TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

TARIMSAL İNSANSIZ KARA ARAÇLARI YARIŞMASI

KRİTİK TASARIM RAPORU ŞABLONU

TAKIM ADI

IEEE SAÜ HELIOS ROVER TEAM

PROJE ADI

TARIMSAL İKA

BAŞVURU ID

412886

İÇERİK

1. Takım Organizasyonu ---------- 3

2. Ön Tasarım Raporu Değerlendirmesi ---------- 3

3. Araç Özellikleri ---------- 3

4. Sensörler ---------- 3

5. Araç Kontrol Ünitesi ---------- 3

6. Otonom Sürüş Algoritmaları ---------- 3

7. Yabancı Otla Zirai Mücadele Yöntemleri ---------- 4

8. Özgün Bileşenler ---------- 4

9. Güvenlik Önlemleri ---------- 4

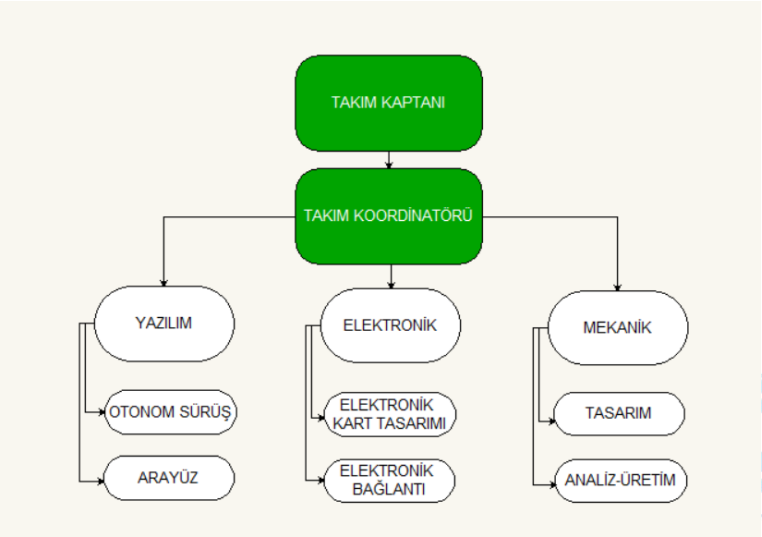
10. Test ---------- 4

11. Referanslar ---------- 5

- Kritik Tasarım Raporu Puanlama Şablonu ---------- 5
- Rapor Taslakları ile İlgili Not ---------- 6

1. Takım Organizasyonu

Helios Rover Team, IEEE SAÜ PES Komitesi altında 2020 yılında kurulmuş bir Rover takımıdır. Üyeleri farklı disiplinlerden ve sınıflardan gönüllülük esası ile bir araya gelmiş öğrencilerden oluşmaktadır. Rover takımımızın amacı güneş enerjisi ile her türlü arazi ve hava koşullarında kendisine verilen görevleri yerine getirebilecek bir insansız kara aracı tasarlamaktır. Takımımız bu amaçla çalışmalarına devam etmektedir.



YAZILIM

Aracın otonom hareketinin sağlanması için gerekli algoritmalar ve görüntü işlemesi için makine öğrenmesi üzerinde geliştirmeler yapan, İKA üzerinde bulunan sensörlerden gelen verilerin analizi ile birlikte bunların arayüz üzerinde görüntülenmesini sağlayan ekibimizdir. Ekibimizin üyeleri Python,ROS,HTML,CSS gibi programlama dilleri ve yazılımlarını kullanma yetkinliğine sahiptir.

ELEKTRONİK

Araç üzerinde gerekli elektronik bağlantıların, gerekli kart tasarımlarının ve aracın güç hesabının yapılması için çalışan ekibimizdir. Ekibimizin üyeleri Proteus,AutoCAD,Altium,MATLAB gibi programları kullanma yetkinliğine sahiptir.

MEKANİK

Aracın arazi koşullarında rahat hareket edebilmesi için özgün bir tasarım geliştirilmesi üzerine çalışan ve bunların analiz-üretim aşamalarını kontrol eden ekibimizdir. Ekibimizin üyeleri SolidWorks,ANSYS,Fusion360 gibi programları kullanma yetkinliğine sahiptir.

2. Ön Tasarım Raporu Değerlendirmesi

ÖTR Hakem Değerlendirme Formunda belirtilen tavsiyeler göz önüne alınarak yapılan araştırmalarda bilimsel kaynakların kullanımı arttırılmıştır. Yapılan araştırmalardan ve testlerden elde edilen verilerin daha detaylı bir şekilde aktarılmasına özen gösterilmiştir.

2.1 Maliyet Hesabı

ÜRÜN	FİYAT BİLGİSİ
Alüminyum Profil 3M	200 TL
3D Baskı maaliyetleri	900 TL
120 RPM dc Motor x6 adet	1980 TL
RC Arazi lastik set x6 adet	600 TL
Raspberry pi 4 4gb	2500 TL
TF Mini Lidar	900 TL
Arduino uno r3 ch340 x2 adet	240 TL
Raspberry pi Kamera	130 TL
Acil stop butonu	38 TL
6v mini pompa	21 TL
DHT 11 Sıcaklık Nem sensörü	35 TL
Su yağmur sensörü	9 TL
Eğim anahtarı	13 TL
GY-NEO6MV2 GPS	92 TL
Node MCU	61 TL
Analog Logic Extender	146 TL
6 EKSENLİ İVMEÖLÇER(mpu-6050)	45 TL
Voltaj Sensörü	12 TL
Sony VTC6 Lİ-İON x6 adet	660 TL
L298N motor sürücü x3 adet	46 TL
BMS 25 A 3S	47 TL
lm2596 Voltaj Regülatörü x2 adet	47 TL
FlySKY İ6-A Kumanda	800 TL
TOPLAM HARCANAN	8422 TL

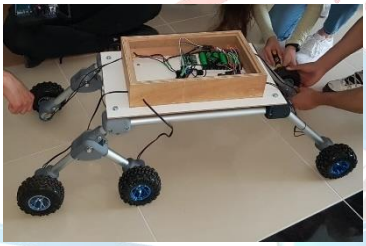
Alınan ürünler yeşil ile gösterilmiştir.

3. Araç Özellikleri

ÖTR Hakem Değerlendirmesi ve yaptığımız testlerin sonuçlarına bağlı olarak aracımızda revizyona gidilmiştir. Yapılan revizyonlar ile ilgili detaylı açıklamalar ilgili konu başlıklarının altında verilmiştir.

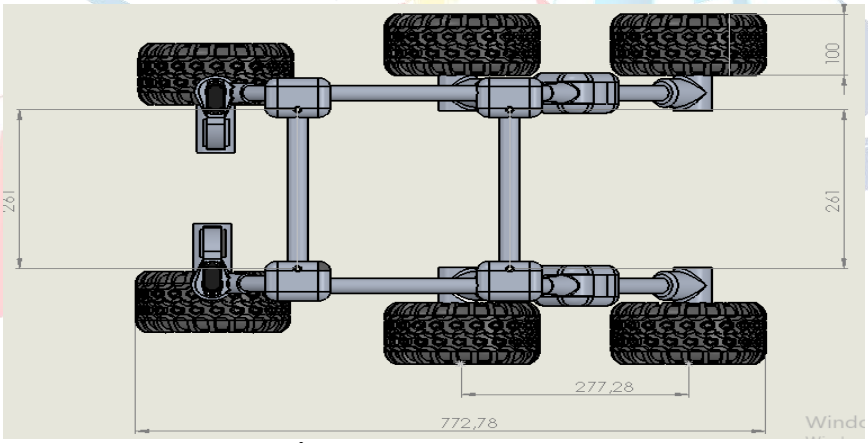
3.1 Mekanik Tasarım

İKA'nın arazi koşullarında rahat hareket etmesi için yapılan tasarımlarımızın ön testleri yapılmış olup aracın dönme mekaniğinde sıkıntılara rastlanmıştır. Ters momentler etkisi ile sağlanacak dönme yeterli gelmediğinden İKA'nın tasarımında değişikliğe gidilmiş ve servo motor yardımıyla dönme sistemine geçilmiştir.

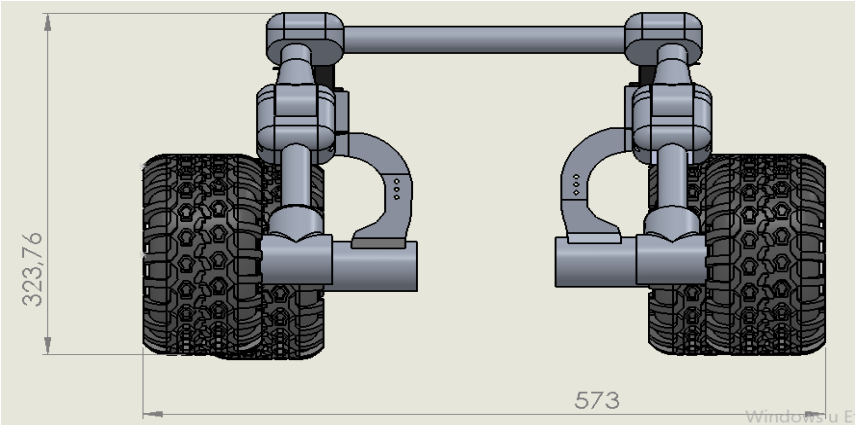


İlk prototipimiz

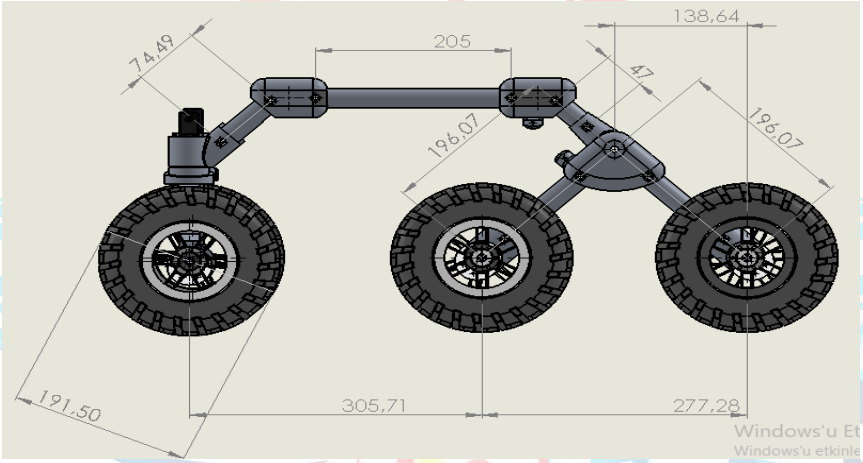
3.1.1 Yeni İskeletin Mekanik Tasarımı ve Ölçütleri



İskelet üst görünüşü



İskelet ön görünüşü

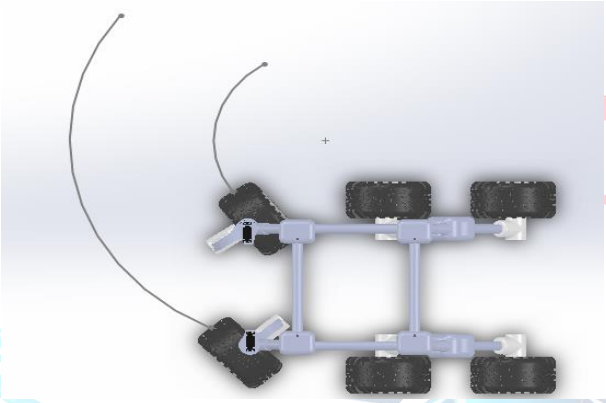


İskelet sol yan görünüşü.

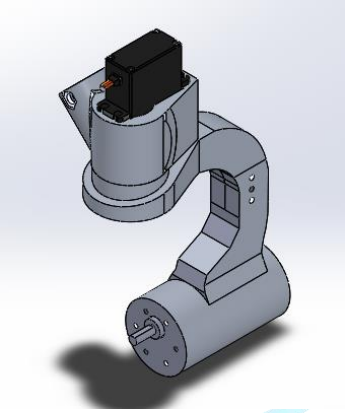
3.1.2 Araç Manevra Sistemi

Ön tasarım raporunda belirtildiği üzere aracın manevrası motorların zıt yönde hareket etmesi yani çift kuvvet momenti ile sağlanacaktı.Ancak yapılan yatay manevra testinde istenilen sonuç sadece fayans yüzeylerde alınabildi.Toprak ve beton yüzeylerde ise tekerler ile yüzey arasındaki sürtünme sebebiyle sistemin zorlandığı gözlemlenmiştir.Bu zorlanma sabit mafsal bağlantı parçası üzerinde burulma etkisi yapmıştır.Bu sebeple sabit mafsal bağlantı parçası için yeni bir çözüm oluşturulmuş bu çözüm hakkında analiz ve simülasyon kısmında bahsedilmiştir.

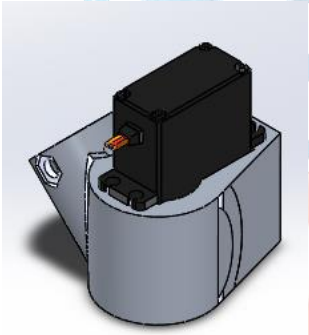
Aracın manevra sisteminde değişikliğe gidilmiş olup manevranın,arkada bulunan iki adet servo motorun arka ayak bağlantı parçalarını döndürmesi ile sağlanacağı kararına varılmıştır.Bu sebeple arka ayak bağlantı parçalarının tasarımında değişikliğe gidilmiştir.Arka ayak bağlantı elemanı;servo motorun bulunduğu parça,yatak bağlantılarının bulunduğu parça ve DC motorun bulunduğu parça olmak üzere üç parçadan oluşmaktadır ve 180° yatay manevra(dönüş kabiliyetine sahiptir.Dikey manevra sistemi ön tasarım raporunda belirtildiği gibi olacaktır.Lastiklere binen yükü azaltmak ve verimi artırmak amacıyla solar panelin kullanılmamasına karar verilmiştir.Ağırlığı azaltmak için 460 mm lik alüminyüm borunun uzunluğunu 230 mm ye düşürülmüştür.



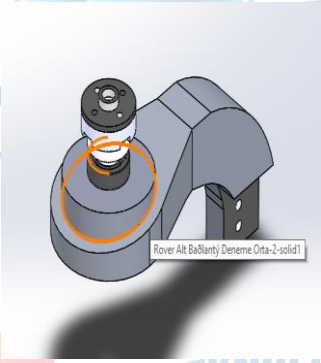
Yatay manevra sistemi



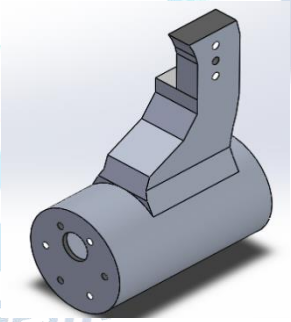
Arka alt bağlantı parçası



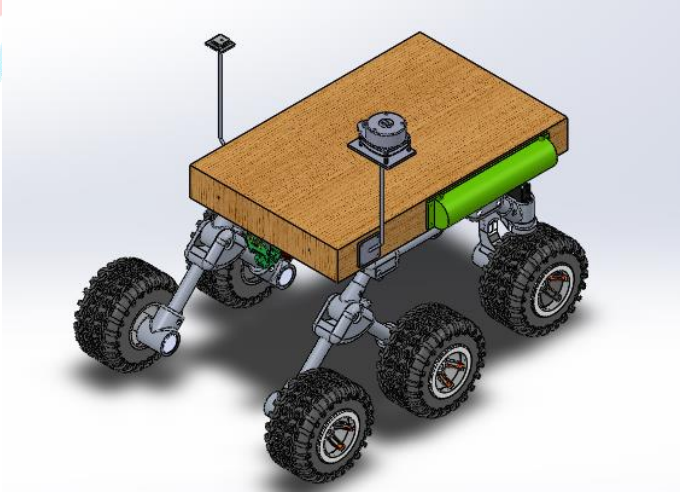
Servo Motor Bağlantı Parçası



Servo-Teker Ara Bağlantısı



DC motor bağlantı parçası



Araç mekanik tasarımı

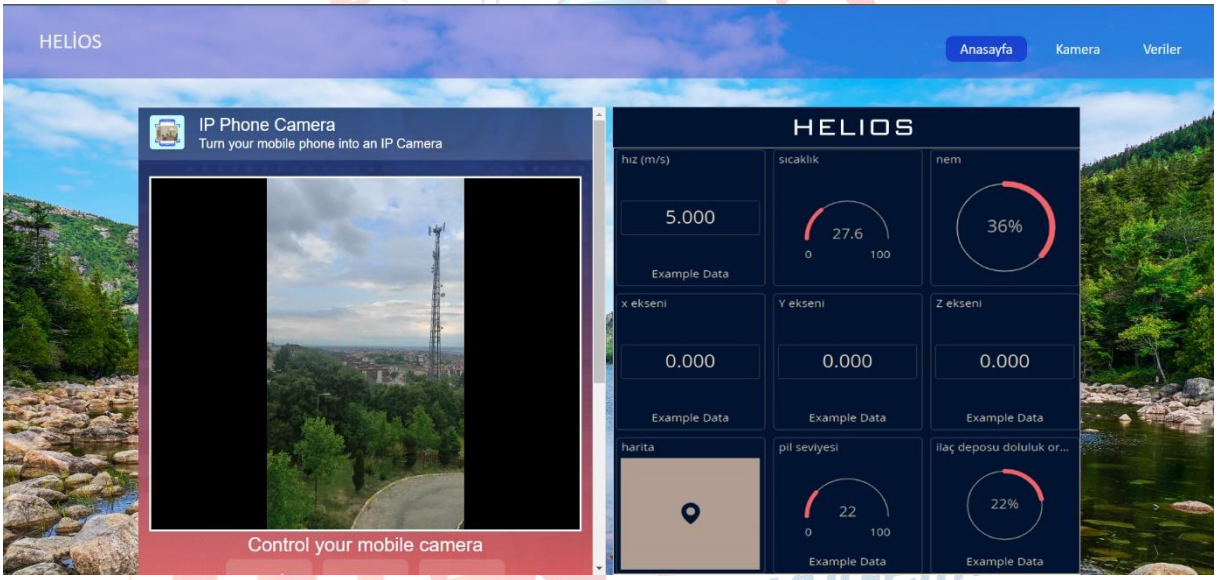
3.2 Yazılım

3.2.1 Otonom Hareket

Kullandığımız LİDAR ile İKA'mız harekete başladığı andan itibaren çevresinin haritasını çıkararak tarım arazisinde gerçek zamanlı görüntü işleyecektir. Hareketi sırasında oluşturmaya başladığı Harita üzerinden kendisine GPS yardımı ile gelen lokasyon bilgisini ve haritalama üzerinde belirlediği engellerin bilgisini kullanarak güzergah tayin edecektir. Bu güzergâh sırasında karşılaştığı yabani bitkileri tespit ederek otonom olarak ilaçlama işlemini gerçekleştirecek ve güzergahına kaldığı yerden devam edecektir.

3.2.2 Arayüz Tasarımı

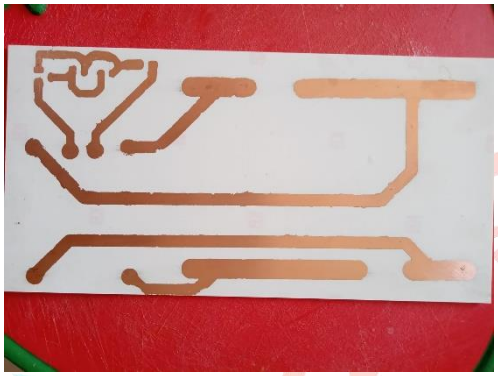
Aracın üzerinden gelen verileri bir arayüz ekranına aktarmak için gömülü wifi modülüne sahip NodeMCU geliştirme kartı tercih edilmiştir. Üzerine bağlanan sensörlerden gelen veriyi kablosuz ağ yardımı ile bulut sistemine iletmektedir.Yapılan arayüz sayesinde bulutta bulunan veri tasarladığımız HTML-CSS arayüz sistemimizde grafik arayüz olarak gözükmektedir.

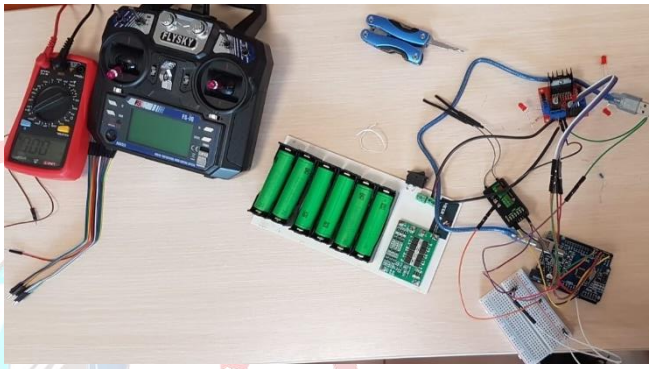


Geliştirdiğimiz Arayüz Tasarımı

3.3 Elektronik Tasarım

Araç üzerinde bulunan sistemde oluşacak yükün ana kontrol kartımız (MASTER) Raspberry pi 4 üzerinde birikmemesi için raspberry ile Slave-Master ilişkisi içerisinde bulunacak kartlar seçilmiştir. Bu kartlardan alınan ve gönderilen veriler doğrudan otonom sürüş dinamiklerini etkileyeceği için tüm Slave rolünde bulunan kartlar tek bir Master olan Raspberry ile bağlıdır. Elektronik sistemde kablo karışıklığını en aza indirebilmek için "Güç dağıtım" ve "BMS Sistem Kartı" gibi özel kartlar tasarlanmıştır.





4. Sensörler

<u>TF Mini Lidar (Lazer Mesafe Sensörü):</u>TF Mini LİDAR Sensörü, tekyönlü lazer ışığının havada kalma süresini temel alarak çalışan mesafe ölçüm sensörüdür. Mesafe Ölçüm Sensörleri bir IR gönderici ve IR alıcıdan oluşur. Göndericinin gönderdiği IR ışınları engele çarpıp alıcıya yansır. Alıcıya gelen ışının açısına göre mesafe belirlenir. Bu şekilde belirli bir arazinin iki boyutlu harita oluşturmak için kullanılabilir. Küçük boyda yüksek performans verebilen üst seviye bir sensördür. 0.3 – 12 metre arasında ölçüm yapabilmektedir. 100Hz'lik yenileme hızı ile 0.3-6 metre arasında 4cm, 6-12 metre arasında ise 6 cm hassasiyet ile çalışmaktadır. 0 ile 60 °C arasında çalışabilmesi, engellerden güvenli kaçınma ve rota seçimi için mesafe bilgileri sağlaması küçük boyutu, hafif ağırlığı, düşük güç tüketimi(0.6w) ve araziye uygunluğu ile bu sensör tercih edilmiştir**.** LIDAR aracımızın yüksek bir noktasına daha rahat haritalama yapması için yerleştirilecektir.

Resim 1: TF mini lidarın iki boyutlu haritalama örneği.

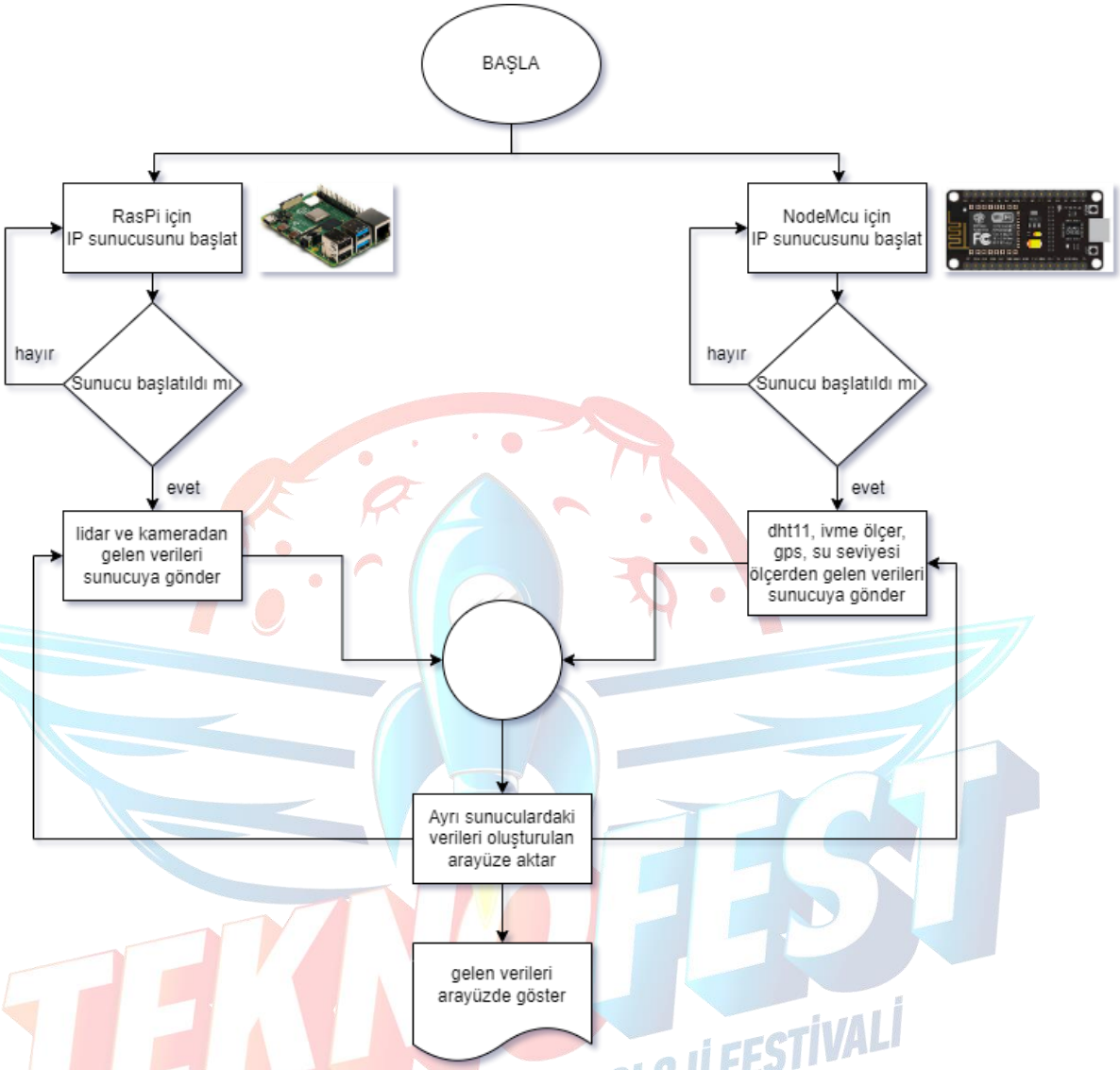
Dht-11: DHT11, basit, ultra düşük maliyetli dijital sıcaklık ve nem sensörüdür. Ortamdaki havayı ölçmek için bir kapasitif nem sensörü ve bir termistör kullanır. Kullanımı oldukça basit, ancak verileri yakalamak için dikkatli bir zamanlama gerektirir. Bu sensörün tek gerçek dezavantajı, her 2 saniyede bir yeni veri alabilmenizdir. Tarımsal araziler içinde 2 saniyede bir veri almak bir sıkıntı yaratmayacağından, fiyatı ve elde edilen doğru veriler doğrultusunda seçilebilecek en uygun sıcaklık ve nem sensörü dht-11'dir. Bu sensör, kontrol ünitesinin içinde ve İKA'nın dışında olmak üzere iki adettir. İKA'nın hem iç hem dış sıcaklığını ölçmek için kullanılacaktır.

6 Eksenli İvmeölçer(mpu-6050): Mpu6050 elektronik projelerde eğim ve ivme ölçmek için en sık kullanılan sensörlerden biridir. İvmeölçer ve gyro çıkışlarının her ikisi de ayrı kanallardan I2C çıkışı vermektedir. Her eksende 16 bitlik bir çözünürlükle çıkış verebilmektedir. Hem hızlı hem de yavaş hareketlerin hassas takibi için kullanıcı tarafından programlanabilen bir jiroskop aralığı ve bir ivmeölçer aralığı mevcuttur. MPU6050'de bulunan kullanıcı tarafından programlanabilen jiroskop aralığı ± 250, ± 500, ± 1000 ve ± 2000 ° / sn'dir. İvmeölçerin programlanabilir tam ölçekli aralığı ise ± 2g, ± 4g, ± 8g ve 16g'dir. Bu sensör, yüksek çözünürlükte veri aktardığı için tercih edilmiş ve araç kontrol ünitesi içinde yere paralel olacak şekilde düz bir yerde aracın eğimini kullanıcıya aktarmak için kullanılacaktır.

Gps modülü (GY-NEO6MV2): Yüksek kaliteli ve hassasiyete sahip olan modül, yaklaşık 5 metrelik bir konum hassasiyetine ve hız ölçümü yapabilme yeteneğine sahip. Bu özelliklerinden yararlanarak, aracın hız ve konum verilerini kontrol etmek için kullanılacaktır**.** Elektronik gürültüden etkilenmemesi için aracın dışına konumlandırılacaktır.

Su seviyesi ölçer: Su seviyesi sensörü depodaki ilacın miktarını ölçmek üzere kullanılacaktır. Bu sensör 40 mm su seviyesine kadar ölçüm yapabilmektedir. Sensörün yapısında birbirine paralel olarak bağlanmış iletken hatlar bulunmaktadır. Uygun fiyatı ve doğru sonuçlar elde edilebildiği için bu sensör tercih edilmiştir. Sensör depoda suya batmış şekilde kullanılarak kullanıcıya depodaki ilaç hacmini iletmiş olacak.

Kamera: Raspberry Pi için geliştirilmiş yüksek çözünürlüklü bir kameradır. Bu kamera, fotoğraf ve HD çözünürlükte video çekiminde kullanılabilir. Kamera modülü üzerinde yüksek hassasiyetli ve yüksek hızlı video desteği sunan OmniVision OV5647 (5 mega piksel) yüksek kaliteli görüntü algılayıcı sensör bulunmaktadır. Ayrıca, pozlama telafisi kontrolü, ortam ışığı algılama, büyük veri işleme kapasitesi gibi özellikleri de bulunmaktadır. 1080p, 720p60 ve VGA90 destekleri de bulunmaktadır. Bu kamera görüntü işlemek için aracın ilerlediği yönde konumlanacak şekilde 1 adet kullanılacak ve önünde gördüğü yabancı otları tanıyıp ilaçlamak için otonom sürüşe kolaylık sağlayacaktır.



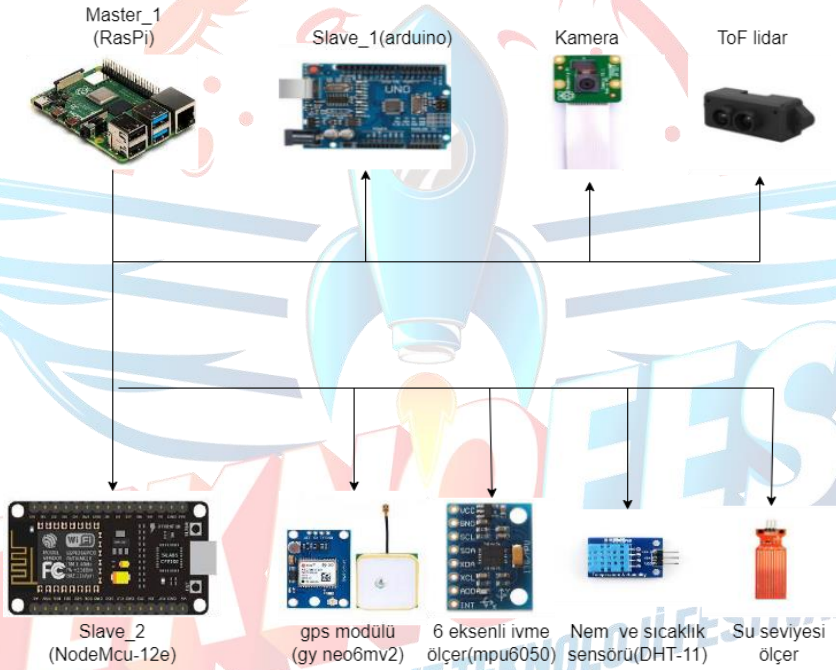
5. Araç Kontrol Ünitesi

Aracın kontrol ünitesi NodeMCU Raspberry pi ve Arduino'dan oluşmaktadır.

Raspberry pi 4 ile otonom sürüş dinamikleri kontrol edilecek. Raspberry kamerayla görüntü işleyip, lidarda haritalama yaparak otonom sürüşü daha etkili hale getirecektir. Ayrıca kamera ve lidardan gelecek olan bu veriler, IP adresiyle kurulan sunucuya aktarılacak. Burada Raspberry pi master (yönetici) olarak kullanılırken, Arduino ise Raspberry pi için bir slave (yardımcı) olarak UART haberleşme şeklinde seri olarak bağlanacak ve bu şekilde kullanılacaktır. Burada Arduino, manuel sürüş merkezi olarak bulunacak ve manuel sürüş Arduino tarafından gerçekleşecek. Otonom ve manuel sürüş arasındaki geçiş ise manuel

sürüş kumandasının üzerinde bulunan bir switch (anahtar) ve arayüzde bir buton ile ayarlanabilecektir. Nodemcu üzerinde bulunan, gps, nem-sıcaklık, su seviyesi ölçer ve ivme ölçer gibi sensörleri kontrol etmektedir. Burada Nodemcu kendisine bağlanacak olan sensörleri yönetip denetleyebilecek ve bu sensörlerden gelen verileri 115200 BAUD haberleşme hızı ve I2C Seri İletişim Protokolü ile IP adresiyle kurulan sunucuya aktarılacak. Burada kullanılan NodeMcu ve ona bağlı olan sensörler otonom sürüşü etkileyebileceği için bu modül, raspberry pi'ın yardımcısı(slave) şeklinde davranmış olacaktır.

Nodemcu' dan ve Raspberry pi' dan elde edilen veriler IP adresi ile oluşturulan farklı iki sunucuya aktarılmıştır. Oluşturulan bu sunucuları ise kendi tarafımızdan oluşturulan arayüzde, site içinde site görüntüleme yöntemiyle(<iframe></iframe> komutu ile), hem Nodemcu hem de Raspberry pi'dan gelecek verileri tek bir sayfa üzerinde rahatlıkla görüntüleyebilecek. Eğer gerekirse bu arayüz üzerinden acil durumlarda durdurma gibi uzaktan müdahaleler de yapılabilecek.



6. Otonom Sürüş Algoritmaları

Ön Tasarım Raporunda da belirtiği gibi İKA'nın otonom hareketi için gereken Kamera ve Lidar verilerinin toplanması ve işlenmesinden Raspberry Pi sorumlu olacaktır. Raspberry Pi üzerindeki yükün hafifletilebilmesi için bir adet Arduino Mega mikrokontrolcü kartı Raspberry Pi ile UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) protokolüyle haberleştirilecek, İKA'nın motorları ve ilaçlama mekanizması Arduino aracılığıyla kontrol edilecektir.

6.1 Otonom Yabani Ot Tespiti

Ön Tasarım Raporunda yabani ot tespiti için ilk etapta Haar Cascade sınıflandırıcısının denendiği ancak tutarsız sonuçlar verdiği ve yeterli performansı gösteremediği gerekçesiyle farklı bir nesne tespit algoritması olan YOLO (You Only Look Once) üzerinde araştırmaların

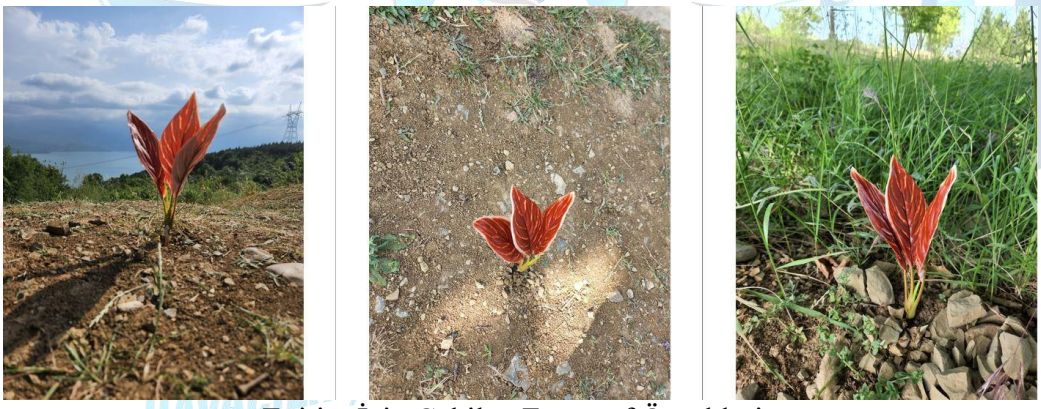
yapıldığından bahsedilmişti. Yapılan araştırmalar ve Raspberry Pi üzerinde diğer modellerle yapılmış karşılaştırmaların size (çözünürlük), mAP (genel ortalama kesinlik) ve FPS (saniyedeki görüntü sayısı) değerlerinin incelenmesi sonucunda yabani ot tespiti için YOLOv4-tiny modelinin kullanılmasına karar verildi.

Model	size	objects	mAP	Jetson Nano 2015 MHz	RPi 4 64-OS 1950 MHz
NanoDet	320x320	80	20.6	28.2 FPS	13.0 FPS
YoloFastestV2	352x352	80	24.1	38.4 FPS	18.8 FPS
YoloV2	416x416	20	19.2	10.1 FPS	3.0 FPS
YoloV3	352x352 tiny	20	16.6	17.7 FPS	4.4 FPS
YoloV4	416x416 tiny	80	21.7	11.2 FPS	**3.4 FPS**
YoloV4	608x608 full	80	45.3	0.7 FPS	0.2 FPS
YoloV5	640x640 small	80	22.5	4.0 FPS	1.6 FPS

YOLO Modellerinin Jetson Nano ve Raspberry Pi 4 Üzerindeki Performans Testleri

6.1.1 YOLO Algoritması İçin Veri Setinin Hazırlanması ve Eğitim

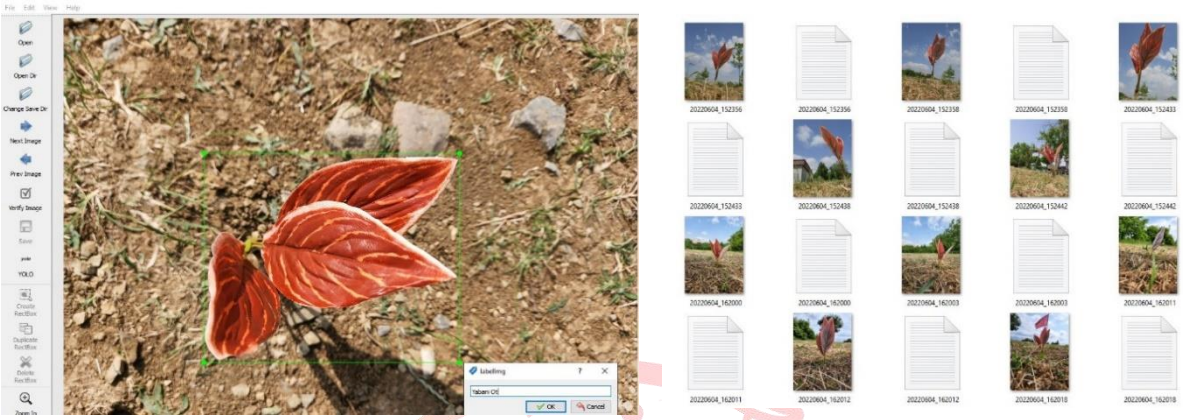
YOLOv4-tiny modelinin eğitimi için gönderilen yabani ot örneğinin farklı ortamlarda ve farklı ışık koşullarında farklı açılardan 250 adet yüksek çözünürlüklü fotoğrafı çekildi.



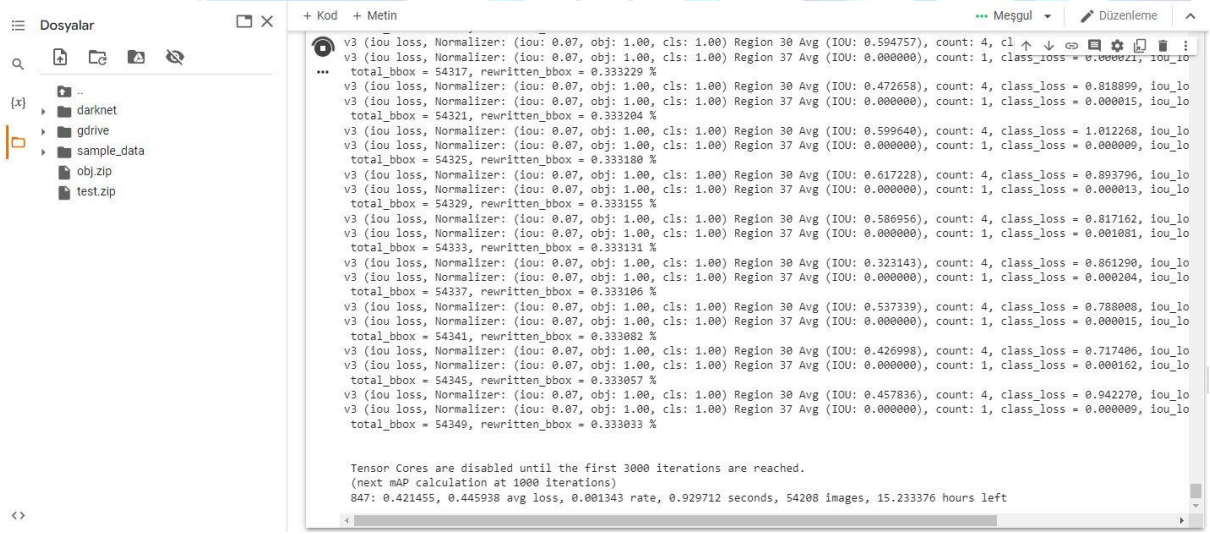
Eğitim İçin Çekilen Fotoğraf Örnekleri

Çekilen fotoğraflardaki yabani ot örnekleri LabelImg programı kullanılarak etiketlendi ve eğitim için gereken .txt dosyaları elde edildi, veri seti eğitim için hazır hale getirilmiş oldu.

Etiketleme İşlemi ve Fotoğraflar ile Etiket Dosyaları.



YOLO modellerinin eğitiminin çok fazla grafik işleme gücü gerektirmesi ve eğitim sürelerinin uzunluğu sebebiyle eğitim için farklı yollar arandı. Araştırmalar sonucu bir Jupyter Notebook servisi olan Google Colab'in kullanılmasına karar verildi. Google Colab üzerinden işlem gücü yüksek bir GPU ile bağlantı kuruldu ve eğitim için hazırlanan veri seti Google Colab ile kullanılmak üzere sıkıştırılarak bir bulut depolama servisi olan Google Drive'a yüklendi, ardından daha önceden hazırlanmış bir Notebook kullanılarak YOLO modelinin eğitimi daha az öz kaynak kullanılarak yapılmış oldu. Eğitim sonucunda YOLOv4-tiny modeline ait weights ve config dosyaları elde edildi.



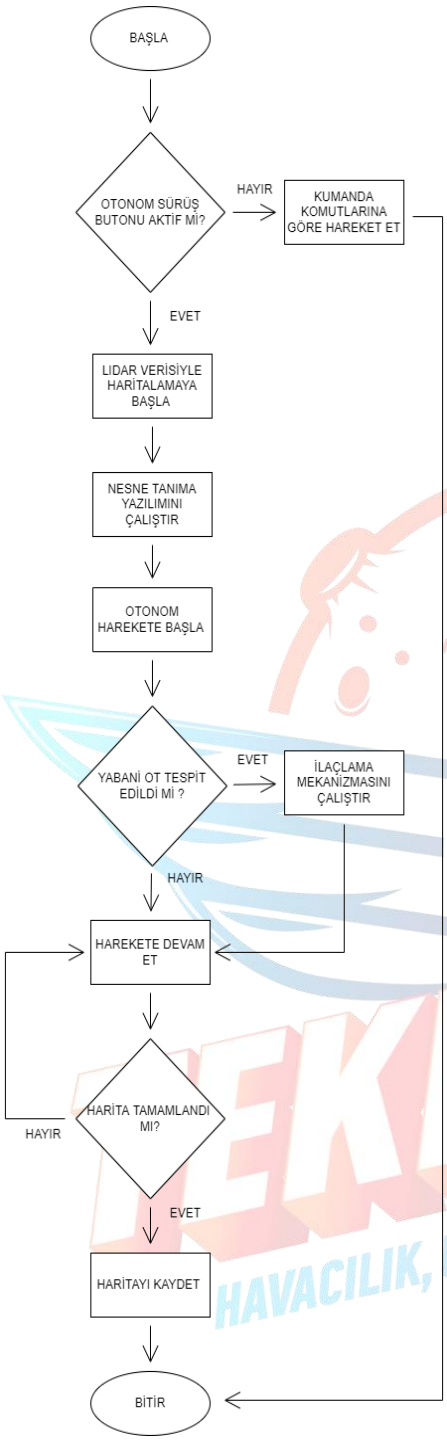
Google Colab ile YOLOv4-tiny Modelinin Eğitilmesi

6.1.2 Yabani Ot Tespit Yazılımı

İlaçlanacak yabani ot Raspberry Pi üzerine bağlı kamera modülünden gelen verilerin bir önceki başlıkta eğitim süreci anlatılan YOLOv4-tiny modeli kullanılarak hazırlanmış nesne tespit yazılımıyla tespit edilecektir. Nesne tespit yazılımı YOLOv4-tiny modelinin eğitimi sonucu elde edilen weights ve config dosyaları kullanılarak Python yazılım dili ile hazırlanmıştır. Kamera modülünden anlık görüntü alabilmek ve gelen görüntüde yabani ot tespit edilmiş ise tespit edilen yabani otun işaretleyebilmek için Python yazılım dili kütüphanelerinden olan OpenCV kullanıldı, işaretleme rengi doğadaki en nadir renk olduğundan arayüz üzerindeki kamera görüntüsünde daha rahat algılanabilmesi için mavi seçildi. Kameradan gelen görüntü üzerinde matris işlemleri yapabilmek için de yine Python yazılım dili kütüphanelerinden biri olan Numpy kullanıldı. Yanlış tespitleri ve gereksiz işaretlemeleri engellemek için Thresholding işlemi uygulandı ve nesne tespit işlemi optimum değerler ile sınırlandırıldı.

Hazırlanan Yazılım ile Tespit Edilen Yabani Ot Örnekleri

TEKNOFEST
HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

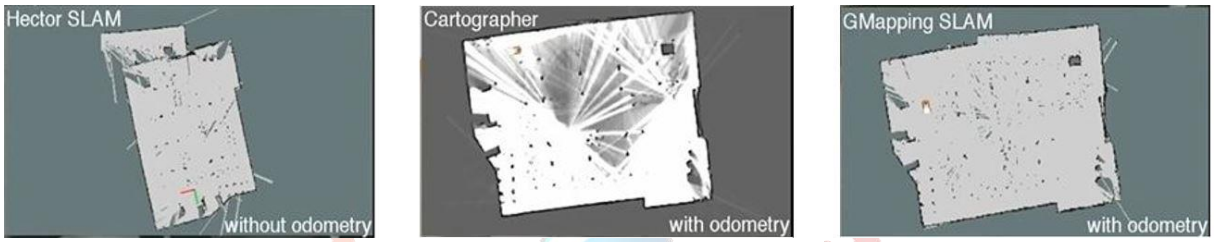


6.2 Otonom Hareket ve İlaçlama Mekanizmasının Kontrolü

İKA'nın otonom hareketini nasıl bir yol kullanarak gerçekleştireceğine dair araştırmalar yapıldı, İlaçlama işlemi yapan farklı insansız kara araçları ve geçmiş yıllara ait Kavramsal Tasarım Raporları incelendiğinde ekin sırası takibi yönteminin çokça kullanıldığı görüldü. Bu yöntem gerçek hayatta işe yarar olsa da geçmiş dönem yarışmalarına ait görüntüler incelendiğinde yarışma alanında ekin sırası takibi için yeterli bitki sıklığının olmadığına karar verildi. Bunun üzerine farklı yöntem arayışları sonucu yapılacak İKA'nın üzerindeki LIDAR sensöründen gelen verilerle haritalama yapmak için yarışma alanında dolaştığı sırada karşılaştığı yabani otları ilaçlamasına karar verildi. Haritalama esnasında bütün yarışma alanının gezilebilmiş olması için gerekli parametreler ayarlanarak İKA'nın alandaki bütün yabani bitkilerle karşılaşması ve karşılaştığı yabani bitkiyi tespit ederek ilaçlama mekanizmasını çalıştırması böylece yarışma görevini yerine getirmiş olması planlandı ayrıca haritalama yapılırken engelle karşılaşıldığında İKA hareketine yön değiştirerek devam edeceğinden engel aşma problemi de çözülmüş oldu. İKA üzerindeki kameranın konumu gereği yabani bitki tespit edildiğinde aynı zamanda ilaç püskürtme ucunun menzilinde olacağından İKA tespit edilen yabani ota özel konum almayacak, yabani ot tespit edildiğinde sadece ilaçlama mekanizmasını çalıştıracaktır. Otonom hareket süresince İKA'nın hareketleri Slave olarak belirlenen Arduino Mega aracılığıyla sağlanacak, Raspberry Pi Arduino Mega ile UART protokolü aracılığıyla haberleşerek motor ve ilaçlama mekanizmasının kontrolünü sağlayacaktır arayüz ya da kumanda üzerinde bulunan bir buton sayesinde otonom ve manuel hareket arasında geçiş sağlanacaktır. Manuel hareket esnasında İKA'nın yapacağı manevralar ve ilaçlama mekanizmasının kontrolü kumanda ile sadece Arduino Mega aracılığıyla sağlanacaktır.

Otonom hareket için Raspberry Pi üzerine bağlı LIDAR sensöründen gelen verilerin kullanılabilmesi ve görselleştirilebilmesi için ROS (Robot Operting System System) içerisinde bir görselleştirme aracı olan Rviz'in (ROS visualization) kullanılmasına karar verildi ve ROS'un kullanılabilmesi için Raspberry Pi üzerine bir Linux dağıtımı olan Ubuntu MATE

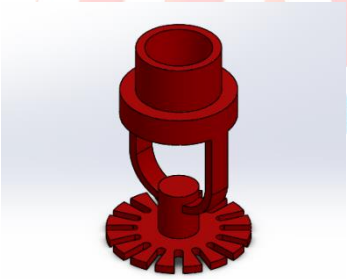
işletim sistemi kuruldu. Haritalamanın yapılabilmesi için ROS içerisinde bir algoritma olan SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) algoritmasının kullanılmasına ve SLAM yöntemi olarak da odometre verisi gerektirmeden sadece LIDAR sensöründen gelen verilerle haritalama yapabildiği için Hector SLAM yöntemi seçildi. Mevcut LIDAR sensörü (TF Mini LIDAR) 360° tarama yapamadığı için henüz haritalama ve otonom hareket için seçilen yöntemlerin gerçek hayat testleri gerçekleştirilemedi. Mevcut LIDAR sensörü ile haritalama yapılabilmesi için ve LIDAR'ın istenilen gibi çalıştırılamaması ihtimaline karşı farklı bir otonom hareket çözümü bulabilmek için çalışmalara devam ediliyor.



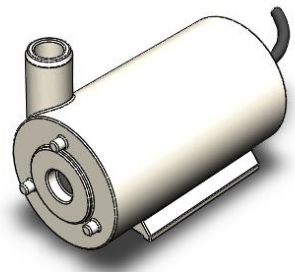
Farklı Haritalama Yöntemleri ve Hector SLAM İle Oluşturulmuş Harita Örnekleri

7. Yabancı Otla Zirai Mücadele Yöntemleri

Yabancı otla zirai mücadele için kullanılacak ilaç püskürtme mekanizması, fıskiye, su pompası ve hacmi 250 ml olan ilaç deposundan oluşmaktadır. İlacın fıskiyeye iletimi, depo içerisine konulmuş 6 voltluk su pompası ile sağlanacaktır. Pompa, depodaki sıvının içerisinde serbest kalacak şekilde yerleştirilip montajında herhangi bir mekanik bağlantı elemanı kullanılmayacaktır. Deponun sağ ve sol üst bölgesinde bulunan deliklerden pompanın elektronik bağlantı elemanları (kablolar vb.) ve ilacı fıskiyeye ileten borular geçecektir.

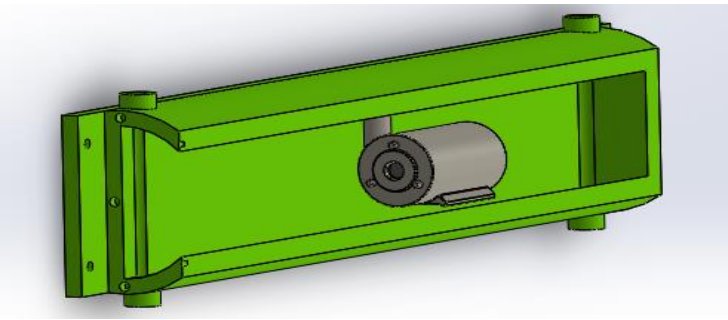


Fıskiye



Su pompası

Araç üzerindeki LIDAR sensöründen gelen veriler aracılığıyla haritalama yapması için yarışma alanında otonom bir şekilde hareket ederken bir yandan da yabancı bitkiyi fıskiye yardımı ile ilaçlayacaktır. Araç üzerindeki kameranın konumu gereği yabani bitki tespit edildiğinde herhangi bir özel konum almayacaktır. Araç bitkiyi tespit ettiğinde bitkinin menziline girip ilaç püskürtme işlemini gerçekleştirecektir.



Su pompasının kesiti alınmış ilaç deposu içindeki konumu

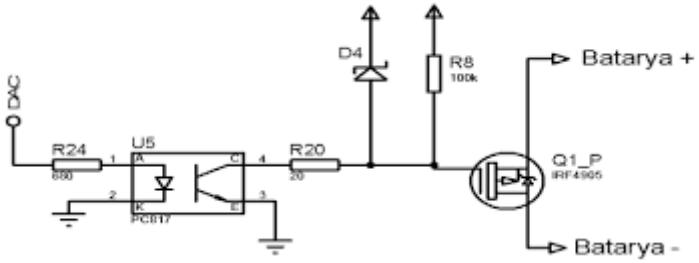
8. Özgün Bileşenler

8.1 Elektronik Kart Tasarımı

8.1.1 BMS SİSTEM KARTI

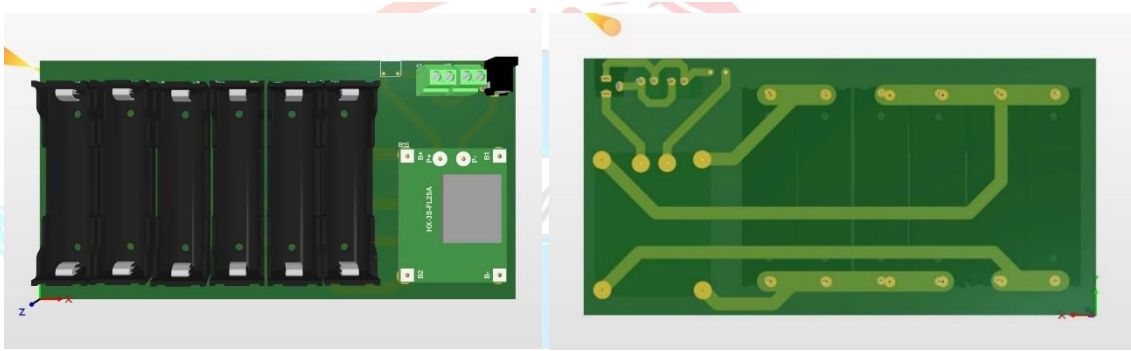
Batarya yönetim sistemleri bir pil grubunun güvenli işletim sınırları içerisinde çalışmasını ve şarj/deşarj esnasında batarya grubundaki pillerin güvenli bir şekilde kullanılmasını sağlayan devre elemanlarıdır. Ayrıca batarya grubunda aşırı sıcaklık, aşırı akım, düşük veya yüksek gerilim olması durumunda batarya paketini korumaktadır. Pil grubunun şarjı veya deşarjı esnasında tüm hücrelerin dengeli bir şekilde şarj/deşarj olması beklenmektedir.

Batarya yönetim sistemlerinde iki önemli alt sistem vardır. Bu alt sistemler şarj yönetim ve haberleşme birimleridir. Batarya dengeleme yöntemi şarj yönetim birimlerinde kullanılan yöntemlerden biridir. Bu yöntem BMS sistemlerinde sıklıkla kullanılmaktadır. Dengeleme yöntemleri de iki temel başlık altında incelenir. Bunlar aktif ve pasif tabanlı batarya dengeleme metotlarıdır. Uygulama kolaylığı ve kontrol sistemlerinin daha basit olması nedeniyle pasif dengeleme sistemleri genellikle tercih edilmektedir. Pasif dengeleme yöntemleri iki farklı şekilde uygulanabilir. Birinci yöntem sabit şönt direnç metotudur . Bu yöntemde, hücre gerilimi her hücreye paralel şekilde bağlı olan dirençler aracılığı ile sabit bir değerde tutulma mantığına göre çalışmaktadır. Bütün hücrelerde fazla enerji dirençler üzerinden ısı enerjisi olarak atılır. İkinci yol kontrollü şönt direnç yöntemidir (Xu et al. 2018). Kontrollü yarıiletken anahtarlar veya röleler ile dirençlerin iletime sokulup çıkarılma mantığına göre çalışır. Bu yöntemde enerjisi fazla olan hücrenin anahtarı iletime sokularak fazla enerji direnç üzerinde harcanır. Aynı zamanda pasif dengeleme tabanlı BMS sistemlerinde direnç yerine MOSFET anahtarlama elemanlarının direnç olarak kullanıldığı uygulamalar da bulunmaktadır. Bu yöntemde hücrelerdeki fazla enerji MOSFET'lerin üzerinden atılmaktadır.



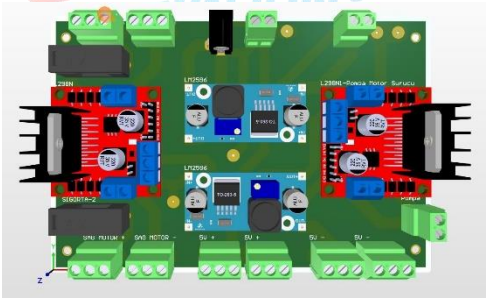
Şekil 1. BMS sisteminin pasif dengeleme için kullanılan kontrol devresi

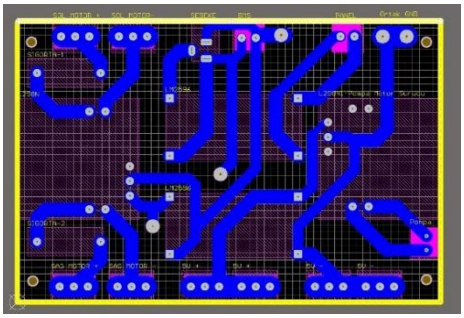
Projemizde kullanılan bms kartı 3S 25A 12V Balans 18650 Bms Lipo Batarya Pil Şarj Devresi'dir . Bu bms kartının kullanılan Sony VTC6 pillerle bağlantısını sağlayacak bir pcb kartı tasarlanmıştır. Bu kart tasarlanırken Altium programı kullanılmıştır. Kartın altiumda çizimi ve sonrasında kartın üzerindeki yolların ve lehimlerin yapımı hiçbir teknik destek alınmadan bizzat ekibimiz tarafından yapılmıştır. Kartımızda 6 tane pil yatağı, 2 tane klemens ve 1 adet bms kartı bulunmaktadır. Yollar 6 pil 3s2p olacak şekilde tasarlanmıştır. Tek bir Sony VTC6 3000 mAH olduğundan 2 pil paralel bağlandığından 6000 mAH olacaktır. Böyle 3 seri bağlantı olacağından dolayı uzun süreli kullanım sağlayacak bir batarya oluşturulmuştur. Bataryalar, motorları motorları sürmek için kullandığımız L298N'den kartın üzerinde bulunan 2 klemensten besleyecektir. Kartımızın Altium'da gösterimi aşağıdaki gibidir.



8.1.2 Güç Dağıtım Kartı

Aracın önemli bir bileşeni olan, elektronik sistemi birbiri ile bağlayan ve gereksiz ölçüde kablo ve dağınıklıktan kurtarıp daha tertipli bir görüntü sağlayan güç dağıtım kartı PDB (Power Distribution Board); aracın motorlarına, PWM sinyali ile sürülmesi sağlanan motor sürücülerine ve su pompasına güç sağlama gibi görevleri yerine getirecektir. Güç dağıtım kartı aynı zamanda komponentleri besleyen 4 adet üçlü klemens ile çıkışı sağlanmış 5 voltluk ve bir adet 12 voltluk besleme çıkışına sahiptir. Kart, bünyesinde 2 adet sigorta, 2 adet LM2596 ayarlanabilir voltaj regülatörü ve 2 adet L298N Motor sürücü barındırmaktadır. Bu kart ile sistem, organize ve düzenli bir yapıya kavuşmuştur. Sonuç olarak bu kartın tasarım süreci devam etmekte ve yapılan testler ve fikir yürütmeler ile günden güne geliştirilmektedir.





8.2 Solar Panel

ÖTR içerisinde belirtildiği üzere yapılması planlanan Solar Panel ile gerçek zamanlı şarj gerekli verim elde edilemediği için iptal edilmiş olup gerekli test ve analizler ilgili başlıklar altında belirtilmiştir.

9. Güvenlik Önlemleri

İnsanoğlunun can ve mal varlığının bütünlüğünün korunması açısından güvenlik en önemli unsurlardan biri olmuştur. Günümüzde hemen hemen her üretimde güvenlik önlemleri için büyük meblağlar harcanmaktadır. Şüphesiz, bu üretimlerin güvenlik açısından en önemli görüldüğü sektörler arasında otomotiv ve taşımacılık sektörleri yer almaktadır. Tasarladığımız aracın ve araçta kullanılan cihazların insana, hayvana, doğaya ve değerli bileşenler içeren kendisine zarar vermemesi açısından çeşitli güvenlik önlemleri düşünülüp sistemin farklı bileşenlerine entegre edilmiştir.

Aracın hafif ve dayanıklı olabilmesi için alüminyum sigma profiller tercih edilmiş ve şasi bölmesi buna göre ayarlanmıştır. Mekanik olarak güvenliğini sağlamak için tüm yapı elemanlarının mukavemeti göz önüne alınmış ve bilgisayar destekli programlar kullanılarak ön testler yapılmış ardından uygulamalı test gerçekleştirilmiştir. Yapılan tüm testler sonucunda istenilen başarıya ulaşılmıştır.

Yarışma alanında istenilen görev planlamasından çıkarak aracın kendisine veya çevresine zarar verme ihtimaline karşın, aracımızın kolay ulaşılabilir bir noktasında dışarıdan bir kullanıcı tarafından fiziksel olarak sistemin tüm elektriğini kesebilecek bir acil durdurma butonu bulunmaktadır. Acil durum butonu olarak saha uygulamalarında pek çok kullanılan, güvenilir bir buton tercih edilmiştir. Acil durum giderildiğinde araç aynı yerden başlatılabilecektir.

İKA' da bulunan kabloların hepsinin taşıyacağı akımlar hesaplanmış ve akımı güvenli bir şekilde iletebilmesi için kalın ve kaliteli kablolar seçilmiştir. Araçta hem güvenlik hem de görüntü temizliği açısından araçta çıplak kablo kalmayacak şekilde uygun kablo yolları oluşturulmuştur. Aynı zamanda kablo renkleri bulunduğu konumlara göre farklı kullanılarak bağlantılarda oluşabilecek hataların önüne geçilmesi hedeflenmiştir. Sistem de oluşabilecek kısa devre akımlarını engellemek için gerekli yerlere sigorta çeşitleri yerleştirilecektir.

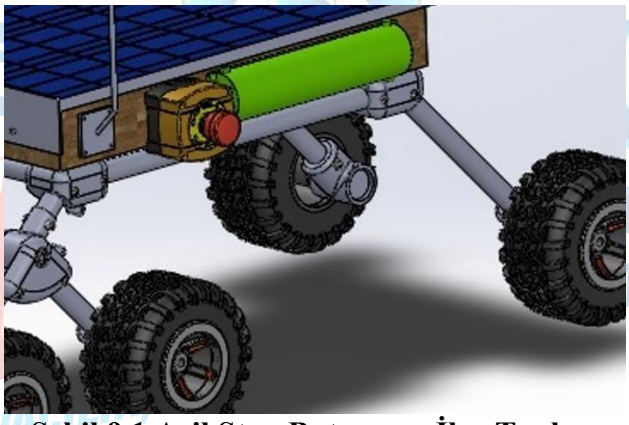
Aracımız temel enerji kaynağını Li-ion piller aracılığı ile sağlamaktadır. Li-ion piller yapısı gereği tehlike oluşturmaktadır. Bu tehlikeyi ortadan kaldırmak için BMS (Batarya Yönetim Sistemi) devresi bulunmaktadır. Bu devre bataryanın şarj, deşarj akım ve gerilimlerini kontrol ederek pilde oluşabilecek olası durumları engelleyecektir. Bataryanın sıcaklığı sensörler yardımı ile sürekli izlenecek, belli bir sıcaklık üstünde, sistemdeki fanlar devreye girecektir. Piller sistem üzerinden kolay çıkarabilecek şekilde konumlandırılmıştır, böylelikle taşıma sırasında pillerin güvenli çanta ile taşınması gerçekleştirilecektir.

Aracın tekerlekleri geniş ve esnek tercih edilmesi, aracın çamurlu ya da yumuşak zeminde batıp saplanmasının önüne geçmektir. Redüktörlü motor tercih edilmesi sayesinde aracın yüksek tork potansiyeli artmıştır. Bu sayede tırmanma ve ilerleme güçlüğünü ortadan kaldırmakta ve daha güvenli hizmet sunmaktadır.

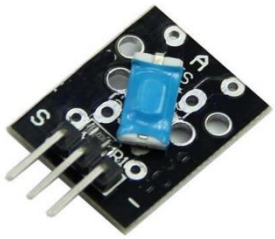
Aracın çalışacağı arazi şartları göz önünde bulundurulduğunda araç üzerine eğim anahtarı yerleştirilmiştir. Aracın olası devrilme ihtimaline karşın belli bir eğim sonrası sistemin kendini kapatma ya da kontrolden çıkması durumunda manuel sürüşe geçebilme durumları söz konusudur.

Uzun kullanım da risk oluşturabilecek devre elemanı olan pillerin tehlikesini minimum indirme amacıyla pil ünitesi özel hazırlanmış ve pil ünitesi etrafına geçirilen pil koruyucu hazne ile her türlü tehlikeye karşı koruma sağlanmaya çalışılmıştır. Aracın çukur, engel gibi yerlerde sıkışıp çalışmaya devam etmesi durumunda pilleri bitirmesini önlemek için otomatik olarak sistemin kapatılması hedeflenmektedir. Pil durumunu sistem kendisi belirli aralıklarla kontrol edip belli bir seviyenin altına inmesi durumunda önceden belirlenen yere gitmesi hedeflenmektedir.

Araç üzerinde bulunan ilaç deposu sızdırmaz bir plastik hazne tercihinde bulunulmuştur. İlaç deposu aracın yan tarafına yerleştirilmiş, böylelikle olası istenmeyen sıvı çıkışlarında elektrik aksamına zarar vermeyecek şekilde ayarlanmıştır. Oluşabilecek nem ve ıslaklık için tüm bağlantı kabloları makaron ile kapatılacaktır. Sistemdeki diğer elektronik bileşenleri toz ve sıvıdan korumak için gerekli bir şekilde muhafaza işlemi gerçekleştirilecektir.



Şekil 9.1 Acil Stop Butonu ve İlaç Tankı



Şekil 9.2 Eğim Anahtarı

Şekil 9.3 Cam Sigort

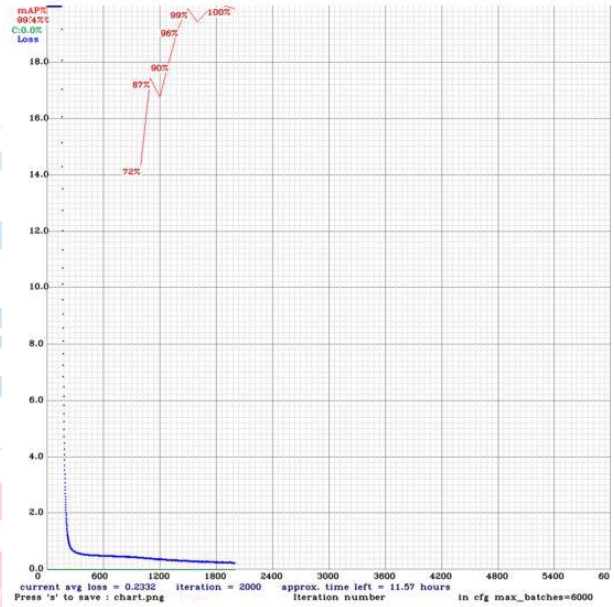
10. Simülasyon ve Test

10.1 Görüntü İşlemede Google Colab Doğruluk Oranları

Raspberry Pi içerisine Ubuntu MATE işletim sisteminin kurulduğundan Otonom Hareket ve İlaçlama Mekanizmasının Kontrolü bölümünde bahsedilmişti. Ubuntu MATE işletim sistemi arayüzünün alışkın olduğumuz düzene benzerliği sayesinde kullanım kolaylığı sağladığı ve ROS üzerine yapılan araştırmalar sırasında önerilen bir işletim sistemi olarak karşımıza çıktığı için tercih edildi.

Hazırlanan yabani ot tespit yazılımı ile alınan sonuçlar kendi başlığında verilmişti, eğitilen YOLOv4-tiny modelinin eğitim sonrası Google Colab ile yapılan denemesi doğruluk oranlarını da içerdiğinden test başlığı altına yerleştirildi.

Eğitilen Modelin Google Colab ile Eğitim Sonrası Test Sonuçları



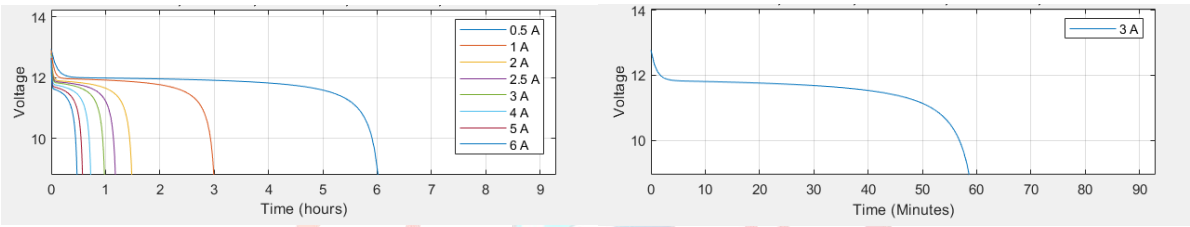

```
[yolo] params: iou loss: ciou (4), iou_norm: 0.07, obj_norm: 1.00, cls_norm: 1.00, delta_norm: 1.00, scale_x_y: 1.05
nms_kind: greedynms (1), beta = 0.600000
  31 route  27                                  ->   13 x  13 x 256
  32 conv    128       1 x 1/ 1     13 x  13 x 256 ->   13 x  13 x 128 0.011 BF
  33 upsample                 2x    13 x  13 x 128 ->   26 x  26 x 128
  34 route  33 23                                 ->   26 x  26 x 384
  35 conv    256       3 x 3/ 1     26 x  26 x 384 ->   26 x  26 x 256 1.196 BF
  36 conv     18       1 x 1/ 1     26 x  26 x 256 ->   26 x  26 x  18 0.006 BF
  37 yolo
[yolo] params: iou loss: ciou (4), iou_norm: 0.07, obj_norm: 1.00, cls_norm: 1.00, delta_norm: 1.00, scale_x_y: 1.05
nms_kind: greedynms (1), beta = 0.600000
Total BFLOPS 6.787
avg_outputs = 299663
 Allocate additional workspace_size = 26.22 MB
Loading weights from /mydrive/yolov4-tiny/backup/yolov4-tiny-obj_last.weights...
 seen 64, trained: 128 K-images (2 Kilo-batches_64)
Done! Loaded 38 layers from weights-file

 calculation mAP (mean average precision)...
 Detection layer: 30 - type = 28
 Detection layer: 37 - type = 28
28
 detections_count = 136, unique_truth_count = 25
class_id = 0, name = Yabani Ot, ap = 99.38%      (TP = 25, FP = 2)

 for conf_thresh = 0.25, precision = 0.93, recall = 1.00, F1-score = 0.96
 for conf_thresh = 0.25, TP = 25, FP = 2, FN = 0, average IoU = 72.91 %

 IoU threshold = 50 %, used Area-Under-Curve for each unique Recall
 mean average precision (mAP@0.50) = 0.993837, or 99.38 %
Total Detection Time: 6 Seconds

Set -points flag:
 `-points 101` for MS COCO
 `-points 11` for PascalVOC 2007 (uncomment `difficult` in voc.data)
 `-points 0` (AUC) for ImageNet, PascalVOC 2010-2012, your custom dataset
```

Google Colab ile Yapılan YOLOv4-tiny Eğitimine Ait Eğitim Başarı Oranları

10.2 Güç-Elektronik Hesapları Ve Solar Panel Analizi

10.2.1 Güç Hesabı Testi

Aracımızın elektronik bileşenlerinin güç testi yapılarak toplam enerji tüketimi hesaplanmıştır. Elde edilen veriler ve simülasyon sonuçlarına uygun olarak aracın enerji ihtiyacı için 18650 (US18650VTC6) Li-Ion piller tercih edilmiştir. 3S2P bağlantısı ile 6000 mAh değerindeki batarya paketi elde edilmiştir. Batarya paketinin Gerilim-Zaman grafikleri aracın değişken güç tüketim değerlerine göre simülasyon ortamında çizdirilmiştir. Elde edilen grafik sonuçları doğrultusunda 18650 (US18650VTC6) Li-Ion piller 12V 3A deşarj akımında sisteme yaklaşık yarım saatten fazla güç sağlayacağı tespit edilmiştir.



Pil Deşarj Grafikleri

10.2.2 Elektronik Testler

Aracın ileri geri test sürüşlerinde ortalama 24,58 W güç harcadığı gözlemlenmiştir. Aracın sağa ve sola dönüşlerde ise ESC'lerin yeterli akım veremediği ve dönüşlerde zorlandığı tespit edilmiştir. Bu zorlanmayı ortadan kaldırmak için Ön tasarım raporunda 1 adet olarak belirtiğimiz ESC sayımız 3 adete çıkarılmıştır. 3 ESC ile yapılan testler sonucunda aracın zorlanmadan dönebildiği gözlemlenmiştir.

Parçalar	**Nominal Akımı**	**Ortalama Akım**	**Zorlanma Akımı**	**Ortalama Güç**	**Voltaj**
6 adet 12V 120 RPM Redüktörlü DC Motor	0,38A	1A	3,93A	12W	12V
TF mini lidar		0,12A		0,6W	5V
DHT-11		0,3mA		0,0015W	5V
6 eksenli ivme ölçer(mpu-6050)		3,9mA		0,0195W	5V
Gps modülü (GY-NEO6MV2)		45mA		0,225W	5V
Lipo seviye ölçer		55mA		0,1815W	3,3V
Su seviyesi ölçer		13,5mA		0,4455W	3,3V
Raspberry Pi 4		600mA	2,5A	8W	12V
NodeMCU-12E ESP8266		5mA	1A	2.5W	5V
Arduino UNO R3 Klon		50mA	500mA	0,6W	12V
TOPLAM GEREKLİ GÜÇ				24,58W	

10.2.3 Güneş Paneli Uygunluk Testi

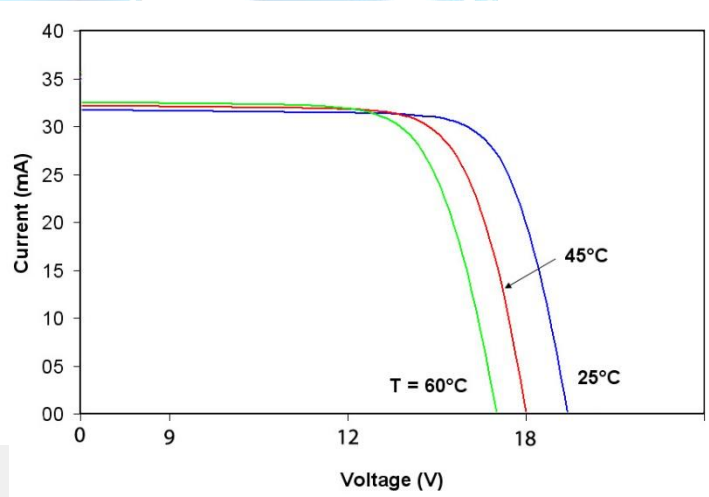
Ön tasarım raporunda belirttiğimiz aracın batarya paketini şarj etmek için kullanacağımız SW-050P model güneş panelinin ağırlığı 3kg olarak ölçülmüştür. Bu ağırlık aracın manevra kabiliyetini düşüreceği ön görülmüş ve panel teste tabii tutulmuştur. Güneş panelinin nominal gerilim, akım ve güç hesaplamaları yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre "Matlab-Simulink" programı kullanılarak Akım-Gerilim ve Güç-Gerilim grafikleri çizdirilmiştir. Grafik sonuçlarına göre güneş panelinin ağırlığından dolayı kaybettireceği enerji, kazandıracağı enerjiden daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

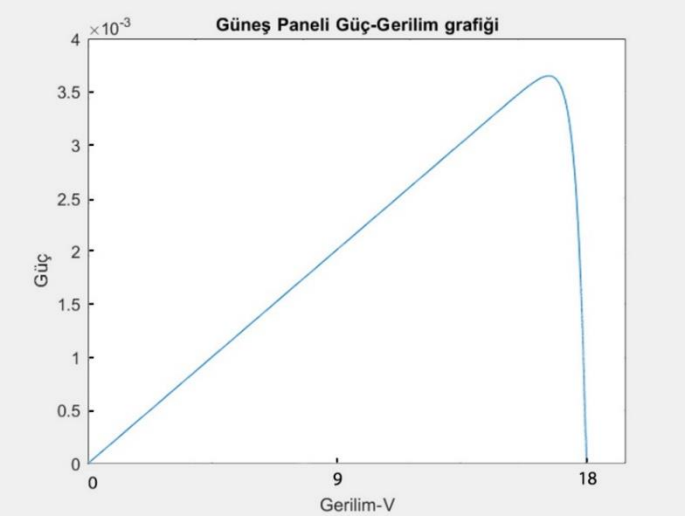
Gerilim	Akım	Güç
12V	32mA	3.84mW

Güneş panelinin ağırlığından dolayı motorlar zorlanacak ve motorlardan çekilecek enerji artacaktır, bu durum pillerin daha hızlı deşarj olması anlamına gelmektedir. Güneş panelinin ağırlığından dolayı pillerden çekilen fazla enerjiyi doldurmak için kullanılacak güneş paneli nominal durumda 12V, 0.32mA akım vermektedir. Sonuç olarak güneş panelinin verimliliği batarya paketini şarj etmek için yetersiz kalmıştır

Güneş Paneli Akım-Gerilim Grafiği

Güneş panelinin maksimum verimde çalışabilmesi için 25-30 derece sıcaklığında olması gerekmektedir. Yapılan uygulamalı testler sonucunda güneş panelinin sıcaklığının 55-60 dereceye kadar yükseldiği görülmüştür. Bu sıcaklık aralığında güneş panelinin verimliliği düşmektedir.





Güneş panelinin güç çıkışı ile sıcaklığı arasında ters orantı vardır. Yani güneş panelinin sıcaklığı yükseldikçe çıkıştan alınan güç azalır.

Grafik sonuçları ve yaptığımız testler sonucunda ön tasarım raporunda belirttiğimiz güneş panelinin araçtan çıkarılması uygun görülmüştür

10.3 Mekanik Tasarım Analizi

10.3.1 İskelet ve İskelet Bağlantı Parçalarının Yapısal Analizleri

Aracın yürüyüş ve manevra testlerinden elde edilen veriler sonucunda sabit mafsal bağlantı parçası dışındaki bütün bağlantı parçaları istenilen performansı sağlamıştır.Sabit mafsal bağlantı parçasının,dikey manevra testi sırasında parçanın ani yüklemeye maruz kalması sebebiyle baskı liflerinin, parçanın yüzeyinden yatay eksen boyunca kırıldığı tespit edilmiştir.Bunun sebebinin ise parçanın araç iskeletine 45°lik açı ile bağlanması,dolayısıyla araç iskeletinin ve üstündeki elektronik bileşenlerin yaptığı ağırlığın parçanın maksimum kayma gerilmesi düzleminden etki etmesi olarak belirlenmiştir.parça PLA malzemeden yapılmıştır.Parça dikey yüklere karşı iyi bir performans sergilese de baskı yönünün yatay yönde oluşu ve PLA malzemenin gevrek özellik göstermesi parçanın kırılmasına sebep olmuştur.Bununla birlikte yapılan testde aracın manevrası çift kuvvet momenti ile sağlandığından sistemdeki zorlanma bu parçaya da yansımış ve parçanın az da olsa burulmaya maruz kalmasına sebep olmuştur.Bu sorunu gidermek için parçanın baskı yönü 90° döndürülmüştür.Böylelikle parçaya binen yük baskı lifleri arasındaki kayma gerilmesini azaltmış ve parça istenen performansı sağlamıştır.

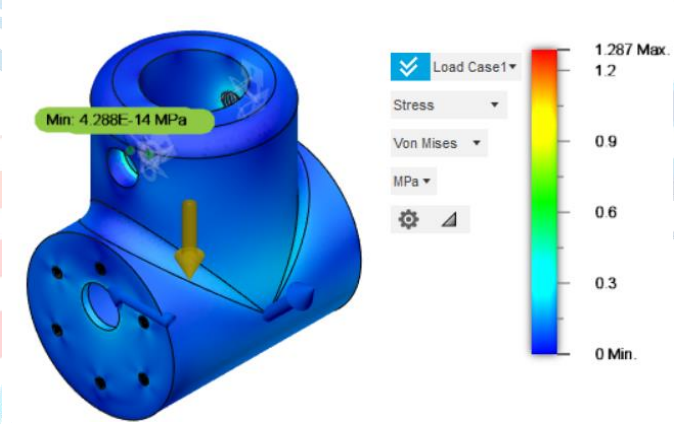
[Şekil 10.1.1] Parçanın kırılma düzlemi

[Şekil 10.1.2]Parçanın kırılma düzlemi

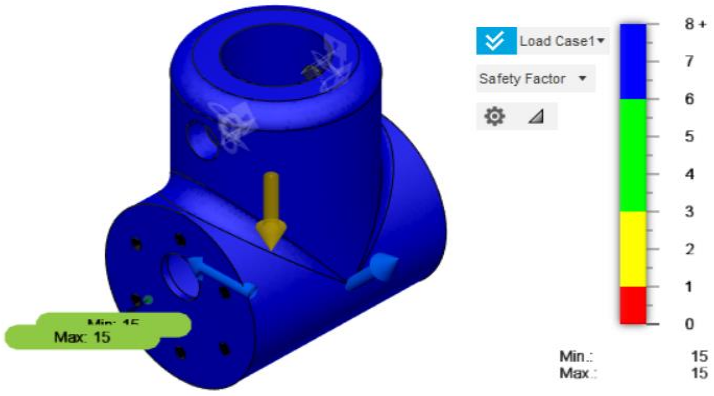
[Şekil 10.1.3]Parçanın dikey yönde basılmış hali

Yapısal analizler gerilme,yer değiştirme ve güvenlik faktörü olmak üzere üç başlık altında incelenecektir.Analizler Fusion 360 programı ile elde edilmiştir.Analizlerde aracın üstüne etkiyen 78.5 N'luk kuvvetin parçalar üzerindeki etkisi gözlemlenmiştir.

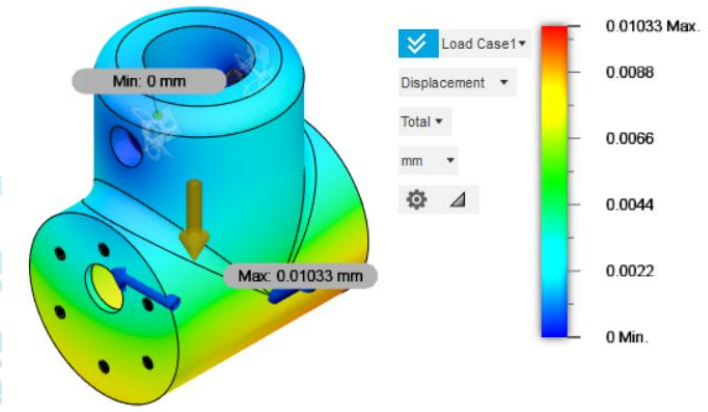
<u>Alt Bağlantı Parçası</u>



Alt bağlantı parçası gerilme ana

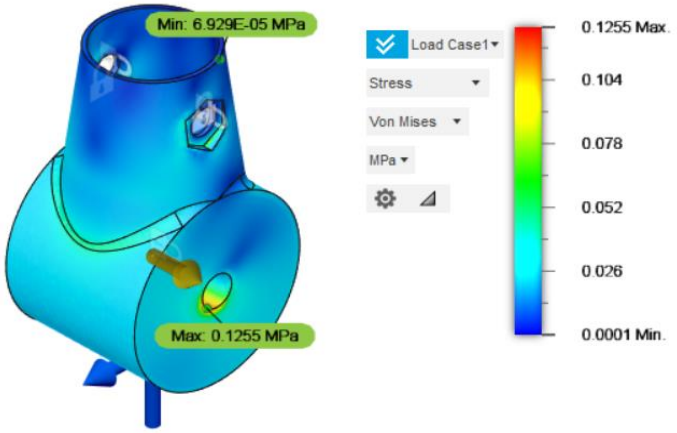


Alt bağlantı parçası güvenlik faktörü analizi

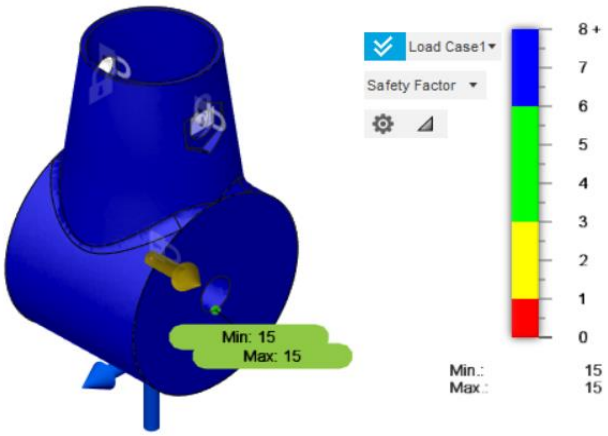


Alt bağlantı parçası yer değiştirme analizi

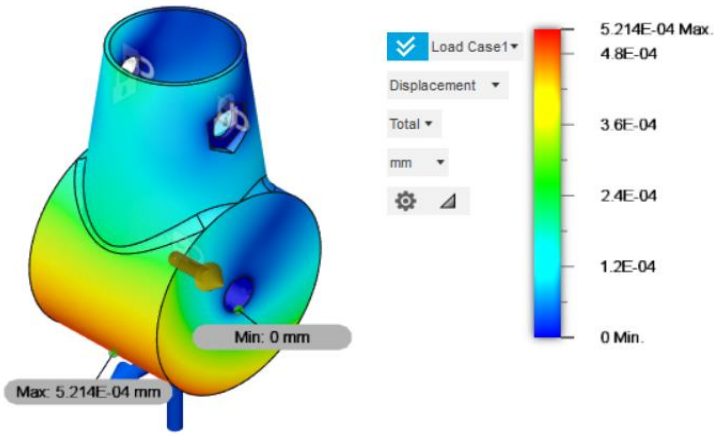
<u>Sabit Mafsal Bağlantı Parçası</u>



Sabit Mafsal bağlantı parçası gerilme analiz

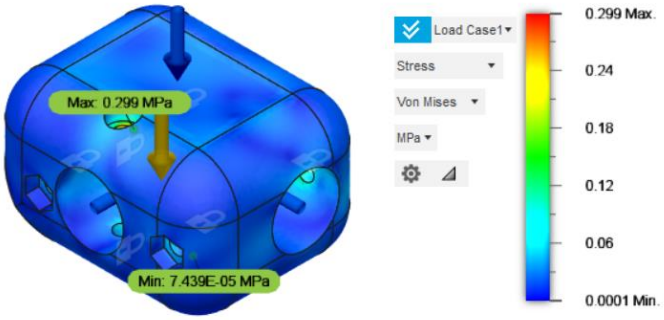


Sabit mafsal bağlantı parçası güvenlik faktörü analizi

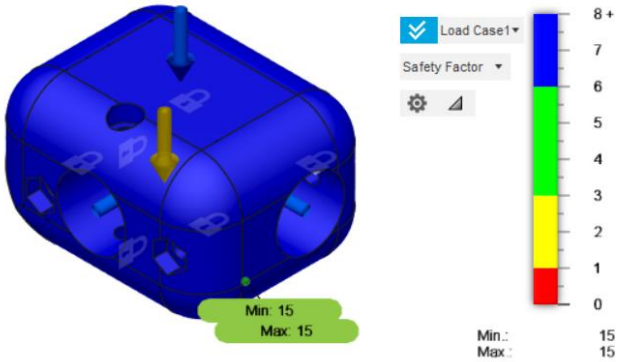


Sabit mafsal bağlantı parçası yer değiştirme analizi

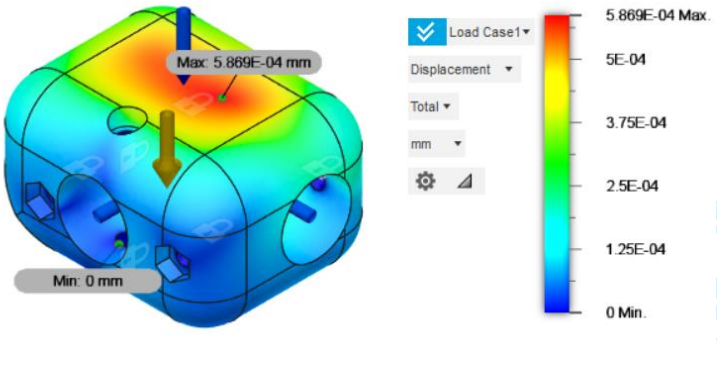
<u>Pimli Üst Bağlantı Parçası (ön)</u>



Pimli üst bağlantı parçası (Sağ ön) gerilme analizi

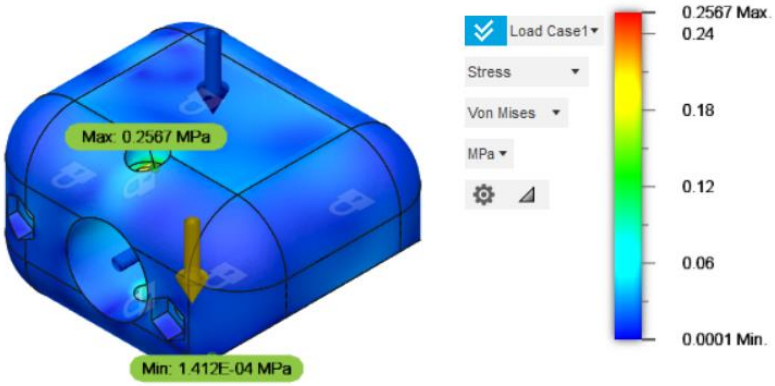


Pimli üst bağlantı parçası (Sağ ön) güvenlik faktörü analizi

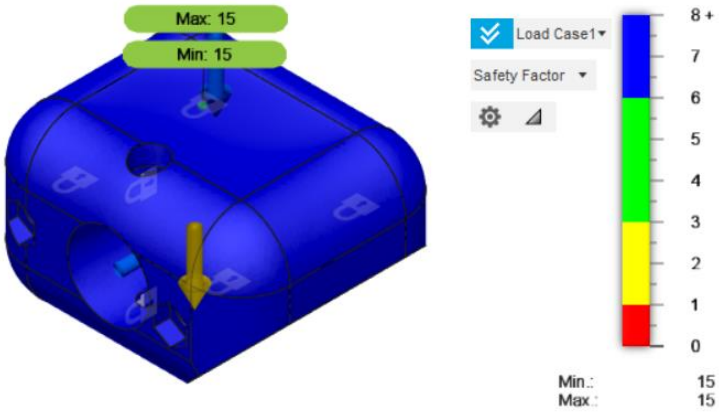


Pimli üst bağlantı parçası (Sağ ön) yer değiştirme analizi

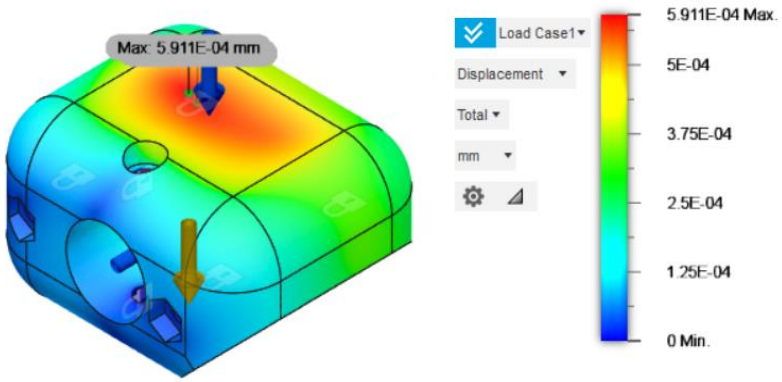
<u>Üst Bağlantı Parçası (Arka)</u>



Üst bağlantı parçası gerilme analizi



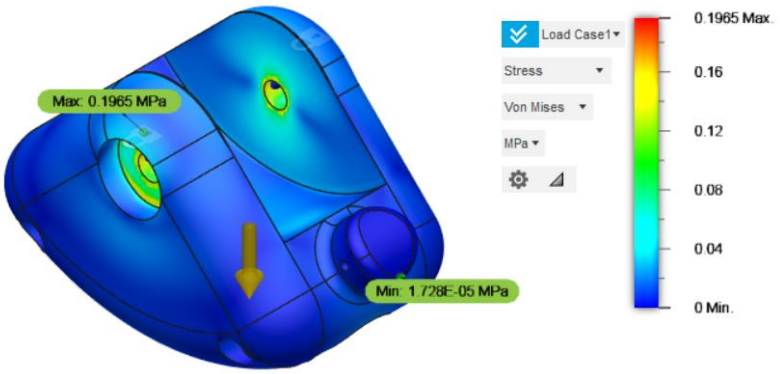
Üst bağlantı parçası güvenlik faktörü analizi



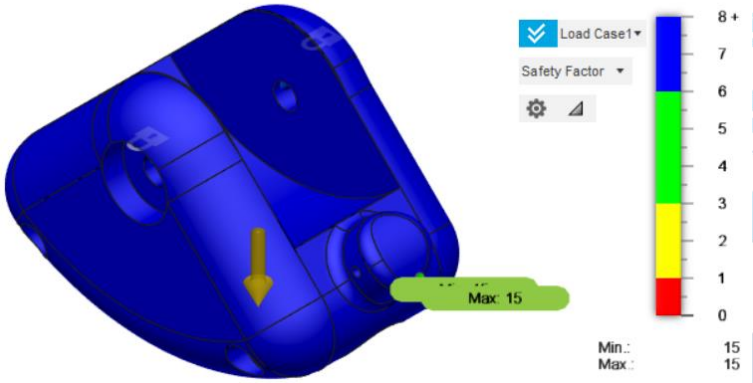
Üst bağlantı parçası yer değiştirme analizi

TEKNOFEST
HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

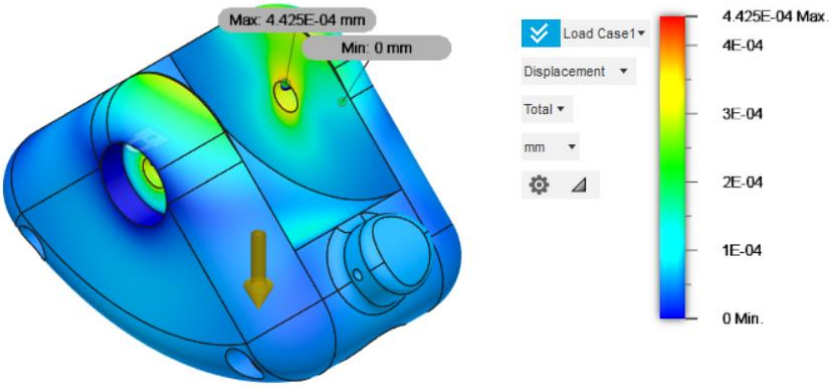
Oynar Mafsal Bağlantı Parçası



[Şekil 10.6.1] Oynar mafsal bağlantı parçası gerilme analizi



Oynar mafsal bağlantı parçası güvenlik faktörü analizi



Oynar mafsal bağlantı parçası yerdeğiştirme analizi

11. Referanslar (Kaynakça)

- Delplanque, E. Case study: impact of photovoltaic modules, www. asunenergy.com
- Piliougine, J. Carretero, M. Sidrachde-Cardona, D. Montiel, P. SánchezFriera. Comparative analysis of the dust losses in photovoltaic modules with different cover glasses. Proceedings of 23rd European Solar Energy Conference, 2008, pp. 2698-2700.
- https://mertmekatronik.com/lidar-laser-imaging-detection-and-ranging
- https://www.seeedstudio.com/blog/2020/04/20/dht11-vs-dht22-am2302-which-temperature-humidity-sensor-should-you-use/
- https://tr.jf-parede.pt/mpu6050-pin-diagram
- https://www.direnc.net/tf-mini-lidar-tof-lazer-menzil-sensoru-dfrobot
- -Mustafa Emre ÖZERMİŞ. Kurşun Asit Akülerin Optimum Şarj Olmasını Sağlayan Şarj Devresi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi,2010
- -Tolga ÖZER, Sinan KIVRAK, Yüksel OĞUZ ,STM32f103C8 Mikroişlemcisi Kullanılarak Elektrikli Araçlar İçin Pasif Dengeleme Metodu Tabanlı Batarya Yönetim Sistemi Tasarımı ve Uygulanması, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü,Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi , Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği,
- -Nazım ELMALI, Emrah ÇETİN, Mustafa YAZ, Elektrikli Araçlar İçin Batarya Yönetim Sistemi Tasarımı ve Uygulama Örneği , Yozgat Bozok Üniversitesi , Mühendislik Fakültesi , Elektrik Elektronik Mühendisliği
- https://www.fotokopter.com.tr/blog/drone-terimleri-sozlugu#:~:text=PDB%20(Power%20Distribution%20Board)%3A,bir%20drone%20olu%C5%9Fturmaya%20yard%C4%B1mc%C4%B1%20olur.
- https://github.com/Qengineering/YoloV4-ncnn-Raspberry-Pi-4
- https://youtu.be/H10L5BXdjdY
- https://colab.research.google.com/drive/1-YCYV6app9aODfs-xtAg4VNFbOusD3jR?usp=sharing
- http://wiki.ros.org/ROS/Introduction
- http://wiki.ros.org/gmapping
- http://wiki.ros.org/hector_slam
- https://youtu.be/7iM2ynZEuf0