TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

TARIMSAL İNSANSIZ KARA ARAÇLARI YARIŞMASI

KRİTİK TASARIM RAPORU ŞABLONU

TAKIM ADI

A.K.T.A.

PROJE ADI

KA-FA 1500

BAŞVURU ID

394991

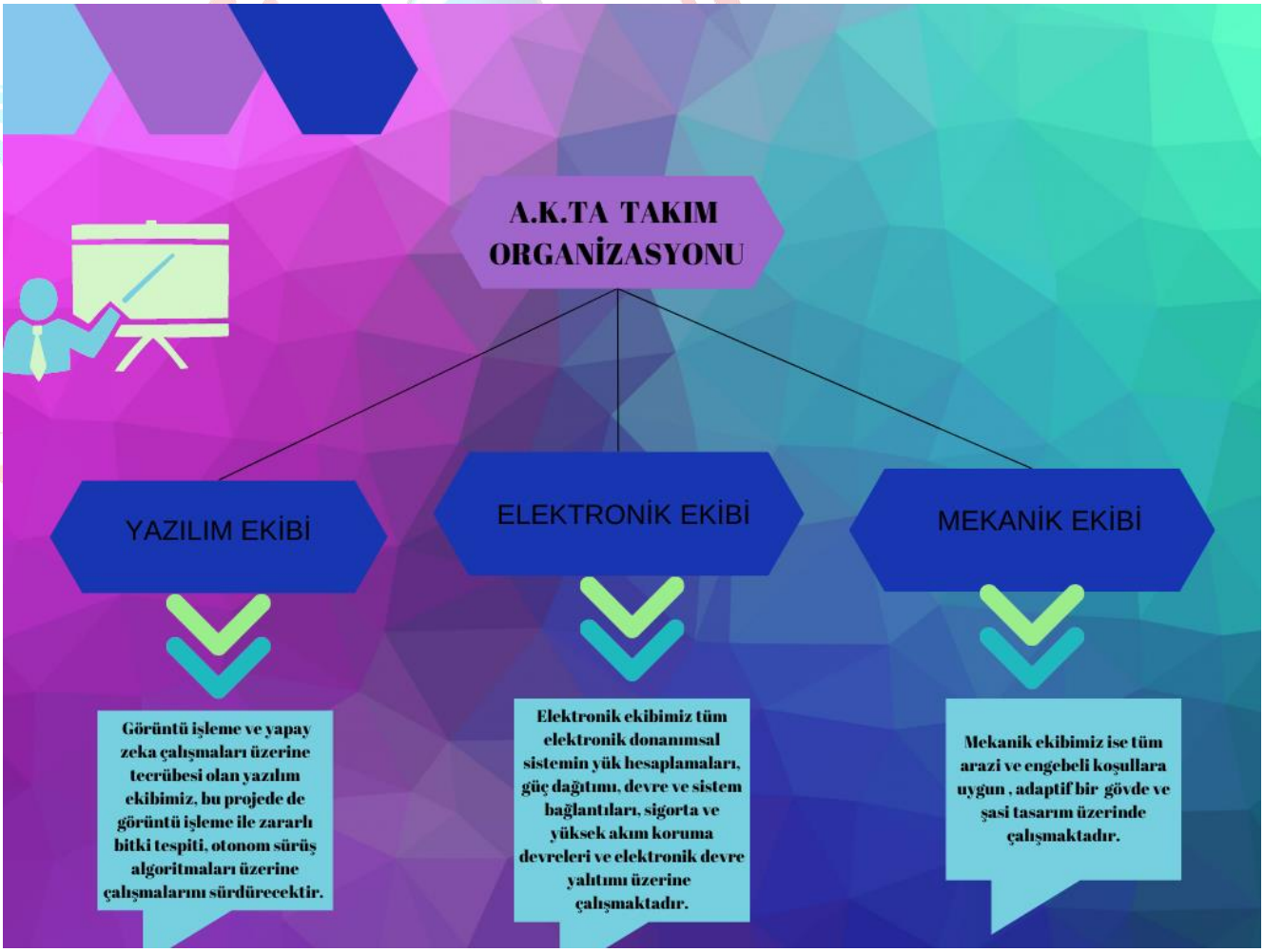
İÇERİK

1. Takım Organizasyonu 4
2. Ön Tasarım Raporu Değerlendirmesi 6
2.1 ÖTR Rapor Değerlendirilmesi 6
2.2 Yapılan Değişiklikler 6
2.3 Bütçe Karşılaştırılması 7
3. Araç Özellikleri 8
3.1 Mekanik Özellikleri 8
3.1.1 Yatay Düzlem Eğim Hesaplaması 10
3.1.2 Motor Hesaplaması 11
3.1.3 Motor Dişli Sistemi 12
3.1.4 Manevra Kabiliyeti 13
3.1.5 Soğutma Sistemi 13
3.2 Elektronik Özellikler 14
3.2.1 Güç Hesaplaması 15
3.3 Yazılımsal Özellikler 16
4. Sensörler 16
4.1 Sensörler 16
4.1.1 Kamera 16
4.1.2 Mesafe Sensörü 17
4.1.3 Sıvı Seviye Sensörü 17
4.1.4 Sıcaklık ve Nem Sensörü 17
4.1.5 GPS (Global Positioning System) 17
4.1.6 İvmeölçer ve Yön Ölçer 18
4.1.7 Barometre 18
4.2 Sensörlerin Araç Üzerindeki Konumları 18
5. Araç Kontrol Ünitesi 19
5.1 NVIDIA Jetson Nano Yapay Zeka Bilgisayarı 19
5.2 Pixhawk Otonom Sürüş Kartı 19
5.3 Veri Aktarımı 20
5.4 Arayüz Sistemi 20
6. Otonom Sürüş Algoritmaları 21
6.1 Zararlı Ot Tespiti 21
6.1.1 Veri Ön İşleme 21
6.1.2 Derin öğrenme 22

6.2 Engel Tanıma 22
6.3 Rota Belirleme 23
6.4 Çukur Tespiti 24
7. Yabancı Otla Zirai Mücadele Yöntemleri 24
8. Özgün Bileşenler 25
8.1 Yürüyüş Sistemi ve Adaptif Süspansiyon 25
8.2 Arayüz programı 25
8.2.1 Araç Bilgisi 26
8.2.2 Sistem Bilgisi 27
8.2.3 Kamera Durumu 27
9. Güvenlik Önlemleri 28
9.1 Batarya 28
9.2 Acil Durum Butonu 28
9.3 Güç Modülü 28
9.4 Sigorta 28
10. Simülasyon ve Test 28
10.1 Yazılımsal Simülasyon ve Testler 28
10.2 Mühendislik Analiz Sonuçları 29
10.3 Geliştirme Testleri 30
10.3.1 Elektronik Donanım Testleri 30
10.3.1.1 Doğruluk Testi 30
10.3.1.2 Kalibrasyon Testi 30
10.3.1.3 Elektriksel Test 30
10.3.2 Motor Testleri 30
10.3.2.1 DC Motor Testi 30
10.3.2.2 Su Pompası Testi 30
10.3.3 Haberleşme Testi 30
10.3.3.1 Haberleşme Modülü Testi 30
10.3.3.2 Arayüz Testi 31
10.3.3.3 Çekim Alanı Testi 31
10.3.4 Çevresel Testler 31
10.3.4.1 Termal Test 31
10.3.4.2 Eğimli Yüzey Testi 31
10.3.4.3 Sarsıntı/Titreşim Testi 31
10.3.5 Yazılımsal Testler 31

1. Takım Organizasyonu

AKTA takımı 2021 yılında çoğu Nişantaşı üniversitesinden olan lisans öğrencilerinin kurduğu bir rover takımıdır. Son bir yıldır TÜBİTAK-BİGG bünyesinde geliştirilen tarımsal insansız kara aracı projemizden elde edilen tecrübeyi Teknofest'te de sergilemeyi hedefliyoruz. Takımımız mekanik , elektronik ve yazılım olmak üzere üç ana alt ekipten oluşmaktadır. Görüntü işleme ve yapay zeka çalışmaları üzerine tecrübesi olan yazılım ekibimiz, bu projede de görüntü işleme ile zararlı bitki tespiti, otonom sürüş algoritmaları üzerine çalışmalarını sürdürecektir. Elektronik ekibimiz tüm elektronik donanımsal sistemin yük hesaplamaları, güç dağıtımı, devre ve sistem bağlantıları, sigorta ve yüksek akım koruma devreleri, kısa devre korumaları ve elektronik devre yalıtımı alanlarında çalışmaktadır. Mekanik ekibimiz ise tüm arazi ve engebeli koşullara uygun bir tasarım üzerinde çalışmaktadır. 6 aylık hedef planımız Tablo 1.1'de belirtilmiştir.



İP No	İP Adı	1	2	3	4	5	6
1	**Mekanik Ekibi**						
1.1	Taslak Tasarımların yapılması						
1.2	Süspansiyon sistemi tasarımı						
1.3	Gövde tasarımı						
1.4	Ağırlık merkezi hesapları						
1.5	Şasi özelliklerinin belirlenmesi						
1.6	Parçaların basımı						
1.7	Montajların tamamlanması						
2	Test ve İyileştirme						
2.1	**Yazılım Ekibi**						
2.2	Haritalama						
2.3	Görüntü işleme						
2.4	Gömülü yazılım						
2.5	Çekirdek Yazılımın Geliştirilmesi						
2.6	Otonom sürüş algoritmaları						
2.7	Simülasyon ve test						
3	**Elektronik Ekibi**						
3.1	Elektronik sistem hesaplamaları						
3.2	Elektronik devre bağlantıları						
3.3	Yüksek akım koruma devreleri						
3.4	Elektronik sistem yalıtımı						
3.5	Elektronik bağlantı testleri						

Tablo 1.1 Takım İçi Görev Dağılımı

Görev	Görev Birimleri	Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi	Durumu
Gövde Tasarımı	Mekanik	05.02.22	15.02.22	Tamamlandı
Süspansiyon Sistemi	Mekanik	19.02.22	14.03.22	Tamamlandı
Ağırlık Merkezi Hesabı	Mekanik	09.03.22	18.03.22	Tamamlandı
Parçaların 3 Boyutlu Basımı	Mekanik	17.05.22	17.06.22	Tamamlanmadı
Montajların Tamamlanması	Mekanik	18.05.22	28.06.22	Devam Ediyor

Arazi Testleri	Mekanik	30.06.22	05.07.22	Tamamlanmadı
Haritalama	Yazılım	04.04.22	29.05.22	Tamamlandı
Görüntü İşleme	Yazılım	07.02.22	05.06.22	Tamamlandı
Gömülü Yazılım	Yazılım	17.04.22	23.05.22	Tamamlandı
Çekirdek Yazılımın Geliştirilmesi	Yazılım	15.03.22	23.05.22	Tamamlandı
Otonom Sürüş Algoritmaları	Yazılım	27.03.22	17.06.22	Tamamlanmadı
Simülasyon ve Test	Yazılım	19.05.22	23.06.22	Tamamlanmadı
Elektronik Sistem Hesaplamaları	Elektronik	02.02.22	14.02.22	Tamamlandı
Devre Bağlantıları	Elektronik	16.03.22	29.03.22	Tamamlandı
Yüksek Akım Koruma Devreleri	Elektronik	04.04.22	17.04.22	Tamamlandı
Elektronik Sistem Yalıtımı	Elektronik	09.05.22	14.06.22	Tamamlanmadı
Elektronik Bağlantı Testleri	Elektronik	14.06.22	21.06.22	Tamamlanmadı

2. Ön Tasarım Raporu Değerlendirmesi

2.1 ÖTR Rapor Değerlendirilmesi

Ön Tasarım Raporu teslim edildikten sonra çalışmalarımızı hızlandırıp kaynak araştırmaları detaylandırılmıştır. Bunun sonucunda bazı değişikliklere gidilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. “2.2. Yapılan Değişiklikler” bölümünde ÖTR sonrası yapılan değişikliklerden bahsedilmiştir. ÖTR raporunun sonucunda tarafımıza iletilen rapor eksiklikleri doğrultusunda bahsedilen eksikler üzerine yoğunlaşılmıştır. Kritik tasarım raporunda ÖTR’den edinilen tecrübe ile daha fazla görsel kullanmaya özen gösterildi, kullanılan algoritmalar detaylandırıldı ve aracın genel hareketleri matematiksel formüller ile desteklenmiştir.

2.2 Yapılan Değişiklikler

Yürüyüş sisteminde İKA’nın dönüşünü kolaylaştırmak amaçlı kullanılması planlanan servo motorların kullanılmasından vazgeçilmiştir. Vazgeçilme sebepleri: İKA’ya fazladan ağırlık katması, fazladan güç çekmesi, servo motor için özel olarak yapılması planlanan parça yuvasının 3B yazıcıda

basılarak fazladan malzeme tüketmesi ve skid-steer dönüş mekanizmasına geçilmesidir. Skid-steer mekanizmasında aracın döneceği tarafta olan motorlar geri yönde, diğer taraftaki motorlar ise ileri yönde dönerek noktasal dönüş sağlanmış olur. Ön tasarım raporunda belirtilen gövde tasarımının değişmesine karar verilmiştir. Bunun sebebi ise estetik açıdan hoş görünmemesi ve küçük boyutlara sahip olan panonun ilaçlama suyu ile birlikte elektronik aksamlarının hepsini içerisinde bulundurması için gerekli alan olmamasıdır. Bu sebeplerden dolayı gövde tasarımının araç özellikleri başlığı altında belirtildiği gibi olmasına karar verilmiştir. İlaçlama sisteminin aracın yan tarafına alınmasına ve dikey yönde servo motor kontrolü ile hareket kabiliyeti kazandırılmasına karar verilmiştir. Yazılım tarafında daha verimli bir algoritmaya geçilmesine karar verilmiş ve bu doğrultuda Jetson Nano'nun ana kontrol bilgisayarı yapılmasında karar kılınmıştır.

2.3 Bütçe Karşılaştırılması

MALZEME	*ADET*	*FİYAT*	*MALZEME*	*ADET*	*FİYAT*
Jetson Nano	*1*	*8060 ₺*	*Dc motor*	*6*	*660 ₺*
Motor Sürücü Kartı	*3*	*108 ₺*	*Analog sıvı seviye sensörü*	*1*	*6 ₺*
NRF24L01	*4*	*140 ₺*	*Sıcaklık sensörü*	*1*	*25 ₺*
Pixhawk seti	*1*	*7290 ₺*	*Servo motor*	*1*	*94 ₺*
AT9S PRO 12 kanal kumanda	*1*	*3012 ₺*	*Kamera*	*2*	*660 ₺*
22000mAh Li-ion pil	*30*	*1611 ₺*	*Mini dalgıç su pompa*	*1*	*21 ₺*
Voltaj regülatörü	*1*	*95 ₺*	*Arduino nano*	*1*	*123 ₺*
Alüminyum profil	*2*	*320₺*	*Mekanik sarf malzeme*		*600 ₺*
Wifi adaptör ağ kartı	*1*	*95 ₺*	*Raspberry pi*	*1*	*3188 ₺*
			Servo Motor	*6*	*320 ₺*
Elektronik sarf malzeme	*1*	*2520 ₺*	*TOPLAM*		*26903 ₺*

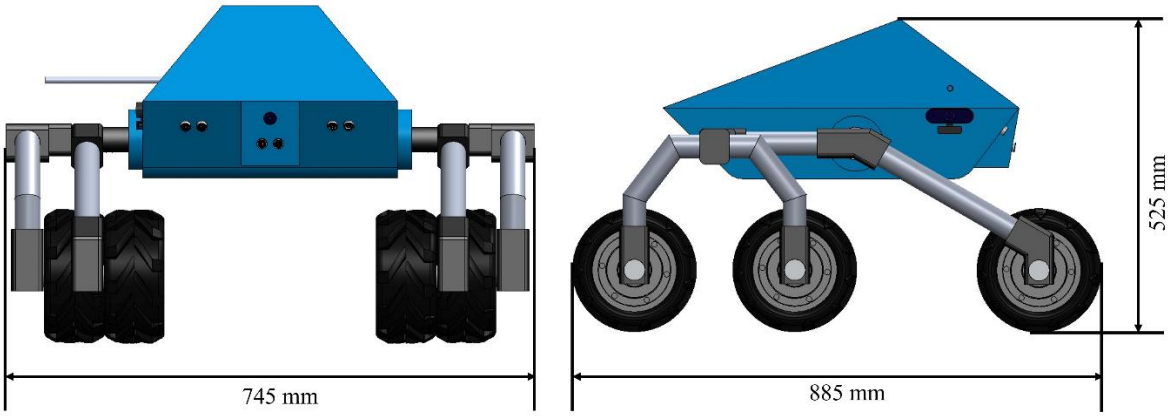
Tabloda kırmızı ile belirtilen malzemeler ÖTR'den sonra malzeme listesinden çıkartılmıştır. Yerlerine yeşil renkteki malzemeler eklenmiştir.

3. Araç Özellikleri

Yarışma kapsamında, otonom sürüş arayüzlerine sahip bir araç kullanılacaktır. Aracın yazılımsal, elektronik ve mekanik özellikleri aşağıdaki üç bölümde detaylı anlatılacaktır.

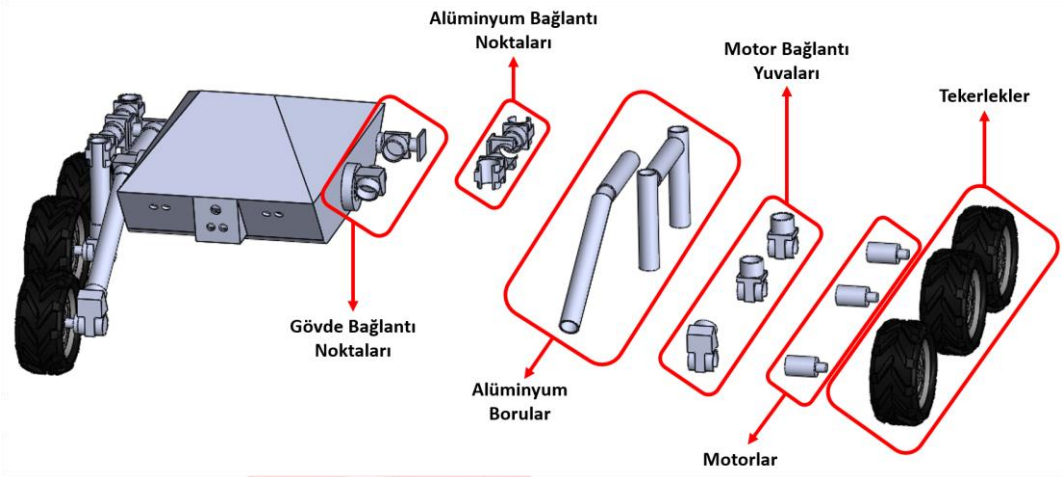
3.1 Mekanik Özellikleri

TEKNOFEST isterleri doğrultusunda tasarlanan İKA gövdesi, adaptif süspansiyon sistemi ile arazi koşullarına en uygun şekilde anlık olarak adapte olabilmektedir. Geliştirilen araç 525 mm yüksekliğe, 885 mm uzunluğa ve 745 mm genişliğe sahip olacaktır. Tarımsal İKA'nın boyutları Şekil 3.1.1'de araç üzerinde de gösterilmektedir.



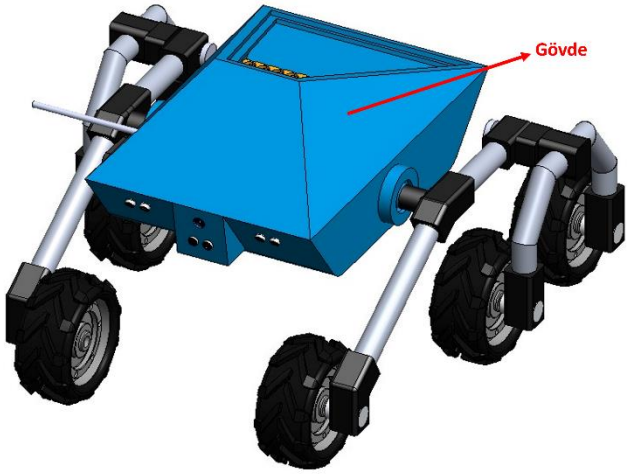
Şekil 3.1.1: Tarımsal İKA'nın Ön ve Yan Profilden Araç Ölçülerinin Gösterilmesi

Aracın tasarımı yapılırken gövde üzerinde bulunan elektronik sistemin, kameranın ve sensörlerin en az sarsıntıya maruz kalması ve en doğru noktada, yönde ve açıda konumlandırılması amaçlanmıştır, gövde tasarımı bu doğrultuda geliştirilmiştir. Aracın şasi ile gövdesi arasında 3 noktadan bağlantı yapılacaktır. Yürüyüş sistemi 6 motordan oluşacak şekilde belirlenmiş ve tasarlanmıştır. Arka ve orta tarafta yer alan tekerleklerin uzatma bağlantıları aynı noktadadır. Böylelikle arkada ve ortada yer alan bu 4 tekerleğin oynar biçimde olması sağlanmıştır. Bu şekilde yapılmasının amacı, çukurlara girip çıkarken sarsıntı durumunu ortadan kaldırmaktır. Şekil 3.1.2'de yürüyüş sisteminde bulunan parçaların görünümleri yer almaktadır. Oluşturulan bu görüntü tarımsal İKA'nın tek bir tarafına yapılmış olup diğer tarafı sabit bırakılarak asıl görüntüyle karşılaştırma imkanı sunmaktadır. Patlatma görüntüsü sayesinde parçaların adet sayısına ilişkin olan bilgiyi kolay bir şekilde elde edilebilmektedir.



Şekil 3.1.2: Yürüyüş Sisteminin Patlatma Görüntüsü

Yürüyüş sisteminin gövdeye bağlandığı kısımlardan adaptif süspansiyon sistemi entegre edilmiştir. Adaptif süspansiyon sistemi, gövdenin sabit kalmasını amaçlayarak tekerleklerin her yöne oynatılabilmesi sağlar. Süspansiyonun uzantıları sayesinde tek bir tekerleğin oynatılması durumunda da gövdenin konumu sabit kalmaktadır, uzantılar hareket etmektedir. Adaptif süspansiyon sistemi ile arazide karşılaşılabilecek çukur, taş, tümsek gibi etkenlerden en az şekilde etkilenmesi ve gövdenin maksimum stabilite ile görevine devam etmesi amaçlanmıştır. Aracın şasi kısmı alüminyum-PLA entegrasyonu ile üretilecek, gövde kısmı ise PLA malzemeden, 3 boyutlu yazıcıda basılacaktır. Tarımsal İKA'nın son olarak revize olmuş gövde tasarımı Şekil 3.1.3'te gösterilmektedir. Araçta 6 adet DC motor kullanılacak ve istenilen optimum tork dişli sistemi ile sağlanacaktır. Dişli sisteminin hesaplamaları "3.1.3 Motor Dişli Sistemi" başlığı altında gerçekleştirilmiştir. Böylelikle İKA'nın arazide kolaylıkla yol alması sağlanacaktır. Aracın 15 kg ağırlığında olması beklenmektedir.



Şekil 3.1.3: Gövdenin Tasarımı ve Tasarıma Genel Bakış

Şekil 3.2'de aracın son üretilmiş hali yer almaktadır.

Şekil 3.2: Tarımsal İKA Aracına Bakış

3.1.1 Yatay Düzlem Eğim Hesaplaması

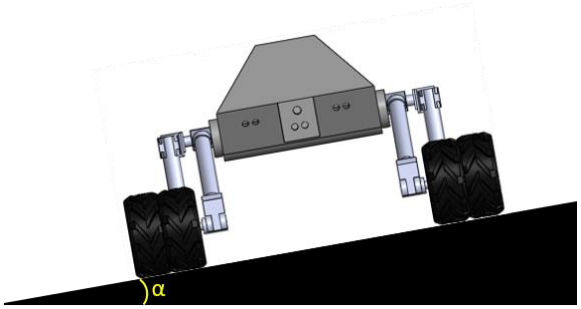
Tarımsal İKA'nın yatay düzlemde çıkabileceği yanal eğim hesaplaması için kullanılacak olan formül Denklem (3.1.1)'de gösterilmektedir.

$$W = 2 \, x \, h \, x \, tan(a) \qquad \text{Denklem (3.1.1)}$$

Denklem (3.1.1)'de W, iki teker arasındaki uzaklığı; h, tarımsal İKA'nın yüksekliğini; a, yanal eğim açısını göstermektedir. Denklem (3.1.1) düzenlendiğinde aşağıdaki Denklem (3.1.2) elde edilmektedir.

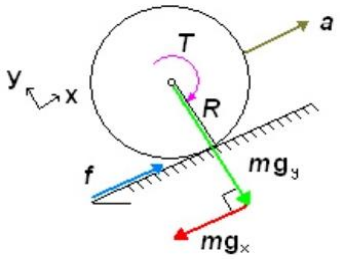
$$a = arctan\left(\frac{W}{2h}\right) \qquad \text{Denklem (3.1.2)}$$

İki teker arası mesafe (W) 65 cm ve tarımsal İKA'nın yüksekliği (h) 52.5 cm olduğuna göre Denklem (3.1.2)'de veriler yerine konulursa a değeri yaklaşık olarak 31.76º olmaktadır. Böylelikle istenilen eğim, tasarlanılan ve üretilen tarımsal İKA tarafından çıkılabildiği ispatlanmıştır. Şekil 3.1.4'de yatay düzlemle birlikte tarımsal İKA'nın görseli yer almaktadır.

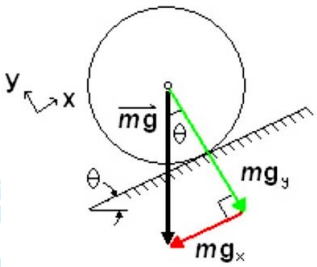


Şekil 3.1.4: Tarımsal İKA'da Yatay Düzlem Hesabı

3.1.2 Motor Hesaplaması



Şekil 3.1.6: Tork, İvme ve Sürtünmenin Gösterimi



Şekil 3.1.5: Ağırlık Bileşenlerinin Gösterimi

Tarımsal İKA'nın hızlanma veya yavaşlama olmadan eğimden aşağıya yuvarlanmasına neden olan yerçekimi etkisine engel olabilecek kadar yerçekimine karşı koyacak bir tork üretmesi gereklidir. Eğimli yüzeyde ağırlığın sadece yüzeye paralel olan bileşeni tarımsal İKA'nın aşağı yönde hareket etmesine sebep olmaktadır. Diğer bileşen tekerleklerin yüzeye uyguladığı normal kuvvet ile dengelenmektedir. Bu durumun kinematik şeması Şekil 3.1.5'de yer almaktadır. Tarımsal İKA'nın eğimden aşağıya kaymaması için tekerlekler ile yüzey arasında sürtünme olması gereklidir. Torku üreten tekerlekler değil, sürtünmedir. Şekil 3.1.6'te bir teker üzerindeki ivmenin yönü, sürtünmenin yönü ve torkun yönü detaylı olarak gösterilmiştir. Tork, sürtünme kuvveti ile yarıçap çarpıldığında bulunmaktadır. Bu eşitlik Denklem (3.1.3)'te yer almaktadır.

$$T = R \, x \, f \qquad \text{Denklem (3.1.3)}$$

x yönündeki kuvvetlerin dengelenmesine bakıldığında Denklem (3.1.4) elde edilmektedir.

$$\sum F_x = m \, x \, a = f - (m \, x \, g_x) \qquad \text{Denklem (3.1.4)}$$

Denklem (3.1.3), Denklem (3.1.4)'te yerine konulursa aşağıdaki Denklem (3.1.5) elde edilmektedir.

$$m \, x \, a = \left(\frac{T}{R}\right) - (m \, x \, g \, x \, sin(a)) \qquad \text{Denklem (3.1.5)}$$

Denklem (3.1.5)'te ifade edilen eşitlikten tork çekildiğinde Denklem (3.1.6) elde edilir.

$$T = R\ x\ m\ x\ [a + (g\ x\ sin(a))] \qquad \text{Denklem (3.1.6)}$$

Denklem (3.1.6)'daki tork değeri tarımsal İKA'nın toplam torkunu göstermektedir. Her bir tahrik motorunun gerekli torkunu elde etmek için toplam torkun toplam tahrik tekerleği sayısına (N) bölünmesi gereklidir. Bu eşitlik Denklem (3.1.7)'de gösterilmektedir.

$$T = [R\ x\ m\ x\ (a + g\ x\ sin(a))]\ /\ N \qquad \text{Denklem (3.1.7)}$$

Son olarak motorlardaki verimlilik yüzdesi (e) eklenmesi gereklidir.

$$T = [(100/e)\ x\ R\ x\ m\ x\ (a + g\ x\ sin(a))]\ /\ N \qquad \text{Denklem (3.1.8)}$$

Verim sabit olarak alınacağından %65 kabul edilecektir. Tekerlek yarıçapının (R) 0.19 m; tarımsal İKA'nın ağırlığının (m) 15 kg; ivmenin (a) 1.5 m/s^2; yerçekimi ivmesinin (g) 9.81 m/s^2; eğim açısının (a) 10º; motor sayısının (N) 6 olduğu bilindiğine göre değerler Denklem (3.1.8)'de yerlerine konulduğunda motor başına düşen tork değeri 2.45 Nm olmaktadır. [1] Seçilen DC motorun özelliklerine bakıldığında 55W zorlanma gücüne ve 21000 rpm hızına sahiptir. DC motorun tork (T) - hız (N) - güç (P) ilişkisi Denklem (3.1.9)'daki gibi verilmektedir..

$$T(Nm) = (P(kW)\ x\ 9550)\ /\ N(rpm) \qquad \text{Denklem (3.1.9)}$$

Değerler yerine konulduğunda DC motorun torku 0.025 Nm çıkmaktadır. Bu tork istenilen tork değerine göre yetersiz kaldığından motorlara dişli sistemi tasarlanılarak tork arttırımına gidilecektir.

3.1.3 Motor Dişli Sistemi

Motor başına düşen tork değeri hesaplandığında 2.45 Nm ve DC motorun torku hesaplandığında 0.025 Nm çıkmaktadır. Bunun için dişli sistemi tasarlamak gereklidir. Giriş ve çıkış tork kuvvetlerinin birbirlerine oranları, giriş ve çıkış dişli sayılarının birbirlerinin oranlarına eşit olur. Böylelikle torku yükseltilebilir fakat bu hızın düşmesine de sebep olur. Aracın gideceği hızın çok fazla olmaması gerektiğinden hızın düşmesi çok önemli bir durum arz etmemektedir. Önemli olan torkun yükseltilebilme durumudur.

$$T_2\ /\ T_1 = N_2\ /\ N_1 \qquad \text{Denklem (3.1.10)}$$

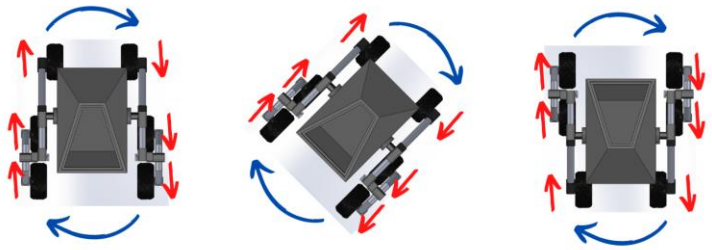
100 çıkış/giriş oranına sahip dişli sistemi kullanılarak istenilen tork kuvveti elde edilebilecektir.

$$T_2 \,/\, 0.025 \;=\; 100 \qquad \text{Denklem (3.1.11)}$$

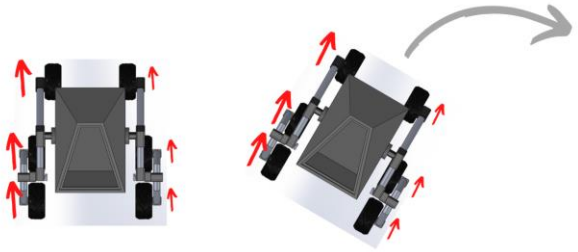
Denklem (3.1.10)'un sonucunda çıkış torku, 2.5 Nm olmaktadır. Bu da istenilen torku karşılamak için yeterlidir. Torkun fazla artışı istenilen hız sürüşünü etkilemeyecektir. Aracın çok hızlı değil, uygun bir şekilde yavaş-orta hızlarda gitmesi planlanmaktadır.

3.1.4 Manevra Kabiliyeti

Tarımsal İKA'nın dar alanlarda dönme ve manevra kabiliyetini arttırmak için skid-steering mekanizması tercih edilmiştir. Bu mekanizmada dönülecek olan yöndeki motorlar geriye çevrilerek dönüş sağlanır. Dönüş geniş açıdan alınmak istenirse dönülecek olan taraftaki motorlar



Noktasal Dönüş



Geniş Açılı Dönüş

yavaşlatılarak dönüş sağlanır.

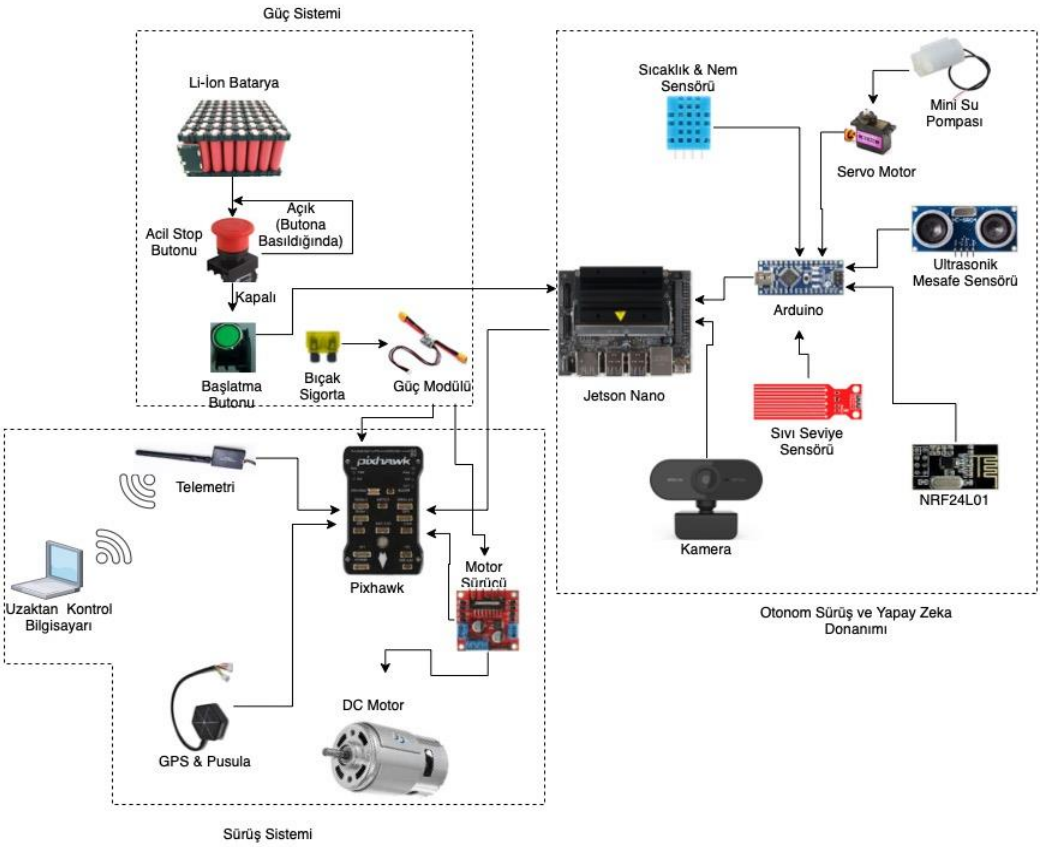
3.1.5 Soğutma Sistemi

Görüntü işleme algoritmaları için kullanılan yapay zeka bilgisayarı jetson nanonun uygun sıcaklıkta olması donanım potansiyeli için çok önemlidir. Uygun sıcaklığı yakalamak için soğutucu fan kullanılacaktır. Jetson işlemcisinin sıcaklığını gerçek zamanlı olarak arayüze basmak için linux terminalinden "/sys/class/thermal/thermal_zone0/temp" komutu kullanılacaktır. Şekil 3.1.7'de soğutma sisteminin bir görseli paylaşılmıştır.

Şekil 3.1.7: Soğutma Sistemi

3.2 Elektronik Özellikler

Yarışma isterleri doğrultusunda geliştirilecek olan tarımsal İKA otonom olmalıdır. Bu doğrultuda geliştirilen elektronik sistemde Otonom Sürüş Kartı olarak Pixhawk ve Yapay Zeka Bilgisayarı olarak Jetson Nano kullanılacaktır. Jetson nano, kameradan aldığı görüntüyü ve araç üzerindeki sensörlerden aldığı verileri sentezledikten sonra işleyecek ve otonom sürüş algoritması çıkartacaktır. Oluşturduğu algoritmayı Pixhawk kartına gönderecektir. Pixhawk, kendisine atanan görevi gerçekleştirebilmek adına motorlara sinyal göndererek hareketi başlatacaktır. Sistemde ilaçlama sistemi yer alacak, Jetson Nano'dan gelen komut doğrultusunda ilaçlama işlemini gerçekleştirecektir.



Şekil 3.2.1: Elektronik Sistemin Güç Dağılımı

Elektronik bileşenlerin mekanik sisteme yerleştirilmesi şu şekilde yapılacaktır: Kamera ve mesafe sensörleri, engelleri ve bitkileri rahatlıkla algılayabilmesi amacıyla aracın önünde yer alacaktır. İlaçlama mekanizması, aracın önündeki zararlı bitkiyi daha kolay imha etmesi amacıyla kamerayı engellemeyecek ve dikey eksende hareket edebilecek şekilde, aracın üst ve yan tarafında yer alacaktır. İlaç deposu, aracın hareketinin stabilitesinin minimum düzeyde etkilenmesi amacıyla ağırlık merkezine en yakın noktada konumlandırılacaktır. Batarya paketi, aracın hareketinin stabilitesinin minimum düzeyde etkilenmesi amacıyla ağırlık merkezine en yakın noktada konumlandırılacaktır. Pixhawk (otonom sürüş kartı) ve Jetson Nano (yapay zeka bilgisayarı), kablolama işleminde karmaşayı en aza indirmek amacıyla elektronik sistemlerin yoğunlukta bulunduğu kısma, aracın ön tarafına yakın konumlandırılacaktır. Aracın ana hareketini sağlayacak olan DC motorlar her bacak üzerinde 1 tane, toplamda 6 tane olacak şekilde yerleştirilecektir.

Elektronik bileşenler, paket haline getirilmiş Li-ion pillerden güç alacaktır. Li-ion batarya, ilk olarak güç modülüne ve Jetson Nano'ya güç verir. Güç modülünden ESC'ler ve Pixhawk'ın enerjilendirilmesi yapılır. Pixhawk kartının üzerinde sensörlerin, telemetri modülünün, anahtarın ve motorların güçlendirilmesi ve kontrolü için bağlantı yerleri bulunmaktadır. Bu bağlantı yerlerinden GPS, anahtar, buzzer, telemetri modülü, RC alıcı ve DC motorların güç dağıtımı sağlanmaktadır. Jetson Nano'ya bağlı olan kamera görüntüyü alarak görüntü işlemeyi gerçekleştirecek ve zararlı bitki olması durumunda ilaçlama sisteminin devreye girmesini sağlayacaktır. Aynı zamanda arduino nano ve mesafe sensörleri de jetson nano üzerine bağlanacağından güçlerini de oradan alacaktır. Şekil 3.2.1'de elektronik sistemin güç dağıtım bilgisi grafiksel olarak verilmektedir.

3.2.1 Güç Hesaplaması

Malzeme İsmi	Güç Tüketimi (Watt)	Malzeme İsmi	Güç Tüketimi (Watt)
Jetson Nano	5	Servo Motor	1,44
Arduino Nano	0,095	Su Pompası	0,65
Mesafe Sensörü	0,225	GPS	0,3685
Sıcaklık ve Nem Sensörü	0,0125	Buzzer	0,15
Sıvı Seviye Sensörü	0,1	Telemetri Vericisi	0,1
Kamera	1,6	DC Motor	100,8

Tablo 3.2.1: Elektronik Bişleşenlerin Güç Tüketim Çizelgesi

Tablo 3.2.1'de belirtilen elektronik bileşenlerin güç tüketimleri gösterilmiştir. Toplam tüketilen güç 110.541 Watt olmaktadır. Sistemin kaç saat aktif olabileceğini hesaplamak için giriş gücünü bilmek gereklidir. Bunun için Denklem (3.2.1)'deki formül kullanılmaktadır.

$$P_{giriş} = I_{giriş} \ x \ V_{giriş} \qquad \text{Denklem (3.2.1)}$$

Belirtilen giriş akımı 26A ve giriş voltajı 11.1V'dur. Böylelikle giriş gücü 288.6 Watt olmaktadır. Sistemin kaç saat çalıştığını bulmak için Denklem (3.2.2)'den yararlanılır.

$$t = P_{giriş} \ / \ P_{tüketilen}$$ Denklem (3.2.2)

Giriş gücü; tüketilen güce bölündüğünde sonuç, 2.61 olmaktadır. Tasarlanılan elektronik sistemin gücü, 2 saat 36.6 dakika boyunca aktif olarak tam kapasite çalışabilmektedir.

3.3 Yazılımsal Özellikler

Araç arayüz yazılımı Python ile programlanacaktır. Program Jetson Nano yapay zeka bilgisayarı üzerinde çalışacaktır. Burada arayüz destekli çekirdek yazılımımız diğer yazılımları, otonom sürüş ve haritalama algoritmalarımızı, gömülü sistem kontrolcülerimizle haberleştiren master konumundadır. Pyqt5 adlı Python kütüphanesi ile aracın kameralardan aldığı görüntü, gömülü sistemi kontrol eden Arduino'dan aldığı ve verdiği veriler, haritalama ve otonom sürüş algoritmalarının durumu gösterilecektir. Burada ROS (Robot Operating System) , Mission Planner gibi programlarda yapılan simülasyon, test işlemleri kendi bilgisayarlarımızda gerçekleştirildikten sonra bütün yazılım Jetson nano üzerine kurulacak ve buradan kontrol edilecektir. Yazılım mimarimizde asıl hedeflenen çekirdek yazılım etrafında görüntü işleme, arayüz desteği, gömülü sistem ile haberleşme ve otonom sürüş algoritmalarının çalıştırılması gibi ekstra özelliklere bölünmüş sistemleri tek çatı altında en optimize şekilde toplamak ve geliştirmektir. Haritalama, görüntü İşleme ve otonom sürüş ile ilgili detaylı bilgiler Bölüm 6'da verilmiştir. Diğer yandan Python ile geliştirilen ve tamamen özgün olan yazılımlar bir versiyon kontrol sistemi olan Gitlab üzerinden geliştirilmektedir. Burada, bu kadar sistemi tek yerden kontrol ederken tamamen Multithreading gibi paralel programlama yöntemleri ile çalışan çekirdek yazılımımız böylelikle çağrı ve istek yapan herkese en hızlı şekilde cevap verebilmektedir. Geliştirilen bu yazılımla hedeflenen işlem, araç içi karar sistemini en optimize seviyeye çıkarmaktır.

4. Sensörler

Aracın otonom hareketi sırasında bitki, engel ve zararlı ot ayrımında kullanılan görüntü alacak, ilaçlamanın yapılabilmesi için mesafe ölçecek, konum bilgisi verecek, ivme/yön/eksen bilgisi verecek, sıcaklık ve nem bilgisi verecek ve ilaç deposundaki sıvının miktarını ölçecek olan sensörler aşağıdaki gibidir:

4.1 Sensörler

4.1.1 Kamera

Kamera olarak 1 adet 1080P Full HD bir webcam kullanılmaktadır. Kamera, aracın ön tarafına yerleştirilmiştir. Ön taraftan gelen anlık görüntü alınacak ve bu görüntü, görüntü işleme teknikleri kullanılarak engel, bitki veya zararlı ot olacak şekilde sınıflandırılması gerçekleştirilecektir.

4.1.2 Mesafe Sensörü

Mesafe sensörü olarak 3 adet HC-SR04 sensörü kullanılmaktadır. Bu sensörler, aracın ön kısmına sağ, sol ve ortaya birer adet olacak şekilde yerleştirilmiştir. Konumlandırılan sensörler, aracın önündeki cismin uzaklığını ve aracın sağ/orta/sol eksenlerinden hangi tarafında olduğunu saptayacaktır; aynı zamanda ilaçlama işlemi için gerekli olan mesafe verisini verecektir. [1]

4.1.3 Sıvı Seviye Sensörü

Arduino kartlarda kullanmak için geliştirilen kırmızı PCB sıvı seviye sensöründen 1 adet kullanılmaktadır. Bu sensör ilaç haznesi içerisine yerleştirilmiştir. Haznede kalan sıvı seviyesini, PCB kartın üzerinde bulunan paralel iletken çubuklar sayesinde ölçerek arayüz üzerinde gösterecektir.

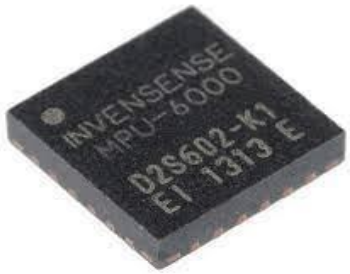
4.1.4 Sıcaklık ve Nem Sensörü

Araç üzerine, ortamın nem ve sıcaklığını ölçüp arayüze basabilmesi adına bir adet DHT11 sıcaklık ve nem sensörü kullanılmaktadır. Bu sensör sayesinde araç bir yandan zararlı bitki imhası yaparken bir yandan da ortam sıcaklığını kontrol altında tutarak bitkilerin ölmesini engellemede rol oynayacaktır.

4.1.5 GPS (Global Positioning System)

Araç üzerinde 1 adet RadioLink SE100 GPS modülü kullanılmaktadır. Bu sensör, geliştirdiğimiz tarımsal İKA'nın (Tarımsal İnsansız Kara Aracı) yarışma alanı içerisinden çıkmadan görev icra edebilmesinde rol oynayacaktır ve aracın tam konumunu saptayarak harita üzerinde görev ataması yapılabilmesini sağlayacaktır. İletişim sıkıntısı yaşanmaması adına gövdenin dış yüzeyine yerleştirilmiştir. [3]

4.1.6 İvmeölçer ve Yön Ölçer

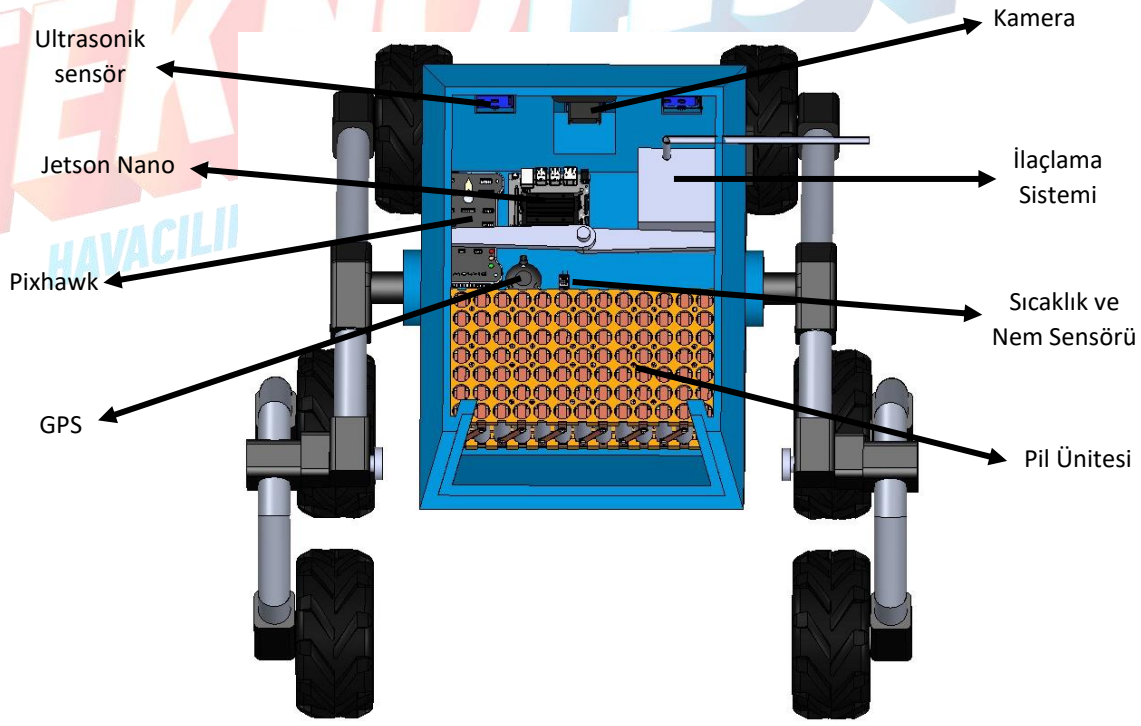


Kullanılan Pixhawk Kontrol Kartı üzerinde gömülü olarak gelen MPU6000 ivmeölçer ve yön ölçer sensörü, aracın hızını, ivmesini ve dönüş yönünü hesaplayarak tarım arazisi içerisindeki mutlak pozisyonunun saptanmasını sağlamaktadır. En yüksek doğrulukta veri alabilmek adına araç gövdesinin iç alanına, orta kısma konumlandırılmıştır.

4.1.7 Barometre

Kullanılan Pixhawk Otonom Kontrol Kartı üzerinde gömülü olarak gelen MEAS Barometre hava basıncı ölçmekte ve bu veriyi kullanarak geliştirilen aracın rakım bilgisini vermektedir. En yüksek doğrulukta veri alabilmek adına araç gövdesinin iç alanına, orta kısma konumlandırılmıştır.

4.2 Sensörlerin Araç Üzerindeki Konumları



Şekil 4.2.1: Elektronik Bileşenlerinin Gösterimi

Şekil 4.2.1'de yer alan tarımsal İKA'nın elektronik bileşenlerinin konumları gösterilmektedir.

5. Araç Kontrol Ünitesi

Araç kontrol ünitesi üzerinde; Pixhawk (otonom sürüş kartı), Jetson Nano (yapay zeka bilgisayarı), Arduino (mikrokontrolcü), çeşitli sensörler (kamera, mesafe sensörü, sıvı seviye sensörü, sıcaklık ve nem sensörü, GPS sensörü, ivmeölçer ve yönölçer sensörü, barometre sensörü), haberleşme modülleri (telemetri ve NRF24L01 modülü) ve motor elemanlar bulunmaktadır. Aracın kontrolü, kumanda ile gerçekleştirilebilmesinin yanısıra Pixhawk ve Jetson Nano iletişimi ile otonom olarak da sağlanabilecektir. Manuel ve otonom mod arasında geçiş yapılması kumanda üzerinde bulunan toggle switch ile sağlanacaktır. Manuel mod, yarışma süreci içerisinde yalnızca yarışmanın başında aracı kumanda ile kontrol modundan çıkartıp otonom moda geçirmekte kullanılacaktır. Pixhawk ve Jetson Nano'nun haberleşmesi ve görev icrasında özgün olarak geliştirilen yazılımlar kullanılacaktır. Araç kontrol arayüzü olarak özgün şekilde geliştirilen veri izlemeye, görev ataması yapmaya ve acil müdahale yapmaya imkan tanıyan araç kontrol arayüzüne ek olarak Mission Planner arayüzü kullanılacaktır.

5.1 NVIDIA Jetson Nano Yapay Zeka Bilgisayarı

Jetson Nano, aracımızın dışındaki çevresel faktörleri kamera ve çeşitli sensörler aracılığıyla veri halinde alarak NRF24L01 radyo frekans modülü üzerinden uzaktan kontrol bilgisayarına göndermektedir. Bunun yanı sıra araç üzerindeki en önemli işlevi, TİKA'nın beyni olarak yine çevresel faktörlerden aldığı verileri kullanmakta ve bu sayede görüntü işleme, otonom sürüş algoritması, engel tespit algoritması, ilaçlama sistemi nişan alma algoritması gibi işlemleri gerçekleştirmektir. [3]

5.2 Pixhawk Otonom Sürüş Kartı

Pixhawk, Jetson Nano'ya bağlı olarak çalışacaktır. Jetson'un oluşturduğu sürüş algoritmasını kullanarak aracın yürütülmesini ve motor fonksiyonlarının yerine getirilmesini kontrol edecek ve uygulayacaktır. [3]

5.3 Veri Aktarımı

Araç üzerindeki sensörlerden toplanan verileri arayüze göndermek için NRF24L01 kablosuz haberleşme modülü kullanılacaktır. Bu modül; batarya seviyesini, tarım alanında kat edilen yol, gerçekleştirilen görev gibi verileri tasarlanan arayüze aktarılmasını sağlayacaktır. NRF24L01 alıcı-verici modülü, engelsiz olarak 1000 metreye kadar kablosuz iletişimi sağlamaktadır. NRF24L01 alıcı-verici modülünün başlıca tercih edilme sebepleri şunlardır:

- Range aralığının yüksek,
- Maliyetinin düşük,
- Çalışma voltajının düşük (3.3-3.6 V),
- Çektiği maksimum akımın az (115 mA),
- Multi frekansının yüksek

olmasıdır. NRF modülü kullanıldığından haberleşme protokolü olarak SPI haberleşme protokolü kullanılacaktır. SPI haberleşme protokolünün sistemimize en büyük katkısı, MCU (Micro Controller Unit)'dan sadece 2 pin kullanılarak birden fazla SPI haberleşme protokolüne sahip olan sensörlerin, alıcı-verici gibi modüllerin kullanılmasına yardımcı olmasıdır. Bu yüzden bu haberleşme protokolü elektronik sistemimize de katkı sağlamaktadır. NRF modüllerinin haberleşmesini sağlayabilmemiz için anten gereklidir. Bu sebeple, dişi konnektör uçlu SMA anten kullanılacaktır. Kullanılacak olan antenin özellikleri:

- 2.2 dBi kazanca sahip olması,
- Dikey ve doğrusal polarlamalı olması,
- 2.4~2.5 GHz frekansa uyumlu olması

şeklinde sıralanabilmektedir.

5.4 Arayüz Sistemi

Tarımsal İKA, uzak bilgisayarda çalışan bir arayüz sisteminden de kontrol edilebilecektir. Arayüz sistemine sahip olan uzaktan kontrol bilgisayarının tarımsal İKA'ya müdahalede bulunabilmesi için bilgisayara bağlı bir elektronik donanım olacaktır. Bünyesinde NRF vericisi bulunduran bu elektronik donanım, tarımsal İKA üzerinde yer alan NRF alıcı modülü sayesinde araç ile bağlantı sağlayabilecek ve bilgisayardan gelen komutu, MCU'ya yazılan yazılım sayesinde araçla iletişim kurabilecektir.

6. Otonom Sürüş Algoritmaları

Teknofest tarafından gönderilen örnek yapay ot sayesinde video kaydı, fotoğraf çekimi gibi elde edilen verilerden; belirli açıyla döndürme, fotoğrafa gürültü, yabancı nesne ekleme gibi görüntü işleme teknikleriyle eldeki veri çoğaltılmıştır. Veri etiketleme için yolo v4'e uygun, Python programlama dili ile yazılmış etiketleme programı ile etiketleme işlemi yapılmıştır. Yukarıda bahsedilen yollarla elde edilen 10.000 fotoğraf %80 eğitim ve %20 test verisi olmak üzere ayrılmıştır. Daha fazla veri ile aşırı öğrenme (overfitting) önüne geçilmek hedeflenmiştir. Buradaki amaç etiketlenen veriyi kullanarak aracın zararlı otları tanımasıdır. Teknofest tarafından tek bir numune gönderildiği için tek bir sınıf kullanılmıştır. Ayrılan 2000 veri üzerinde yapılan testlerde %95 üzerinde başarı elde edilmiş nesne tanıma işlemi gerçekleştirmiştir.

Aracın mekanik kısmı tamamlanana kadar bütün sistem açık kaynak kodlu bir 3D robot simülatörü olan Gazebo adlı programla simüle edilecektir. Buradaki amaç simülasyon ortamıyla alınabilecek hataları minimize etmektir.

Takımımızın kullandığı yazılım Python'ın Pyqt5 kütüphanesi ile paralel programlama yöntemleri kullanılarak, kullanıcı dostu araç yazılımı geliştirilmiştir. Geliştirdiğimiz yazılım Multithreading ile eş zamanlı 4 kameraya kadar anlık görüntü kayıt edebilmekte ve aracın durumu ile ilgili bütün bilgileri arayüz desteği sayesinde son kullanıcıyla buluşturmaktadır. Yazılımımız sürekli olarak geliştirilmektedir. Bu yazılımımız ilerleyen zamanda ROS (Robot Operating System) ile desteklenecektir. Haritalama, Görüntü tanıma, çukur tanıma gibi işlemleri entegre ve sorunsuz bir şekilde sağlaması hedeflenmektedir. Bu doğrultuda aracın karar alma mekanizması için ana yazılımın koşacağı, Zararlı Ot Tespiti, Rota Belirleme, Engel Tanıma, Çukur Tespiti gibi algoritmalar üzerinde çalışılmaktadır.

6.1 Zararlı Ot Tespiti

6.1.1 Veri Ön İşleme

Veri ön işleme için python opencv ve scikit image kütüphaneleri kullanılmıştır. Veri derin öğrenmeye sokulmadan önce veri üzerine bir takım ön işleme teknikleri uygulanmalıdır. Opencv kütüphanesinde görüntü pikselleri BGR olarak sıralandığından bunları RGB'ye çevirmek için cv2.COLOR_BGR2RGB komutu kullanılmıştır. Uygun piksel sıralaması yapıldıktan sonra bitkinin arkasında bulunan gereksiz görüntüden kurtulmak için threshold uygulaması yapılmıştır. Threshold için Adaptive threshold'un daha uygun olduğu sonucuna vardık. Adaptive threshold'un kernel size

parametresi (3,3) olarak girilmiştir. Görüntü eşikleme uygulanan resmin yumuşatılması için bulanıklaştırma algoritmalarından gaus bulanıklaştırılması kullanılmıştır. Bulanıklaştırma işlemi ile beraber resimde bulunan gürültünün büyük çoğunluğundan kurtarılmıştır. Kalan gürültüler de morfolojik işlemlerden erozyon yardımı ile giderilmiştir. Aşağıda ön işleme adımlarının görsel üzerine etkisi gösterilmiştir.

6.1.2 Derin öğrenme

Görüntü üzerinde ön işleme yapılıp derin öğrenmeye hazır hale getirildi. Derin öğrenme algoritmalarından Yolo v4 ile yukarıda belirtildiği gibi 10.000 resim üzerinden %80 i eğitilerek %20 si üzerinde test edilmiş ve %95 üzerinde bir doğruluk oranı elde edilmiştir. Araç Zararlı Ot ile karşılaştığı zaman piksel değerleri ve araçtaki mesafe sensörleri yardımıyla ortak olarak ota yaklaşması sağlanacak, ve üzerindeki ilacı zararlı otun görüntü işleme teknikleriyle belirlenen tam orta noktasına püskürtmesi hedeflenmektedir.

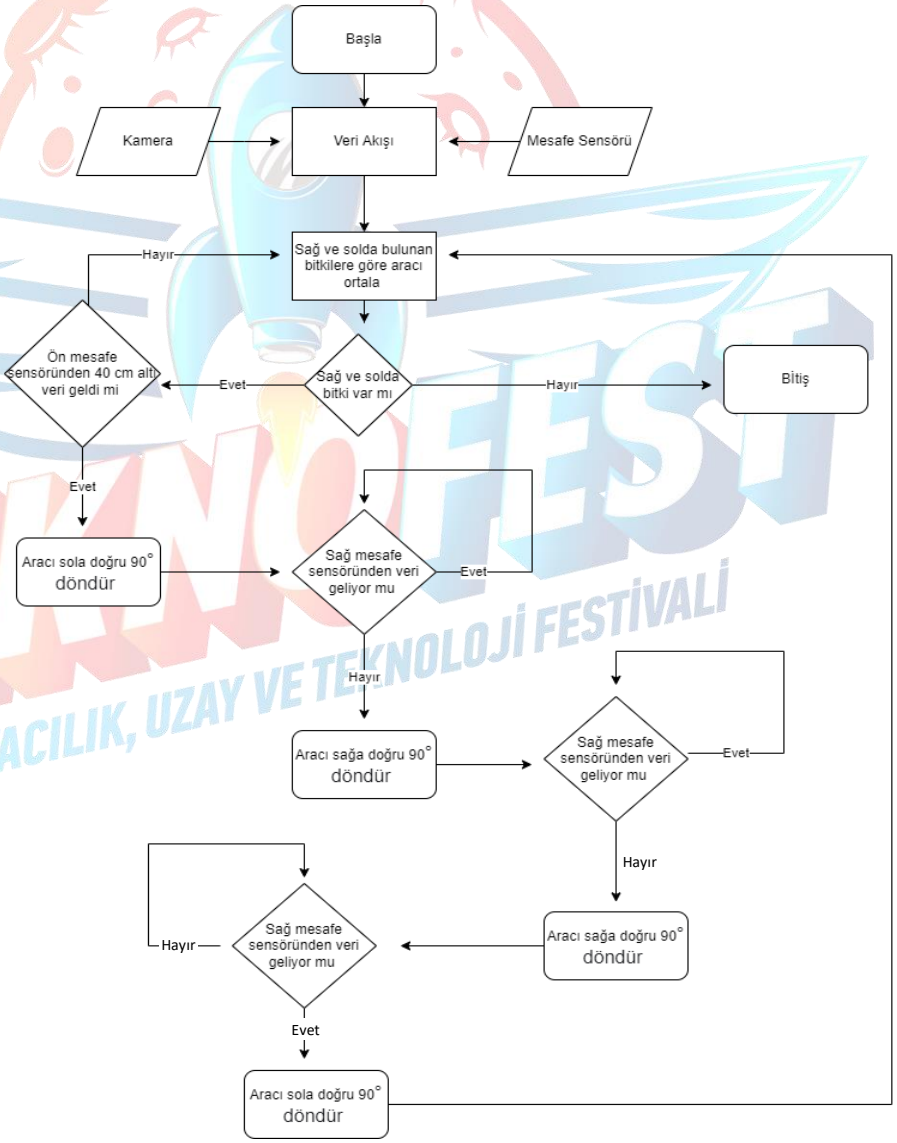
6.2 Engel Tanıma

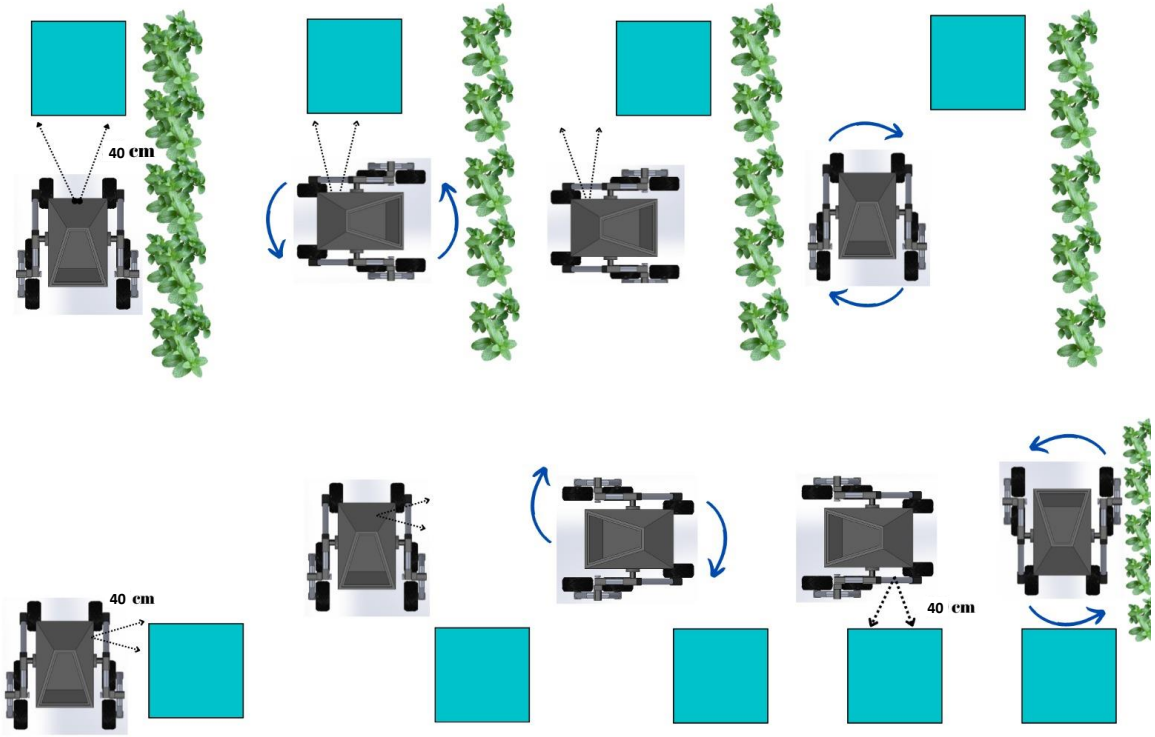
Araç önüne çıkan her türlü engele karşı önce engelin Zararlı ot olup olmadığını tespit edecektir. Zararlı olmadığı anlaşıldığı takdirde engel olup olmadığı işlemine geçilecektir. Burada görüntü işleme teknikleri ile derinlik bilgisi ve threshold ile gürültü azaltılacak, mesafe sensörlerindeki veriyle de uzunluk bilgisi elde edilecektir. Belirlenen uzunluğun üstündeki engelle karşılaşılması halinde bunun bir engel olduğu ve etrafından dolaşılması gerektiği kanaatine varılacaktır. Daha sonra da sensör verileri kullanılarak çarpmadan dönüş sağlanacaktır. Dönüş esnasında sürekli olarak sensör verisinin kullanılmasındaki asıl hedef herhangi bir çarpma durumuna karşın araçtaki motorların daha sert manevra yapmasını sağlamaktır. Engel geçildikten sonra da Rota Belirleme algoritmasıyla yeniden aracın aralığa

girmesi sağlanacaktır. Burada anlatılan algoritmaların birbiri içerisinde önem sırasına göre diğerine müdahale ederek çalışması planlanmaktadır.

6.3 Rota Belirleme

OpenCV desteği ile piksel farklılıkları kullanılarak aracın iki sıra arasında kalması sağlanmaktadır. Temel yürüme algoritması budur. Bu algoritma yürüyüş esnasında gömülü sistemlerimizin kontrol ettiği motorlarımızı da bu yönde kullanacaktır. (Sağ, Sol, İleri vb.) Aracımız bu algoritma ile hareketine devam ederken bir yandan da Nesne tanıma ve mesafeler desteğiyle diğer algoritmaları da çalıştıracaktır. Burada kısa bekletme süreleri ile birden fazla algoritma thread yapısı kullanılarak çalıştırılacaktır.





6.4 Çukur Tespiti

Aracın önünde eğimi mekanik geliştirme sonunda belirlenecek bir biçimde yerleştirilen sensörümüz sayesinde yer seviyesi ile araç arasındaki uzaklık ölçülecektir. Burada belirlenen değer aralığının dışında bir veri gelmesi durumunda araç Kameralarından aldığı verileri kullanarak derinlik analizi yapacak ve tespit edilen çukurlar belirli çerçeveden uzaklaşana kadar aracı etrafından döndürecektir. Burada kullanılacak teknik tespit edilen çukur değerinin piksel olarak konumudur. Burada gerekli veri elde edilebilirse veri eğitiminin performansı değerlendirilecektir.

7. Yabancı Otla Zirai Mücadele Yöntemleri

Aracın en güçlü yönlerinden biri de ilaçlama mekanizmasıdır. İlacın püskürtüleceği yönü belirlemesi için ilaç pompasının 2 cm üzerine kamera eklenmiştir. Araçta bulunan iki kameradan bir önde bulunacak. Bu kamera görüntü işleme algoritmaları ile haritalama, engel, çukur tanımlaması yapacaktır. Aracın yan tarafında bulunan kamera ise zararlı bitki tespiti ve pompanın hareketlerini kontrol edecektir. İlaçlama kamerasından gelen veri Jetson'un içine gömülmüş görüntü işleme algoritmaları ile zararlı bitki tespit edecektir. Zararlı bitki tespiti başarılı bir şekilde yapıldıktan sonra arduino kontrolü ve ilaç pompasının bağlı olduğu servo yardımı ile uygun püskürtme açısı yakalanmaya çalışılacaktır. En

optimize açı yakalandığında yabancı ota doğru bir miktar ilaç sıkılacaktır. Mini dalgıç sıvı pompası sessiz çalışan ve oldukça düşük güç tüketimine sahip olan su aktarma motoru ile sıvıları saate 120 litreye kadar aktarabilir. IP68 standardına sahip bu motor zor çalışma şartlarında bile su ve toz geçirmemektedir. Sıvı haznemiz özel tasarımı ile az alan kaplayacak şekilde tasarlandı. Aracın ağırlık merkezini bozmaması için sıvı haznesi aracın orta bölgesine yerleştirildi. Sıvı haznemiz 500 ml' ye kadar sıvı depolayabilir.

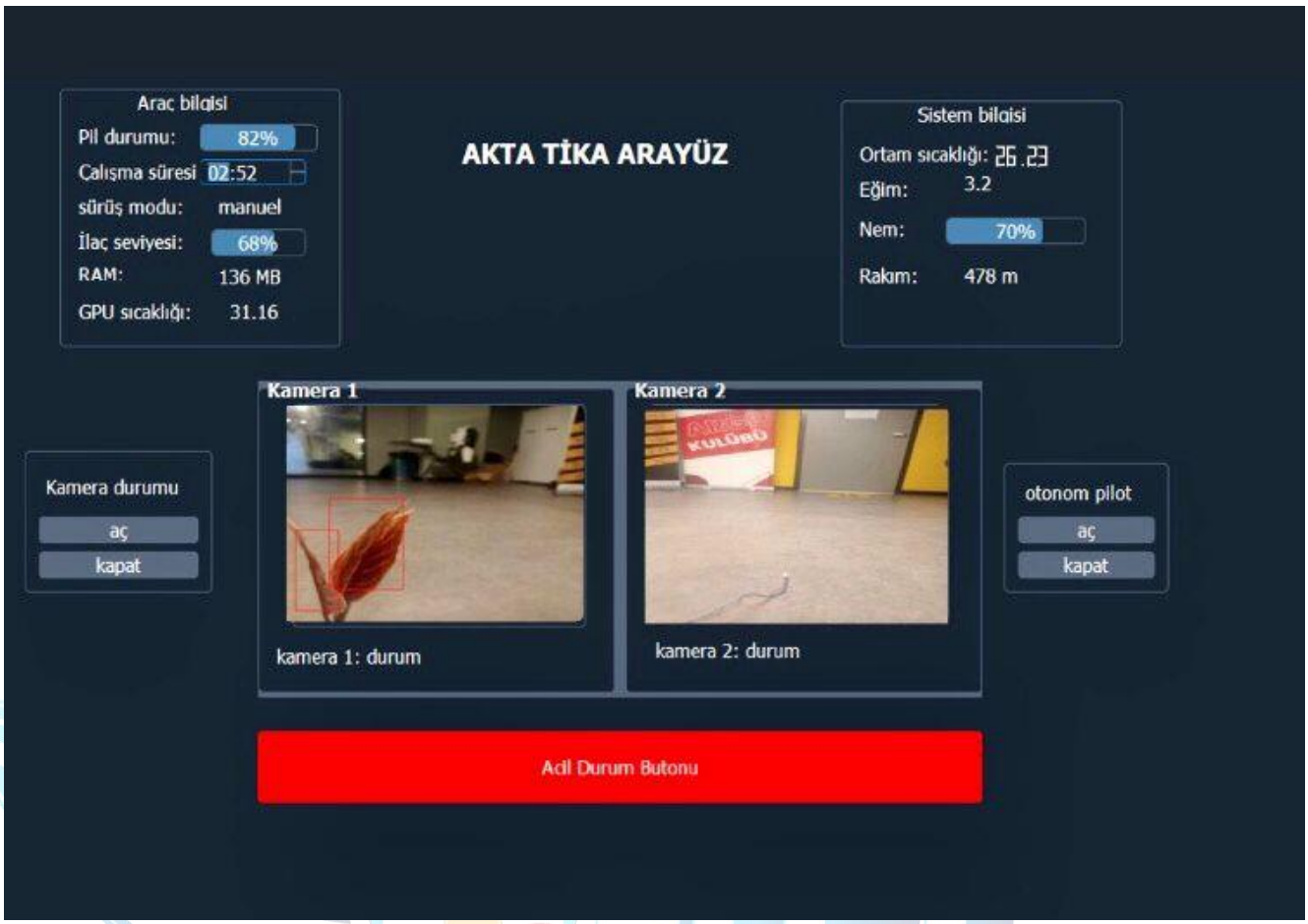
8. Özgün Bileşenler

8.1 Yürüyüş Sistemi ve Adaptif Süspansiyon

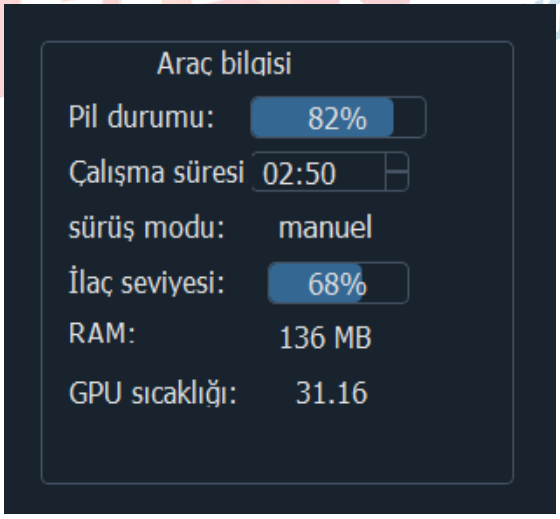
Ön tasarım raporunda belirtilen mekanik çizimin özgün yanları: yürüyüş sistemi ve adaptif süspansiyon sistemidir. Yürüyüş sisteminde tasarım 6 motora uyacak şekilde tasarlanmıştır. Ön 2 tekerlek kısmı aracın sabit bir şekilde yola devam edebilmesini sağlarken, arka 2 tekerleğin ve orta 2 tekerleğin uzatma bağlantılarını aynı noktadan yaparak 4 tekerin oynar biçimde olması sağlanmıştır. Bunun 4 tekerleğin oynar biçimde yapılma amacı, aracın çukurlara girip çıkarken sarsıntısını önlemek içindir. Yürüyüş sisteminin gövdeye bağlandığı bağlantı noktalarından adaptif süspansiyon sistemi gövdeye ve yürüyüş sistemine entegre edilmiştir. Adaptif süspansiyon sistemi, tekerlerin aşağı-yukarı veya sağa-sola oynaması durumunda gövdenin sabit kalınması için tasarlanmıştır. Herhangi bir tekerlek bulunan konumundan oynatıldığında gövdenin üst kısmında yer alan süspansiyon uzantıları sayesinde gövde sabit kalıp uzantılar hareket etmektedir. Böylelikle yürüyüş sistemi ve adaptif süspansiyon sistemi ile gövdenin stabil durumunda kalması sağlanmıştır, bu durum içerisinde yer alan ilaç suyunun dökülmemesini de amaçlamaktadır. Yürüyüş sisteminin ve adaptif süspansiyon sisteminin İKA'nın sistemine sağladığı bu yararlar sayesinde İKA'nın arazi yollarında olan çukurlarda ve eğimli alanlarında kolayca hareket edebilmesini sağlamaktadır

8.2 Arayüz programı

Bilgisayar üzerinden kontrolün sağlanabilmesi için Python pyqt5 kütüphanesi kullanılarak özgün bir arayüz yazılımı oluşturulmuştur. Bu arayüz programında sensörlerden gelen veriler bilgisayara aktarılıp eş zamanlı olarak değerlendirilmesi, sitem bilgileri, aracın hareket durumu, kamera bilgileri, acil durum butonu ve kameraları manuel olarak açma ve kapama işlemleri yapılabilmektedir. Bu işlemler, araçta bir problem olması durumunda araca müdahale edilmesi içindir. Şekil 8.2.1'de arayüz programının tasarımı belirtilmiştir.



Şekil 8.2.1: Arayüz Program Tasarımı



8.2.1 Araç Bilgisi

Tarımsal İKA'nın anlık durumunun kullanıcı ile paylaşılması için arayüzde Araç bilgi ekranı

bulunmaktadır. Araç bilgi durumu ekranında araç için önemli altı faktör bulunmaktadır.Bunlar pil durumu, çalışma süresi ,sürüş modu, ilaç seviyesi, ram kullanımı, GPU sıcaklığıdır.

pil durumu pil bataryası üzerinde bulunan voltaj ölçer sensör yardımı ile basılacaktır.

Çalışma süresi için python'da açılacak bir thread yardımı ile aracın çalışma süresi hesaplanıp arayüze basılacaktır.

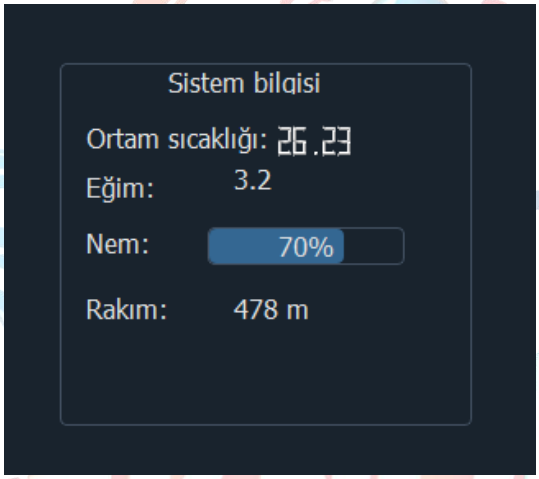
Sürüş modu uzak bilgisayar Arayüz üzerinde bulunan otopilot açık veya kapalı komutu ile değişecektir.

İlaç seviyesi sıvı haznesi içine konulmuş sıvı seviye sensörü ile arayüze basılacaktır.

Aracın ne kadar ram kullandığını arayüze python psutil modülü yardımı ile basılacaktır. GPU sıcaklığı linux terminaline yazdığımız "/sys/class/thermal/thermal_zone0/temp" komutu sayesinde arayüze bastırılacaktır.

8.2.2 Sistem Bilgisi

Aracın çalışacağı ortamın (tarla, sera vb.) sıcaklık,eğim,nem,rakım gibi bilgilerini kullanıcı ile buluşturabilecek sistem bilgisi ekranımız kullanıcı dostu tasarımı ile çiftçiler için oldukça faydalı olacaktır. Ortam sıcaklığı araç üzerinde bulunan DHT11 sıcaklık ve nem sensörü ile arayüze basılacaktır.

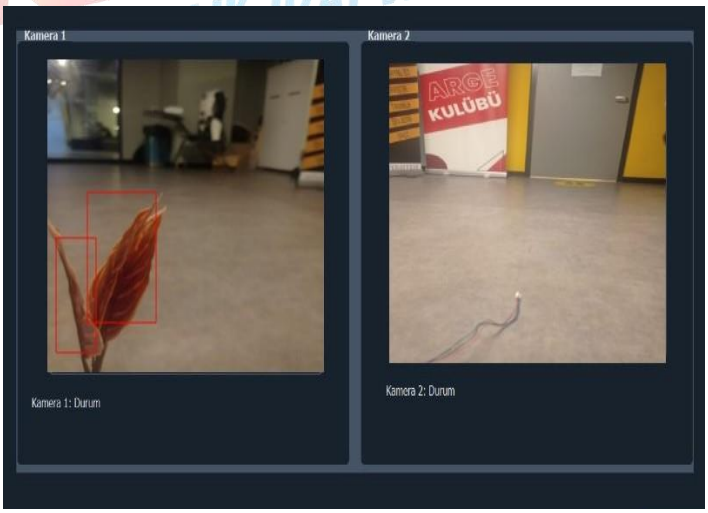


Eğim bilgisine pixhawk içine gömülü gyro sensörü ile ulaşılacaktır.

Nem bilgisi araç üzerinde bulunan DHT11 sıcaklık ve nem sensörü ile arayüze basılacaktır.

Pixhawk Otonom Kontrol Kartı üzerinde gömülü olarak gelen MEAS Barometre hava basıncı ölçmekte ve bu veriyi kullanarak geliştirilen aracın rakım bilgisini vermektedir.

8.2.3 Kamera Durumu



Araç üzerinde kamera 1 ve kamera 2 olarak adlandırdığımız iki kamera bulunacaktır. Kamera 1 aracın ön tarafında bulunacaktır. Kamera 1'den gelen verilere nesne algılama, görüntü işleme,derin öğrenme algoritmaları uygulanacaktır.

Kamera 2 aracın sol tarafında bulunacaktır. Kamera 2'nin görev yükü kamera 1'in tespit ettiği zararlı bitkiye göre aracı uygun konuma getirecektir ardından ilaç püskürtme mekanizmasını ilaca doğru konumlandıracaktır.

9. Güvenlik Önlemleri

9.1 Batarya

Li-ion bataryaya özel olarak bir güç yönetim devresi yerleştirilmiştir. Bu devre; yüksek akım, kısa devre veya herhangi bir şarj adaptörü sıkıntısı olduğunu tespit etmesi durumunda devredeki gücü kesecektir.

9.2 Acil Durum Butonu

Acil durum butonu, N/C (Normalde Kapalı) olarak batarya çıkışına ve devreye seri olarak yerleştirilmiştir. Kilitlenme özelliği olduğundan dolayı butona basıldıktan sonra kolayca eski haline geri dönemez, bu da kullanıcı isteyene kadar sisteme güç gitmesini engeller.

9.3 Güç Modülü

Bataryadan gelen akım ve gerilim değerlerinin kontrol altında tutulmasını sağlar. Bunun yanı sıra bataryadan gelen gücün stabil bir şekilde sisteme aktarılmasına yardımcı olur.

9.4 Sigorta

Sigorta, 5 amper olacak şekilde batarya ve sistem arasına seri bağlanmıştır. Güç modülünün, devrenin ve motorların yüksek akımdan korumasını garanti altına almaktadır. Olası bir yüksek akım geçme durumunda sigortanın iki bacağı birbirinden koparak devrenin gücünü kesmektedir.

10. Simülasyon ve Test

10.1 Yazılımsal Simülasyon ve Testler

Bölüm 3.3'te çekirdek yazılımımızda bahsettiğimiz, yapmayı planladığımız her şey, donanım üzerinde denenmeden önce hataları en aza indirmek için gazebo gibi hazır veya bizim yazdığımız test yazılımlarında simüle edilip test edilecektir. Bütün test işlemleri işletim sistemi üzerinde sağladığı yetki sebebiyle bir linux dağıtımı olan Ubuntu 18.10 üzerinde yapılacaktır. Aynı şekilde ana bilgisayarımız olan Jetson Nano'da da Ubuntu 18.10 dağıtımı kullanılmaktadır.

Otonom sürüş algoritmaları, Bölüm 6'da bahsedildiği gibi bitkiler ortalanarak aracın hareketi sağlanacak ve aracın geçiş noktaları işaretlenerek hareket sağlanacaktır. Bu esnada araç simülasyona sokularak algoritmaların verimliliği ve sistemdeki hatalar tespit edilerek giderilecektir.

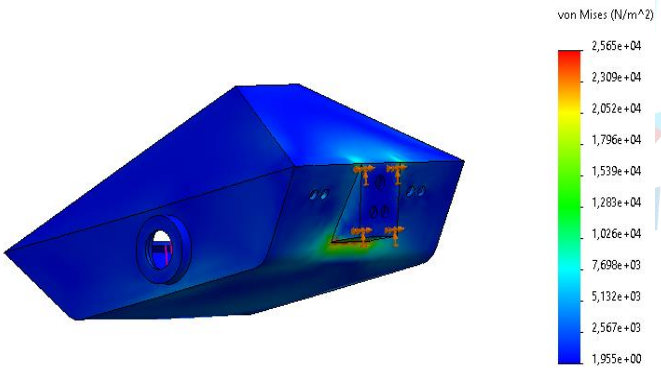
Yazılım konusunda yapılan testlere örnek vermek gerekirse, kontrolcüden mesafe verisi gelmesi

gerekirken veri gelmeden (donanım bağlanmadan önce) test yazılımı ile sahte veri gönderilerek aracın aldığı reaksiyonlar gözlemlenmiştir. (Durma, harekete devam etme, kameraları açıp kapatma).

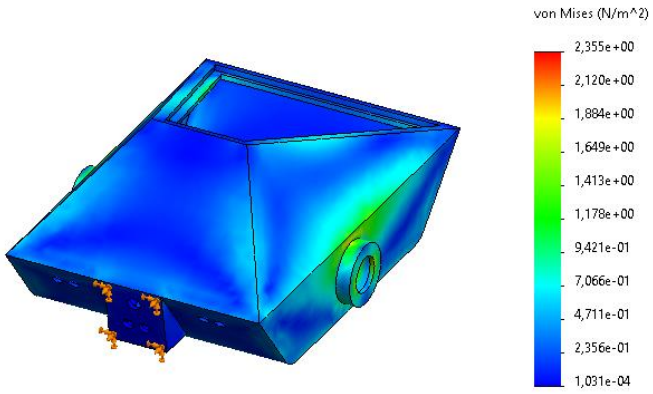
10.2 Mühendislik Analiz Sonuçları

Tarımsal İKA'nın gövdesine kuvvet ve basınç uygulanarak statik ve basınç simülasyon test sonuçlarına bakılmıştır. Statik testte kuvvet, aracın iç kısmına elektronik malzemeler, ilaçlama sistemi yerleştirileceğinden aracın iç kısmına uygulanmıştır. Sabit kalınan bölge kameraların ve sensörlerin olduğu yüzey seçilmiştir. Her iki testte de gövdenin malzemesi PLA seçilerek analiz sonuçları mesh yüzeyi oluşturularak hesaplanmıştır. Statik testin sonucu Şekil 10.2.1'de yer almaktadır. Test sonuçlarına göre aracın gövdesi çok fazla esneme yapmayacak ve hasar görmeyecektir.

Basınç testinde ise gövdenin yan yüzeylerinden yürüyüş sisteminin bağlantı noktaları olacağından bağlantı noktalarının olduğu yere basınç uygulanmıştır. Basınç testinin sonucu Şekil 10.2.2'de yer almaktadır.



Şekil 10.2.1: Gövdenin Statik Simülasyon Test Sonucu



Şekil 10.2.2: Gövdenin Basınç Simülasyonu Test Sonucu

10.3 Geliştirme Testleri

10.3.1 Elektronik Donanım Testleri

10.3.1.1 Doğruluk Testi

Her sensör için farklı ölçüm aletleri kullanılarak sensörlerin doğruluğu test edilir. Test sonucunda sensörlerin kalibrasyon aşamasına geçmesi hedeflenir. Doğruluk testi başarıyla gerçekleştirilmiştir.

10.3.1.2 Kalibrasyon Testi

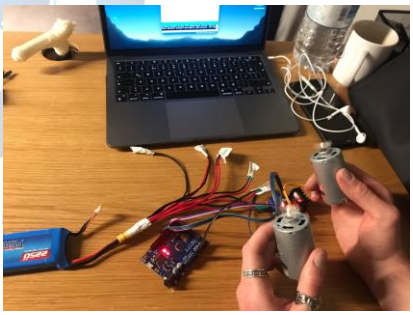
Doğruluk testinden alınan sonuçlara göre sensörlerin ölçüm değeri kalibre edilir. Kalibrasyon sonucu sensörlerin gerçek değerleri vermesi hedeflenir. Kalibrasyon işlemi başarıyla gerçekleştirilmiştir.

10.3.1.3 Elektriksel Test

Tüm sensörler için giriş-çıkış akım ve gerilim değerleri bir ölçü aleti ile kontrol edilir. Bu test sonucunda sensörlere doğru gerilim ve akım değerlerinin ulaştığından emin olmak istenilmiştir. Elektriksel test işlemi başarıyla gerçekleştirilmiştir.

10.3.2 Motor Testleri

10.3.2.1 DC Motor Testi



Aracın yürür sisteminde kullanılacak DC motorlar, motor sürücü üzerinden mikrokontrolcüye bağlanarak sürücü ısınma testleri gerçekleştirilmiştir.

10.3.2.2 Su Pompası Testi

TİKA üzerinde kullanılacak ilaçlama sisteminin ana bileşeni olan su pompasının, sıvı içerisinde çalışma gücü test edilmiştir.

10.3.3 Haberleşme Testi

10.3.3.1 Haberleşme Modülü Testi

Kablosuz haberleşme modüllerinin ayarlarının yapılması ve iki modülün kendi arasında haberleştirilerek test edilir. Test sonucunda verilerin aktarılması hedeflenmektedir.

10.3.3.2 Arayüz Testi

Elde edilen verilerinn arayüz programına aktarım testi yapılacaktır. Aktarımın gerçekleştirilmesi durumunda haberleşmenin sağlandığı anlaşılacaktır.

10.3.3.3 Çekim Alanı Testi

Çekim alanı testi, önce kısa mesafeden başlayarak sonra mesafe arttırılarak devam edecektir. Testin başarıyla tamamlanmasının ardından haberleşme testlerinin hepsi gerçekleşmiş olacaktır.

10.3.4 Çevresel Testler

10.3.4.1 Termal Test

Elektronik bileşenlerin minimum 40 dakika çalışmaları sonucunda yüksek sıcaklıklara çıkmaması hedeflenmektedir. Test, ilerleyen tarihlerde gerçekleştirilecektir.

10.3.4.2 Eğimli Yüzey Testi

Tarımsal İKA, maksimum 30º eğimli arazi yüzeyinde hareket edebilmelidir. Aracın üretimi tamamiyle bittikten sonra bu test yapılacaktır.

10.3.4.3 Sarsıntı/Titreşim Testi

Bu testte; tarımsal İKA'nın devrilmesini, elektronik bileşenlerin konumunun değişmesini, süspansiyon sisteminin istenildiği gibi çalışılması test edilecektir. Tarımsal İKA'nın dışarıdan müdahale ile birlikte sarsılması sağlanacaktır. Bu test, aracın üretimi tamamiyle bittikten sonra yapılacaktır.

10.3.5 Yazılımsal Testler

Üzerinde çalıştığımız görüntü işleme algoritmalarının her ortamda çalışabilmesi için yirmiden fazla ortamda testler uygulanmıştır. Bu testlerde araç yazılımının değişen arkaplan ve gürültüye rağmen nesne tanıma, görsel ön işleme, derin öğrenme algoritmalarının yeterliliği test edilmiştir. Tarımsal İKA yapılan testlerin %90'nını başarıyla geçmiştir. Aşağıda yaptığımız testlerden birkaç görüntü paylaşılmıştır. Görsellerde de görüldüğü üzere araç nesne tanıma işlemini başarılı bir şekilde arayüze basmıştır.

11 Referanslar (Kaynakça)

[1] «Drive Motor Sizing Tool,» [Çevrimiçi]. Available: https://www.robotshop.com/community/blog /show/drive-motor-sizing-tool..

[2] «Ultrasonik Sensör Datasheet,» [Çevrimiçi]. Available: https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ Proximity/HCSR04.pdf.

[3] «Radiolink GPS,» [Çevrimiçi]. Available: http://radiolink.com.cn/doce/UploadFile/ProductFile/SE100 Manual.pdf.

[4] «NVIDIA Jetson Nano System-on-Module,» [Çevrimiçi]. Available: https://developer.download.nvidia.com /assets/embedded/secure/jetson/Nano/docs/JetsonNano_DataSheet_DS09366001v1.0.pdf?qWjPDmuEY ESzUw9dWhHrJGy0TEPFrLOEQJUm4mAAqYUbwRXBaebm0LqpMVBKv15X5I3AwxwSibRFsWFmY85o2wi7C xHHeRAPx5fgRG6H0zDYrm_2DsscD3vTPmrvJIK-D6jlm3OOm.

[5] «Pixhawk Overview,» [Çevrimiçi]. Available: https://ardupilot.org/copter/docs/common-pixhawk-overview.html.