TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

TARIMSAL İNSANSIZ KARA ARAÇLARI YARIŞMASI

KRİTİK TASARIM RAPORU ŞABLONU

TAKIM ADI

TEAM PRATIC

PROJE ADI

PRATİK7000

BAŞVURU ID

30926

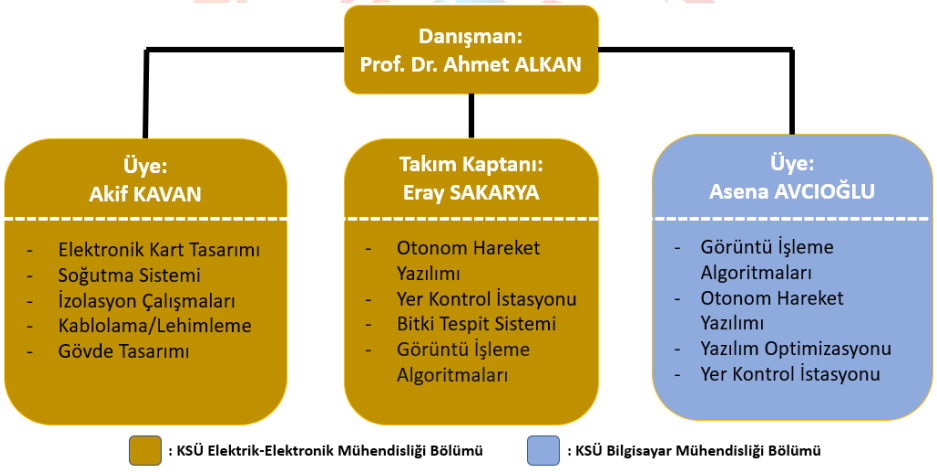
İÇERİK

1. Takım Organizasyonu 3
2. Ön Tasarım Raporu Değerlendirmesi 4
3. Araç Özellikleri 6
4. Sensörler 11
5. Araç Kontrol Ünitesi 13
6. Otonom Sürüş Algoritmaları 16
7. Özgün Bileşenler 16
8. Güvenlik Önlemleri 17
9. Test 17
10. Referanslar 18

TEKNOFEST
HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

1. Takım Organizasyonu

Takımımız kurulduğu yıl (2020) TEKNOFEST kapsamında düzenlenen 2 farklı teknoloji yarışmasına katılmıştır. 2242 Üniversite Öğrencileri Araştırma Proje Yarışmaları, Savunma, Uzay ve Havacılık kategorisinde, Pratik5000 olarak isimlendirdiğimiz, İHA (drone) formunda da hareket edebilen, "3 Boyutlu Tünel Haritalama Robotu Projesi" ile Türkiye Birinciliği derecesini elde edilmiştir. Ayrıca takımımız 5. Uluslararası İnsansız Hava Araçları Yarışmasında İHA Geliştirme Desteğini almıştır. Takımdaki üyeler kendi alanlarına yönelik farklı konularda (görüntü işleme algoritmaları, uçuş kontrol yazılımı, elektronik devre tasarımı, İHA gövde tasarımı vb.) bireysel/takım olarak geliştirdikleri projeler sebebiyle tecrübe sahibidir. Takımda bulunan her üye Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi (KSÜ) öğrencisi/öğretim üyesi olup, takımın organizasyon şeması Şekil 1' de verilmiştir.



Şekil 1. Team Pratic Organizasyon Şeması

Takım kaptanımız KSÜ Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü 4. Sınıf öğrencisidir. Erasmus+ programı kapsamında Katalonya Politeknik Üniversitesi' nde (Universitat Politècnica de Catalunya), Endüstri, Havacılık ve Görsel-İşitsel Mühendislik Bölümünde eğitim almıştır, 3B modelleme, gömülü sistem yazılımı ve otonom hareket konularında geliştirdiği projeler sayesinde tecrübe kazanmıştır. Tarımsal İnsansız Kara Aracı yarışmasında da yer kontrol istasyonu, İKA gömülü sistem yazılımı görüntü işleme ve otonom sürüş algoritmalarının geliştirilmesi alanında çalışacaktır.

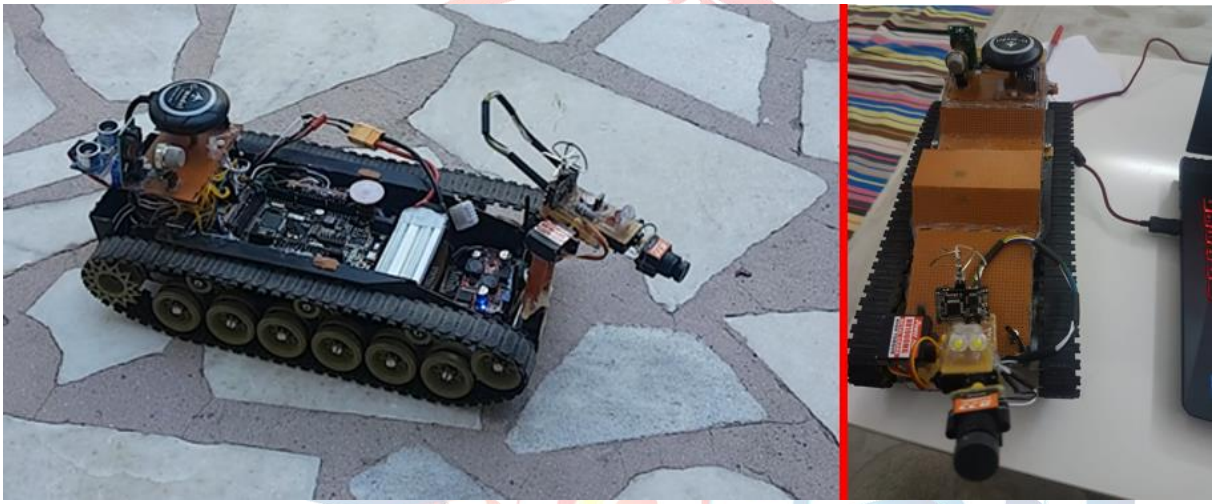
Takımımız yarışma kapsamında geliştirilecek sistemlere ait yazılımın oldukça zor ve kompleks olduğunun bilincindedir. Bu sebeple, KSÜ Bilgisayar Mühendisliği Bölümü 4. Sınıf öğrencisi Asena AVCIOĞLU otonom sürüş, yer kontrol istasyonu arayüz tasarımı, otonom hareket ve yazılım optimizasyonu konularında görev alacaktır. Lisans öğrenimi boyunca farklı yazılım yarışma birincilikleri ile birlikte, staj döneminde kazandığı tecrübe ve üzerinde çalıştığı yapay zekâ tabanlı projeler sayesinde takımımızın başarı şansını artırmaktadır.

Gövde/elektronik kart tasarımı ve robotun diğer alt sistemleri ile ilgili çalışmaları yürüten

Akif KAVAN lisans öğrenimi boyunca farklı proje pazarı ve TÜBİTAK yarışmalarında Türkiye Birinciliği vb. dereceler elde etmiştir. Bu projelerden ve lisans bölüm derslerinden kazandığı tecrübe sayesinde takımıza önemli derecede katkı sağlamaktadır.

2. Ön Tasarım Raporu Değerlendirmesi

Ön tasarım raporu sonuçlarının açıklanmasından sonra takımımız, GANTT Şeması' na sadık kalarak üretim faaliyetlerini sürdürmüştür. Kendi imkanlarımız ile temin edilen malzemeler kullanılarak prototip robot gövdesi oluşturulmuş ve paletli taşıma sisteminin tarla ortamındaki performans testleri yapılmıştır. Prototip gövde üretimi yapılan robota ait görsel Şekil 2.1' de verilmiştir.



Şekil 2.1. Üretilen Prototip İnsansız Kara Aracı

Yapılan testler sonucunda tasarımımızdaki eksiklikler gözlenmiştir. Bu eksikliklerin çözümüne yönelik yapılan değişikliler aşağıda verilmiştir.

2.1. Yürüyüş Sistemi

Prototip robotumuz ile yaptığımız tarla testlerinde 15 cm derinliğinde çukurların çıkışında robotun takıldığı ve engeli aşamadığı görülmüştür. Robotun boyutlarının büyütülmesi halinde gövde ağırlığı da artacağı için bu yöntem seçilmemiş ve takımımız alternatif bir çözüm arayışına girmiştir. Yapılan fikir alışverişi sonucunda robota sadece 250g ek kütle ekleyecek ikinci bir taşıma sistemi eklenmesine karar verilmiştir. Gövde üzerine 3 eksende hareket edebilen, 6 farklı bacak tasarımı yerleştirilmiştir. Bu yürüyüş sistemi sayesinde robot örümcek formunda hareket edebilecek ve 20 cm' ye kadar olan engelleri aşabilecektir.

Örümcek formunda hareket sistemi robotun yüksek engelleri aşmasına imkân tanıyacak olmasına rağmen robotun hızını azaltacaktır. Bu sebeple, sadece robotun paletlerle aşamayacağı bir engel ile karşılaşılması durumunda sistem aktif edilecek ve robot engeli aştıktan sonra tekrar paletlerle yoluna devam edecektir.

Örümcek hareket sisteminin tasarım çalışmaları devam etmektedir. En uygun bacak yapısı, montaj şekli ve bacak uzunluğu gibi konular için tasarım/optimizasyon çalışmaları bittikten sonra üretim yapılarak gövde üzerine eklenecektir.

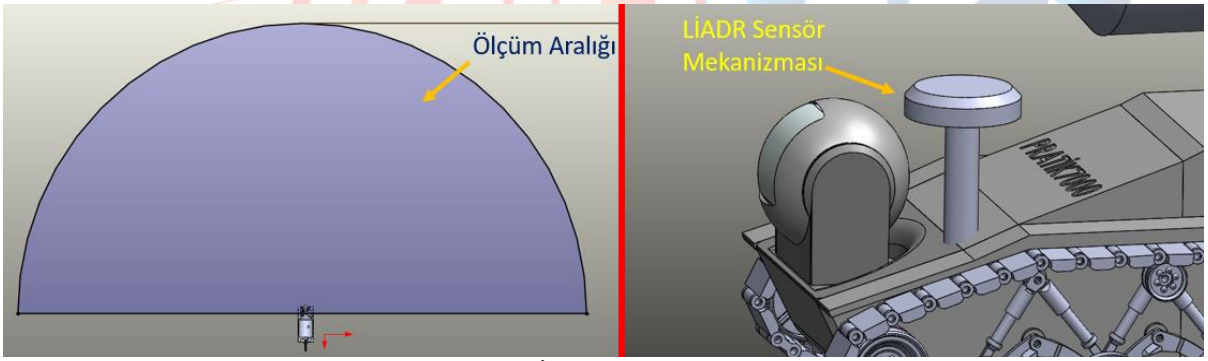
2.2. Haritalama Sistemi

Tarlada otonom hareketi sağlayabilmek için robotun olabildiğince fazla sensörden bilgi alması gerekmektedir. Bu sayede yapay zekâ daha kolay karar verebilecek ve robot görevi sorunsuz bir şekilde tamamlaya bilecektir.

Robotun farklı bölümlerine infrared mesafe sensörleri yerleştirilmiş olmasına rağmen bu sensörler tek bir doğrultuda ölçüm yapmaktadır. Ortamın 2 boyutlu haritasını çıkarabilmek adına, robotun sol ön kısmına 360 derece dönebilen ve 12m' ye kadar yüksek hassasiyet ile (0-6m için 0,5 cm, 6+ m için %1 hassasiyet oranı) ölçüm yapabilen bir LIDAR sensörü eklenecektir.

Robot üzerinde bulunan ilaçlama sistemi sensörün belirli bir bölümündeki ölçüm verilerini bloklayacağı için LIDAR' ın 180 derecelik ölçüm verisi kullanılacaktır. Arka, sağ ve sol kısımlarda ölçüm yapılması gerektiğinde paletli sistem sayesinde tüm robot gövdesi ilgili bölüme çevrilerek gerekli ölçümler yapılacaktır.

LIDAR' ın doğru harita verisini toplayabilmesi için her ölçüm anında yere paralel olarak konumlandırılması gerekmektedir. Bu sebeple LIDAR sensörünün altına 2 eksende hareket edebilen bir mekanizma yerleştirilmiştir. Gyro sensörü sayesinde bu mekanizma ölçüm sırasında yere paralel olarak konumlandırılacaktır. Gyro' nun titreşimden oldukça fazla etkilenmesi ve hareket sırasında İKA gövdesi üzerinde çok fazla titreşim olması sebebiyle ölçüm yapılacağı zaman robot duracak ve işlem tamamlandıktan sonra tekrar harekete devam edecektir. Bu döngü her 3 metrede bir olacak şekilde tekrarlanacaktır. LİDAR sistemi Şekil 2.2' de verilmiştir.



Şekil 2.2. LİDAR Mekanizması

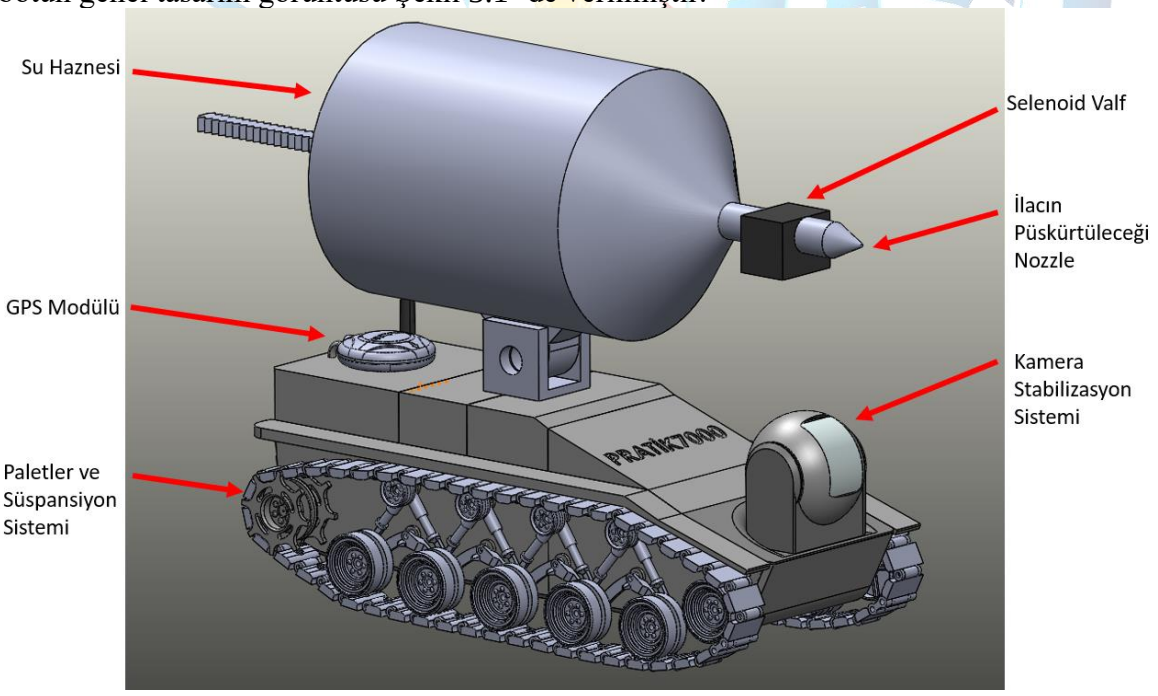
Yukarıda bahsedilen maddeler haricinde ön tasarım raporu sonrası herhangi bir değişiklik yapılmamıştır. Kritik tasarım sonrasında gerçekleştirilecek testler sonucunda oluşabilecek ön görülemeyen tasarım hataları rapor kapsamında güncellenebilecektir.

Proje kapsamında kullanılacak malzemelere ait tahmini maliyet tablosu aşağıda verilmiştir.

Maliyet Tablosu			
Malzeme Adı	**Adet**	**Birim Fiyatı (TL)**	**Toplam Tutar (TL)**
Su Geçirmez DC Motor	2	488,00	976,00
Motor Sürücü (ESC)	2	219,10	438,20
Xbee 3 Pro Modülü	2	473,37	946,74
Eachine TS832 Görüntü Vericisi	2	251,37	502,74
Raspberry Pi Kamera Modülü V2	1	385,41	385,41
Nvidia Jetson Nano 4GB	1	1.436,56	1.436,56
WaveShare 7 Inch LCD Ekran	1	617,43	617,43
PLA Filament	6	122,00	732,00
Li-Po Pil	2	499,84	999,68
Montaj Malzemeleri	-	500,00	500,00
		TOPLAM	8.434,06

3. Araç Özellikleri

Takımımız, proje kapsamında mekanik, elektronik tasarım/üretim, yazılım ve kontrol arayüzü alanında çalışmalarına devam etmektedir. Robota ve kontrol arayüzüne ait yapılan/yapılacak tüm çalışmalar ve robota ait özelliklerin detayları aşağıda verilmiştir. Robotun genel tasarım görüntüsü Şekil 3.1' de verilmiştir.



Şekil 3.1. Tasarlanmış olan İKA' nın Genel Görünümü

3.1. İKA Mekanik Tasarım Özellikleri

En geniş noktası (en, boy, yükseklik), 22x50x17cm ve 2,2 kg kütleye sahip İKA' nın tasarım özellikleri şu şekildedir;

Paletli Hareket Sistemi: Robotu yarışma sahasında 5 km/s maksimum hıza çıkarması hedeflenen paletli sistem toprak zeminde çalışacağı için yüksek tork değerine ihtiyaç duymaktadır. Bu sayede, motorlar üzerindeki stres azalacak ve pilden daha az akım çekilecektir. Palet rim dişlisi ve DC elektrik motoru çıkış mili arasına 1/16 orana sahip redüksiyon sistemi yerleştirilecektir. Kullanılan elektrik motoruna ait teknik özellikler aşağıda verilmiştir.

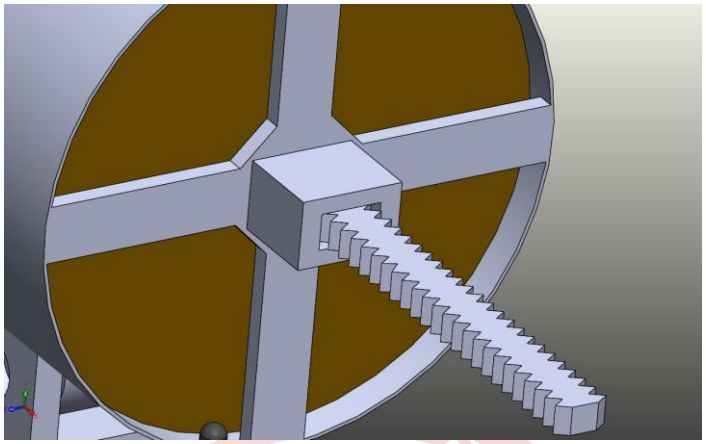
Şekil 3.2. Redüktörlü Fırçalı DC Motor

Tablo 1.1. Motor Özellikleri	
Çalışma Voltajı:	6-16V
Devir:	400 Rpm
Boşta Çektiği Akım:	190 mA
Durdurma Akımı:	3,65 A
Nominal Yük Torku:	4,4 kg/cm
Durdurma Torku:	6,5 kg/cm
Motor Çapı:	16 mm
Uçtan Uca Uzunluk:	48 mm
Kütle:	24 g

Örümcek Hareket Sistemi: Robot gövdesine eklenecek olan 6 bacaklı, örümcek formunda hareket sistemi sayesinde robot, 20 cm yüksekliğinde engellleri aşabilecektir. Her bacakta bulunan 3 eklem yerine MG90 s servo motor yerleştirilecektir. Bu sistem sadece paletlerle aşılamayacak engelleri geçmek için kullanılacaktır.

İlaçlama Sistemi: Su haznesinin arka bölümünde redüktörlü yüksek torka sahip bir fırçalı DC motor bulunacaktır. Bu motor üzerindeki enkoder sayesinde pistonun konumu hesaplanabilecek ve ilaç püskürtülmeden önce hazne içerisindeki basınç yükseltilebilecektir. Hazne 2mm et kalınlığında üretilecek olup su sızdırmazlığı için etrafı epoksi ile kaplanacaktır. Piston ile hazne arasındaki sızdırmazlık için uygun boyutta bir conta kullanılacaktır. Haznenin ön kısmında bulunan selenoid valf 8 atm basınca dayanabilecek güçte olup elektronik olarak kontrol edilebilmektedir. Hazne piston yapısı Şekil 3.3' de verilmiştir.

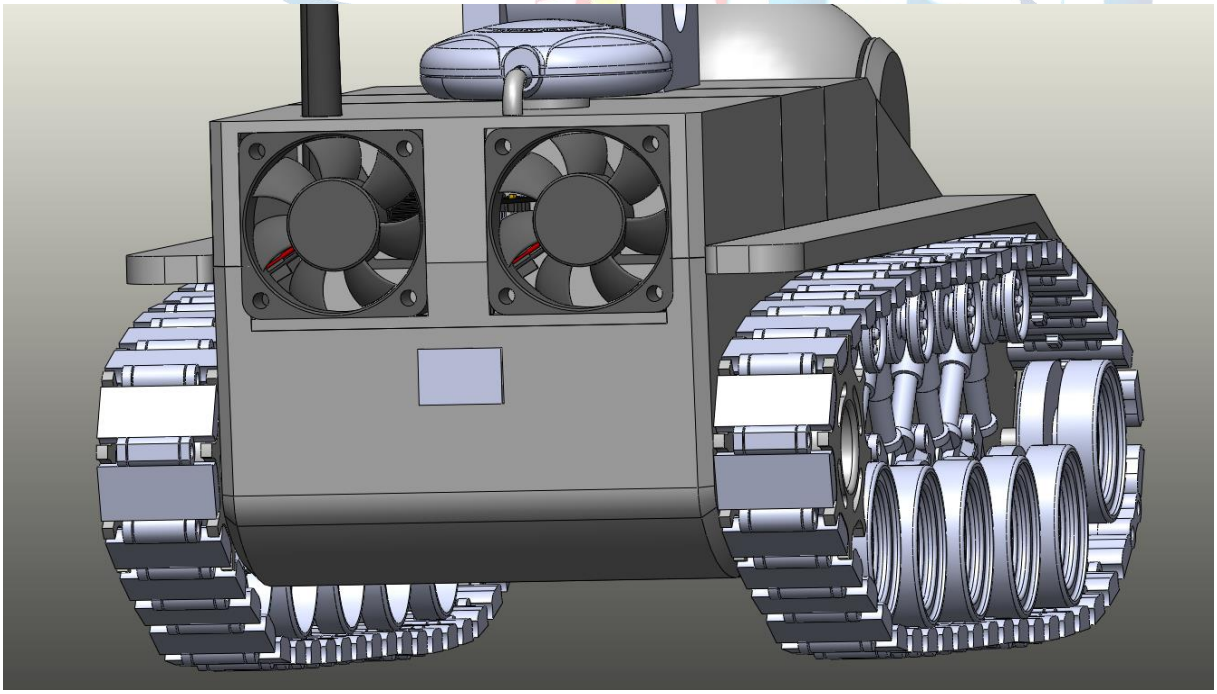
Kamera sistemi içerisindeki dişli mekanizma 3 eksende hareketi sağlayabilecek şekilde tasarlanarak 3D yazıcı kullanılarak PLA malzemesi ile üretilecektir.



Şekil 3.3. Su Haznesi Piston Yapısı

Kamera Sistemi: Robotun ön bölümüne 3 eksende hareket edebilen bir kamera mekanizması yerleştirilmiştir. Z ekseninde hareket (sağa sola dönüş) robotun paletleri kullanılarak yapılacak olmasına rağmen, bitki tespiti sırasında bu durum çok fazla enerji tüketeceğinden kamera 3 eksende hareket edebilecek şekilde tasarlanmıştır. Yabancı ot tespit edildikten sonra robot gövdesi kamera ile aynı eksene getirilerek ilaçlama yapılacaktır.

Soğutma Sistemi: 12V elektrik motoruna ve 0.8A akım çekme değerine sahip 2 adet fan soğutma için kullanılacaktır. Gövde içerisindeki hava yönlendirici kanallar sayesinde, oluşturulan hava akımı görev sırasında ısınabilecek parçalara yönlendirilecektir. Soğutma sistemi Şekil 3.4' de verilmiştir.



Şekil 3.4. Soğutma Sistemi

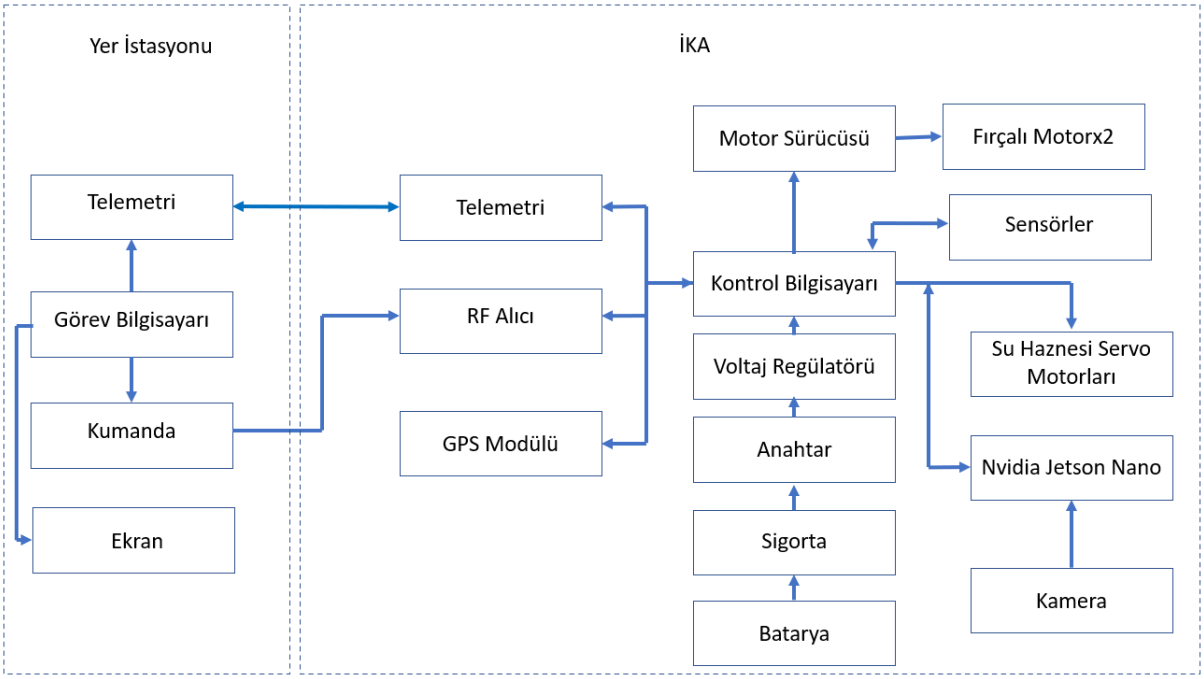
3.2. Elektronik Kart Tasarımı

İKA' nın ana kontrolcüsü olarak STM32F103C8T6 kullanılacaktır. Robotun koordinatlarını ölçebilmek için Ublox Neo-m8n GPS modülü ve IST8310 pusula kullanılacaktır. Bu sayede robotun ön kısmının hangi yöne baktığı ölçülebilecektir. Pusula üzerinde herhangi bir elektronik gürültü oluşmaması için yüksek akım taşıyan kablolar ve metal parçalara en az 8cm uzakta bir noktada konumlandırılmıştır. İvme ve eğim ve yükseklik bilgileri için GY-87 sensörü kullanılacaktır. Robotun farklı noktalarına ve kamera modülüne analog çıkış veren JS40F kızılötesi mesafe sensörü yerleştirilecektir. Bu sensörler çalışma ortamına göre kalibre edilecektir.

Yapay zekâ algoritmaları ve görüntü işleme Nvidia Jetson Nano kartında çalışacaktır. Ana kontrolcü ile I2C protokolü kullanılarak haberleşilecektir. Nvidia kartından alınan verilere göre motorlar sürülecek ve hedefe yaklaşıldığında ilaç püskürtülecektir. Hareket sırasında tüm sensör verileri değerlendirilecektir.

Sistemde farklı gerilim seviyeleri ile çalışan elemanlar bulunmaktadır. Bu sebeple 16, 5 ve 9V gerilim seviyelerini elde edebilmek için yükseltici/düşürücü regülatörler kullanılacaktır. 5V gerilim seviyesinde farklı elemanların talep edebileceği maksimum akım değerinin regülatör limit akımından fazla olması halinde 2 farklı eleman için farklı regülatörler kullanılacaktır.

Sisteme enerji sağlayacak pil 11,1V 4200mAh kapasite ve 40C deşarj değerine sahip bir Li-Po'dur. Motor sürücüsü olarak motorların durdurma akımı değerini karşılayabilecek motor sürücüler kullanılacaktır. Motor sürücüler ve Nvidia Jetson Nano robotun arka bölümüne yerleştirilmiş 2 adet fan ile soğutulacaktır. Elektronik kontrol şeması Şekil 3.5' de verişmiştir. Elektronik kart takımımız tarafından Eagle programı kullanılarak tasarlanacak ve üretilecektir.



Şekil 3.5. Elektronik Kontrol Şeması

3.3. Haberleşme Sistemi

İKA yer kontrol istasyonu ve farklı bir kumanda ile kontrol edilebilecektir. Kumanda alıcısı olarak Fly Sky a8s kullanılacaktır. Yer kontrol istasyonu ile çift yönlü iletişimin sağlanabilmesi için Xbee 3 modülü, 2.4GHz Yarım Dalga RP-SMA anten ile kullanılacaktır. Bu sayede dış mekânda 1119,2 metreye kadar haberleşme menzili elde edilecektir.

Görüntü verisi olarak Eachine TS832 kullanılacaktır. 5,8 GHz frekans bandında ve ayarlanabilir güç seçeneği olan verici sayesinde açık alanda 5km menzile ulaşılabilmektedir. Bu iletişim modülleri kullanılarak veriler yer kontrol istasyonuna iletilebilecektir. Robot, yer kontrol istasyonu ve kumanda ile çift yönlü iletişim sağlanabilecektir. Xbee ve Eachine modüllerine ait veriler Tablo 1.2 ve Tablo 1.2' de verilmiştir.

Tablo 1.2. Xbee 3 Modül Özellikleri	
Gerilim:	2,1 – 3,6 V
İletim Gücü:	+8dBm @ 40mA
Şifreleme:	118/256 bir AES
Dış Mekân Menzil:	1119,2 m
Alıcı Hassasiyeti:	103dBm @15mA
İletişim Kapasitesi:	RF 250Kbps / Seri 1Mbps

Tablo 1.3. Eachine TS832 Özellikleri	
Anten Kazancı:	2db
Frekans:	5,8GHz
Maksimum Akım:	600 mA
Video Formatı:	NTSC / PAL
Video Genişliği:	8M
Kütle:	22g
Boyutlar:	54x32x10 g

Robot içerisindeki kontrolcüler (STM32F103C8T6 ve Nvidia Jetson Nano) sensörler ile I2C protokolünü kullanarak haberleşecektir.

3.4. Yazılım Mimarisi

Robotun hareketlerini, kablosuz iletişim modüllerini ve sensör verilerinin işlenmesi gibi işlemler, pin sayısının fazla olması sebebiyle Ardunio Mega kullanılarak yapılacaktır.

Görüntü işleme ve yapay zekâ algoritmaları Nvidia Jetson Nano üzerinde koşacaktır. Robotun fonksiyonlarının kontrol edilmesi için ayrı bir mikrodenetleyici kullanılması sayesinde görüntü işleme gibi yüksek işlem gücü gerektiren durumlarda işlemci için dar boğaz oluşmayacaktır.

Otonom sürüş algoritmaları bölümünde yazılım mimarisi detaylı olarak anlatılmıştır.

3.5. Yer Kontrol İstasyonu

Yer kontrol istasyonu Windows tabanlı bir bilgisayarda oluşturulacak yazılım ve bilgisayara takılacak haberleşme modülü ile çalışacaktır. Basic-T standartlarına uygun olarak tasarlanacak olan ara yüzde robotun aktardığı görüntü, IMU sensör verileri, gps verileri pil seviyesi gibi görev için önemli veriler izlenebilecektir. Görüntü işleme ve karar verme algoritmaları robot üzerinde çalışacak olup yer kontrol istasyonu üzerinden sadece görüntüler izlenecektir.

Gerekli durumlarda robota yer kontrol istasyonundan veya harici bir kumanda üzerinden müdahale edilebilecektir. Yer kontrol istasyonu tasarımı/yazılımı robotun tüm fonksiyonları çalışır hale geldikten sonra oluşturulacaktır. Örnek arayüz Şekil 3.6' da verilmiştir.

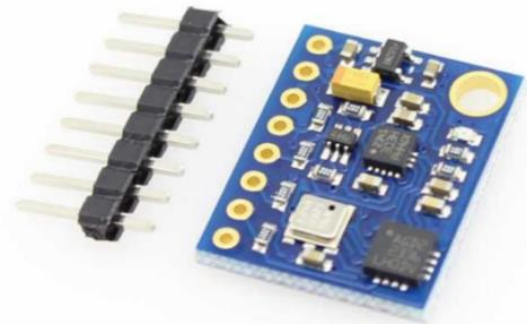
Şekil 3.6. Yer Kontrol İstasyonu Ekran Görüntüsü

4. Sensörler

Otonom hareketin sağlanabilmesi için robot üzerine farklı sensörler yerleştirilmiştir. Bu sensörlerin hangi amaçla kullanıldığı ve teknik özellikleri aşağıda verilmiştir. Bazı sensörler ekibimizde mevcut olduğu için 2. Bölümde verilen maliyet tablosuna bu sensörler eklenmemiştir.

4.1. IMU Sensörü

Bu sensör yatay olarak yerleştirilmiş olan LİDAR ve İKA'nın gövde konumunu belirlemek için kullanılacaktır. Bu sayede İKA gövdesinin hangi eğimle durduğu ve hangi yöne baktığı gibi bilgiler elde edilecektir.



Şekil 4.1. Jiroskop, İvme Ölçer, Pusula, Barometre Sensörü

Tablo 2.1

LSM303D	
Gyro ölçüm aralığı:	250/500/2000 °/s
Açısal ivme ölçer ölçüm aralığı:	: ±2/±4/±6/±8/±16 g
L3GD20	
Ölçüm aralığı:	±2/±4/±8/±12 Gauss
BMP180	

Ölçüm aralığı:	300-1100 hPa (500-9000 metre)
Hassasiyet:	0.03 hPa (±25cm)
Besleme gerilimi:	3-5V

Sensör üzerinde bulunan;

LSM303D sensörü sayesinde x, y ve z eksenlerindeki eğim, ivme, ölçülebilir.

L3GD20 manyetik alan sensörü bir çeşit pusuladır ve Dünya'nın elektro manyetik alanını kullanarak, robotun Dünya üzerinde hangi yöne baktığını ölçebilir.

BMP180 ise atmosferik basınç sensörüdür. Ortamdaki hava basıncını ölçerek deniz seviyesinden yüksekliği ölçebilir.

4.2. GPS Modülü

GPS modülü sayesinde İKA' nın tarla üzerindeki konumu enlem ve boylam bilgileri ölçülerek elde edilecektir. Bu sayede robotun hangi yöne gideceği, nereden döneceği hesaplanacak ve tarla sınırlarının içerisinde kalması sağlanacaktır.

GPS modülü açık alanda pozisyon belirlemede yardımcı olması için kullanılmıştır. Açık alanda 2 metrelik bir hassasiyete sahip olan sensör, sıcak başlangıç özelliği sayesinde robot çalışmaya başladığında 30 saniye içerisinde hazır olmaktadır.

Şekil 4.2. GPS Modülü

Tablo 2.2

Ürün Adı:	SAM-M8Q GPS Modülü
Boyutlar:	26 x 16 x 7.5 mm
Çalışma voltajı:	4~6V
Ağırlık:	7g

4.3. LİDAR

LİDAR sensörü ortamın 2 boyutlu haritasını çıkarabilmek için kullanılacaktır. Bu sayede etraftaki otlar, yüksek engeller tespit edilecek ve robot güvenli bir şekilde ilerlemesine devam edebilecektir. Kullanılması planlanan IP 65 sertifikasına sahip LİDAR özellikleri aşağıda verilmiştir.

Şekil 4.3. LİDAR

Tablo 2.3

Ürün Adı:	TFMini Mikro LİDAR
Çalışma Aralığı	0,1 – 12 m
Mesafe Çözünürlüğü:	-5mm
Ortam Işığına Dayanıklılık:	70klux
Çalışma Sıcaklığı:	-20 – 60 °C
Çalışma voltajı:	4~6V
Ağırlık:	11g

Yukarıdaki sensörlere ek olarak robot üzerinde akım/gerilim ölçer, su seviyesi ölçer, su akış hızı ölçer vb. sensörler de kullanılacaktır. Bu sensörler prototip üretim ile birlikte robot üzerine eklenecek olup henüz temin edilmemiştir.

5. Araç Kontrol Ünitesi

Yer kontrol istasyonu haricinde robot kumanda ile de kontrol edilebilecektir. Kullanılan 10 kanallı kumanda ve 6 kanallı alıcıya ait bilgiler aşağıda verilmiştir.

5.1. Kumanda

Şekil 5.1. 10 Kanallı Kumanda

Tablo 3.1	
Ürün Adı:	FS-i6X RC Verici
RF Aralığı:	2.408-2.475GHz
RF Gücü:	<20dBm
Kanal Sayısı:	135
Bant Genişliği:	500KHz
Ağırlık:	392g
Boyutlar:	174x89x190mm

Kumanda Fly Sky- i6X modelidir. Açık alanda 2km ye kadar menzili vardır. 10 kanallı bir kumanda olmasından dolayı pilotun, robot üzerindeki tüm sistemleri ayrı ayrı kontrol etmesine olanak sağlar.

Sonraki versiyonlarda helikoptere farklı özellikler eklemek için yazılımda belirlenen kumanda üzerindeki ilgili anahtarlar kullanılabilir.

5.2. Alıcı

Fly Sky firmasının 6 kanallı alıcısıdır. PWM sinyaller ile çift yönlü olarak haberleşebilmektedir. Kumandadan gelen bilgileri alabildiği gibi, helikopter üzerindeki sensörlerden gelen bilgileri de kumandaya aktarabilmektedir.

Şekil 5.2 Kumanda Alıcısı

Tablo 3.2	
Ürün Adı:	Flysky FS-iA6B
Kanal Sayısı:	10
Anten Uzunluğu:	26mm * 2
Çalışma Voltajı:	4.0-6.5V DC
Ağırlık:	19.3g
Boyutlar:	51m*34*15mm

Araçta kullanılacak nihai kontrol ünitesi ile ilgili bilgiler aktarılmalıdır. Kablosuz haberleşme sistemi anlatılmalıdır. Kontrol yazılımı özellikleri aktarılmalıdır.

5.3. Yer Kontrol İstasyonu Kontrol Sistemi

Robotun yer kontrol istasyonu ile çift yönlü olarak haberleşebilmesi için Xbee modülleri kullanılacaktır. Bu sayede gerekli olması halinde robota yer kontrol istasyonundan müdahale edilebileceği gibi, robot üzerindeki sensörlerden toplanan veriler de bilgisayara aktarılabilecektir.

Yer kontrol istasyonuna görüntülerin aktarılması için kullanılacak alıcı ve verici modüller aşağıda verilmiştir.

5.3.1. Görüntü Vericisi

Eachine markasına ait VTX03 görüntü aktarıcı modülü sayesinde kameradan alınan görüntü, pilotun gözündeki gözlüğe veya elindeki ekrana iletilir. Tablo 3.4’ de özellikleri belirtilen modülün çalışması istenilen güç ayarlanabilir. 200mW’ olan maksimum güçte verici, yaklaşık 1km menzil sunmaktadır.

Şekil 5.3. Görüntü Vericisi

Tablo 3.4	
Ürün Modeli:	Eachine VTX03
Frekans:	5325-5945 MHZ
Kanal Sayısı:	72
Video Format:	NTSC/PAL
Verici Gücü:	0/25mW/50mW/200mW
Çalışma Akımı:	5V 570mA/5V 450mA/ 5V 360mA
Anten Ölçüleri:	55 x 5mm
Çalışma Voltajı:	3.2-5.5VDC
Ağırlık:	2.7g
Boyutlar:	21.43*15.20mm

5.3.2. Görüntü Alıcısı

Tablo 3.5	
Marka:	Eachine ROTG01
Kanal Sayısı:	150kanal
Frekans:	5645~5945MHz
Çalışma Voltajı:	5VDC
Çalışma Akımı:	200mA
Çalışma Sıcaklığı:	-10 - 60°C
Ağırlık:	28g
Boyutlar:	61*33*0.9 mm

Şekil 5.4. Görüntü Alıcısı

Eachine firmasının ROTG01 markalı Görüntü Alıcısı (Şekil 5.4) 5645-5945 MHz frekans aralığında çalışmaktadır. 150 kanallı olan alıcı, görüntü sinyalinin başka bir sinyalle çakışması durumda otomatik olarak başka bir kanala geçiş yapmaktadır. 5V DC gerilim ile çalışan alıcı, basit bir cep telefonuna/bilgisayara bağlanarak (gerekli kablo ile) kullanılabilmektedir.

6. Otonom Sürüş Algoritmaları

Robotun hareketlerini doğru şekilde yapabilmesi adına kontrol algoritmaları geliştirilecektir. Motorların sürülmesi gibi hassas işlemler gerektiren kısımlarda PID kontrol algoritmaları kullanılacaktır. Tüm sensörlerden alınan veriler robotun otonom olarak karar vermesine yardımcı olacak şekilde matematiksel denklemlere dönüştürülecek ve bu sayede en optimum hareket elde edilecektir.

Örneğin ilaç püskürtmesi sırasında yabancı bitkinin tam olarak hedeflenebilmesi için robotun koordinatları GPS modülünden, bitkiye olan uzaklık mesafe sensöründen alınacak ve bitkinin orta noktası kamera ile tespit edilecektir. Pistonu hareket ettiren enkoderli DC motor hazne içerisindeki basıncı artıracak ve selenoid valf yabancı bitkiye ilacı püskürtebilecek basınca uygun olarak açılacaktır. Tüm bu işlemleri yapabilmek adına matematiksel denklemler yazılım algoritmaları hâline getirilecektir.

Otonom sürüşün yapılabilmesi için farklı sensörlerden elde edilen veriler değerlendirilecektir. Tarlanın köşe noktasından başlanarak yazılımsal olarak belirlenmiş koordinatlar birbiri ardına takip edilecektir. Bu hareket sırasında kamera ile yabancı bitkiler tespit edilmeye çalışılacak ve tespit edilmesi halinde robot duracak, ilaç püskürtme işlemleri yapılacaktır.

Hareket sırasında tarla üzerinde bulunan engel veya çukurlar kamera modülüne ek olarak mesafe sensörleri kullanılarak da tespit edilmeye çalışılacaktır. Bu sayede Nvidia kartı üzerindeki işlem yükü azaltılacaktır.

Yapay zekânın eğitilebilmesi için simülasyon ortamında veri setleri oluşturulacaktır. Bu veri setleri sonucunda simülasyon ortamında %80 doğruluk oranı ile otların tespit edilebilmesi hedeflenmektedir. Prototip üretimi sonucunda robot gerçek ortamda eğitilecek ve yarışma alanındaki koşullar oluşturulmaya çalışılacaktır. Yarışma sırasında ters ışık, tozlu hava gibi durumlarda dâhi robotun yabancı bitki tespitini %92 doğruluk oranı ile yapabilmesi hedeflenmektedir.

Yapay zekâ robotun hareketi için yardımcı karar verici olarak kullanılacaktır. Robotun hareketi üzerinde bulunan GPS, eğim/ivme ölçer ve mesafe sensörlerinden alınan bilgiler baz alınarak sağlanacaktır. Bu sayede Nvidia Jetson Nano üzerindeki işlem yükü azaltılmış olacak ve kamera modülü yabancı ot tespitine odaklanabilecektir.

7. Özgün Bileşenler

Günümüzde insansız hava araçları kullanılarak ilaçlama yapılmaktadır fakat bu sistemler tarafından ilaçlanan alanlarda bitkinin alt kısımlarına yeterli ilaçlama her koşulda yapılamamaktadır. Ek olarak, kültür bitkilerine zarar verebilecek ilaçlar da insansız hava aracıyla yapılan ilaçlama çalışmalarında kullanılamamaktadır. Tasarladığımız robot kültür bitkilerine zararlı olabilecek ilaçların kullanılması gerektiği durumlarda, sadece zararlı otları imha edecek şekilde ilaçlama yapabilmesi ve bu sistem için geliştirilen tasarım sebebiyle özgünlük/yenilikçilik özelliğine sahiptir.

Projede yapay zekâ, görüntü işleme ve görüntü füzyonu gibi yenilikçi teknolojilerin kullanılması sayesinde ulaşılması hedeflenen tam otonom hareket kabiliyeti projenin en yenilikçi yönlerindendir.

Mevcut durumda, özellikle büyük tarlalarda, ilaçlama pompası kullanılarak yapılan ve

oldukça fazla insan gücü ve zaman gerektiren bu ilaçlama uygulamasının otonom olarak yapılması, bu insan gücü ve zamanın daha faydalı alanlarda kullanılmasına olanak sağlayacaktır.

Yarışma sonrasında projemizin geliştirilmesi ve ticari ürün haline getirilmesi hedeflenmektedir. Gerçek kullanım senaryosunda tarlanın farklı noktalarına yerleştirilecek istasyonlar sayesinde güneş enerjisi ile şarj etme, ilaç haznesinin doldurulması gibi görevlerin de otonom olarak yapılması hedeflenmektedir.

8. Güvenlik Önlemleri

Robot üzerinde kullanılacak olan Li-Po pil yüksek deşarj kapasitesine sahip olması ve yapısında lityum bulunması sebebiyle oldukça tehlikelidir. Takımımız Li-Po pilde oluşabilecek herhangi bir hasar sonucunda çıkabilecek yangında söndürme işleminin ne kadar zor olabileceğinin farkındadır. Bu sebeple Li-Po' nun hasar almasının önüne geçmek adına robot içerisindeki pil haznesi güçlendirilecek ve pil haznesinin içerisine sıcaklık sensörleri yerleştirilecektir. Soğutma sistemi pili de soğutacak şekilde tasarlanmıştır.

Tüm bunlara ek olarak elektronik parçalarda oluşabilecek herhangi bir kısa devre durumunda gücün kesilebilmesi için pilin "+" ucu ve devre arasına sistemin talep edebileceği maksimum akımdan %10 fazla akım geçirme değerine sahip bir sigorta yerleştirilecektir. Ek bir güvenlik önlemi olarak robotun üst bölümüne dışarıdan kolayca ulaşılabilecek ve kişinin, tek elle 2 saniye içerisinde akımı kesebilmesine imkân veren bir anahtar yerleştirilecektir.

Yazılımsal olarak yer kontrol istasyonu ve kumanda üzerine gerekli olması halinde kullanılabilmesi için robotun görevini sonlandıracak ve tüm akımı kesebilecek bir tuş eklenecektir. Bu tuş aktif edildiğinde pilin "+" ucu ve devre arasına yerleştirilmiş P kanal mosfetlerin Gate bacağı gerekli voltaj seviyesine çekilecek ve akım kesilecektir.

Elektronik komponent lehimlemesi, 3 boyutlu yazıcı üretim süreci gibi aşamalarda takım üyeleri koruyucu gözlükler ve eldivenler takacaktır. Robot içerisine yerleştirilecek olan Li-Po pil çıkarılabilen yapıda olup, yarışma ve testler haricindeki tüm süreç boyunca yanmaz çantada muhafaza edilecektir.

9. Simülasyon ve Test

Bu kısımda yarışmacı takımlar otonom sürüş ile ilgili simülasyon ortamını tanıtacak, yarışma simülasyonu geliştirme ortamı genel mimarisini, yazılım donanım (İşletim Sistemi, hazır ve geliştirilen programlar) bilgilerini verecektir. Simülasyonda kullanılan algoritma hakkında bilgi verilecektir.

Yarışmacılar simülasyon sonuçlarını paylaşacaklardır. Örneğin gerçek görüntüler ile algılama sonuçları bu başlık kapsamında detaylandırılacaktır. Örnek bir yarışma senaryosu için simülasyon sonuçları detaylı olarak verilecektir.

Ayrıca bu kısımda, donanım, yazılım veya araç tasarım sürecinde gerçekleştirilen mühendislik analizlerinin sonuçları paylaşılacaktır (yapısal, aerodinamik, termal vb.)

Ayrıca bu kısımda yapılan veya yapılacak geliştirme testlerinden bahsedilecek ve detayları verilecektir. Araca uygulanan test sonucu ile yapılan tasarımın ne kadar uyumlu olduğu tartışılacaktır.

Kendi imkânlarımız ile ürettiğimiz robotumuzun hareket testi ve videosu: https://drive.google.com/file/d/1yzwNxPca3LOmdgotqRGGDfTOW4KHtNMe/view?usp=sharing

10. Referanslar

[1] **Erişim Tarihi:** 26.06.2021 **Erişim Adresi:** https://www.f1depo.com/urun/3s-4200mah-40c-lipo-batarya-11-1v-pil

[2] **Erişim Tarihi:** 26.06.2021 **Erişim Adresi:** https://www.robotistan.com/xbee-3-modul-ufl-anten

[3] **Erişim Tarihi:** 26.06.2021 **Erişim Adresi:** https://www.robotzade.com/urun/novamax-400rpm-dc-motor-mini-sumo-robot-motoru

[4] **Erişim Tarihi:** 26.06.2021 **Erişim Adresi:** https://www.robotistan.com/ublox-m8n-gps-dahili-ist8310-pusula-pixhawk-uyumlu

[5] **Erişim Tarihi:** 26.06.2021 **Erişim Adresi:** https://www.robotistan.com/mpu6050-hmc5883l-bmp180-10dof-sensor-karti

[6] **Erişim Tarihi:** 26.06.2021 **Erişim Adresi:** https://www.robotistan.com/js40f-kizilotesi-mesafe-sensoru-0-50-cm

[7] **Erişim Tarihi:** 26.06.2021 **Erişim Adresi:** https://www.banggood.com/Eachine-TS832-Boscam-FPV-5_8G-48CH-600mW-7_4-16V-Wireless-Transmitter-for-RC-Drone-FPV-Racing-p-975425.html?cur_warehouse=CN&rmmds=buy