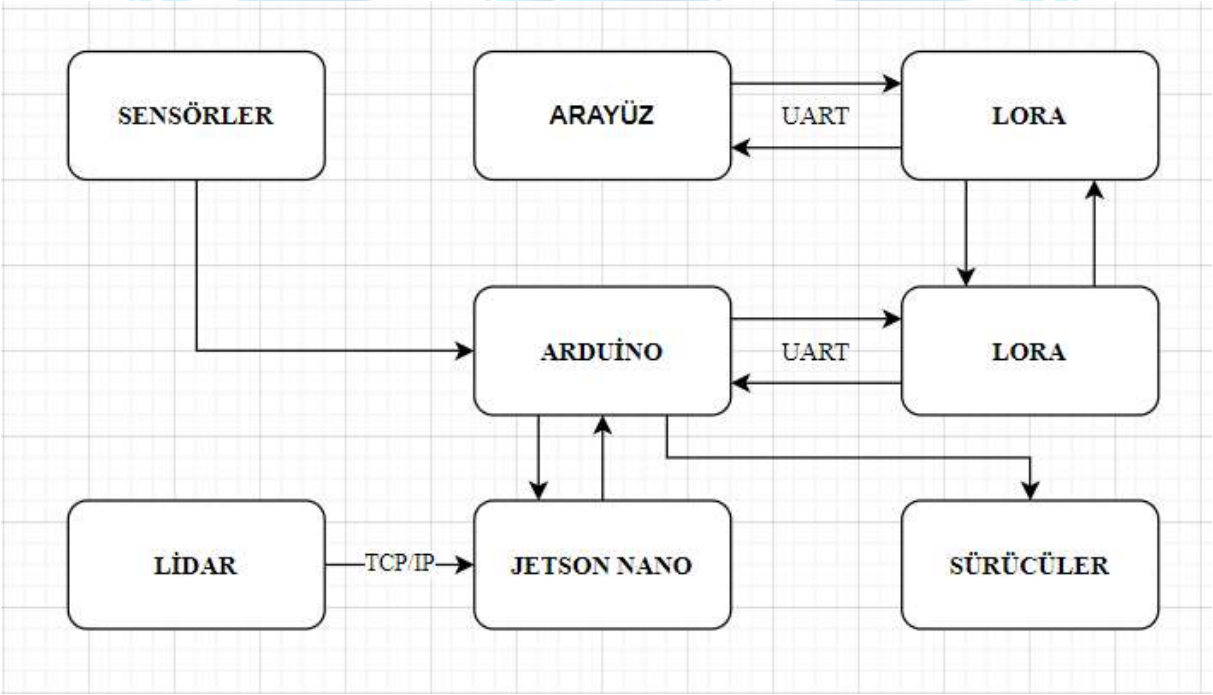
Şekil 14: KARAÇOR IKA GUI

Arayüz üzerinden aracın takip ve kontrol işlemleri gerçekleştrilecektir. KARAÇOR İKA' nın batarya seviyesini, toplam harcanan güç, üretilen tork, anlık hız, toplam alınan yol ve anlık yapılan işlem bilgisine erişilebilecektir. Araca otonom sürüş modunda ya da manuel modda çalışma seçenekleri eklenmiştir. Otonom sürüş esnasında araç fonksiyonları arayüz üzerinden manuel olarak çalıştırılmayacaktır. Çalışan tek fonksiyon Manuel/Otonom seçimidir.

Manuel moda geçirilince aracın tüm fonksiyonları kullanıcı tarafından çalıştırılabilecektir.

Aracı arayüz ile uzaktan kontrol edebilmesi ve araç üzerindeki ölçümleri görüntülemek için LORA haberleşme protokolü kullanılmıştır. E32 433t20D modülü bu işlem için seçilmiştir. 433 mHz frekansta 5000 metreye kadar çıkabilen mesafelerde haberleşme sağlamaktadır. Tek seferde 61 bayt veri aktarımı yapabilmektedir. İlk 3 bayt alıcı LORA'nın adreslemesi yapılmaktadır. Böylece bize kullanmamız için 58 bayt alan kalmaktadır ve bu alan makinanın çalışması için gerekli data uzunluğunu karşılamaktadır. Haberleşme mesafesi arazi boyutu göz önünde bulundurulduğunda çalışma esnasında haberleşmede kopmalar meydana gelmeyeceği öngörülmüştür.

Kullanıcı tarafından aktarılan veriler ve görüntü işleme bilgisayarından gelen verileri işlemek ve aracın otonom çalışması için gerekli elektronik alt yapısını çalıştırmak amacıyla Arduino Mega kullanılacaktır. C++ programlama dili ile progralamlanması, sensör ve modüllerin çalışması için gerekli kütüphanelerin zengin olması işlemleri kolaylaştıracaktır. Aracın kontrol mimarisine ait şema Şekil 15'te incelenmeye sunulmuştur.



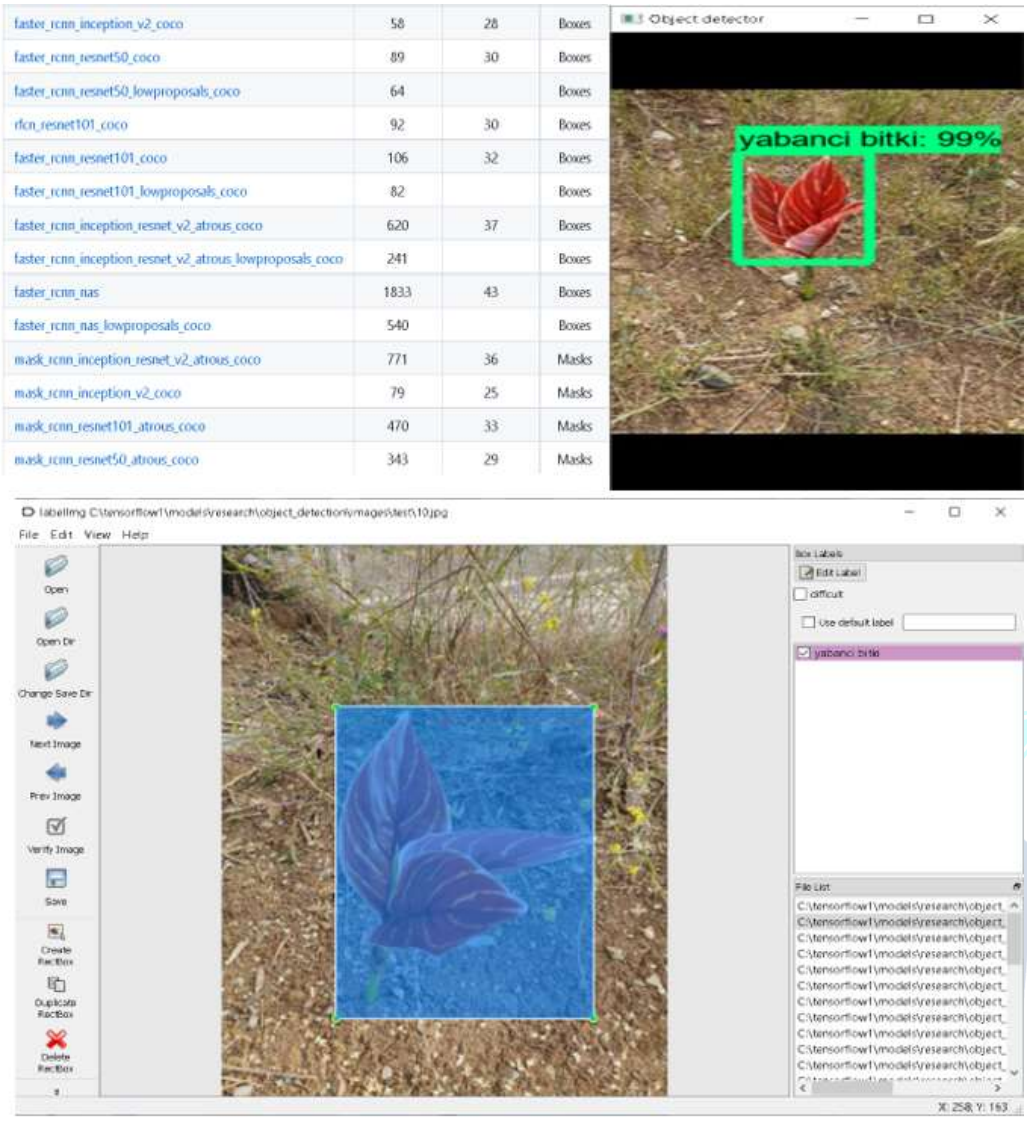
Şekil 15: Araç kontrol mimarisi

6. Otonom Sürüş Algoritmaları

Görüntü işleme Jetson Nano tarafından Tensorflow Lite kütüphanesi kullanılarak yapılacaktır. Yabani bitkinin farklı açı, ışık, boyut ve çözünürlükte olan fotoğrafların ve GaussianBlur gibi birçok filtre kullanılarak elde edilen fotoğrafların bulunduğu bir veri seti oluşturulmuştur. Yabancı bitki isminde 1 sınıf oluşturulmuş ve veri setinde bulunan fotoğraflara LabelImg programı kullanılarak etiketleme işlemi yapılmıştır. LabelImg programı etiketlenen her programın bir .xml dosyasını oluşturup klasöre kaydetmiştir. Kullanılan veri setinin %80'ini train klasörüne, %20'si ise test klasörüne eklenmiştir. Bu .xml dosyaları eğitimde kullanılmak üzere test.record ve train.record dosyalarına dönüştürülmüştür. Nesne tanıma modeli olarak Faster_rcnn_inception_v2kullanılmıştır. Daha sonra bu veri setinin 72 saatlik eğitimi gerçekleştirilmiştir. Eğitim sonunda test edilmiş ve başırısı görülmüştür.

KARAÇOR İKA' nın üzerinde bulunan Logitech C310 HD WEB kamera Modülünün görüntü açısına yabani otun girmesiyle birlikte önceden eğitilmiş yapay zeka modeli kullanılarak Nvidia Jetson Nano ile yabani otun tespiti yapılabilmektedir. Bu algoritma denemelerimiz sonucu %99'a yakın oranda başarı gözlemlenmiştir. Bitki tarama çıktısına ait görseller Şekil 16'da incelenmeye sunulmuştur.

TEKNOFESTİ
HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ



faster_rcnn_inception_v2_coco	58	28	Boxes
faster_rcnn_resnet50_coco	89	30	Boxes
faster_rcnn_resnet50_lowproposals_coco	64		Boxes
rfcn_resnet101_coco	92	30	Boxes
faster_rcnn_resnet101_coco	106	32	Boxes
faster_rcnn_resnet101_lowproposals_coco	82		Boxes
faster_rcnn_inception_resnet_v2_atrous_coco	620	37	Boxes
faster_rcnn_inception_resnet_v2_atrous_lowproposals_coco	241		Boxes
faster_rcnn_nas	1833	43	Boxes
faster_rcnn_nas_lowproposals_coco	540		Boxes
mask_rcnn_inception_resnet_v2_atrous_coco	771	36	Masks
mask_rcnn_inception_v2_coco	79	25	Masks
mask_rcnn_resnet101_atrous_coco	470	33	Masks
mask_rcnn_resnet50_atrous_coco	343	29	Masks

Şekil 16: Bitki tarama çıktısı

Otonom sürüş işlemi tarım sektöründe oldukça sık kullanılan TOPCON otomatik dümenleme sisteminden ve Odometriden esinlenerek oluşturulmuştur. Odometri, robotun bilinen bir pozisyona göre pozisyonundaki değişikliliği belirlemek için hareket sensörlerinin kullanılmasıdır [2]. TOPCON otomatik dümenleme sistemi GPS tabanlı bir rotalama yapmaktadır. Belirlenen tarlada iş ekipmanın genişliğine göre kendisine bir rota oluşturur ve bu rotayı takip eder. TOPCON üzerinde bulunan sensörler çok yüksek hassasiyete ve maliyete sahiptir. Şekil 17'de TOPCON dümenleme görüntüsü verilmiştir [3].

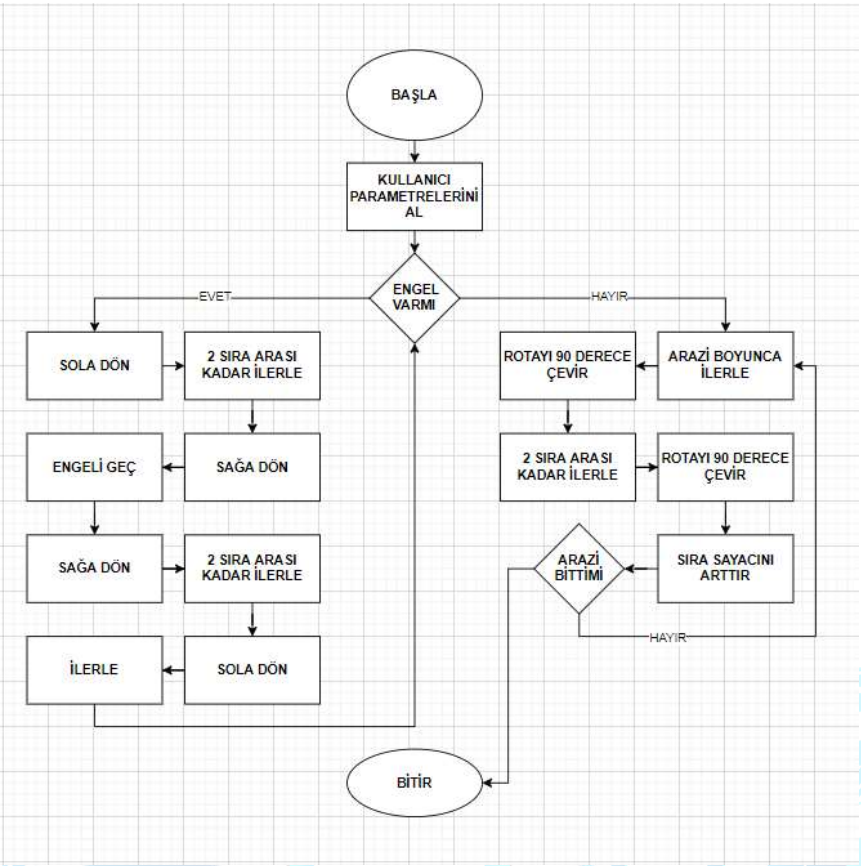
HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

Şekil 17: TOPCON dümenleme cihazı

Rota hesabı yapmak için tarlanın en, boy, iki sıra arası mesafe, ilk başlangıç köşesi, ilk başlangıç noktasındaki sıranın tarla sınırından çekmesi ve sıra sonlarının tarla sınırından çekmeleri kullanıcı tarafından girilmesi beklenmektedir. Kullanıcı tarafından girilmesi istenen parametreler Şekil 18' de ifade edilmektedir.

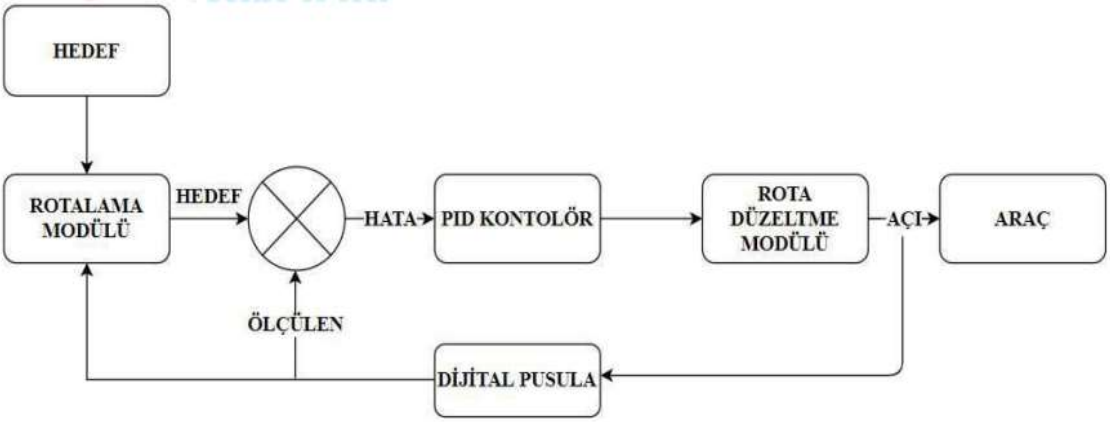
Şekil 18: Arazi boyut parametreleri

Girilen bu değerlere göre tarlanın başlangıç köşesinden gerekli çekmeler yapılarak başlangıç noktası oluşturulmaktadır. Başlangıç noktasından tarla sonu çekme mesafesine kadar düz bir çizgi çekilir. Bu oluşturulan başlangıç noktası çizgisi sıra mesafesi kadar boşluk bırakılarak tarla eninin sonuna kadar çoğaltılır. Araç başlangıç noktasına yerleştirilir ve otonom sürüş başlatılır. Otonom sürüş şeması Şekil 19'da incelenmeye sunulmuştur.



Şekil 19: Otonom sürüş akış şeması

Araç harekete geçtikten sonra düz çizgiyi takip etmek için dijital pusuladan gelen verileri değerlendirir. Rota düzeltmeleri Arduino aracılığıyla PID kontrolör ile sağlanır. PID kontrolör tasarımımız Şekil 20' de incelenmeye sunulmuştur.



Şekil 20: PID kontrolör

7. Yabancı Otla Zirai Mücadele Yöntemleri

KARAÇOR İKA'nın yabancı otla mücadelesi 3T tarım ekibi tarafından özgün olarak geliştirilen Hava Destekli Elektrospraying ilaçlama prosesidir. Kullanılan ilaçlama yöntemi en basit haliyle ilaç atımı esnasında ilacın püskürtme noktasını yüksek voltaj ile yükleyerek ilacı fırlatmaktır. Fırlayan ilaçlar elektrik yükü ile yüklenerek toprakta yetişen bitki üzerine yapışmasını sağlamaktır. Böylece ilaçlama işlemi direkt bitkiye olup ilaç tasarrufu sağlamaktır. Yaptığımız test çalışmaları Özgün Bileşenler başlığı altında detaylandırılmıştır.

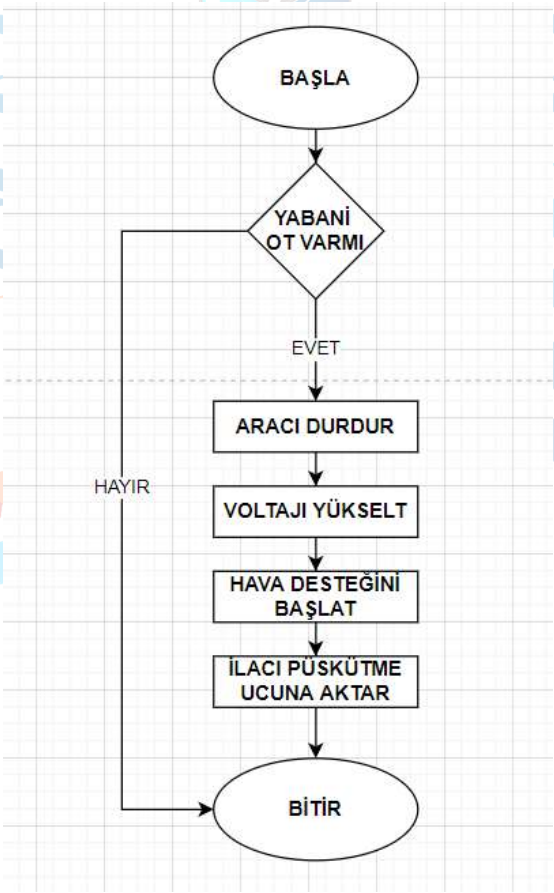
Bu proseste kaynak gerilimini yükseltmek amacıyla EHT trafosu kullanılmıştır. EHT trafosu düşük doğru gerilimleri yüksek gerilimlere (10.000-20.000V) çıkarır, kullanmış olduğumuz EHT trafosuna ait görsel Şekil 21'de incelenmeye sunulmuştur.

Şekil 21: EHT trafosu

İlaç deposu olarak traktör silecek suyu deposu ve suyu püskürtme ucuna aktarmak için mini dalgıç pompa kullanılmıştır. Su deposu hacmi tarım sektöründe kullanılan ilaç kutu hacmi olan 1lt olarak seçilmiştir. Ortalama 1lt ilaç ile 10 dönüm (10.000 metrekare) arazi ilaçlaması yapılmaktadır. Mini dalgıç pompa 120lt/saat debiye sahiptir. Pompa ve su deposuna ait görsel Şekil 22'de incelenmeye sunulmuştur.

Şekil 22: Pompa ve su deposu

Araç sıra arasında ilerlerken yabani ot tespiti yapması durumunda ilaçlama prosesi başlatılacaktır. Hava Destekli Elektrospraying ilaçlama prosesine ait akış şeması Şekil 23'te incelenmeye sunulmuştur.



Şekil 23: Hava Destekli Elektrospraying ilaçlama prosesi akış şeması

8. Özgün Bileşenler

Araç tasarımı, ilaçlama prosesi, yazılımlarının geliştirilmesi tüm takım üyelerimiz tarafından özün olarak yapılmıştır.

Ekibimizce klasik ilaçlama yöntemlerinin dışında ucuz, yüksek verim ve tasarruf ilkelerini benimseyerek bir ilaçlama yöntemi üzerinde çalışmalar yaptık. Çalışmalar sonucu Elektrospinnig yönteminden ilham alarak Hava Destekli Elektrospraying fikrini ortaya çıkardık. Elektrospinning çalışma mantığına yakın olan ilaçlama fikrimizin test düzeneğini oluşturduk. Yapmış olduğumuz düzenekte bir şırınganın metal ucuna 20.000 Volt dolaylarında bir gerilim uyguladık. Saksı üzerine yerleştirdiğimiz bitkinin toprak kısmına şase teması sağladık. Enerji verip şırıngadan çıkan test sıvısının hareketlerini inceledik. Sıvı yere düşmek yerine direkt olarak bitkiye yapıştığını gözlemledik. Atım öncesindeki bitki durumu Şekil 24'te incelenmeye sunulmuştur.

Şekil 24: Atım öncesi bitki

Atım sonrası bitkiye ait görsel Şekil 25' de incelenmeye sunulmuştur. Şekil 25' de göründüğü gibi atım işlemleri sonucu test sıvısı bitki üzerine tutunmuştur ve testimizin başarılı olduğu sonucuna varılmıştır.

Şekil 25: Atım sonrası bitki

Aracın çalışması için gerekli arayüz programı ve görüntü işleme yazılımı takım kaptanı Filiz ERGİNBAŞ tarafından C# ve Phyton programlama dilleri kullanılarak geliştirilmiştir.

Aracın gömülü sistemi (PCB tasarım, Mikrodenetleyici programlanması) Mehmet Sefa GÜNDÜZ tarafından Proteus ortamında çizilip, Arduino ide'si ile programlanmıştır.

Aracın mekaniksel tasarım ve montajı Mert KAVRUK ve Göksel ORAKCI tarafından Solidworks programı yardımıyla çizilip analizleri yapılmıştır.

9. Güvenlik Önlemleri

KARAÇOR İKA'mız tasarlanırken oluşabilecek tüm ihtimallere karşı güvenlik planlaması yapılmıştır. Yapılan planlamalar genel olarak mekanik ve elektronik alanında oluşabilecek riskler için gerçekleştirilmiştir. Mekanik ve elektronik alanda alınan önlemlerin yanı sıra yazılımsal alanda da güvenlik önlemi alınmıştır.

Mekanik alanda öngörülen riskler, bağlantı vidalarının gevşemesi ve palet sistemine tahrik veren zincirlerin kopması durumudur. Mekanik sistemde oluşabilecek gevşemelere karşı montaj esnasında kaynak işlemi ile gevşeyebilecek unsurun desteklenmesi ve Loctite (vida kilitleme yapıştırıcısı) ile sağlamlaştırma yapılması planlanmıştır. Zincirde meydana

gelebilecek sorunlarda ise yedek zincir baklası ile manuel müdahale anında yapılabilecektir.

Elektronik alt yapıda oluşabilecek riskler ise şöyledir; Mekanik aksamda oluşacak arıza durumunda motorların aşırı yüklenmesi sonucu yüksek akımların oluşabileceği öngörülmüştür. Bu yüksek akımlarda oluşabilecek hasarları tespit etmek için yükleme testleri yapılmıştır. Bu sayede sistemin çıkabileceği maksimum akım hesaplanmıştır. Kritik akım üzerinde oluşabilecek yüklemeler için sigortalarla akım koruması yapılması amaçlanmıştır. Elektrospraying prosesi esnasında yüksek voltajın atlamalar yapması da sistemde risk teşkil eden bir diğer unsurdur. Cihazda kritik olan malzemeler için gerek izolasyon gerekse de üretim kalitesi bakımından büyük bir titizlikle imalat, montaj vb. uygulamalar ile prototipleme yapılacaktır. Bu öngörüler çerçevesinde arıza durumlarının gerçekleşebilme ihtimaline binaen hızlı müdahale edilebilmesi için çeşitli bileşenlerin ve tasarlanmış sistemlerin yedeklerinin bulundurulması planlanmaktadır. Bunun yanı sıra yüksek gerilim uyarı işaretleri ile görsel uyarıda bulunulacaktır. Ayrıca sistem montajı yapılırken güvenlik amacıyla yanmaz kablolar ile elektrik sistem tesisatı yapılacaktır. Olası arıza durumlarında cihazı hızlıca durabilmek amacıyla KARAÇOR İKA üzerinde görünür ve erişilebilir konumda acil durdurma butonu konumlandırılacaktır.

Cihaz üzerinde bulunan LIDAR sayesinde hareket halinde canlı ya da cansız varlıkların tespiti yapılıp kaçınma algoritmaları sayesinde 2 tarafında zarar görmesi engellenmiştir.

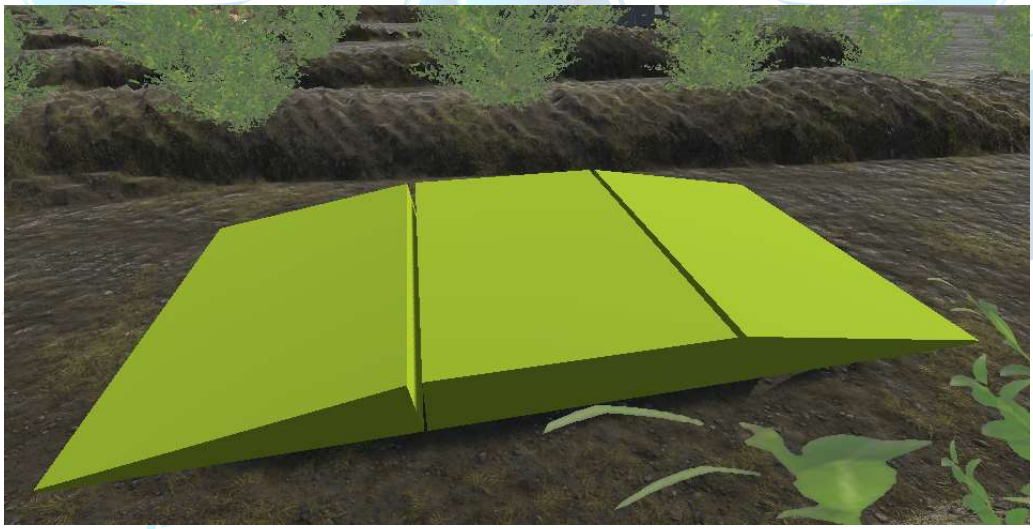
10. Simülasyon ve Test

Simülasyon Ortamı

Tarımsal İKA KTR'de istenen simülasyon bölümü için UNITY Technologies tarafından geliştirilen UNITY oyun ve animasyon motorundan yararlanılmıştır. Şartnamede belirtildiği gibi bir alan oluşturulmuş ve parkur gerçeğe yakın bir şekilde hazırlanmıştır. Simülasyon parkurunda 800 metrekarelik bir alan oluşturulmuştur. Bu alan içerisinde belirli sayıda arıklar açılmış olup rastgele kültür bitkileri ve yabani otlar Şekil 26'da olduğu gibi ekilmiştir.

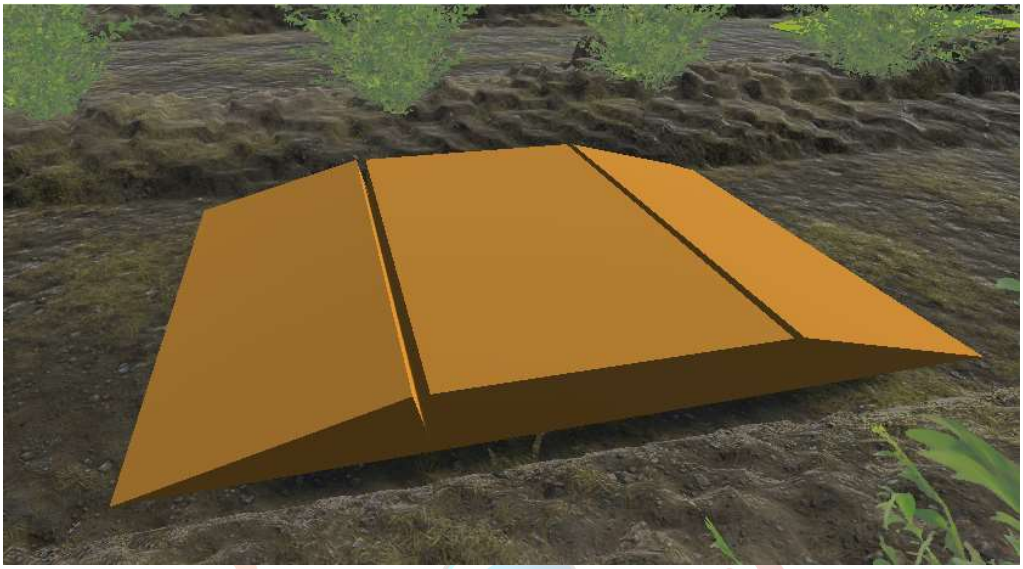
Şekil 26: Bitki ve yabani ot

Aracın hareket bölgelerine 10° dikey eğimli suni engel konularak Şekil 27' de incelenmeye sunulmuştur.



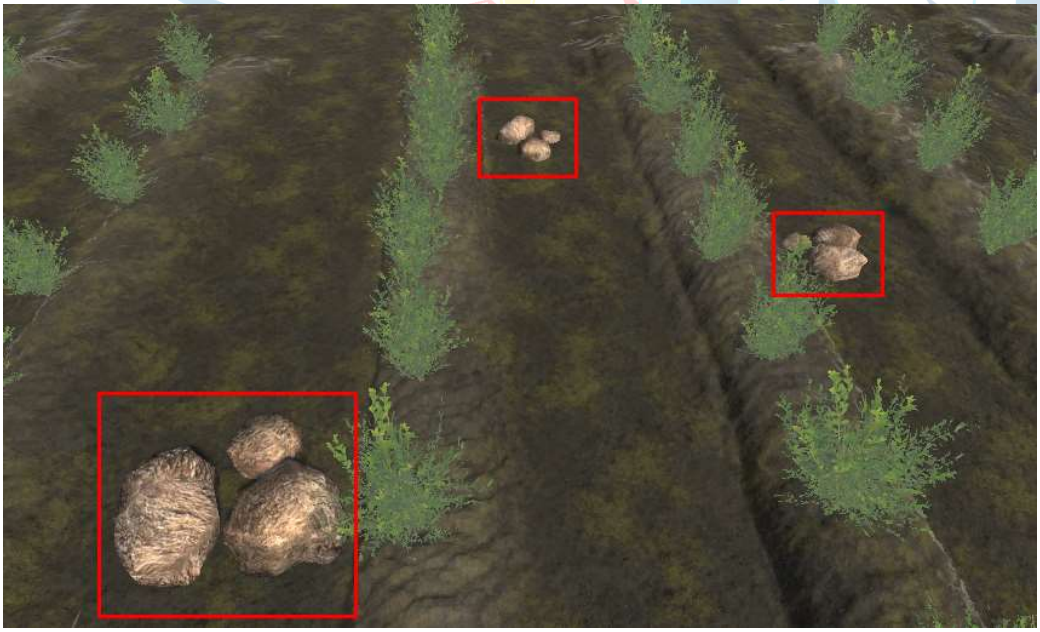
Şekil 27: 10° eğimli engel

Dikey engele ek 15° yatay eğimli suni engel Şekil 28' de incelenmektedir



Şekil 28: 15° yatay eğimli engel

Aynı zamanda doğal ortamda oluşabilecek toprak birikintileri ve irili ufaklı kaya parçaları Şekil 29' da görülmektedir. Ardından bu engellerde araç UNITY ortamında hareket ettirilerek test edilmiş ve aracımız hepsini sorunsuz bir şekilde aşmayı başarmıştır.



Şekil 29: Kaya parçaları

Simülasyon Bölümünde Kullanılan Unity Nedir?

Unity, öncelikli olarak bilgisayarlar, konsollar üzerinde video oyunları ve simülasyonları geliştirmek için kullanılan Unity Technologies tarafından geliştirilen çapraz platform bir oyun motorudur. Unity oyun motoru; film sektörü, otomotiv sektörü, mimari, mühendislik ve inşaat gibi video oyunları dışındaki farklı endüstriler tarafından da benimsenmiş ve kullanılmaktadır [4].

Simülasyonda Kullanılan Algoritma

Hazırlamış olduğumuz simülasyon ortamında araç hareketlerini Unity program özelliklerinden biri olan Animation Tool' unu kullanılarak parkurun en başından başlayarak en sonunda kadar yolculuğunu tamamlaması sağlanmıştır. Animation sekmesinde aracın gideceği bölümlerin x, y, z koordinatlarının bilgisi girilerek istenilen yönde belirli zaman dilimi arasında hareket sağlanmıştır. Bu zaman dilimi aşağıdaki formülden yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$2 \times \pi \times r_{teker} \times n_{motor} \times t_{etapmaks}$$

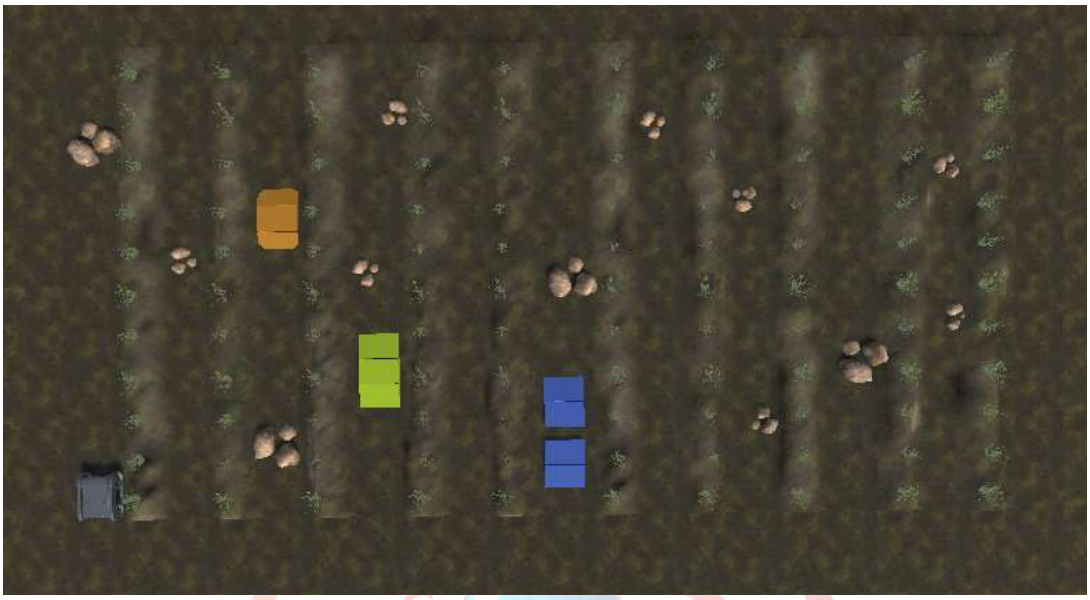
$$r_{teker} = 60\ mm\ \emptyset$$

$$n_{motor} = 180\ rpm$$

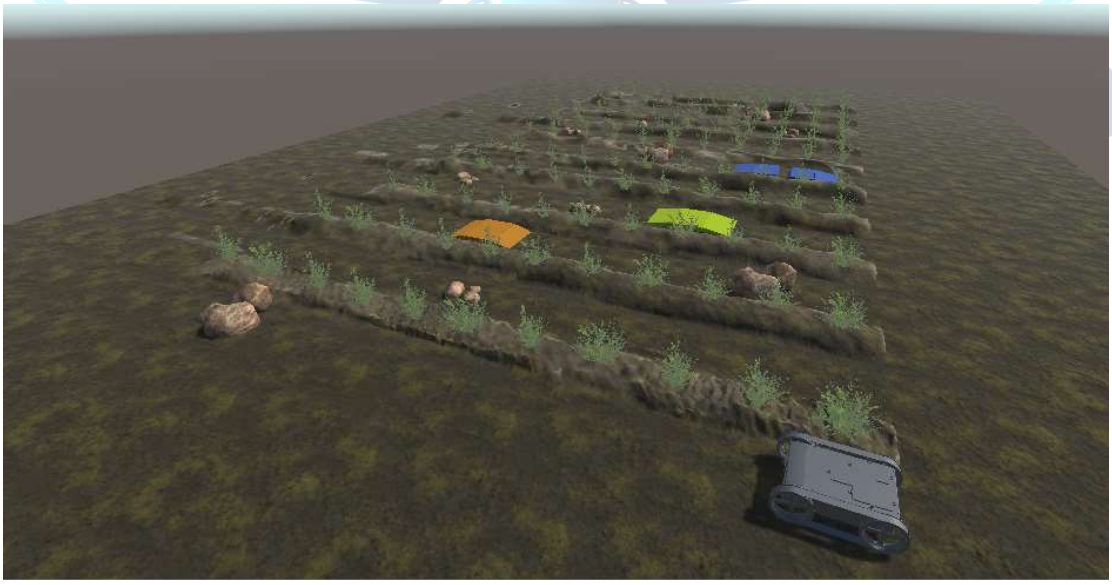
$$t_{etapmaks} = 75\ dk$$

Bu formüle göre 5086 metre yol almaktadır. 25 metre eninde 32 metre boyunda bir sahada çalıştığını varsayarsak standart ekim aralığı 70 cm olarak kullanılmaktadır. Bu aralığa göre 35 ekim sırası olması gerekmektedir. 35 sıranın toplam uzunluğu 1120 metredir. Bu değer robotumuzun tamamladığı yolun altında kalmaktadır. Verilen sürede etabı bitireceğimiz öngörülmektedir.

Hareket sağlandıktan sonra kültür bitkilerinin arasına rastgele dağıtılmış yabani bitkilerin tespiti için araca yabani ot figürleri tanıtılmış animatör sayesinde bu bölgelerde duraklayıp tekrar yoluna devam etmesi sağlanmıştır. Şekil 30 ve Şekil 31' de aracın parkura başlamadan önceki görselleri incelenmeye sunulmuştur.

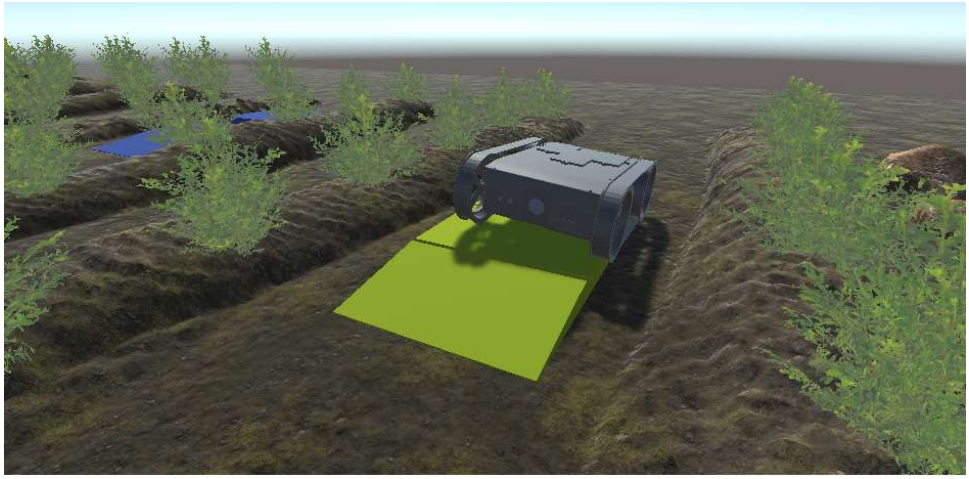


Şekil 30: Parkur kuş bakışı görüntüsü

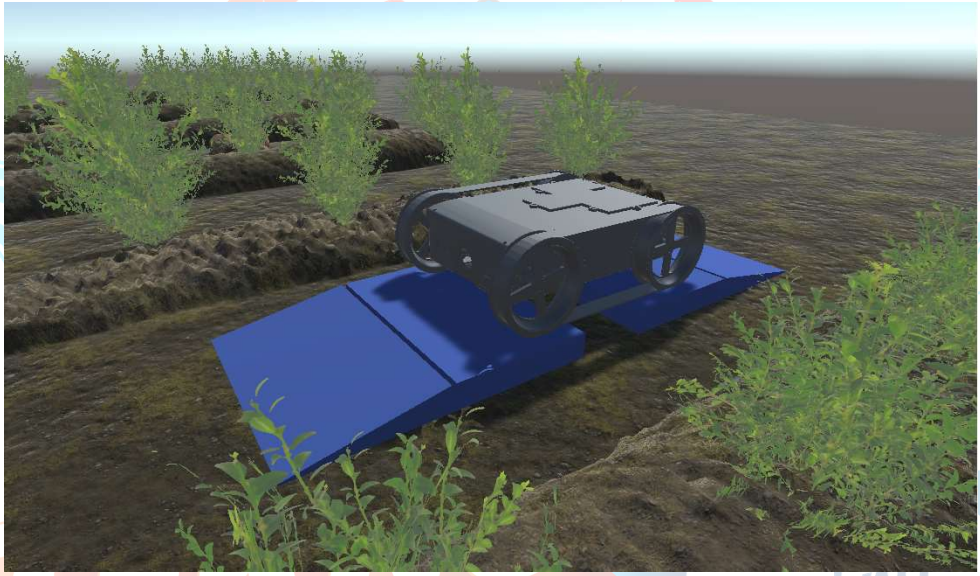


Şekil 31: Perspektif bakış

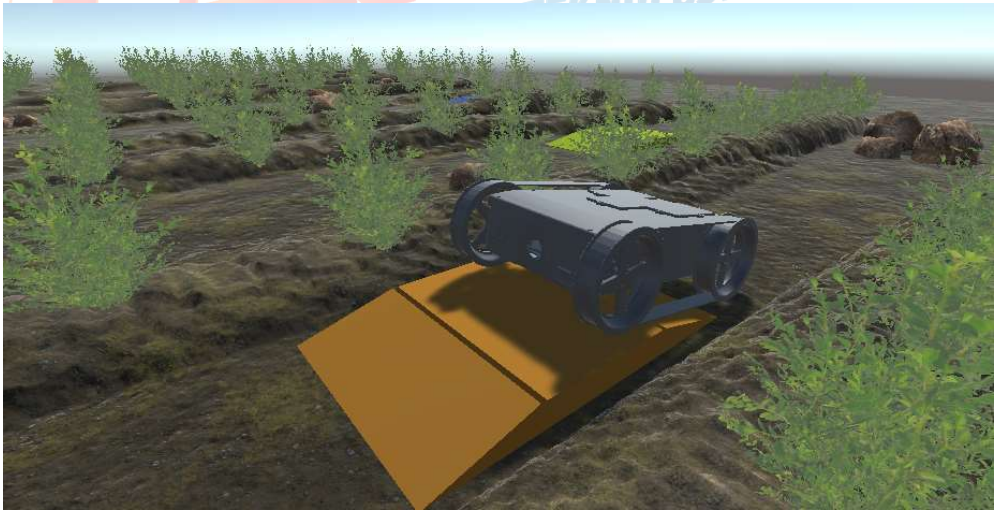
Aracın test esnasındaki engeller üzerinden aşarken görüntüleri Şekil 32, Şekil 33 ve Şekil 34’ de incelenmeye sunulmuştur.



Şekil 32: Yatay eğimli engel



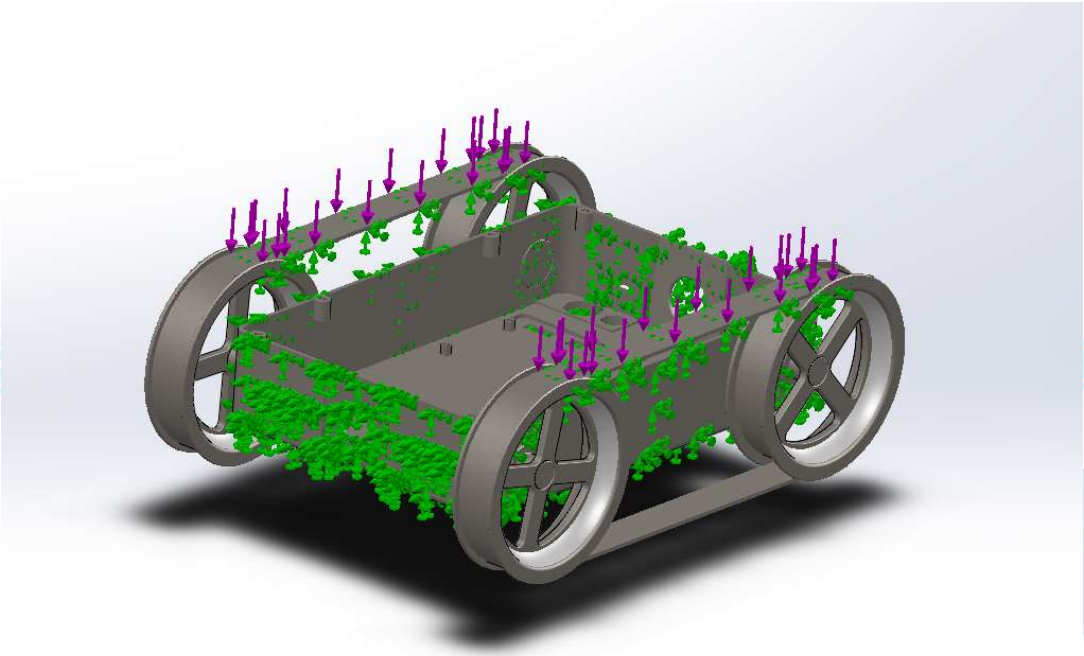
Şekil 33: Çukurlu engel



Şekil 34: Dikey engel

Statik Analiz

Oluşturulmuş olan mekanik tasarım gerçek hayatta yapısal dayanımını ölçmek için SOLIDWORKS programı üzerinden statik analiz gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen analize ait görsel Şekil 35'te incelenmeye sunulmuştur.



Şekil 35: Statik analiz yük noktaları

Yapılan analizde makinaya uygulanan kuvvet aracın 10° eğimde maksimum taşıyabileceği yük olarak hesaplanan 6 kg yük uygulanmıştır. Statik analiz sonucunda şasi üzerinde herhangi bir deformasyon gözlemlenmemiştir. Araç tasarımının ve kullanılan malzemelerin yeterliliği kesinleşmiştir.

11. Referanslar (Kaynakça)

[1]. Pajankar, A. Chapter 3 Getting Started, Raspberry Pi Image Processing Programming, Develop Real-Life Examples with Python, Pillow, and SciPy, Apress, 125, 2017.

[2]. CSAİL MIT, TOPCON otomatik dümenleme sistemi. Erişim tarihi: 06/06/2022. https://groups.csail.mit.edu/drl/courses/cs54-

[3]. PAKSOy, Odometri. Erişim tarihi: 06/06/2022. http://topconhassastarim.com/index.php?option=com_content&view=article&id=116

&Itemid=87s2001s/odometry.html#:~:text=Odometry%20is%20the%20use%20of,how%20far%20it%20has%20traveled
[4]. UNITY. Erişim tarihi: 06/06/2022. https://tr.wikipedia.org/wiki/Unity_(oyun_motoru)
[5].