TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

TARIMSAL İNSANSIZ KARA ARAÇLARI YARIŞMASI

KRİTİK TASARIM RAPORU ŞABLONU

CORE

TAKIM ADI

CORE

PROJE ADI

CORE AGRICULTURE

BAŞVURU ID

426769

İçindekiler Tablosu

1. Özet **4**
2. Takım Organizasyonu **4**
2.1 Takım Bilgisi 4
2.2 İş Paketi 4
2.2.1 Ana İş Aşamaları 4
2.2.2 Gantt Grafiği 5
3. Ön Tasarım Raporunun Değerlendirilmesi 5
3.1 ÖTR İçin Oluşturulan Elektronik Sistem 6
3.2 KTR İçin Oluşturulan Elektronik Sistem 6
3.3 ÖTR ve KTR Arası Karşılarıma 7
3.4 Bütçe Karşılaştırılması 7
3.4.1 ÖTR Bütçe 7
3.4.2 KTR Bütçe 8
4. Araç Özellikleri 9
4.1 Mekanik Kısım 9
4.1.1 Yabani Otlarla Mücadele Sistemi ve Robot Kol 10
4.1.2 Yürüyüş Sistemi 10
4.1.3 Tekerlerin Hareket Mekanizması 10
4.2 Elektronik Kısım 11
4.2.1 Sistemin Elektronik Tasarımı ve Haberleşmesi 11
4.2.2 Enerji ve Güç Sistemi 11
4.3 Yazılım Kısımı 12
4.3.1 Arayüz Sistemi 12
4.3.2 Otonom Sistem 12
5. Sensörler 12
6 Araç Kontrol Ünitesi 14
6.1 Araç İç Bilgisayarı 14
6.2.1 Kamera Videolarının Flask Framework'ü ile Gönderilmesi 15
7. Otonom Sürüş Algoritmaları 16
7.1 Yazılım Süreci 16
7.2 YOLOv5 Nesne Takibi 17
7.3 YOLOv5 Eğitilmesi 18

CORE

7.4 Kalman Filtresi 19
7.5 PID Filtresi 20
8. Yabancı Otla Zirai Mücadele Yöntemi 21
9. Özgün Bileşenler 21
10. Güvenlik Önlemleri 22
10.1 Donanımsal Güvenlik Önlemleri 22
10.2 Yazılımsal Güvenlik Önlemleri 23
10.3 Elektriksel Güvenlik Önlemleri 23
11. Test ve Simülasyon 24
11.1 Gövde Analizi 24
11.2 Motor Testi 25
11.3 3D Yazıcı Denemeleri 25
11.4 Simülasyon Testi 25
12. Referanslar 26

CORE

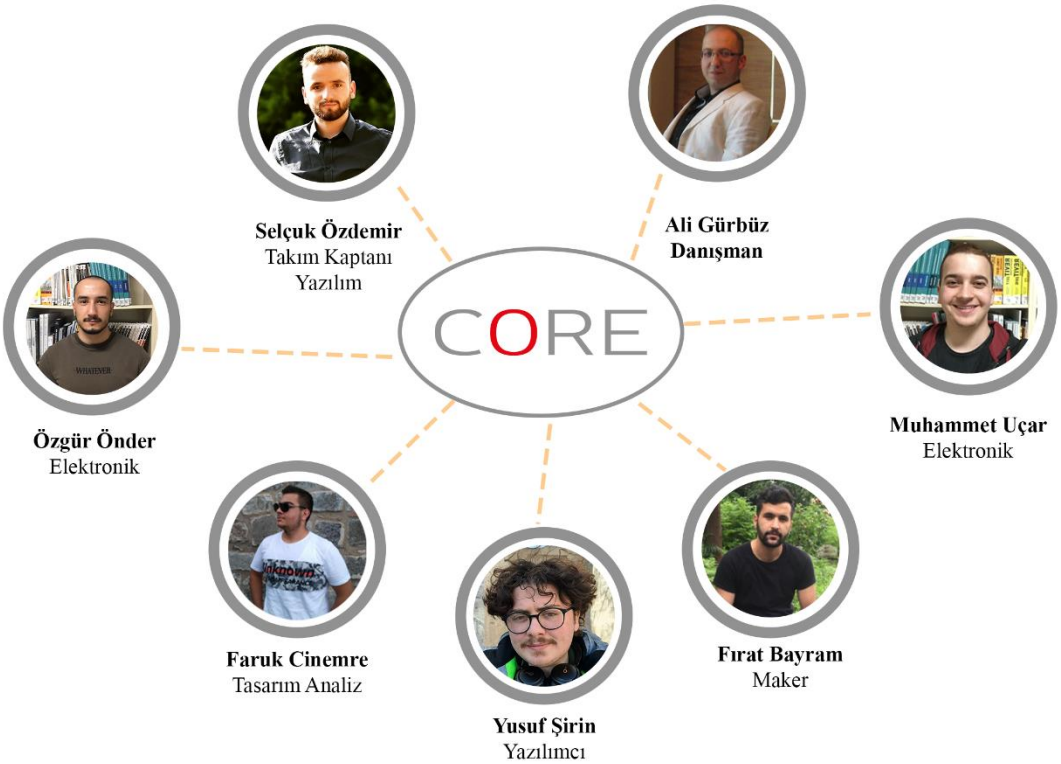
1. Özet

Tasarlanan araç, önde iki adet 120 derecelik kamera ile arazi üzerinde aktif hareket kabiliyetine sahiptir. İMU, Ultrasonik Mesafe Sensörü, GPS ve Hız Sensörleri kamera görüntüleri ile fizyon işlemine sokularak kullanılmıştır. Araçta kullanılan kontrol ünitesinde python kullanılmıştır. Python ile birlikte görüntü işlemede YOLOv5, web framework olarak da flask kullanılmıştır. Bunlarla iletişimde olan yer istasyonunda ise C# kullanılmıştır. İlaçlama kısmında ise açık kaynaklı robot kol tercih edildi. Bu kol aracın arka kısmında su deposu ve su pompasının üzerine yerleştirilerek yükselti sağlanmıştır. Kolun uç kısmına yerleştirilen kamera ile robot kolun hareketi sağlanmıştır.

2. Takım Organizasyonu

Takımımız üç Elektrik Elektronik, bir İnşaat, bir Bilgisayar Mühendisliği ve bir Peyzaj Mimarlığı olmak üzere altı kişiden oluşmaktadır. Takımımız Multidisiplinler olarak çalışmayı hedefleyen birtakım olarak projeye en yüksek katı sağladığını benimsemiştir.

2.1 Takım Bilgisi



Selçuk Özdemir: Yazılım bilgisi. Python, open-cv, arduino, android, java, kotlin
Özgür Önder: Elektronik, sensörler, arduino kartları, kontrol ünitesi.
Faruk Cinemre: Solidworks, autocad, arduino, python
Yusuf Şirin: C#, html, javascript, php
Fırat Bayram: Photoshop, autocad
Muhammet Uçar: Güç sistemleri, motorlar

2.2 İş Paketi

İşler ana paket ve alt paketler olarak incelenmiştir. Gantt grafiğinde aylar 8'e bölünerek işler sıralanmış ve iş dağılımları belirlenmiştir.

2.2.1 Ana İş Aşamaları

Süreç planlamasında 5 ana aşama bulunmaktadır.

Dizayn Aşaması: Geçmiş yılın raporlarına, videolarına ve genel şablona bakılarak aracın tasarımı hakkında güçlü ve zayıf yönler belirlendi. Beyin fırtınası yapılarak araç 3dCAD yazılımları ile modellendi ve model üzerinde geliştirmelere devam edildi.

Elektronik Aşaması: Aracın kontrol ünitesinde ve çevre birimlerinde kullanılacak donanımların belirlendi. Elektronik bağlantı şemaları ve güç planlaması yapıldı.

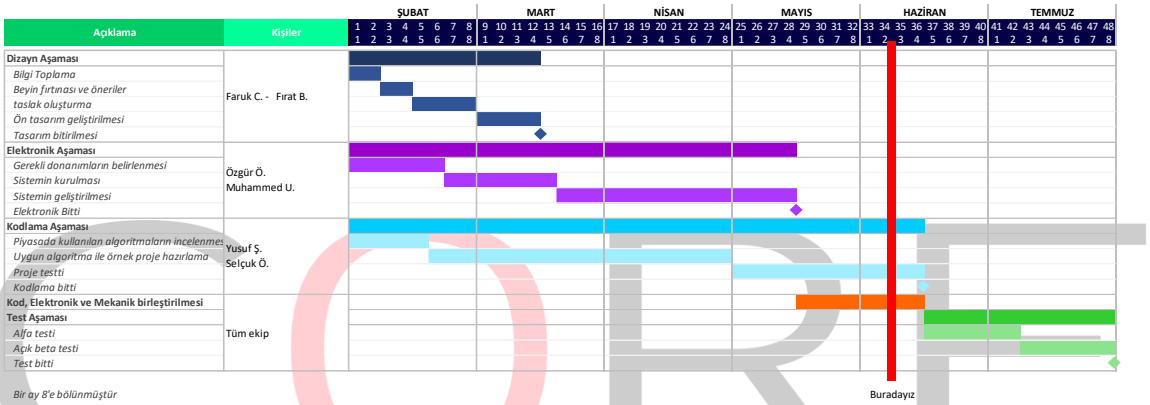
Kodlama Aşaması: Yazılım mimarisinin tasarımı yapıldı. Kullanılacak olan diller belirlendi ve ilgili araştırmalar yapılarak kodlamaya başlanıldı.

Kod, Elektronik ve Mekanik Birleştirilmesi: Tüm aşamalar bir araya getirildi.

Test Aşaması: Projenin tüm yazılım ve donanımsal testleri yapılacak.

2.2.2 Gantt Grafiği

Grafikte aylar 8 eşit parçaya bölünmüştür. Her iş paketi kendi alt paketleri bulunacak şekilde tasarlanmıştır.



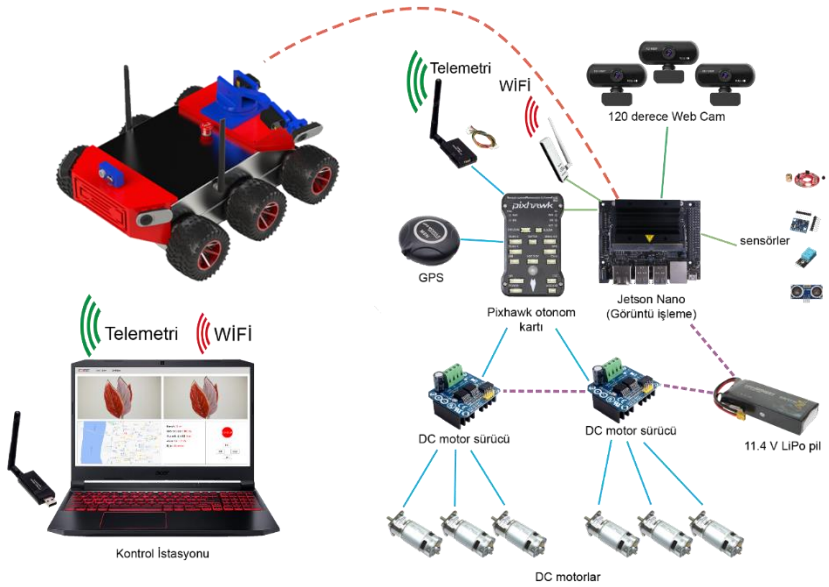
Tablo 1 Gantt Grafiği

3. Ön Tasarım Raporunun Değerlendirilmesi

Ön tasarım raporunun çok büyük bölümünde değişikliğe gitmek durumunda kalındı. Görüntü işlemeyi gerçek zamanlı yapabildiğimiz (NVIDIA) Jetson Nano piyasada bulunamaz hale geldi. Takım olarak alınan karar neticesinde GTX ekran kartına sahip, gündelik hayatta kullanılan dizüstü bilgisayar kullanmaya karar verildi. Dizüstü bilgisayarı ikinci el olarak temin edeceğimizden, Jetson Nano'dan daha da uyguna geldi. Sonuç olarak, araç kontrol ünitesinde köklü değişikler oldu. Çevre birimleri detayları alt başlıklar halinde aşağıda verildi.

3.1 ÖTR İçin Oluşturulan Elektronik Sistem

Sistemde görüntü işleme işlemini ve sensörlerden gelen verileri Jetson Nano işlemektedir. Pixhawk da işlenen görüntü verilerine göre aracı hareket ettirmektedir.

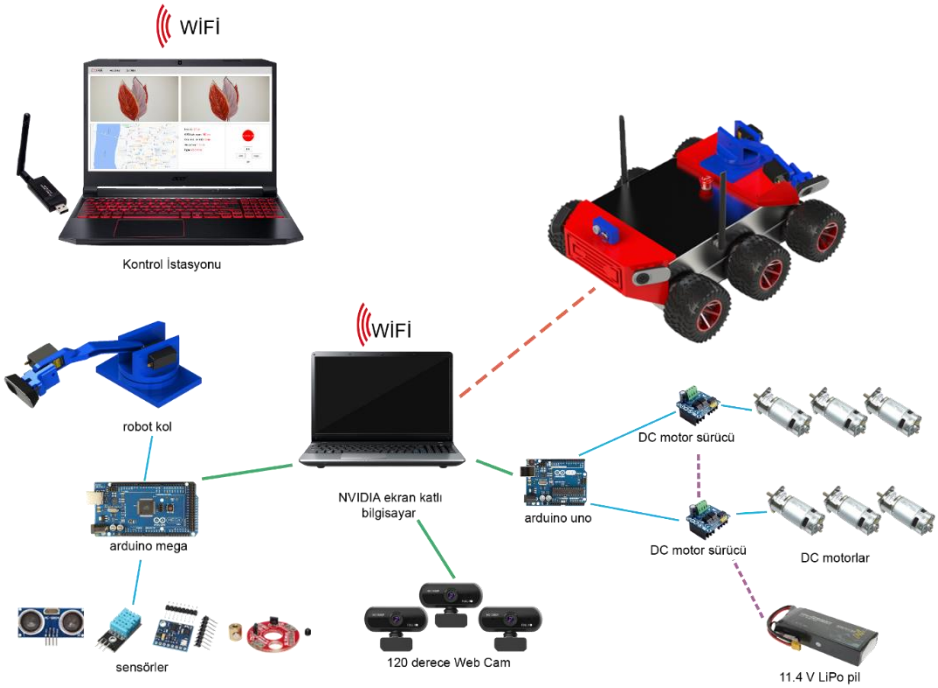


Şekil 1 ÖTR Elektronik Tasarım

CORE

3.2 KTR İçin Oluşturulan Elektronik Sistem

Elektronik sistemin temelini yani görüntü işlemeyi yapacak olan bilgisayarımız NVIDIA'nın CUDA teknolojisini destekleyen ikinci el bilgisayardır.



Şekil 2 KTR Elektronik Tasarım

3.3 ÖTR ve KTR Arası Karşılarıma

Araç üzerinde bilgisayar görü (computer vision) işlemini Jetson Nano'dan, NVIDIA ekran kartına sahip dizüstü bilgisayar üstlenmiştir. Haberleşme işlemi sadeleştirilerek sadece wifi üzerinden haberleştirilme sağlandı.

3.4 Bütçe Karşılaştırılması

3.4.1 ÖTR Bütçe

ÖTR Bütçe			
Malzeme	Adet	Birim Fiyat	Toplam Fiyat
Jetson Nano Developer Kit	1	9000	9000
Pixhawk	1	2979,26	2979.26
3dr 915 Mhz Telemetri Alıcı seti	1	1596	1596
Mesafe Sensörü / HC SR04	1	25	25
Sıcaklık Ve Nem Sensörü DHT11	1	35	35
Ublox 6M GPS + Dahili Pusula (Pixhawk Uyumlu)	1	210	210
2 Kanal Manyetik Encoder	1	231	231
Buyfun Full HD 1080 P Geniş Açı USB Webcam USB	3	517,44	517,44
DC Motor Sürücüsü	4	68	272
DC Motorlar	6	500	3000
Batarya şarj aleti	1	200	200
Batarya	1	2521,37	2521,37
Batarya konektörü	1	36,5	36,5
Acil durum butonu	1	65	65
On-Off butonu	2	5	10
Cıvatalar m3 15 mm set 10'lu	2	5	10
Somun m3 10'lu	2	5	10
Flament	2	180	360
Işık sistemleri (traktör tepe lambası)	10	3,5	35
Kablo seti	2	32	64
Uzaktan kumanda	1	1207	1207
Servo motor	4	80	320
Aliminyum sac	5	107	535
Sigorta	1	65	65
USB çoğaltıcı	1	98	98
12,5 cm teker	6	130	780
Wifi modülü	1	180	180
Sıvı seviye ölçer	1	10	10
Voltaj ölçer	1	20	20
Toplam Fiyat			24357,56

Tablo 2 ÖTR Bütçe Tablosu

CORE

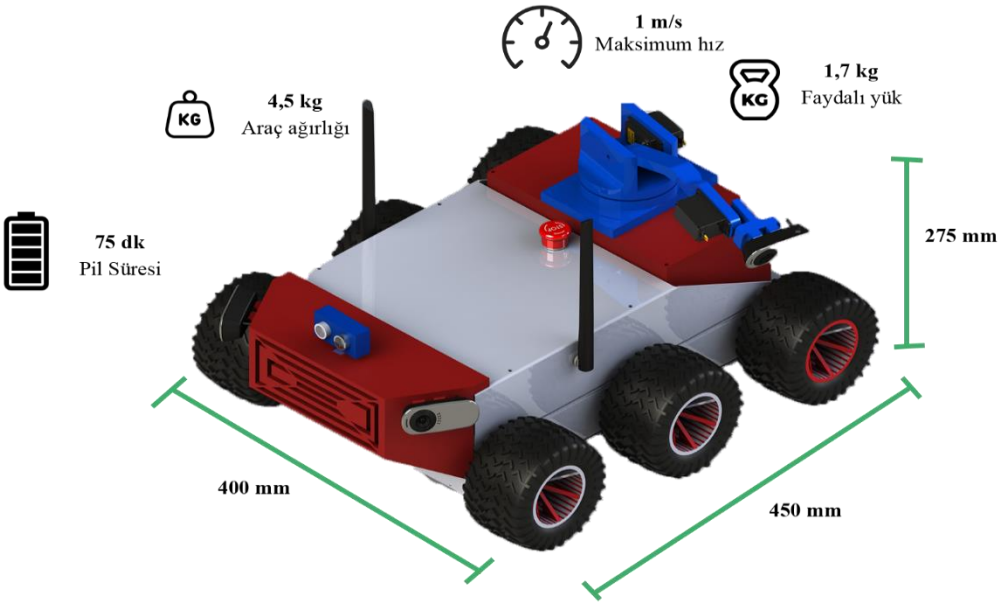
3.4.2 KTR Bütçe

ÖTR Bütçe			
Malzeme	Adet	Birim Fiyat	Toplam Fiyat
Batarya şarj aleti	1	200	200
Batarya	1	2521,37	2521,37
Batarya konektörü	1	36,5	36,5
Acil durum butonu	1	65	65
On-Off butonu	2	5	10
Cıvatalar m3 15 mm set 10'lu	2	5	10
Somun m3 10'lu	2	5	10
Flament	2	180	360
Işık sistemleri (traktör tepe lambası)	10	3,5	35
Kablo seti	2	32	64
Buyfun Full HD 1080 P Geniş Açı USB Webcam USB	3	517,44	517,44
Sıvı seviye ölçer	1	10	10
Voltaj ölçer	1	20	20
Mesafe Sensörü / HC SR04	1	25	25
Sıcaklık Ve Nem Sensörü DHT11	1	35	35
GPS (EEPROM'lu Ublox NEO-7M GPS Modülü	1	210	210
2 Kanal Manyetik Encoder	1	231	231
Ardunio Mega Klon	1	446	446
Ardunio Uno R3 klon	1	242	242
Uzaktan kumanda	1	1207	1207
DC Motor Sürücüsü	4	68	272
DC Motorlar	6	500	3000
Servo motor	4	80	320
Aliminyum sac	5	107	535
PC (NVIDIA GTX ekran kartlı bilgisayar)	1	6000	6000
Sigorta	1	65	65
USB çoğaltıcı	1	98	98
12,5 cm teker	6	130	780
Wifi modülü	1	180	180
Toplam Fiyat			17504,6

Tablo 3 KTR Bütçe Tablosu

ÖRE

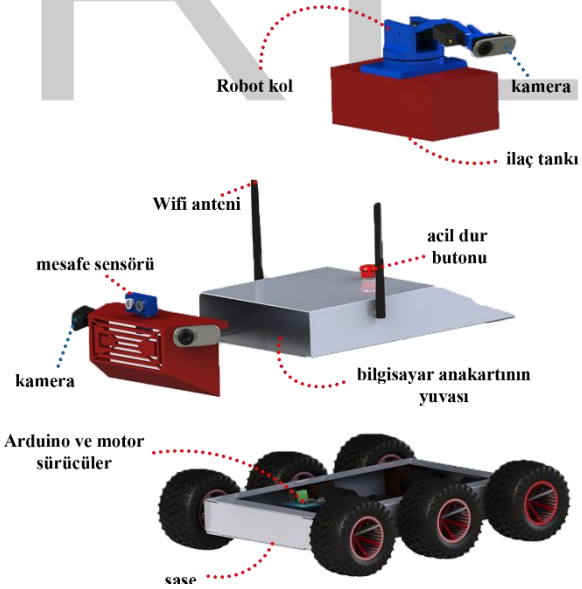
4. Araç Özellikleri



Şekil 3 Araç genel özellikleri

4.1 Mekanik Kısım

İKA'nın şasisi 6 adet alüminyum levhadan oluşmaktadır. Alt ve üst plakalar DC motorlar ve motor sürücülerinden oluşan malzemeleri içinde bulundurmaktadır. Motorların ve tekerleklerin bağlantılarının oluşacağı yan levhalar ise plakanın bükülerek işlenmesiyle oluşmuştur. Motorlar, metrik 3 vidalar sayesinde alüminyum levhaya direkt olarak bağlı olmakla beraber tekerler ise kaplin sayesinde motorlar ile birleşimleri sağlanmaktadır. Böylece hem sağlam bir yapının oluşmuş hem de masraftan kaçınılmıştır. Plakaya vidalar vs. için açılacak delikler ise lazer kesimle işlenecektir. Tüm bu plakalar ve sistemler aracımızın ana gövdesini oluşturacaktır. Aracın ana gövdesinin üstünde ise diğer sistemleri barındıracak olan yapılar 3D yazıcı ile çıktı alınıp yerleştirilecektir.



Şekil 4 Araç Mekanik Aksamları

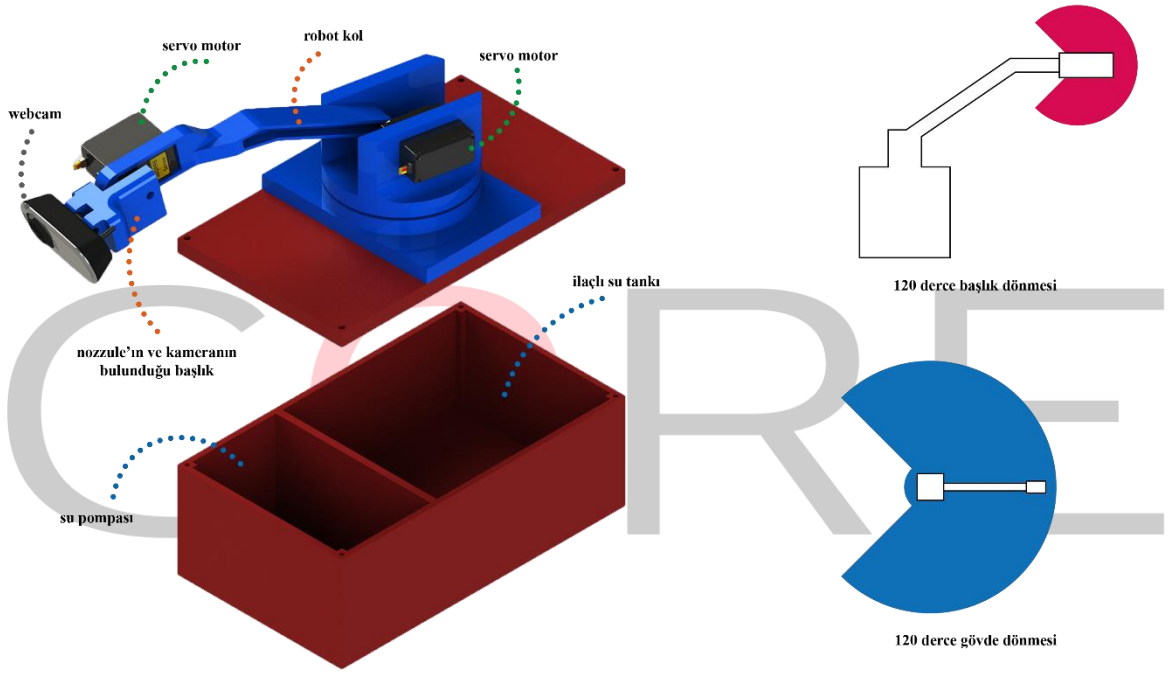
Araçta oluşan sistemler modül şeklinde oluşturulacak olup herhangi bir problem veya sistemin değişmesi durumunda pratik bir şekilde değiştirilmeye müsait olacaktır. İlaç püskürtme sistemi ilaç deposuyla ve su motoruyla beraber bir robot kol oluşturup araca monte edilecektir.

CORE

4.1.1 Yabani Otlarla Mücadele Sistemi ve Robot Kol

Yarışmanın kritik noktalarından birisi olan otonom ilerleyen aracın yabani bitkiyi kültür bitkisinden ayırması ve yabanı bitkiye ilaç sıkmasıdır. Yabani bitki tanındıktan sonra yabani otla mücadele sistemimiz bitkiye ilaç sıkacaktır. Bunun için aracımızın üst tarafına ilacın bulunduğu depo, ilaç iletim sistemi ve püskürtme bölümünün olduğu kompakt bir yapı yerleştirildi. Bu yapı basit tasarıma sahip robot koldur.

Robot kol ilaçlama işlemini yapması için tasarlandı. Ucunda ilaçlı su püskürtme başlığı ve kamera bulunduruyor. Hareket halindeki araç da robot kolun hizalamasını, kolun üstündeki kamera ile yapılacaktır. 3 adet servo motor kullanıldı ve 270 derece dönebilecek şekilde eklem kısımları tasarlandı. Tüm robot kol 3d yazıcıdan çıkarılacak ve monte edilecektir.



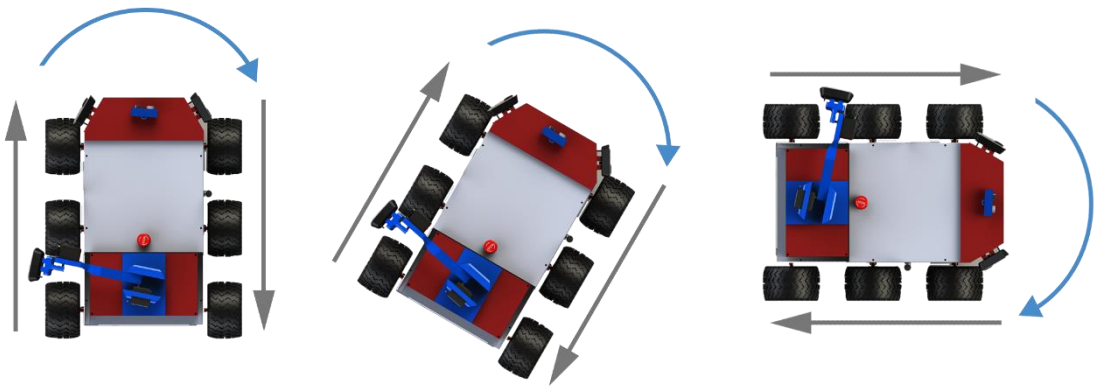
Şekil 5 Robot kol ve ilaç deposu gösterimi

4.1.2 Yürüyüş Sistemi

Çukurlar ve eğimlerden oluşan ara aracımız 6 adet 125 mm x 58 mm arazi tekerlekleri ile hareket edecektir. Aracımız zorlu arazi yapılarında hareket edeceğinden dolayı bu arazi tekerlekleri uygun görülmüştür. Kullanılan arazi tekerleklerinin hareketini 6 adet 12V redüktörlü DC motorlar sağlayacaktır. DC motorlar ile arazi tekerlekleri kaplin sayesinde birbirlerine bağlandıktan sonra yürüyüş sistemi elde edilmiş olacaktır.

4.1.3 Tekerlerin Hareket Mekanizması

Otonom olarak çalışan aracımızın tekerlerinin hareket mekanizması iki taraftaki tekerlerinin ters yönde çalıştırılarak aracın kendi ekseni etrafında dönmesini sağlayacak şekilde planlandı. Tekerlek sayısı kadar bulunan motorlar ile de araç tekerleri yönlendirilecektir. Hareket mekanizmasının bu şekilde olması aracın hızlı bir şekilde dönüş kabiliyetinin olması, engellerde yaşanılacak sorunun minimuma indirilmesi ve en önemlisi arazi şartlarında istenilen manevraların basitçe alınabilmesi amacıyla bu şekilde düşünüldü.



Şekil 6 Araç manevra kabiliyeti

4.2 Elektronik Kısım

4.2.1 Sistemin Elektronik Tasarımı ve Haberleşmesi

Otonom olarak çalışan aracımızın içinde NVIDIA'nın geliştirdiği CUDA teknolojisini destekleyen dizüstü bilgisayar kullanıldı. Bu bilgisayar üzerinde dahili olarak elektronik pinler bulunmadığı için harici olarak Arduino mega ve Arduino uno kullanıldı.

Arduino mega, sensörlerden gelen verileri, üzerinde bulundurduğu pinler ile alarak araç içi bilgisayara göndererek aracı kart görevinde bulunacaktır. Bilgisayar ile mega'nın bağlantısı USB port üzerinden seri haberleşme protokolü üzerinden olacaktır. Mega'da yeterli sayıda pin bulunduğu için harici olarak robot kolun kontrolü de mega'ya bırakılmıştır. Robot kolun hareketi kol üzerinde bulunan kamera verisine dayanarak olacağından, araç içi bilgisayardan gelen veriler ile robot kolun hareketi sağlanmaktadır.

Arduino uno, asıl görevi aracın hareketini sağlayan motor sürcülerini kontrol etmektir. Yine araç içi bilgisayara, USB port üzerinden seri haberleşme protokolü üzerinden kontrol sağlanacaktır.

4.2.2 Enerji ve Güç Sistemi

Araçta kullanılacak olan batarya çeşidi Lityum Polimer bataryadır. (Li-Po) Bu bataryalarda sıvı elektrolit yerine polimer elektroliti kullanılır ve tekrar şarj edilebilir özellikte bir batarya çeşididir. Bu lipo piller, diğer lityum pil türlerinden daha yüksek özgül enerji sağlamaktadır.

Li-Po piller ağırlıklı olarak RC arabalarda, Drone/UAV, RC Airplane/Heli ve FPV gibi RC hobileri için yaygın olarak tercih edilir. En iyi uçuş performansı veya çalışma süresini elde etmek için, Lipo pili nasıl seçileceğini bilmek elzemdir.

Doğru batarya, aracın boyutuna ve kullandığımız motorların türüne ve sayısına bağlıdır. Biz projemizde 11,1 V Batarya = 3 hücre x 3,7V= 3S Batarya çeşidindeki bataryayı kullandık. Bir Lipo pil takımının voltajı, esasen aracımızın ne kadar hızlı gideceğini belirlemektedir. Voltaj, elektrik motorunun RPM'sini doğrudan etkiler (fırçasız motorlar, 'Volt başına RPM' anlamına gelen kV ile derecelendirilir). Yani ne kadar fazla voltajınız varsa, o kadar hızlı gideceksiniz.

Bu bataryaların daha yüksek hız sağlayabilecek çeşitleri de vardır. Ancak aracın hızı gereğinden fazla olduğunda onu kontrol etmesi de bir o kadar zorlaşacaktır. TİKA yarışma parkuru,

engebeler, çukurlar ve bitkiler arası mesafe düşünüldüğünde bizim kullandığımız batarya daha uygun olacaktır.

11.1 V 3S Lipo Batarya-Pil 13000 mAh 45C Özellikleri:

- Voltaj: 11,1 V
- Kapasite: 13000mAh
- 40C (80C anlık, maksimum 10sn)
- Ağırlık: 504gr
- Boyutları: 180x70x33mm
- 3 Hücreli
- XT60 Plug çıkış soketi ve JST-XHR şarj soketi mevcuttur.

Şekil 7 LiPo batarya

Araçta kullanmaya karar verilen pil sayısı, daha fazla pil kullanmanın artıları ve eksileri olduğu için sonuçta çok fazla fark yaratmaz. İlk olarak, daha fazla pil kullanmak, bir pilin arızalanması gerektiği gibi ek bir güvenlik katmanına sahiptir. Projede ilk önce iki batarya kullanması gerektiği düşünüldü ancak bütçe sıkıntıdan dolayı yedek batarya kullanılmadı. Araç tek batarya ile beslenecektir.

CORE

4.3 Yazılım Kısımı

4.3.1 Arayüz Sistemi

TİKA aracımızın kontrollerini sağlayabilmemiz için kendi oluşturduğumuz, bilgisayardan kontrol edebileceğimiz bir kullanıcı arayüzü geliştirdik. Bu arayüz 4 bölüme ayrıldı ve bu bölümlerde aracın sensör verileri, haritadan GPS ile konumu, diğer 2 bölüm ile de 3 adet kameradan görüntü görmemizi sağlayan görüntülerden oluşmaktadır. Kamera görüntülerini değiştirmek için ise yine arayüzde üst tarafta konumlandırdığımız buton kullanılacaktır.
Görüntü ve diğer verilerin yanında bu kontrol sistemimizde klavyeden TİKA aracımızı manuel olarak kontrol etmemizi sağlayan fonksiyonlar da yer almaktadır.

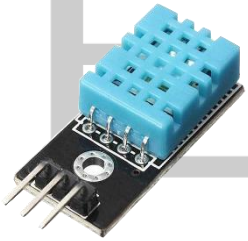
4.3.2 Otonom Sistem

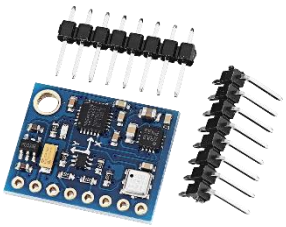
Aracımızın otonom sistemi iki ayrı şekilde çalışmaktadır. Araç içinde buluna kontrol ünitesine bağlı olan 2 kamera aracın ana hareket sisteminin temelini oluşturacaktır. Diğer bir kamera da aracın ilaçlama sisteminde kullanılacak, ilaçlama namlusunun bitkiye hizalanmasında kullanılacaktır. Kameralara gelen veriler YOLOv5 ile NVIDIA'nın sağladığı CUDA teknolojisi ile gerçek zamanlı olarak işlenecektir. Sensörler kameralara yardımcı bileşenler olarak kullanılacaktır.

5. Sensörler

Öncelikle projenin amacı herhangi bir insan kontrolü olmaksızın, bilinen veya önceden programlanmış koordinatlar arasında otonom olarak yol alabilen, otonavigasyonlu bir araba modeli yapmaktır.
Otonom olarak çalışan aracımızda zararlı bitki tespiti ve aracın düzgün ilerleyebilmesi için bazı farklı özellikte sensörler ve kameralar kullanıldı. Aracın ön tarafında 120 derece açıda birbirini

görecek şekilde konumlandırılan kameralar ile yüksek kalite ve çözünürlükte görüntü alınacaktır. Görüntünü kalitesinin yüksek olması görüntü işlemede ve alınan verilerin doğru işlenebilmesi için önemlidir. Bu nedenle bu kamera modülü seçildi. Kameradan alınan veriler HC-SR04 ve Ultrasonik Mesafe Sensöründen alınan veriler, IMU'dan, tekerlerdeki encoderlardan ve GPS'den alınan veriler araç içindeki kontrol ünitesinde değerlendirilerek ve motor sürücülere uygun çıkış verilerek araç otonom yönlendirilecektir.

Sensör Çeşidi	Araçtaki Konumu	Adet	İşlevi	Görseller
HC-SR04 Ultrasonik Sensörü	Aracın tarafına konumlandırıldı.	1	Aracın karşısına çıkan engellere çarpmamak için araç ile engel arasındaki mesafeyi bildirecektir. Ultrasonik mesafe sensörü radar gibi tasarlandı. Bir adet servo motordan hareketini alarak 180 derecelik alanı taramaktadır.	
DHT11 Sıcaklık ve Nem Sensörü	Aracın iç tarafında bataryaların üstüne konumlandırılacaktır.	1	Batarya sıcaklığını ölçmek için kullanılmaktadır. Oluşabilecek aksaklıklara karşı önlem amaçlıdır.	
GPS	Aracın üst kısmında kullanıldı.	1	Tarımsal otonom çalışan aracımızın konumunu tespit edebilmek amacıyla kullanıldı. Buradan alınan veriler aracın otonom şekilde ilerleyebilmesi için kritik öneme sahiptir.	

IMU (Çoklu sensör kartı)	Aracın iç tarafında arduino'ya bağlı şekilde konumlandırılacaktır.	1	Aracın yörüngesindeki değişikliklerle ilgili önemli hesaplamaları güvenlik sorunlarını (örneğin, kayma açısındaki değişiklikler) tahmin etmek için kullanılacaktır. IMU ayrıca aracın mevcut konumu bağlamında diğer sensör sistemlerinin konumunu daha iyi anlamak için bilgi sağlayacaktır.	
Hız sensörü	Aracın alt tarafında tekerlere eklendi.	1	Her tekerdeki kodlayıcılar, motorun (sola veya sağa) kaç kez döndüğünü saymak için kullanılacaktır. Bu, aracın sürdüğü veya tekerleği döndürdüğü mesafeyi hesaplamak için kullanılacaktır.	

CORE

6 Araç Kontrol Ünitesi

6.1 Araç İç Bilgisayarı

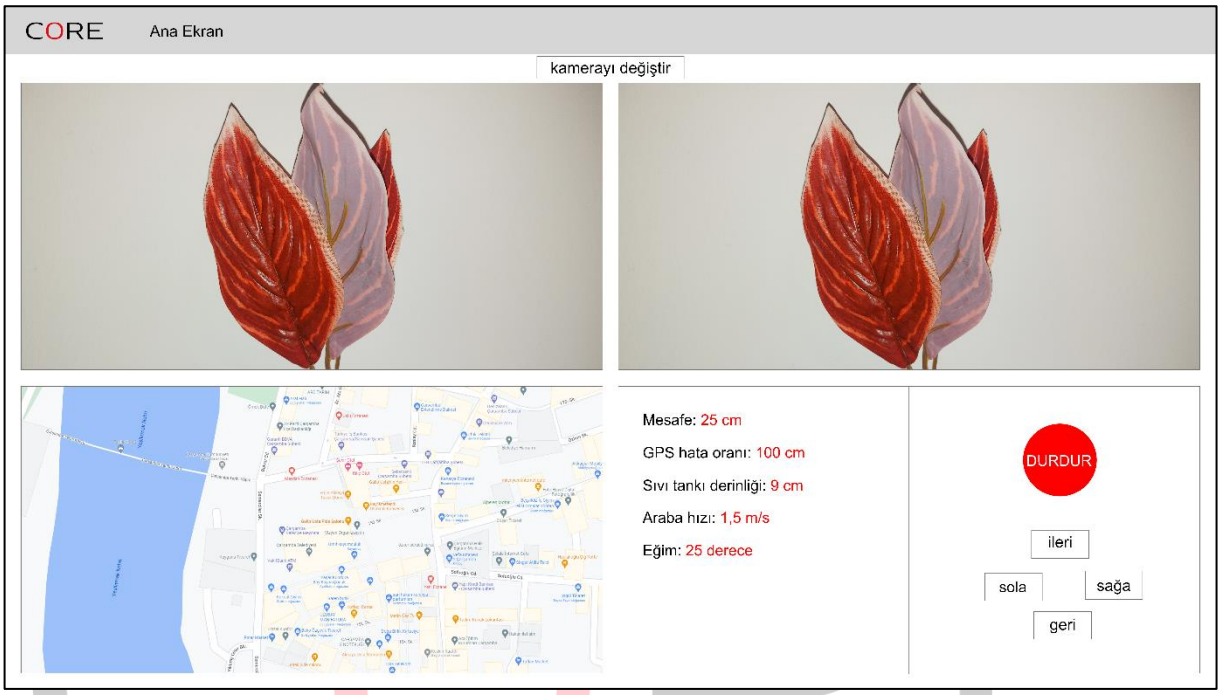
Araca seçeceğimiz bilgisayar standart dizüstü bilgisayardır. Özelliği üzerinde NVIDIA ekran kartı olmasıdır. Bu kartların özellikleri üretici firmanın sağladığı CUDA teknolojisidir. NVIDIA ilk olarak CUDA geliştirici kitini 2007 yılında yayınladı. İlk çıktığı zamanlarda pek verimli değildi. Sonrasında gelişen teknoloji ile ekran kartların gücü arttı ve CUDA güçlü bir teknoloji haline geldi. Ekran kartlarının üzerinde bulunan GPU paralel programlama için oldukça elverişlidir. CPU'lar ise güçlü olmalarına rağmen seri programlamada iyidirler. Görüntü işleme işlemleri çok fazla piksel için gerçekleştirildiğinden, paralel programlama önemlidir. Paralel programlama sayesinde görüntü işleme işlemleri daha hızlı bitiyor. Bizler yarışma kapsamında haraketli araç üzerinde nesne tanıma yapacağımızdan gerçek zamanlı görüntü işlememiz gerekiyor. CUDA bize YOLOv5 ile 40 fps civarında video işleyerek bizim için yeterli sayılacak hızı sunuyor.

Kullandığımız bilgisayarda en çok üstüne düştüğümüz kısım ekran kartının CUDA teknolojisini destekleyip desteklememesidir.

- CUDA, Nvidia Quadro ve Geforce 8, 9, 200 serisi ve yeni ekran kartlarında desteklemektedir. (wiki)

6.2 Kablosuz Haberleşme

Aracımızın kontrol ünitesi web tarayıcıda çalışacaktır. Bu sayede platformdan bağımsız olarak telefondan, bilgisayardan ve tabletten aracın yönetimi sağlanabilecektir. Araç içinde halihazırda güçlü bir bilgisayar vardır. Bu bilgisayar içine python için geliştirilmiş flask framework'ü ile web sitesi kodlanacak ve araca wifi ile bağlanan cihazlara erişime açılacaktır. Bağlanan cihazlar



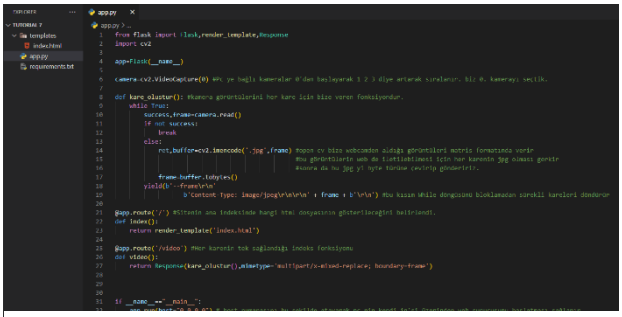
Şekil 8 Araç kontrol arayüzü

aracın kontrol ünitesine erişebilecektir.

Ekranın üst kısmında iki adet araç kamerası görüntüsü bulunacak, sol alt köşede aracın anlık konumu olacak, sağ alt köşede ise butonlar ve aracın üstündeki sensörleden gelen veriler olacaktır.

6.2.1 Kamera Videolarının Flask Framework'ü ile Gönderilmesi

Python'la web programlama denince akla ilk flask framework'ü geliyor. Bizler daha alt katmana inip soket programlama yaparak web programlama yapabiliriz. Ancak işlerimiz kolaylaştırmak adına framework'ler (çatılar) kullanıyoruz. Arka plan işlemlerini bizler için halleder ve hazır şablon oluşturur. Flask da bunlardan biridir. Aşağıda kodda kamera görüntüsünü web tarayıcısında yerel bilgisayarlara aktarma işlemi yapılmıştır. Bu işlem için flask kullanılmıştır. Açıklamalar kod yorumları şeklinde verilmiştir.

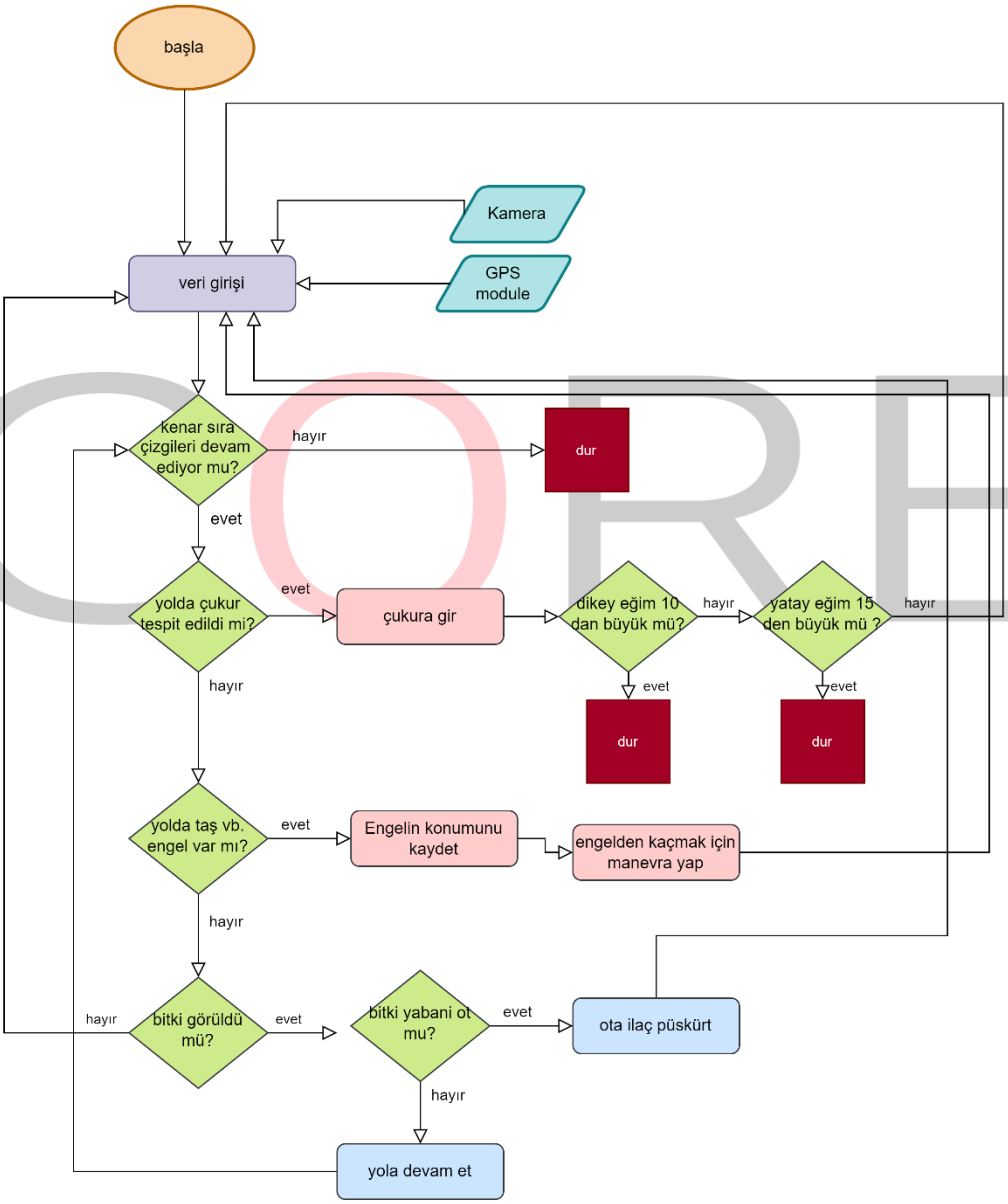


Şekil 9 Video transfer kodları

Şekil 10 Wifi ile transfer deneme

7. Otonom Sürüş Algoritmaları

Aracımızın otonom sayılabilmesi için kendi kendine belirlenen işi yapabiliyor olması lazımdır. Bizler aracın hareketi sağlamak için GPS modüllerini kullanabiliriz. Ancak bu modüllerin hata oranları çok yüksek olduğu için yarıma parkurunda gözle görülür sorunlara neden olacaktır. Bu yüzden GPS konum bilgisi ile görüntü işleme teknolojisini bir arada kullanmaya çalışmak gerek. Araca arazide sıra takibi yaptırılarak konumunu bu sıralar üzerinden doğrulaması beklenmektedir.



Şekil 11 Otonom algoritması akış diyagramı

7.1 Yazılım Süreci

Yazılım geliştirirken temel sorunların çözülmesi gerekir. Sorunları sıralamak gerekirse:

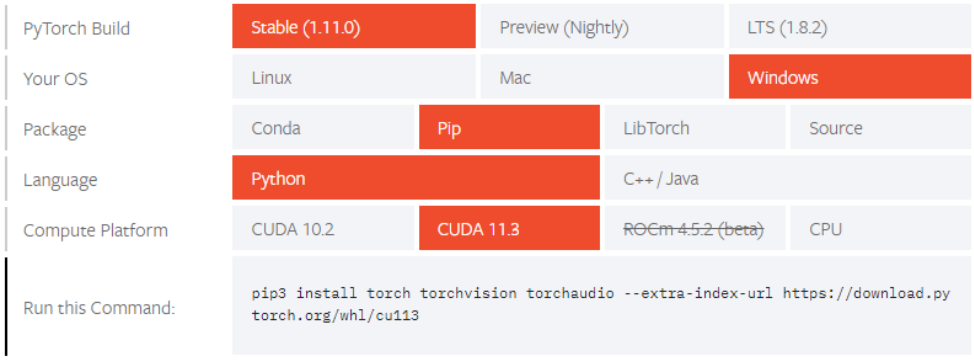
1. YOLOv5 ile nesne takibi
2. YOLOv5'in eğitilmesi

3. Kalman filtresinin uygulanması
4. PID fitresi
5. Robot kolun hareketinin sağlanması

Bu başlıkları tek tek ele alarak devamında incelenmiştir.

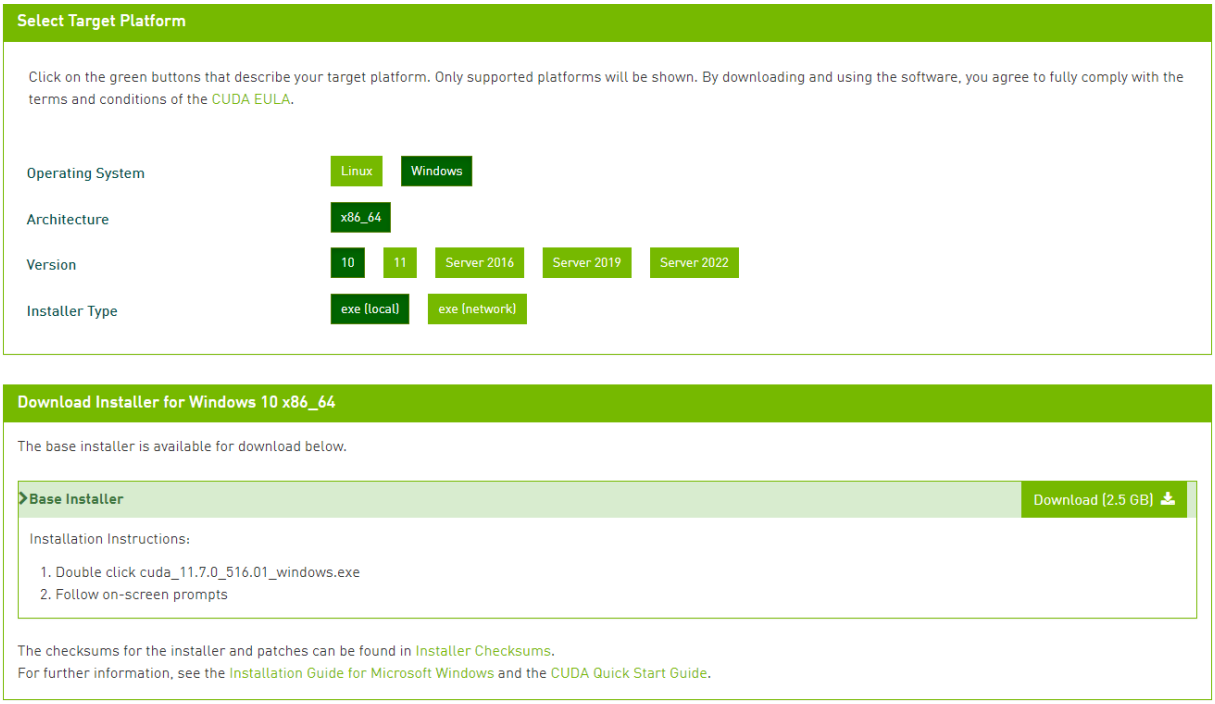
7.2 YOLOv5 Nesne Takibi

Google YOLOv5 yazdığımızda karşımıza github sayfası çıkmaktadır. İlk önce Bilgisayarımıza PyTorch kurmamız gerektiğini söylüyor. Bu kütüphane CUDA çekirdeğini kullanır. PyTorch kurulumu için sitesine gittik (pytorch.org).



Şekil 12 PyThorch indirme ekranı

Başlangıç kısmına gittiğimizde bize böyle seçenekler sunan ekran karşılıyor. Biz de kendimize uygun olan yerleri işaretleyip pip3 ile kurulumu gerçekleştirdik. Sonrasında CUDA'yı kullanmak için NVIDIA'nın sağladığı yazılımı indirmek gerekiyor. Bunun için NVIDIA'nın sitesine gidiyoruz(developer.nvidia.com).



Şekil 13 Cuda indirme ekranı

Burada da gerekli indirmeleri yaptıktan sonra kurulum yapıyoruz. Devamında YOLOv5'i git kullanarak bilgisayarımıza indiriyoruz ve gerekli yüklemeleri pip kullanarak yapıyoruz.

git clone https://github.com/ultralytics/yolov5 #Git kullanarak dosyayı indirdik
cd yolov5 #İnen klasörün içine girdik
pip install -r requirements.txt #Pip kullanarak gerekli yüklemeleri yaptık

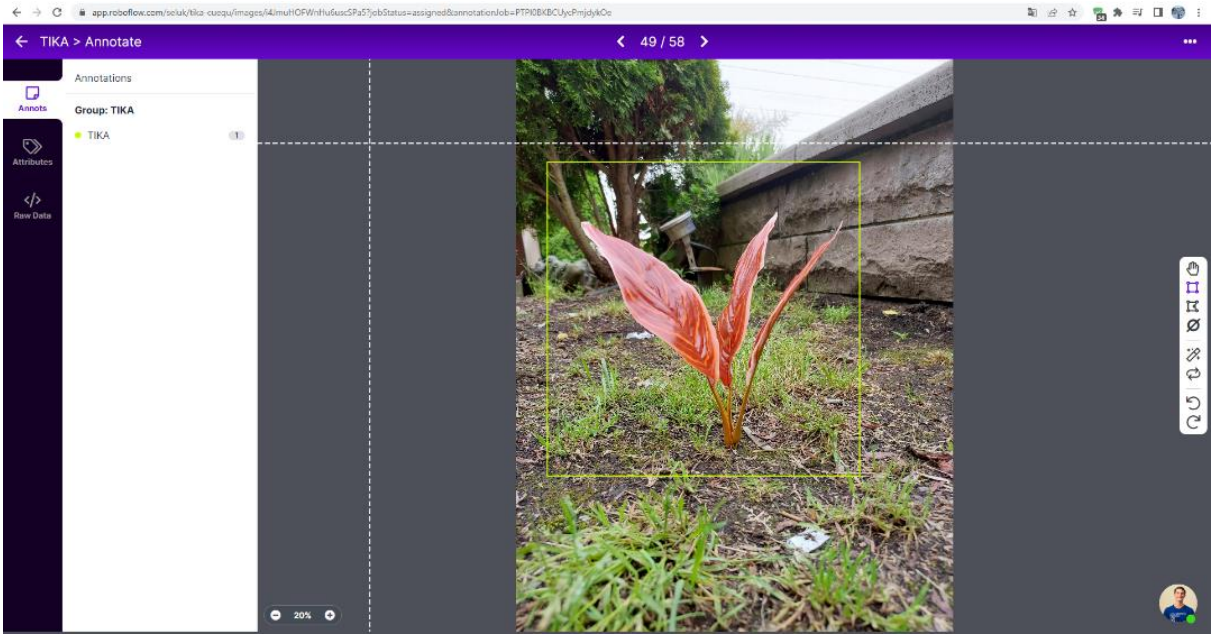
Bu işlemleri yaptıktan sonra tek yapılması gereken aşağıdaki komutu YOLOv5 klasöründe çalıştırmak oluyor.

python detect.py --source 0

İçinde hayli hazırda bulunan eğitilmiş dosyalar ile nesne tanımaya başlıyor.

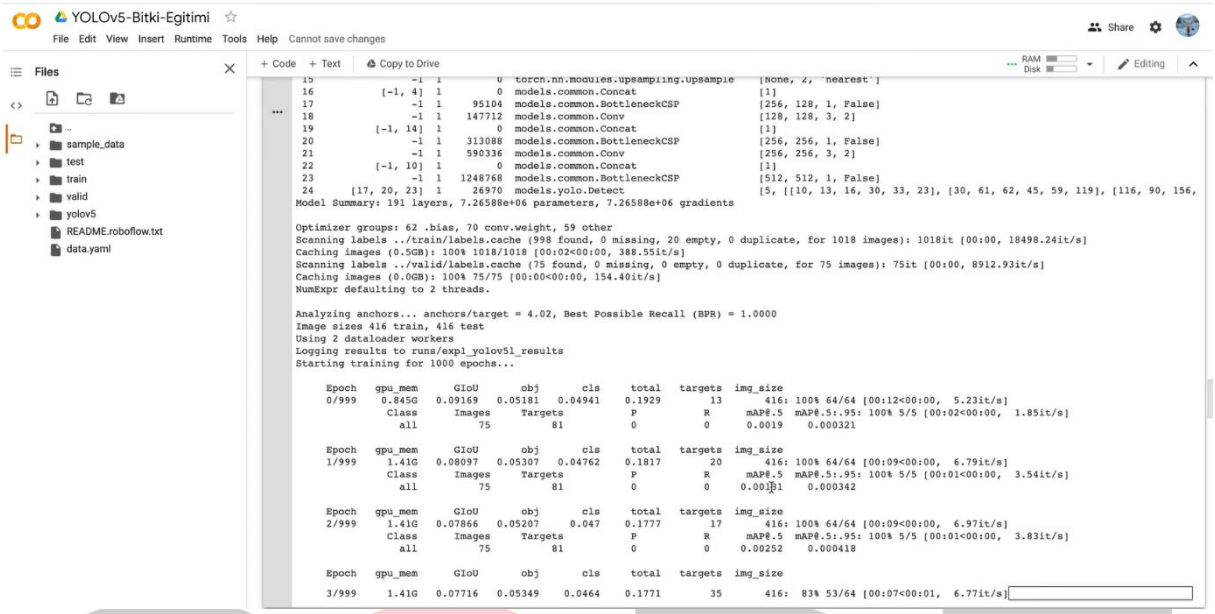
7.3 YOLOv5 Eğitilmesi

YOLOv5'in eğitimi için Google Colab ile Roboflow sitelerini kullandık. İlk önce veri setlerin oluşturulması gerekir. Bunun için tarafımıza gönderilen bitkinin değişik açılardan ve değişik yerlerden fotoğraflarını alındı. Fotoğrafları etiketleme denen işlem gerçekleştiridi. Çekilen fotoğrafları Roboflow'a attıldı ve görselleri tek tek gezerek bitkinin bulunduğu yerleri işaretlendi. İşaretleme bitince bir sonraki aşamaya geçtik ve veri setlerini çoğaltma işlemi yapıldı. Roboflow'un özelliklerinden olan aynalama, ters çevirme işlemleri uygulandı. Böylelikle etiketleme yapılan görseller ters görme anında, kullandığımız kameranın ters görmesi anında da doğru sonuçlar vermesi sağlandı.



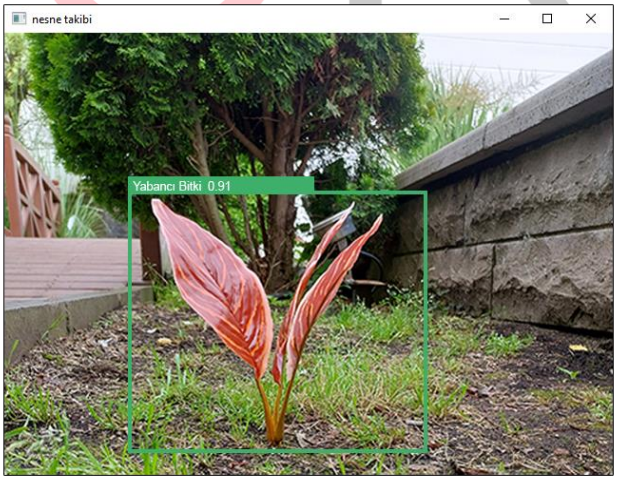
Şekil 14 Roboflow etiketleme ekranı

Roboflow hazırladığımız veri setlerini link yardımıyla tarafımıza verdi. Eğitim için Google Colab kullandık. Oluşturulan veri setlerini Colab'a yükleyerek eğitim işlemlerini gerçekleştirdik.



Şekil 15 Colab kullanarak YOLOv5 eğitimi

Son olarak da oluşturduğumuz eğitim dosyaları bilgisayara indirildi ve örnek deneme yapıldı.

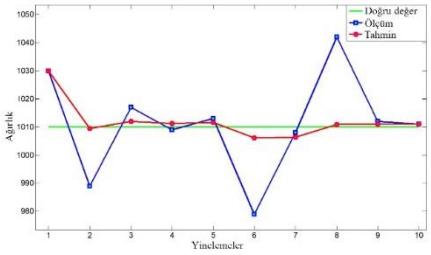


Şekil 16 Bitki tanıma denemesi

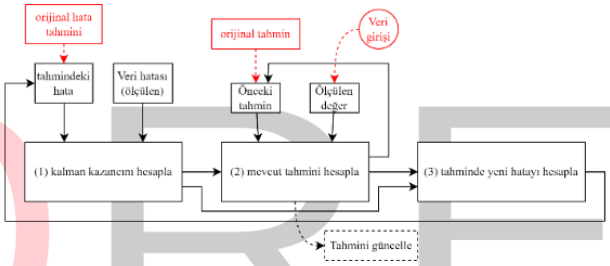
7.4 Kalman Filtresi

Yukarıda da detaylı olarak anlatıldığı core aracımızda zararlı bitki tespiti ve aracın düzgün ilerleyebilmesi için bazı sensörler ve kameralar kullanıldı ve veriler alındı. Alınan bu veriler direkt olarak kullanılmamaktadır. Bu şekilde kullanıldığında hata payı yüksek olmaktaktadır. Bu nedenle verileri hata payı düşük ve tutarlı bir biçimde kullanabilmek için sensör füzyon

işlemelerinden en yaygın olan kalman filtresi düşük hata paylı verilere ulaşabilmek için kullanıldı. Kalman filtresi dinamik sistemlerde belirsiz ve kesin olmayan bilgilere sahip olduğunuz zamanlarda kullanıldı. Hatalı sistemin ne yapacağını tahmin etmek için eğitimli bir tahmin sistemi oluşturuldu. Kalman filtresi sisteminizin girdi ve çıktılarını değerlendirerek, gerçekte sistemde ne olduğunu bize aktarmaktadır.
Macarlı asıllı Amerikan matematiksel sistem teoristi Rudolf Kalman tarafından bulunmuştur. Zaman içinde değişen haraketli bir sistemde, önceki bilgileriyle birlikte giriş-çıkış bilgilerinden, tahminler üreten algoritmadır. Kalman fitresi önceki değerlere göre kendine katsayı oluşturur. Bu katsayı ile her yeni veriyi çarpar ve yeni gelen veriyi bu şekilde yenilenir. Her yeni veri eklendiğinde ise bu katsayıyı da güncelleyerek sürekliliği sağlamış olur. Kalman fitresi, nesne takibinde ve GPS'den gelen konum verilerini mantıklı seviyeye indirmede kullanılacak.
Kalman filtresini daha iyi anlamak için aşağıda grafik verilmiştir. Grafik herhangi bir sensörden gelen verinin simülasyonu şeklindedir. Ölçülen değerler düzensiz gelmiş, mantık sınırlarını aşmıştır. Kalman filtresi değerlerin mantık çerçevesinde doğruya yakınlaştırmıştır.



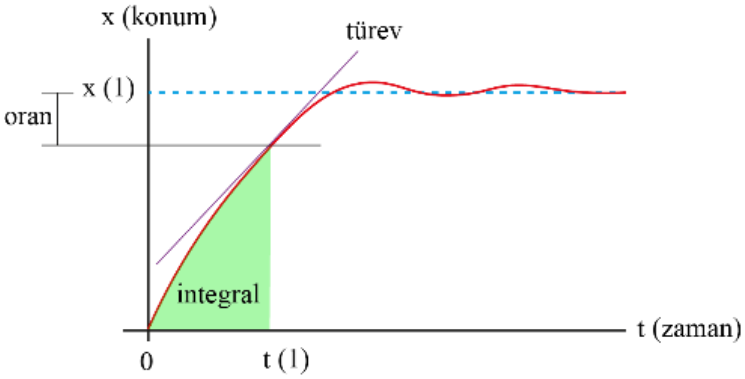
Şekil 18 Kalman veri örneği



Şekil 17

7.5 PID Filtresi

Dünya da her şey çok mantıklı şekilde olsaydı PID kontrol algoritmalarına gerek kalmazdı. PID aslında kontrol geri bildirimi sağlayan bir algoritmadır. Örnek olarak aracın düz bir yolda gittiğini varsayarsak, aracın varmak istediği yere gitmesi için oran, integral ve türev alınır. Bu değerlerin kendi kat sayısı olur. Kat sayılar sistemde kullanılan motorların özelliklerine, aracın özelliklerine, parkurun özelliklerine vb. durumların özelliklerine göre değiştirilir ve optimize edilir. Gayet basitleştirilmek istenirse aşağıdaki gibi bir formül hız için yazılabilir.



Şekil 19 PID algoritmasının grafikte gösterimi

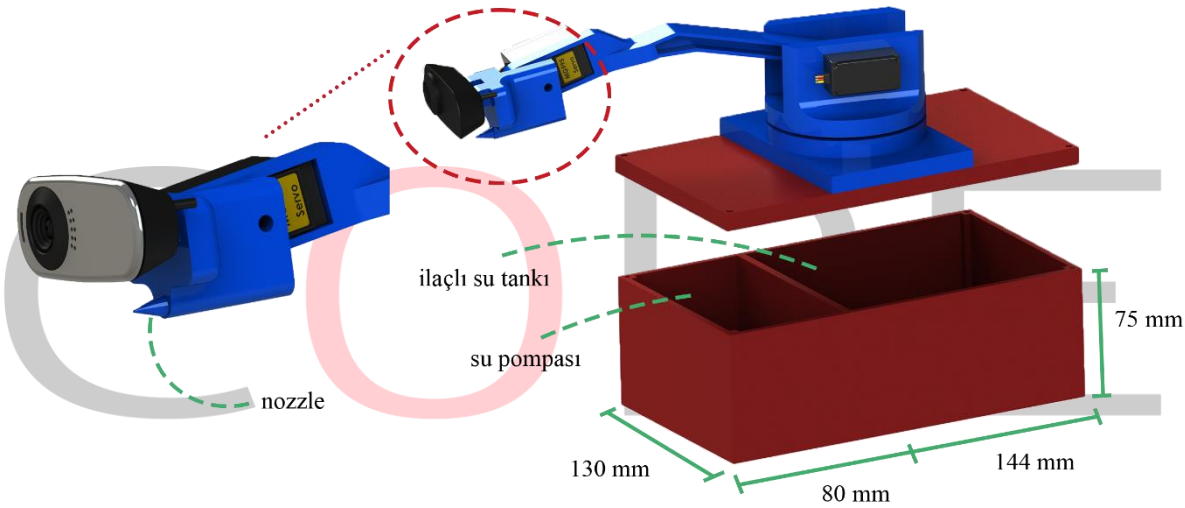
V = oran*A + integral*B + türev*C
Buradaki A, B, C katsayılardır. Duruma göre optimize edilmesi gerekir. A katsayısı her zaman kullanılır, diğer katsayılar duruma göre kullanılabilir.

8. Yabancı Otla Zirai Mücadele Yöntemi

Yabancı Ot, daha çok zirai çalışmalarda kullanılan bir terimdir. Ormancılıkta daha ziyade diri Örtü deyimi kullanılmakta ve bu terim fidanlıklardan çok ağaçlandırma çalışmalarında karşılığını bulmaktır. Yabancı ot kavramına, ekonomik, biyolojik ve sosyolojik bilimlerin gözü ile bakacak olursak; ekonomistler daima bir olayı zarar ve yarar hesabı yaparak değerlendirirler. Yabancı otlarla mücadele:

1. Mekanik mücadele
2. Kimyasal (herbisitlerle) mücadele
3. Biyolojik mücadele
4. Entegre (mekanik + kimyasal + biyolojik) mücadele olmak üzere dört gruba ayrılır.

Aracımızda yapancı bitki mücadelesinde kullanılan yöntem 2 numaralı kimyasal mücadeledir. Araç otonom ilerletilip yabani bitkinin yanına geldiğinde üst bölümlerde detaylı olarak anlatılan ilaçlama ünitesi devreye girecektir ve gerekli müdahale yapılacaktır.



Şekil 20 Robot kol ve su deposu

Robot kolun başlığına yerleştirilen nozzle seçilirken ucunun dar olmasına özen gösterildi. Bunun nedeni ilaç püskürtürken maksimum oranda ilaç partikülleri oluşturulmasıdır. Aksi taktirde ilacı su ile seyrelterek atılması gerekir çünkü daha fazla alan homojen şekilde ancak bu şekilde dağıtılabilirdi. Bizler araca fazla su ile fazla yük bindirmek istemedik. Aracın üstünde bulunan tank kapasitesi yaklaşık olarak 1,4 – 1,6 litre olacaktır.
Robot kolun çalışma prensibi ise mekanik kısımda detaylı olarak anlatılmıştır.

9. Özgün Bileşenler

- Tarımsal İKA Projesi ile çiftçiler bilgisayar üzerinden bitkilerin durumunu görebilecekler. Bitkilerin verilerini bilgisayara kaydedilecek, geçmiş verileri inceleyecek, analiz ve görselleştirme araçları ile inceleme yapabilecek ve aracı manuel olarak uzaktan kumanda ile kontrol edebilecek.
- Aracımızda Jetson Nano yerine 2.el bir bilgisayar kullanmaya karar verildi. Bu sayede bütçe bakımından daha ucuz ve daha kullanışlı bir araç ortaya çıkarılması planlandı.

- Projede aracın arayüz kontrolü platformdan bağımsız olarak bilgisayar, tablet ve telefon ile sağlanacak.
- Aracın kontrolü Arduino Mega ve uno ile sağlanabilecek.
- Araç haritası olan tarımsal arazilerde sürüş gerçekleşebilecek. Araç haritalama işlemi ile arazinin tamamının taranıp kaydedilmesi sağlanabilecektir.
- Araca zararlı ve yararlı otları tanımlamak için bilgisayardan python kodlama dili kullanıldı. YOLOv5 kütüphanesi ile gerçek zamanlı nesne takibi yapılmıştır. YOLOv5 yüksek doğruluk oranı ve hız sağlamıştır. Robot kol bu görüntü verilerinin işlenmesi ile hareketi sağlanmıştır.
- İlaçlama işlemi robot kol, başına takılan nozzle ile yapılmıştır.
- Araç gittiği rota ve aracın kamerasındaki görüntüleri bilgisayar ile eş zamanlı olarak aktarım gerçekleştirilebilecek.
- Aracın yönünü bulmak, aracın hızlandığı zaman ne kadar ivmelendiğini ölçmek, aracın üzerinde basınç oluşmuş ise oluşan basıncın ne kadar olduğunu ölçmek için IMU(Inertial Measurement Unit) adı verilen ana işlemciye gönderilen açısal hız ve doğrusal ivme verisini tek bir modülde toplayan modülü kullanacağız.
- Aracı olabildiğince düşük bütçeyle fonksiyonel açıdan kullanılabilirlik açısından ve verimlilik açısından en iyi araç yapmayı hedefliyoruz. Aracın tekerleklerine süspansiyon kullanmayı düşündük ancak bu süspansiyon sistemini arabada maliyet oluşturduğundan çıkarmaya karar verdik.
- Araçta kart olarak NVIDIA Jetson Nano kullanacaktık ve kart ile bilgisayar arasında haberleşmeyi sağlamak için de pixhawk kullanacaktık fakat bütçe açısından fiyat pahalılığından ve piyasada jetson nano'nun zorlaşmasından dolayı normal bir bilgisayarı araca entegre ettik bilgisayarı arduino'ya bağladık ve arduino ile bilgisayar arasında seri haberleşme yaptırıp bilgisayar ile arduino arasındaki iletişimi sağladık. Aracın gövde yapısı maliyet açısından uygun, herhangi bir darbeye karşı dayanıklı olduğundan alüminyum kullanmayı tercih ettik.

10. Güvenlik Önlemleri

10.1 Donanımsal Güvenlik Önlemleri

- Acil stop butonu(ASB) ile olağan durumlar dışında TİKA'nın gücü manuel olarak tamamen kesilecektir,
- ASB bilinçli insan etmeni dışındaki fiziksel etmenlerden minimum etki görmesi için çarpışmalarda en az hasar alan aracın üst bölgesine yerleştirilecektir. (Görsel 9.1)
- TİKA devrilme durumunu algılayabilmesi ve gerekirse gücü otonom şekilde kesebilmek yahut manuel kapatma sesli uyarısı verebilmek için 3 eksenli dijital jiroskop ile donatılacaktır. (görsel 9.2)
- TİKA su, toz, çamur ve bilimum çalışma arazisi çevresel etkenlere mukavemetli olması için dayanıklı ve su geçirmez komponentlerden üretilecektir,
- Komponentler birbiri ile çeşitli yapışkanlar, köpükler ve yalıtıcı maddeler ile entegre edilip İKA'nın iç kısmı dış etkenlerden korunacaktır.

- TİKA da kullanılan tüm motorlara, aküye ve diğer iç bileşenlere darbeler ile sarsılmalara dayanıklı bir şekilde korunaklı yuvalar yapılıp olan dışı senaryolarda iç aksamın fonsiyonelitesini korumak amaçlanmıştır.
- TİKA'nın ilaç deposu sallantı ve devrilme durumlarında dahi sızdırmazlığını koruyacak şekilde sabitlenip boruları contalarla monte edilecektir.
- TİKA arazi koşullarında belirtilen eğimlerde rahatça kayma ve patinaj yapmadan hareket edebilecek 6 adet dişli kauçuk tekerleğe sahip olacaktır.
- TİKA dayanımlı alüminyum malzemeden üretilecektir.
- TİKA olağandışı durumlarda sesli uyarı sistemi ve uzaktan kullanım için kornaya sahip olacaktır.
- TİKA arazide fiziksel görüş alanında özellikle sisli, loş ve karanlık hava durumlarında fark edilebilmesi için dönen acil uyarı flaşı ile donatılacaktır. (Görsel 9.3)
- TİKA'nın iç-dış bileşenlerinden sivri köşelere sahip olanları biyolojik organizmalara etkileşim sırasında hasar vermemesi için yuvarlatılacaktır.
- TİKA belirtilen eğimlerde devrilmeden hareket edebilmesi için ağırlık merkezi ayarlaması yapılacaktır.
- TİKA'nın içerisine yerleştirilecek ısı ölçer ile aşırı ısınma/yangın durumları tespit edilip uyarı sesi çalışıp araç kendini kapatacaktır. (9.4)

CORE

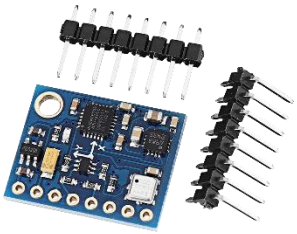
10.2 Yazılımsal Güvenlik Önlemleri

- TİKA yabani otu faydalı ottan ayırabilecektir bu sayede faydalı otların ziyanı engellenecektir.
- Yapay zekâ kameradan aldığı görüntüyü işleyemediğinde TİKA manuel moda geçecek ve uyarı sesi çıkaracaktır.
- TİKA kumanda üzerinden manuel moda alınıp kullanılabilecektir bu sayede yapay zekanın yetersiz olduğu durumlar olan dışı sonuçlar doğurmadan önlenebilecektir.
- TİKA yaralı ot ve yabani ot dışında bir obje tespit ederse çalışmayı durdurarak insan, hayvan ve diğer araçlar gibi unsurlara çarpmayacaktır.

10.3 Elektriksel Güvenlik Önlemleri

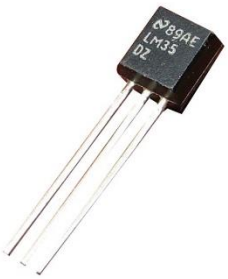
- TİKA güç kaynağı değiştirebilir yapıda olacaktır.
- Sigorta ile oluşabilecek akım değişikliklerinden elektronik devreler korunacaktır. (Görsel 9.5)
- TİKA'daki elektriksel komponentleri bağlayan akım iletir kablolar, yalıtkan ve yanmaz malzemeden oluşacaktır.
- TİKA'da oluşabilecek kısa devre ve akım değişikliği gibi durumlar için devre kesiciler kullanılarak bu gibi durumlardan ana devrelerin etkilenmesinin önüne geçilecektir.
- Akım geçirir kabloların entegre kısımları ısı geçirmez ve yanmaz bantlarla çevrelenip oluşabilecek aşırı ısınmalardan korunacaktır. (Görsel 9.6)

Görsel 9.1



Görsel 9.2

Görsel 9.3



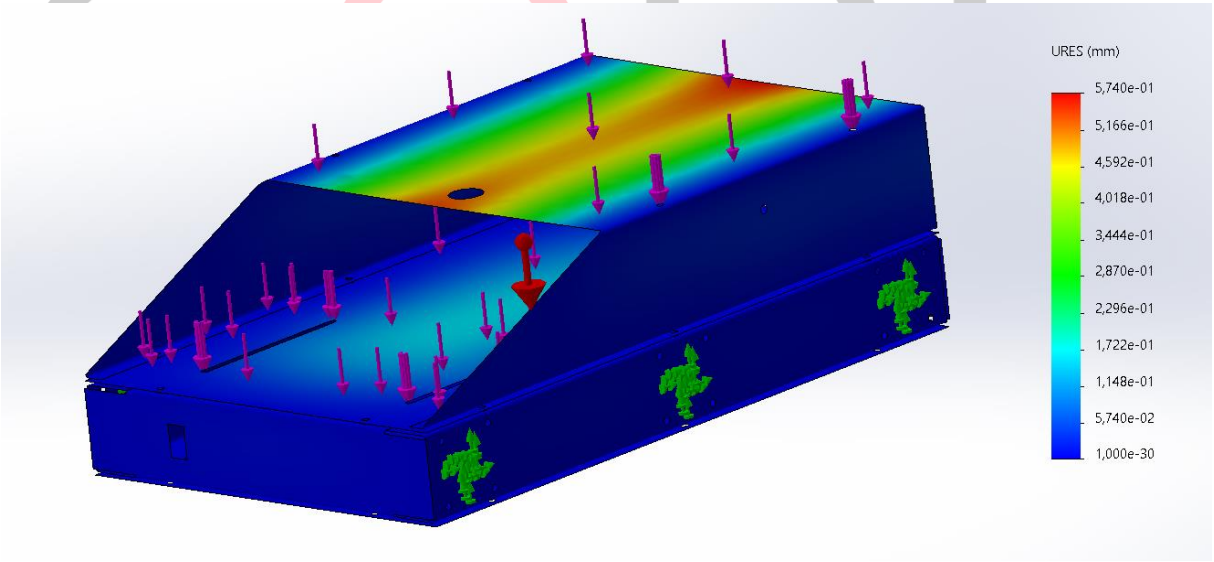
Görsel 9.4

Görsel 9.5

Görsel 9.6

11. Test ve Simülasyon

11.1 Gövde Analizi

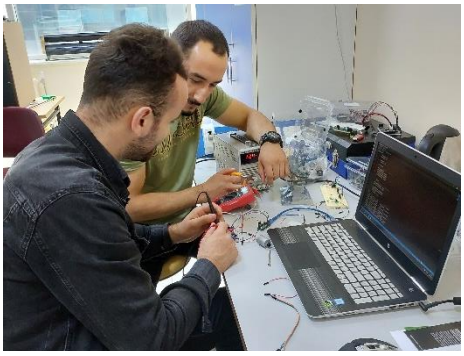


Şekil 21 Gövde analizi

Gövdeye toplamda test amaçlı 20 kg yük bindirilmiştir. Test sonucunda şasenin deformasyonu çok düşük çıkmıştır. Tasarımda güvenli bölgede kalmaya çalışma nedenimiz dinamik analiz yapamıyor olmamızdır. Statik analizde sadece bilinen yükleri yani kendi ağırlığı gibi yükleri yükledik. Arazide daha farklı yükler olacağından dayanımda güvenli bölgede kaldık.

11.2 Motor Testi

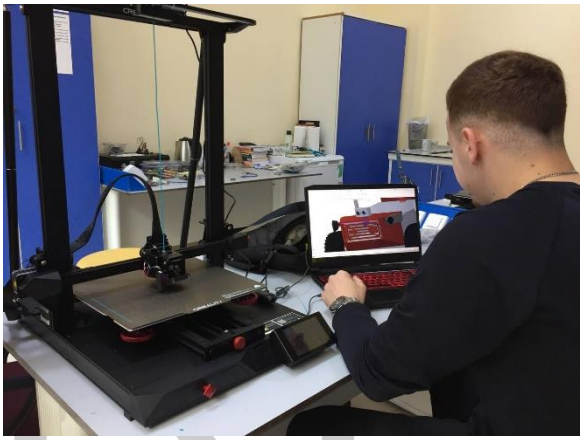
Araçta kullanılacak olan motorlar bağlantı gerçekleştirilmeden önce her biri tek tek kontrol edildi. Test sonucunda motorların nominal değerde akım çekip çekmediği görüldü. Ayrıca motorlar belirli bir süre çalıştırıldı ve ne kadar ısındığı sıcaklık sensörü kullanılarak ölçüldü. Aracımızda motorların ve bataryanın bulunduğu kısımda sıcaklık sensörleri kullanıldı. İstenilmeyen durumların oluşması ihtimaline karşı bu sensörler önlem niteliğindedir.



Şekil 22 DC motorların ve sürücülerin testleri

11.3 3D Yazıcı Denemeleri

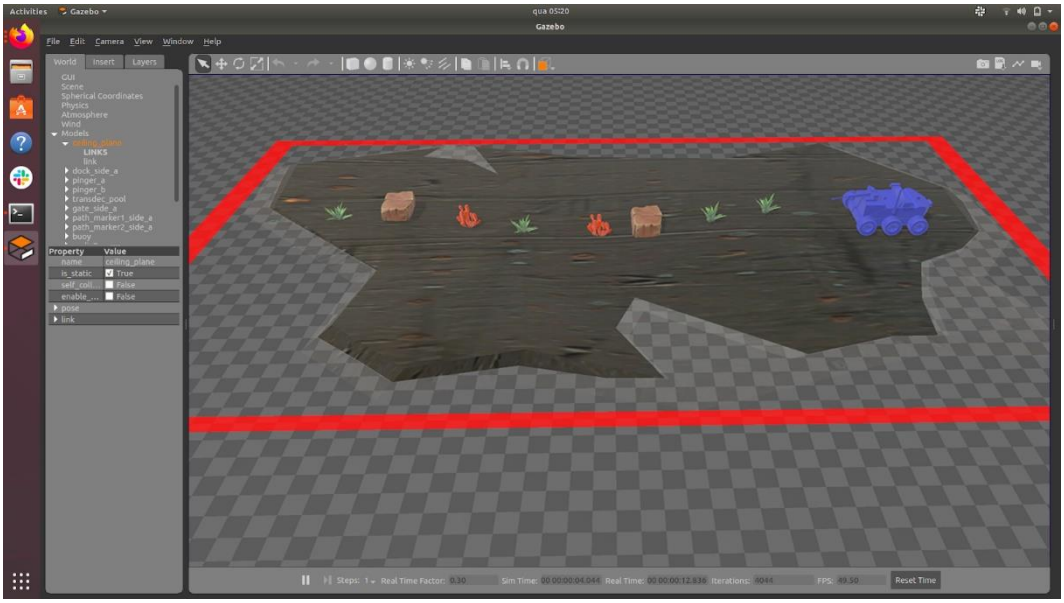
Aracın bazı parçalarını deneme amaçlı çıktı aldık. Hataları gördük ve deliklerin boyutlandırılmasında değişikliklere gittik. Bazı parçaları ise tamamen değiştirdik.



Şekil 23 3d yazıcıdan çıktı alınması

11.4 Simülasyon Testi

Gazebo dijital ortamında araç yürüyüş sistemi test edildi. Engellerin algılanıp algılanamadığı, aracın doğru zamanda kontrol edilip edilmediği görüldü. Program sayesinde aracın parkurda ne gibi zorluklarla karşılaşacağı ve bu zorluklara karşı nasıl tepki vereceği öngörüldü.



Şekil 24 Gazebo model ekranı

12. Referanslar

[1] URL, (2022). https://hascoding.com, Yokuş Yukarı Eğim (3 Mart 2022)
[2] URL, (2022). https://fizikdersi.gen.tr/, Aşağı Yönlü Eğim (22 Şubat 2022)
[3] URL, (2022). https://otomotivlab.net, Taşıtlarda Tahrik Kuvveti, Hız, Güç, Direnç Kuvvetleri ve İvme Hesabı (18 Şubat 2022)
[4] URL, (2022). You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection (8 Mart 2022)
[5] URL, (2022). Türk Doğa Ve Fen Dergisi (8 Mart 2022)
[6] URL, (2022). Kalman Filtresi ve Programlama (8 Mart 2022)
[7] URL, (2022). Korelasyon ve Kovaryans (8 Mart 2022)
[8] URL, (2022). OpenCv ve Kalman Filtresi ile nesne izleme ve tahmin (8 Mart 2022)
[9] URL, (2022). https://stringfixer.com (8 Mart 2022)
[10] URL, (2022). 3D Tracking with IMU (8 Mart 2022)
[11] URL, (2022). DeepSORT - DEEP LEARNING applied to OBJECT TRACKING (8 Mart 2022)
[12] URL, (2022). MOTOR SÜRÜCÜSÜ NEDIR? (3 Mart 2022)
[13] URL, (2022). IMU Nedir ? (3 Mart 2022)
[14] URL, (2022). Elektromanyetik Alan Ölçer (3 Mart 2022)
[15] URL, (2022). Jiroskop Nedir, Ne İşe Yarar? Jiroskop Nasıl Çalışır, Nerelerde Kullanılır? (3 Mart 2022)
[16] URL, (2022). Wheel Encoders (3 Haziran 2022)
[17] URL, (2022). IMU Contributions to Navigation and Safety for ADAS and Autonomous Vehicles (1 Mayıs 2022)
[18] URL, (2022). Sensor Technology in Autonomous Vehicles (3 Mayıs 2022)
[19] URL, (2022). A LIPO BATTERY GUIDE TO UNDERSTAND LIPO BATTERY (3 Mayıs 2022)
[20] URL, (2022). List of Unclassifed Manufacturers (15 Mayıs 2022)
[21] URL, (2022). Arduino ile L293D Motor Sürücü Kartı Kullanımı (10 Mayıs 2022)
[22] URL, (2022). HC-SR04 Datasheet, Equivalent, Ultrasonic Sensor (25 Mayıs 2022)

CORE