TEKNOFEST
HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

İNSANSIZ SUALTI SİSTEMLERİ YARIŞMASI
KRİTİK TASARIM RAPORU

TAKIM ADI : GÖKBÖRÜ

KATEGORİ : İNSANSIZ SUALTI SİSTEMLERİ YARIŞMASI

TAKIM (BAŞVURU) ID : 325156

İÇİNDEKİLER

1.RAPOR ÖZETİ……..……..……..3

2. TAKIM ŞEMASI……..……..……..4

3. PROJE MEVCUT DURUM DEĞERLENDİRMESİ……...……5

4. ARAÇ TASARIMI……6

4.1. Sistem Tasarımı……..……...……..……6

4.2. Aracın Mekanik Tasarımı…….…..……6

4.2.1. Mekanik Tasarım Süreci…..……6

4.2.2. Malzemeler……..12

4.2.3. Üretim Yöntemleri……...15

4.2.4. Fiziksel Özellikler……15

4.3. Elektronik Tasarım, Algoritma ve Yazılım Tasarımı……..……16

4.3.1. Elektronik Tasarım Süreci……...……16

4.3.2. Algoritma Tasarım Süreci……17

4.3.3. Yazılım Tasarım Süreci……...……19

4.4. Dış Arayüzler……22

5. GÜVENLİK……...……..22

6. TEST……...23

7. TECRÜBE……...24

8. ZAMAN, BÜTÇE VE RİSK PLANLAMASI……...24

9. ÖZGÜNLÜK……...26

10. YERLİLİK……27

11. KAYNAKÇA……...……..27

1. RAPOR ÖZETİ

Gökbörü takımı olarak İnsansız Sualtı Sistemleri yarışmasına katılmaya karar verdiğimizden bu yana sıkı bir çalışma yürütüyoruz. Yaklaşık yedi aydır çalışmalarımızı istikrarlı bir şekilde sürdürüyoruz. Amacımız yerli ve milli insansız sualtı aracı Abra'yı geliştirerek ve bu süreçte kendimizi geliştirerek daha donanımlı bireyler olarak "Tam Bağımsız Türkiye" yolunda ülkemize fayda sağlamak.

Ekibi oluşturarak çalışmalara başladığımızda ilk olarak İnsansız Sualtı Sistemleri hakkında genel literatüre hakim olabilmek için literatür taraması yaptık. Ardından bizden önceki takımların tecrübelerinden yararlanabilmek ve sürecin nasıl işlediği hakkında daha fazla bilgi sahibi olabilmek için geçmiş yılın finalist KTR'lerini dikkatle inceledik. Bunun yanı sıra geçmiş seneki finalleri de izleyip finale kalan araçların yapılarını inceledik.

Literatür taramaları ve KTR incelemelerinden sonra ekiplere ayrıldık ve görev dağılımımızı gerçekleştirdik. Bunun yanı sıra kendimize bir hedef ve zaman planlaması çıkardık. Bu planlamalar doğrultusunda Mekanik ve Elektronik Ön Tasarım ve Yazılım Tasarım süreçlerini gerçekleştirip hedeflerimize emin adımlarla ilerlerken Ön Tasarım Raporundan gelen 67,50 puanlık sonuçla adeta hayal kırıklığına uğradık fakat kendimizden ve tasarımımızdan emindik. Bu puanın sebebini kendimizi iyi anlatamamamız olarak değerlendirdik. Kendimizi açıklayacak itirazımızı yazdık ve sonucunda hakkımızı alarak 84 puan ile ÖTR aşamasını başarıyla tamamladık.

ÖTR aşamasını başarıyla geçtikten sonra Mekanik ve Elektronik Tasarımları daha da detaylandırdık ve uzun bir süre boyunca tasarımların en iyi şekilde olması için çalıştık. Yazılım ekibimiz de hemen tasarımını yapmış olduğumuz yazılımın geliştirme aşamasına geçtiler. Tüm bu tasarımlarda tüm takım üyelerinin görüşlerine danışılmış ve oylama sonucu nihai kararlar alınmıştı.

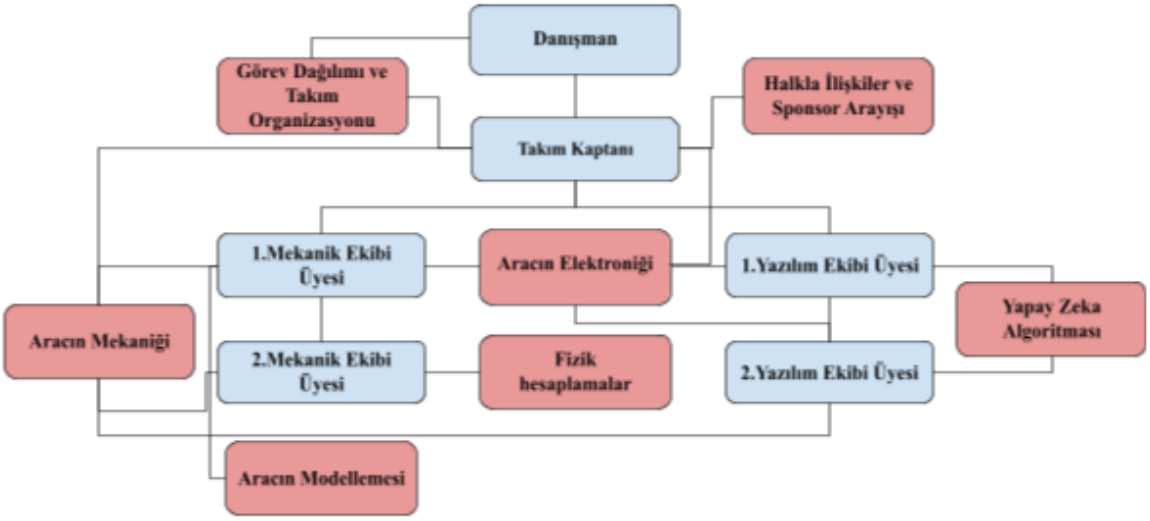
Aracımızın sistem tasarımını şartnamedeki tüm kısıtlamalara ve kurallara uyacak şekilde gerçekleştirdik. Tüm takım olarak nihai karara vardığımız tasarımı seçme sebebimizi, malzemelerimizi, üretim yöntemlerimizi ve fiziksel özelliklerini detaylıca raporun tamamında paylaştık.

Aracımızın tasarımını hidrodinamiğe tamamen uygun olacak şekilde tasarladık. Bu fikri su kaplumbağalarından esinlendik. Aracımız tasarımı sayesinde türbülanslı akış yüzünden meydana gelecek denge kaybına maruz kalmayacak ve suyun sürükleme kuvvetinden az etkilenecektir. Bu sayede de tasarımımız bize hız ve verimlilik kazandıracaktır.

Aracımızın hareketi için Ön Tasarım Raporunda kullanmaya karar verdiğimiz iticilerde herhangi bir değişiklik olmadı. ÖTR aşamasında her ne kadar aracın modellemesinde UTRAS Mini iticileri yer alsa da aslında kullanmaya karar verdiğimiz itici UTRAS'tı tasarımda UTRAS Mini'nin modellemesinin kullanılmasının sebebi UTRAS'ın 3D modellemesinin elimizde bulunmamasıydı. İticilerimizi, aracın tüm tasarımını ve ağırlık merkezinin dengeli olmasını göz önüne alarak tasarladık. İticilerimizin kontrollerini motor sürücü kartlarımızı ve Pixhawk'ı Raspberry Pi 4 ile entegre bir şekilde tasarladık. Aracımızda bulunan PID yazılımı sayesinde aracımızın dengesi sürekli korunmaktadır. Bu yazılım ile tasarımımız birleşince dengesi üst düzey bir araç elde etmiş olduk.

Kritik Tasarım Raporunda aracımızın mekaniğini, elektroniğini, tasarımını, donanımlarını, yazılımını, kullanılan parçaları, neden seçildiklerini ve üretim yöntemlerimizi detaylıca anlattık. Aracımızda Ön Tasarım Raporundan bu yana birkaç değişiklik olmuştur. Bu değişiklerle aracımız daha da gelişmiş ve daha üst düzey bir hal almıştır.

2. TAKIM ŞEMASI



Şekil-1 Takım ve Görev Dağılımı Şeması

Şekil-1'de görmüş olduğunuz gibi takımımız bir danışman öğretmen ve beş öğrenciden oluşmaktadır. Her öğrenci ilgi duyduğu ve donanımlı olduğu alanlara göre ekiplere ayrılmıştır. Takımımız ilk kurulduğunda bünyesinde altı öğrenci bulunurken bir arkadaşımız ÖTR aşamasından sonra kendi isteğiyle takımdan ayrılmıştır.

Takımımızdaki her öğrenci kendi alanlarında kendini geliştirmiş ve daha önceden de alanıyla ilgili projelerde veya eğitimlerde bulunmuştur. Bunun sonucunda takımımız mekanik ve yazılım olarak iki ekibe ayrılmıştır. Tüm takım üyelerimiz hem bu süreçte hem de geçmişte kendisini birden fazla alanda geliştirmiştir. Takım kaptanımızın en yetkin olduğu dal robotik ve IOT'dir. IOT alanında profesyonel sertifika sahibidir. 1.Mekanik ekibi üyemiz elektrik-elektronik, mobilya ve iç mekan tasarımı alanlarında donanımlı ve oldukça tecrübe sahibidir. 2. Mekanik ekibi üyemiz ise kendisini fizik alanında geliştirmiştir. Kendisi doktora düzeyinde fizik bilgisine sahiptir ve şu anda yazmış olduğu makale Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisinde yayımlanma aşamasındadır. 1.Yazılım ekibi üyemiz AI ve UI geliştiriciliği alanında donanım sahibidir ve daha önceden de bu konularda projeler gerçekleştirmiştir. 2. Yazılım ekibi üyemiz robotik ve görsel işleme konusunda donanımlı ve tecrübe sahibidir, daha önce bu alanda projelerde yer almıştır.

Yukarıda yetkinliklerini belirttiğimiz tüm takım üyeleri alanlarına uygun verilen görevi yerine getirmektedir. Bunun yanında diğer çalışmalara da yardımcı olur. "Görev Dağılımı ve Takım Organizasyonu"nu danışman öğretmenimiz ve takım kaptanımız hazırlamaktadır. "Halkla İlişkiler ve Sponsor Arayışı"nı insanlarla iletişimi kuvvetli olduğu ve sunum yeteneği yüksek olduğu için takım kaptanımız yerine getirmektedir.

“Fizik Hesaplamaları” fizik bilgisinin üst düzey olduğu yukarıda değindiğimiz 2.Mekanik Ekibi üyemiz tarafından yapılmaktadır. “Yapay Zeka Algoritmamız” yetenekli ve tüm takım gibi çalışkan yazılım ekibi üyelerimizce gerçekleştirilmekte. “Aracın Mekaniği” ve “Aracın Elektroniği” görevlerin de yukarıda değindiğimiz gibi tüm takım emek sarf etmektedir. “Aracın Modellemesi”ni ise önceden takımdan ayrılan arkadaşımız yerine getirirken ondan sonra yüksek özveri ile programı öğrenen 1. Mekanik Ekibi üyemiz görevi üstlenmiştir.

Tüm takım her çalışmada büyük bir özveri ve daha önceden samimi arkadaşlar olmamızın da etkisi ile büyük bir dayanışma ile adeta bir aile gibi çalışmıştır.

3. PROJE MEVCUT DURUM DEĞERLENDİRMESİ

ÖTR aşamasından geçtikten sonra ilk önce oturup puanlarımızın kırıldığı noktaları dikkatle inceledik ve kendimizi eleştirdik. Bu inceleme ve eleştirme konusundan sonra ise KTR ve aracımızı daha da geliştirmek, her yerinden emin olmak için çalışmalarımıza hızla başladık ve istikrarlı bir şekilde çalışmalarımızı sürdürdük. Bu çalışmalar sırasında ve KTR’nin yazılışı sırasında ÖTR aşamasından elde ettiğimiz tecrübelerden yararlandık ve puanımızın kırıldığı noktaları özenle yazıp bu özeni KTR’nin tamamında da aynen yerine getirdik.

Ön tasarımda yapılan tasarım çoğunlukla aynı kalmıştır sadece birkaç yeni düzenleme ve eklemeler yapılmıştır.

Ön tasarımda aracın üst arka tarafında olan çıkıntı üst ön tarafa alınmış ve bu sayede hidrodinamiğe daha uygun hale getirilmiştir. Aynı zamanda aracımız da ön tasarım sürecinde kullanmayı planladığımız aydınlatmanın yanına farklı bir aydınlatma daha eklenmiştir. Ön tasarımda hem aracın ön kısmından ileri tarafı hem de aracın altından alt tarafı aydınlatması planlanan ilk aydınlatmanın kritik tasarımda sadece alt tarafı aydınlatmak için kullanılması ileri için ise yeni tedarik edilen diğer farklı model aydınlatmanın kullanılması planlanmıştır.

Ön tasarımda kullanılması planlanan Jetson Nano yapay zeka kartının üretiminin durdurulması ve piyasada bulunmaması sebebiyle onun yerine Raspberry Pi 4 kullanılmıştır.

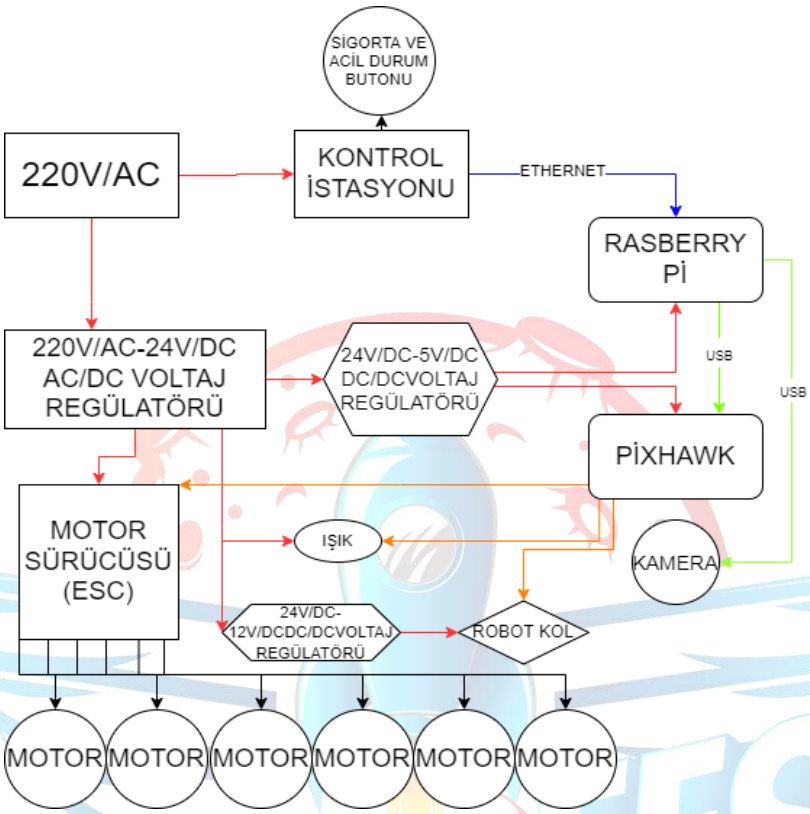
Ön tasarımda planlanan bütçe ve son bütçe arasında karşılaştırma yapılırsa;

	Ön Tasarım Bütçesi	Kritik Tasarım Bütçesi
Gökbörü	58.290	66.851

Şekil-2 Bütçe karşılaştırması

4. ARAÇ TASARIMI

4.1. Sistem Tasarımı



Şekil-3 Sistem blok şeması

4.2. Aracın Mekanik Tasarımı

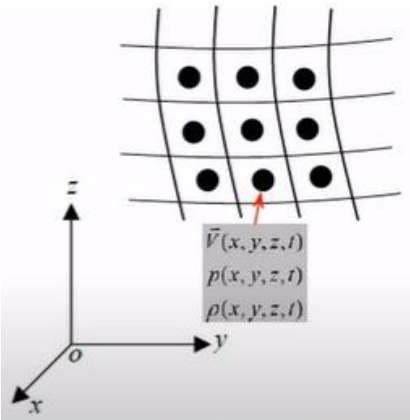
4.2.1. Mekanik Tasarım Süreci

Aracın ilk hali iskeleti örten kanatların içinden su geçecek şekildeydi. Bu tasarım kütle sınırları içinde kalmamızı kolaylaştıracaktı fakat aracın içindeki boşluktan geçen akım irrotasyonel akıştan rotasyonel akışa dönecekti. Aracın içinden rotasyonel su akışının geçmesi aracın dengesini bozacaktı. Bu yüzden bu tasarımdan vazgeçildi.

Diğer bir tasarımda ise aracın kanatlarının alt ve üst bölgesi düz şekildeydi. Hidrodinamiğe uygun bu tasarım önceki yıllarda ileri kategoride yapılmıştı. Özgün olmak ve hidrodinamiğe çok daha uygun olmak için bu tasarımdan da vazgeçildi.

Final tasarımının emsallerinden farkı ön tarafındaki yükseltilerdir. Bu yükseltilerin sebebi akışkanlar dinamiğinden gelmektedir.

Eulerian tanımında temel kavramlar şöyle tanımlanır:



Şekil-4 Eulerian tanımında akışkan ve özellikleri

"V" akışkanın hız vektörüdür, "p" akışkanın basıncıdır, "ρ" akışkanın yoğunluğudur. Bunlar üç uzay boyutuna ve zaman bağlıdır. Hız vektör alanının hidrodinamik türevi(maddesel türev, eng: substantial derivative) akışkanın ivmesini verir.

$$\frac{D\vec{V}}{Dt} = \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + \frac{\partial \vec{V}}{\partial x}\frac{dx}{dt} + \frac{\partial \vec{V}}{\partial y}\frac{dy}{dt} + \frac{\partial \vec{V}}{\partial z}\frac{dz}{dt} = \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + u\frac{\partial \vec{V}}{\partial x} + v\frac{\partial \vec{V}}{\partial y} + w\frac{\partial \vec{V}}{\partial z}$$

$$= \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + (\vec{\nabla}\cdot\vec{V})\vec{V} \qquad (u, v, w: x, y, z\ yönlerinde\ hız\ bileşenleri)$$

Burada "$\frac{\partial \vec{V}}{\partial t}$" lokal ivme yani Newtonyen ivmedir, "$(\vec{\nabla}\cdot\vec{V})\vec{V}$" konvektif ivmedir yani t anında hareket doğrultusunda noktadan noktaya hızın değişimidir. Permanan olmayan(kararsız) akım varsa konvektif ivme sıfırdan farklı olur.

Aracın hareketiyle oluşacak su akımının aracın kanatlarına yapacağı kuvvet şöyledir:

$$\vec{F} = \vec{F}_{gövde} + \vec{F}_{yüzey} \equiv \vec{F}_{body} + \vec{F}_{surface} := \vec{F}_b + \vec{F}_s$$

Yapacağımız hidrodinamik tasarım sayesinde bu kuvvetler normalden daha az olacak.

Aracın yüzeyine etkiyecek yüzey kuvveti şöyle tanımlanır:

$$\vec{F}_s = \begin{pmatrix} F_s^x \\ F_s^y \\ F_s^z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{\partial \sigma_{11}}{\partial x}dxdydz + \frac{\partial \sigma_{21}}{\partial y}dxdydz + \frac{\partial \sigma_{31}}{\partial z}dxdydz \\ \frac{\partial \sigma_{12}}{\partial x}dxdydz + \frac{\partial \sigma_{22}}{\partial y}dxdydz + \frac{\partial \sigma_{32}}{\partial z}dxdydz \\ \frac{\partial \sigma_{13}}{\partial x}dxdydz + \frac{\partial \sigma_{23}}{\partial y}dxdydz + \frac{\partial \sigma_{33}}{\partial z}dxdydz \end{pmatrix}$$

"$\sigma_{\mu\nu}$" gerilim tensörüdür. Gerilim tensörünün yüzey kuvvetindeki kısmi türevlerinin toplamı gerilim tensörünün diverjansı olarak kısaca yazılabilir.

$$\vec{F}_s = (\nabla\cdot\sigma)dxdydz$$

Araca etkiyecek gövde kuvveti şöyle tanımlanır:

$$\vec{F}_b = \vec{f}\rho dxdydz$$

"$\vec{f}$" gövdeye etkiyen ivme alanlarıdır(örneğin yerçekimi ivmesi).

Anlık momentum değişimi kuvveti verir.

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}$$

Bunu hidrodinamiğe uygularsak anlık momentum değişimi için hidrodinamik türev kullanılmalıdır. Araca etkiyecek kuvvet de ($\vec{F} = \vec{F}_b + \vec{F}_s$) şeklinde tanımlanmalıdır.

$$\frac{D\vec{p}}{Dt} = m\frac{D\vec{V}}{Dt} = \vec{F}_b + \vec{F}_s$$

Kütle, yoğunluk ile hacmin çarpımıdır ve eşitliğin açık halde yazımı şöyle olur:

$$\rho dxdydz\frac{D\vec{V}}{Dt} = (\nabla \cdot \sigma)dxdydz + \vec{f}\rho dxdydz$$

İki tarafı da "$\rho dxdydz$"ye bölmek sonucu değiştirmez.

$$\frac{D\vec{V}}{Dt} = \frac{1}{\rho}(\nabla \cdot \sigma) + \vec{f}$$

Bu Cauchy momentum denklemidir. Gerilim tensörünün diverjansı basıncın gradyanının negatif işaretlisidir yani Cauchy momentum denklemi şöyle de yazılabilir:

$$\frac{D\vec{V}}{Dt} = \frac{\partial\vec{V}}{\partial t} + (\vec{\nabla} \cdot \vec{V})\vec{V} = \vec{f} - \frac{1}{\rho}\nabla p$$

Vektör analizinden şu eşitlik kullanılabilir:(U: herhangi bir vektör alanı)

$$(\vec{\nabla} \cdot \vec{U})\vec{U} = \frac{1}{2}\nabla\|\vec{U}\|^2 + (\vec{\nabla} \times \vec{U}) \times \vec{U}$$

"$\vec{f}$" dış kuvvetlerden kaynaklı ivmedir ve çoğu zaman ($\vec{f} = \nabla\mathcal{X}$) formunda yazılır. Bu sayede korunmlu bir nicelik olur. Göreli ve elektromanyetik alanda olmayan bir sistem için dış kuvvet yerçekimidir. Havuzda hareket edecek olan aracımız için de dış kuvvet yerçekimidir. Bu yüzden "$\mathcal{X}$", yerçekimsel ivme ve aynı doğrultudaki z ekseni üzerindeki mesafenin çarpımının gradyanının negatif işaretlisidir. "$\vec{f}$"şöyle tanımlanır:

$$\vec{f} = -\nabla gz$$

Cauchy momentum denklemi şöyle olmuş olur:

$$\frac{\partial\vec{V}}{\partial t} + \frac{1}{2}\nabla\|\vec{V}\|^2 + (\vec{\nabla} \times \vec{V}) \times \vec{V} = -\nabla gz - \frac{1}{\rho}\nabla p$$

Havuzdaki gibi permanan(kararlı) akım varsa "$\frac{\partial\vec{V}}{\partial t} = 0$"dır ve "$(\vec{\nabla} \times \vec{V}) \times \vec{V} = 0$"dır.

çünkü, $$(\vec{\nabla} \times \vec{U}) \times \vec{U} = \vec{U} \cdot \left(J_{\mu\nu}^{\vec{U}} - \left(J_{\mu\nu}^{\vec{U}}\right)^T\right) = \vec{U} \cdot \left(J_{\mu\nu}^{\vec{U}} - J_{\nu\mu}^{\vec{U}}\right) = 0$$

"$J_{\mu\nu}$" Jacobian matrisidir ve kullandığımız uzay için köşegen matristir. Bu yüzden transpozu ile aynıdır ve farkı sıfırdır. "$\vec{U}$" ile iç çarpımı da sıfır olur. Eşitlik şöyle olur:

$$\frac{1}{2}\nabla\|\vec{V}\|^2 + \nabla gz + \nabla\left(\frac{p}{\rho}\right) = 0$$

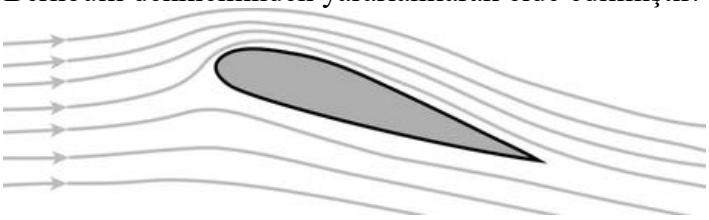
Ortak gradyana alınırsa eşitlik şuna dönüşür:

$$\nabla\left(\frac{1}{2}\|\vec{V}\|^2 + gz + \frac{p}{\rho}\right) \equiv \nabla\left(\frac{1}{2}\rho\|\vec{V}\|^2 + \rho gz + p\right) = 0$$

Türevi sıfır olduğu için parantez içindeki ifade sabit sayıdır.

$$\frac{1}{2}\rho V^2 + \rho gz + p = sabit$$

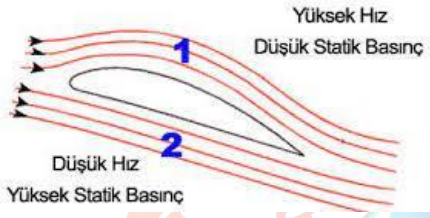
Bu Bernoulli denklemidir. Aracın iskeletini örtecek olan kanat profilimiz Bernoulli denkleminden yararlanılarak elde edilmiştir.



Şekil-5 Hidrodinamik kanat profili

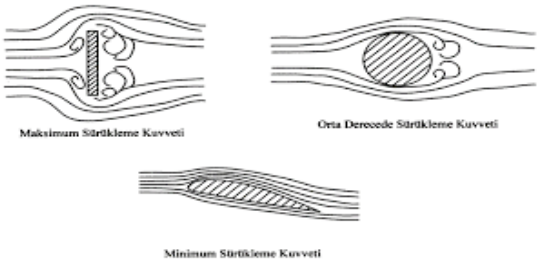
Bu kanat profilinin üstünden geçecek su akımı şeklinden dolayı düşük basınçta olacaktır. Bernoulli denkleminden dolayı basınç azaldığında sonucun sabit çıkabilmesi için yerçekiminin artması veya akışkanın hızının artması gerekir. "ρ" sabittir çünkü havuzdaki su homojen şekilde aynı yoğunluktadır. Havuzun her yerinde yerçekimi aynı sayılacağından "$\rho g z$" invaryanttır yani sabittir. Bu yüzden Bernoulli denkleminden, bu sistem için, çıkarılabilir. Bu sayede hız artacaktır yani akışkan, bu kanat profili sayesinde etrafından hızlıca geçip aracımızın hızı artmış olacaktır.

$$\frac{1}{2}\rho V_0^2 + p_0 = \frac{1}{2}\rho V_1^2 + p_1 = C(sabit) \quad ; \quad p_1 < p_0 \Rightarrow V_1 > V_0$$



Şekil-6 Hidrodinamik kanat profili etrafından geçen su akımının özellikleri

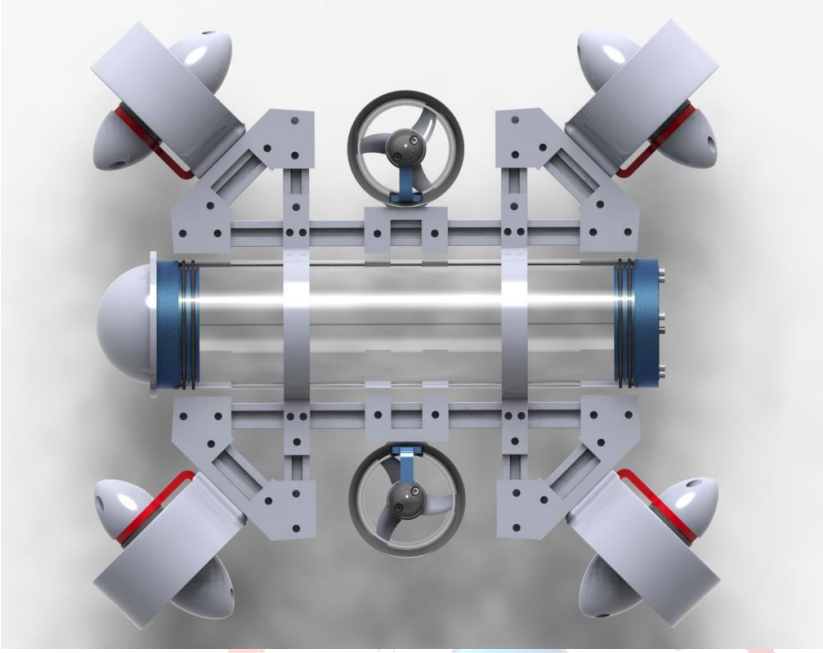
Bu kanat profiline benzer profillerin emsalleri daha önce yapılmıştır. Ama Bernoulli denklemi kullanılarak yapılan bu ön tarafı yükseltili kanat profili emsallerinden daha hızlı ve dengeli gidebilecektir. Hidrodinamiğe en uygun emsalinin bile önünde yükselti yoktu. Bu yüzden kanat profilinin arka taraflarından geçen akım ile kanatların arasında türbülanslı akış olup hem dengeyi bozdu hem de manevra kabiliyeti ve hızları azaldı. Yaptığımız tasarımda ise bu dezavantajlar yok, aksine avantajları var.



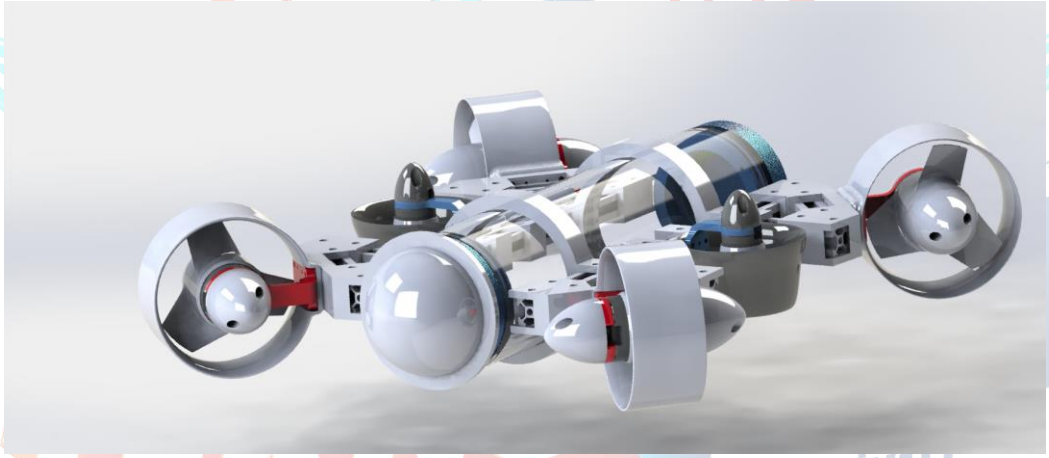
Şekil-7 Kanat profillerinin sürükleme kuvvetine etkisi

Tasarladığımız kanat profili minimum sürükleme kuvvetine sahip. Daha önce bu kanat profilleri motor pervanelerinde, uçak kanatlarında vb. alanlarda kullanıldı. Su altı araçlarında ise hidrodinamiğe uygunluk önemli bir kriter değildi çünkü bu zamana kadar resmi olarak yapılan aksiyon su altı araçları bile aşağı-yukarı hareketlerini içine su alıp vererek yapıyordu. Bu yüzden hidrodinamiğe uygunluk aranmıyordu. Katıldığımız bu kategoride ise hidrodinamiğe uygunluk önemli bir kriterdir fakat daha önce Bernoulli denkleminden yararlanarak hidrodinamiğe çok uygun bir tasarırm yapılmamıştır. Bu tasarımımız ile literatüre yenilik katıyor ve gelişmemiş bir alan olan "Su Altı Araçlarının Hidrodinamiği" konusunu geliştiriyoruz.

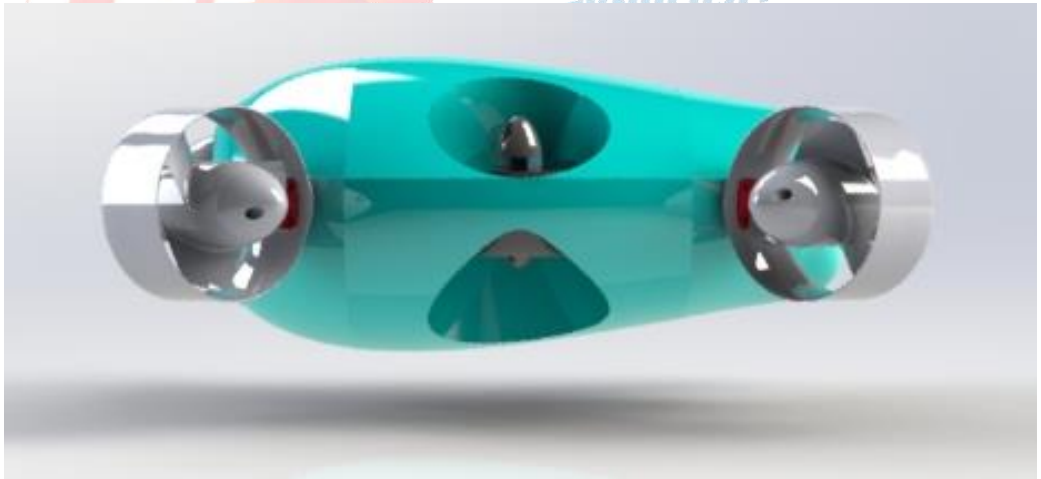
Aracımızın 3D tasarımı şöyledir:



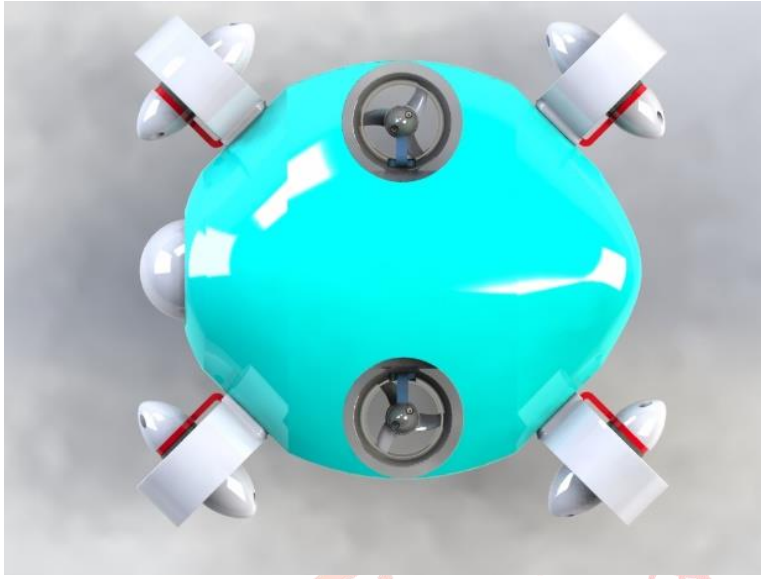
Şekil-8 Aracın iskeletinin üst profili



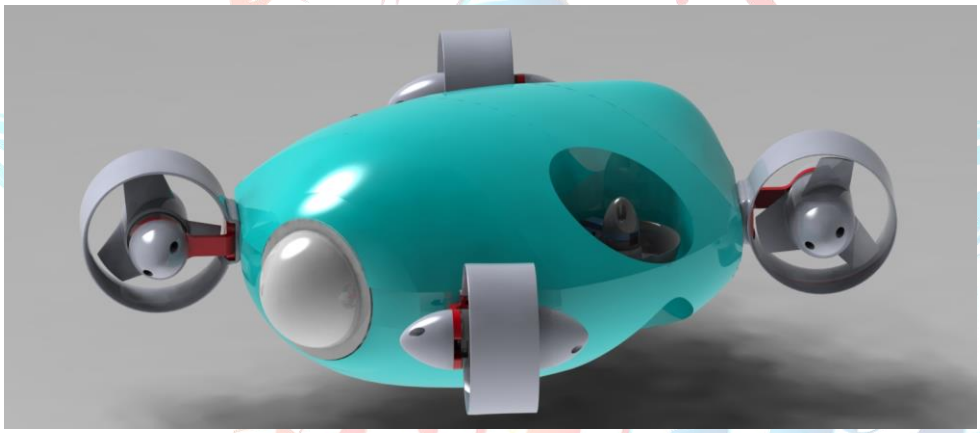
Şekil-9 Aracın iskeletinin çapraz profili



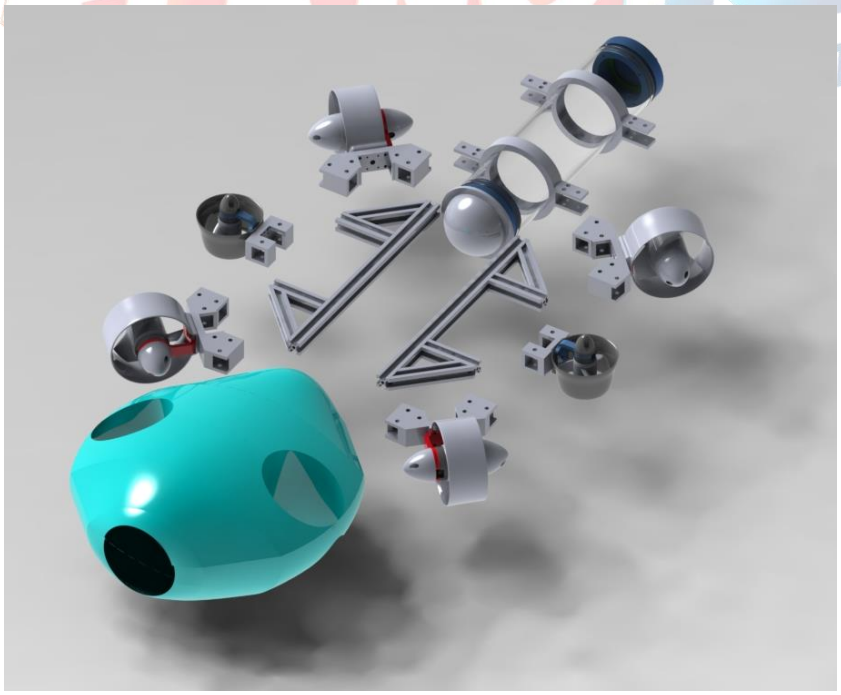
Şekil-10 Aracın yan profili



Şekil-11 Aracın üst profili



Şekil-12 Aracın çapraz profili



Şekil-13 Aracın parçaları

4.2.2. Malzemeler

UTRAS VE MİTRAS İTİCİLER

Aracımızda sualtı araçları için **Degz Robotik Sanayi Ltd.** tarafından özel olarak tasarlanan ve imal edilen UTRAS ve MiTRAS iticilerini kullandık. Yatay hareket için UTRAS iticisini, düşey hareket için MİTRAS iticisini kullandık. UTRAS kullanmamızın sebebi (24V) : ~ 8,5 Kgf'lik itme gücüyle türdeşlerine göre -T200 vs.- daha güçlü ve çok daha uygun fiyatlı olmasıdır. MİTRAS kullanmamızın sebebi ise dikey düzlemdeki hareketi rahatlıkla yerine getirebilecek düzeyde (25.2V) : >3 Kg-f'lik gücünün olması yanı sıra çok uygun fiyatlı bir itici olmasıdır. İkisinin ortak artılarından en büyüğü ise yerli ve milli olmalarıdır.

Şekil-14 UTRAS ve MİTRAS iticiler

Dörtlü Motor Sürücü

Utras için özelleştirilmiş yüksek performanslı motor sürücü! 36mm x 36mm boyutları ile diğer motor sürücülerin yarısı kadar yer kaplar. Isı koruma özelliği ile yüksek sıcaklıklarda kendini korumaya alır.

Stack yapısına uygun şekilde, sisteminizi önemli ölçüde küçültebilirsiniz.

Analog HD 1080P Kamera

AHD Kameralar standart analog kamera çözünürlüğünden daha yüksek bir çözünürlük vaad etmektedir.

Teknik Özellikler:

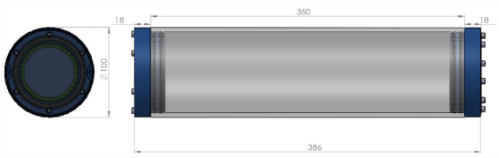
Görüntü Çözünürlüğü – 1920×1080, Gecikme – >200ms, Lens – 3mm, 175 derece, Lens Tipi – Değiştirilebilir M12, Besleme Gerilimi – 12V

Sualtı Aydınlatması 1500 Lümen

Yeni sualtı lambası power led teknolojisi ile sualtındaki tüm çalışmalarda kullanılmak için tasarlandı.

Cree markalı yüksek güçlü ledler kullanılarak tasarlanan aydınlatıcı yüksek ömürlü olması için 1500 lümen ile sınırlandırılmış olup 11.2 W güç tüketimi bulunmaktadır. Bu sayede bir araç farından daha fazla aydınlık sağlamaktadır.

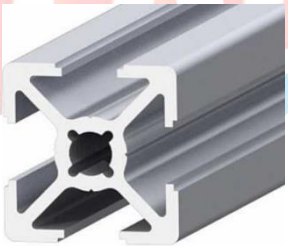
Anodize alüminyum kullanılarak üretilmiş yekpare gövdesi sayesinde verimli bir ısı dağıtımı sağlar ve zorlu çalışma şartlarına dayanıklıdır. 300 Metre derinliğe kadar güvenle kullanılabilir.



H-1 Sualtı Haznesi+Basınç Sensörü
Tuzlu suda kullanıma uygun, Anodize alüminyum ve krom malzeme, 150 – 200 metre azami derinlik, patentli aktarım teknolojisi, Daha az sızdırmazlık elemanı(her kapakta aktarımlar dahil 4 adet), 8 motora kadar çıkış(24 Pin) / 8pin iletişim hattı / 4 adet(8 pin) anahtarlama kanalı hattı. Basınç sensörümüz ise 30 bar(290 metre derinlik) basınca dayanıklıdır.

Raspberry Pi 4 8GB
Bir bilgisayar için gerekli olan işlemci, bellek ve giriş çıkışlar gibi tüm birimleri tek bir kart üzerinde toplayan Raspberry Pi 4 8GB mini bir bilgisayardır. Raspberry Pi'nin 4. modeli olan bu versiyonu daha hızlı CPU ve GPU desteği ile dikkat çekiyor. Daha hızlı bir Ethernet portuna da sahip olan ürün 4K ekran desteği ile çok daha iyi bir performans sunuyor. 4 çekirdekli işlemciye sahip olan Raspberry Pi 4, H.265 donanım kod çözme yeteneği ve güçlenen USB 3.0 çıkışları ile de öne çıkıyor.

PİXHAWK PX4 PIX 2.4.8
Pixhawk sisteminin avantajları arasında entegre çoklu kullanım, bir Unix / Linux benzeri programlama ortamı, karmaşık görevler ve uçuş davranışı komutları gibi tamamen yeni otomatik pilot işlevleri ve tüm işlemler arasında sıkı zamanlama sağlayan özel bir PX4 sürücü katmanı bulunur. Bu gelişmiş yetenekler, özerk aracınızla ilgili herhangi bir sınırlama bulunmamasını sağlar. Pixhawk, mevcut APM ve PX4 operatörlerinin sorunsuz bir şekilde bu sisteme geçiş yapmalarını sağlar.



20X20 Sigma Profil 6 Kanal
Sigma Profil günümüzde her sektörde kullanılmaktadır. Sigma Profiller her türlü şase, kabin, paravan, masa, makine yapımı için uygundur. Sigma Profillere (Alüminyum Kanallı Profillere) uygun bağlantı aksesuarları sayesinde estetik bir görünüm elde edilir.
Sigma Profiller (Alüminyum Kanallı Profiller) demonte (modüler) yapıda olduğundan konstrüksiyonlarda sonradan değişiklik yapmak oldukça kolaydır.

Data ve Güç Kablosu
Data ve güç kablolarımızda hazır parçalar kullanarak kendimiz su geçirmez hale getirdik. Bu sayede tam da ihtiyacımız olan şekilde kablolar elde ettik hem de daha az bir maliyetle kablo ihtiyacımızı giderdik.

Powerlux 12V 20W COB LED 120x35mm Chip

Aracın alt tarafında kullanacağımız ışık**.**
Renk: Beyaz ve Günışığı
Kelvin: 6500K ve 3500K
Lümen: 2000-2200Lümen
Amper: 1.2A
Volt: 12V
Watt: 20W
Boyutları: 12x3,5cm

MPU6050 6 Eksen İvme ve Gyro Sensörü - GY-521

MPU-6050 çeşitli hobi, multicopter ve robotik projelerinde sıklıklı kullanılan üzerinde 3 eksenli bir gyro ve 3 eksenli bir açısal ivme ölçer bulunduran 6 eksenli bir IMU sensör kartıdır.
Kart üzerinde voltaj regulatörü bulunduğundan 3 ile 5 V arası bir besleme voltajı ile çalıştırılabilir. İvme ölçer ve gyro çıkışlarının her ikisi de ayrı kanallardan I²C çıkışı vermektedir. Her eksende 16 bitlik bir çözünürlükle çıkış verebilmektedir.
Pinler arası boşluk standart olarak ayarlandığı için breadboard veya farklı devre kartlarında rahatlıkla kullanılabilir.

Jetson Nano ve Raspberry için 5V 5A Ubec Regülatör

Bu regülatör ile Raspberry, Jetson Nano gibi yüksek güç ile çalışan tüm kartlarımızı çalıştırabiliriz. Yüksek kaliteli komponentler kullanılarak üretilmiş kart, yüksek verimlilik ile çalışarak sistemimizin ihtiyaç duyduğu düşük voltajı kolaylıkla sağlayabilir.

Akrilik Bombebaş

Kubbesel yapısı sayesinde, düz pleksi levhalara göre kameramızın görüş açısını arttırır. Kamera, sensör vb. bir parça içerisine sığar ve haznemize fazladan alan kazandırır. Ek olarak insansız su altı aracına uygulanan su direncini azaltır. Ultra şeffaf yapısı sayesinde net bir görüntü almamızı sağlar.

4.2.3. Üretim Yöntemleri

Hızlı Prototipleme

Hızlı prototipleme, bilgisayarda hazırlanan üç boyutlu CAD çizimleri den direk olarak elle tutulur fiziksel modeller elde etmemizi sağlayan imalat teknolojisidir.Aracımızda parçaların bağlantısını sağlamak kullanılacak parçaları üretmek için için hızlı prototipleme yönteminden yararlanılır.

CNC TORNA

Tezgahları, dönen bir iş parçası üzerinden kesici bir takım vasıtasıyla talaş kaldırma işlemi yapan Bilgisayar Destekli Sayısal Kontrollü Takım tezgahlarıdır. Günümüzde gelişen teknoloji ile birlikte torna tezgahları tahrikli takımlar vasıtasıyla frezeleme kabiliyeti de kazanmıştır. Bu üretim yöntemi aracımızın kanat kısmı ve manipülatör kolun imalatında kullanılması planlanıyor.

Taşlama

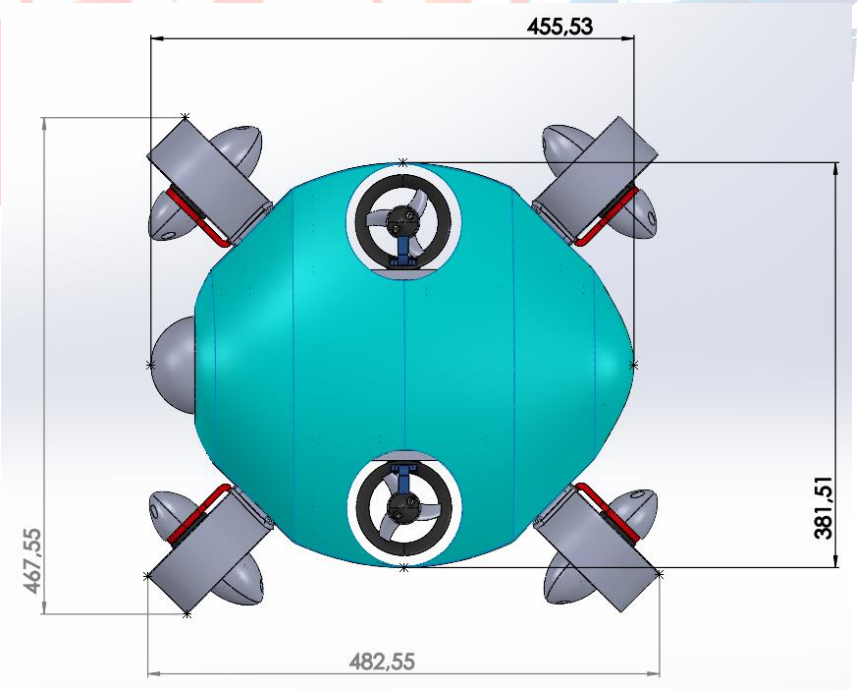
Taşlama,en basit haliyle bir aşındırıcı kullanarak malzeme yüzeyinden kazıma yöntemiyle talaş kaldırma işlemine verilen isimdir.Taşlamanın amacı iş parçalarında hassas ölçü elde etme, sertleştirilmiş malzemelerde sertleştirilen yüzeylerden kurtulmak, silindirik parçalarda ısıl işlem kaynaklı yüzey hatalarını gidermek, kaliteli ve parlak yüzeyler elde etmektir. Bu yöntem CNC tornada üretilen parçaların yüzeylerini kaliteli ve parlak hale getirmektir.

Lehimleme

Lehimleme iki ya da daha fazla sayıda metal parçanın, görece düşük erime sıcaklığına sahip bir dolgu metali eritilip bağlantı yerine akıtılarak, tutturulması işlemidir. Elektronik elemanların bağlantısında lehimleme yöntemi kullanılmıştır.

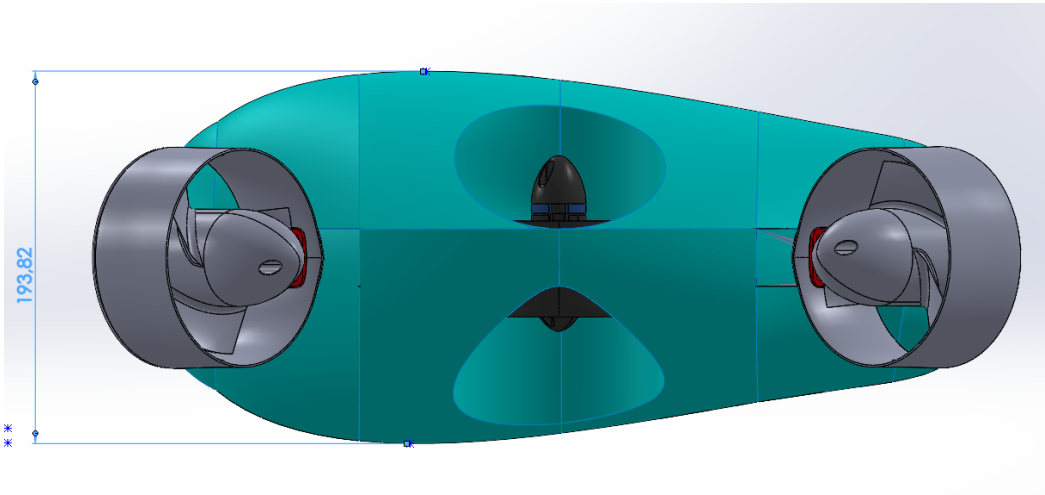
4.2.4. Fiziksel Özellikler

Aracımızın ölçüleri şöyledir:



Şekil-15 Aracın üstten ölçüleri

Aracın eni yaklaşık 467,5 milimetredir, boyu yaklaşık 482,5 milimetredir. Hidrodinamik gövdenin ise eni yaklaşık 381,5 milimetredir, boyu yaklaşık 455,5 milimetredir.

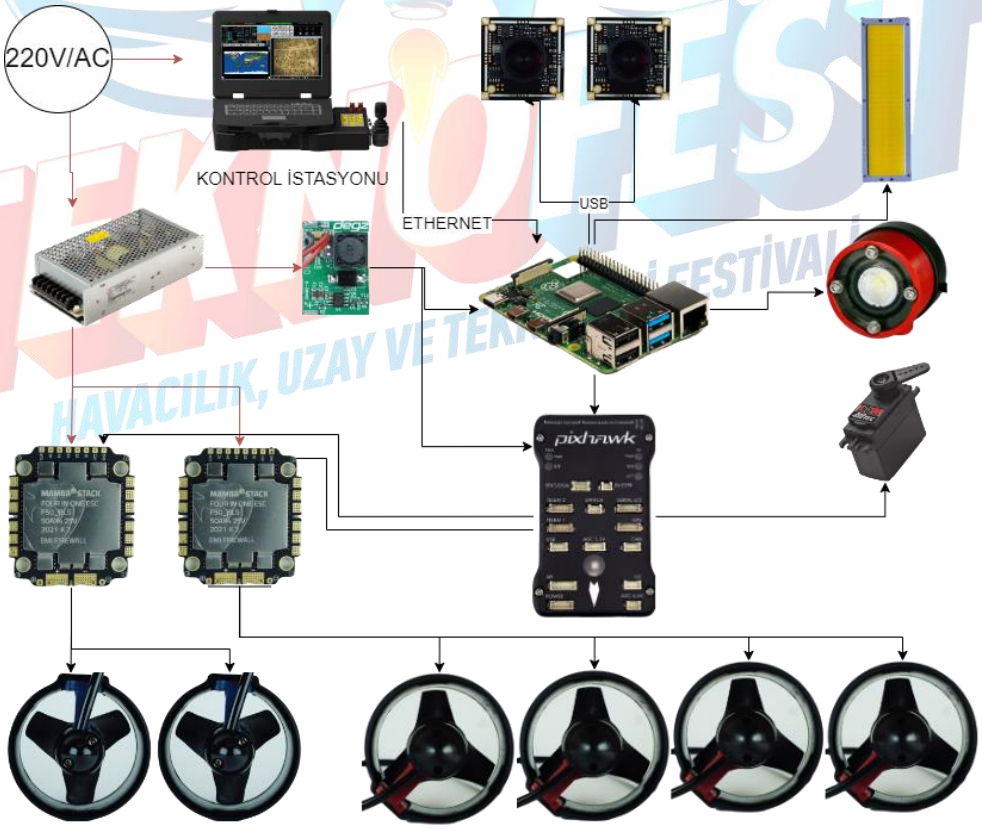


Şekil-16 Aracın yandan ölçüleri

Aracın en uzun yüksekliği yaklaşık 193,8 milimetredir.

4.3. Elektronik Tasarım, Algoritma ve Yazılım Tasarımı

4.3.1. Elektronik Tasarım Süreci



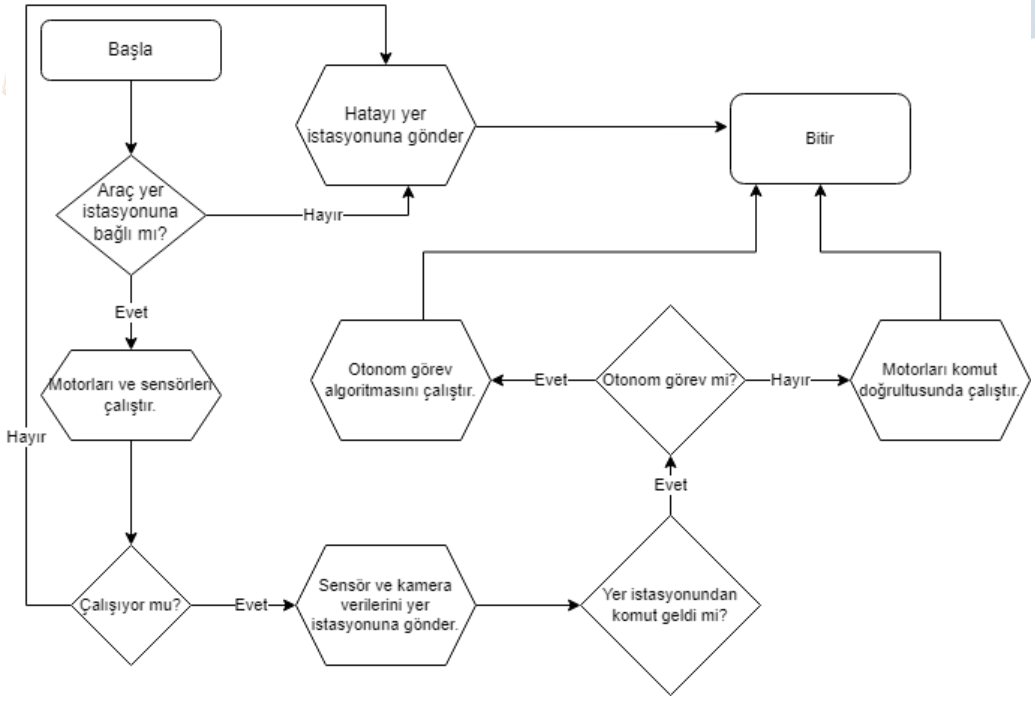
Şekil-17 Sistem elektronik şeması

Su altı aracımızda ana beynimiz olan Raspberry Pi 4, hareketimizi sağlayan motorlar, motorları denetleyen motor sürücü kartlar ve Pixhawk, su altında gözümüz olan kameralar ve bu saydığım parçaların hepsinin çalışabilmesini sağlayan güç kaynağı ve voltaj regülatörleri bulunmaktadır.

Şekil-18 Manipülatör(Robot) kol

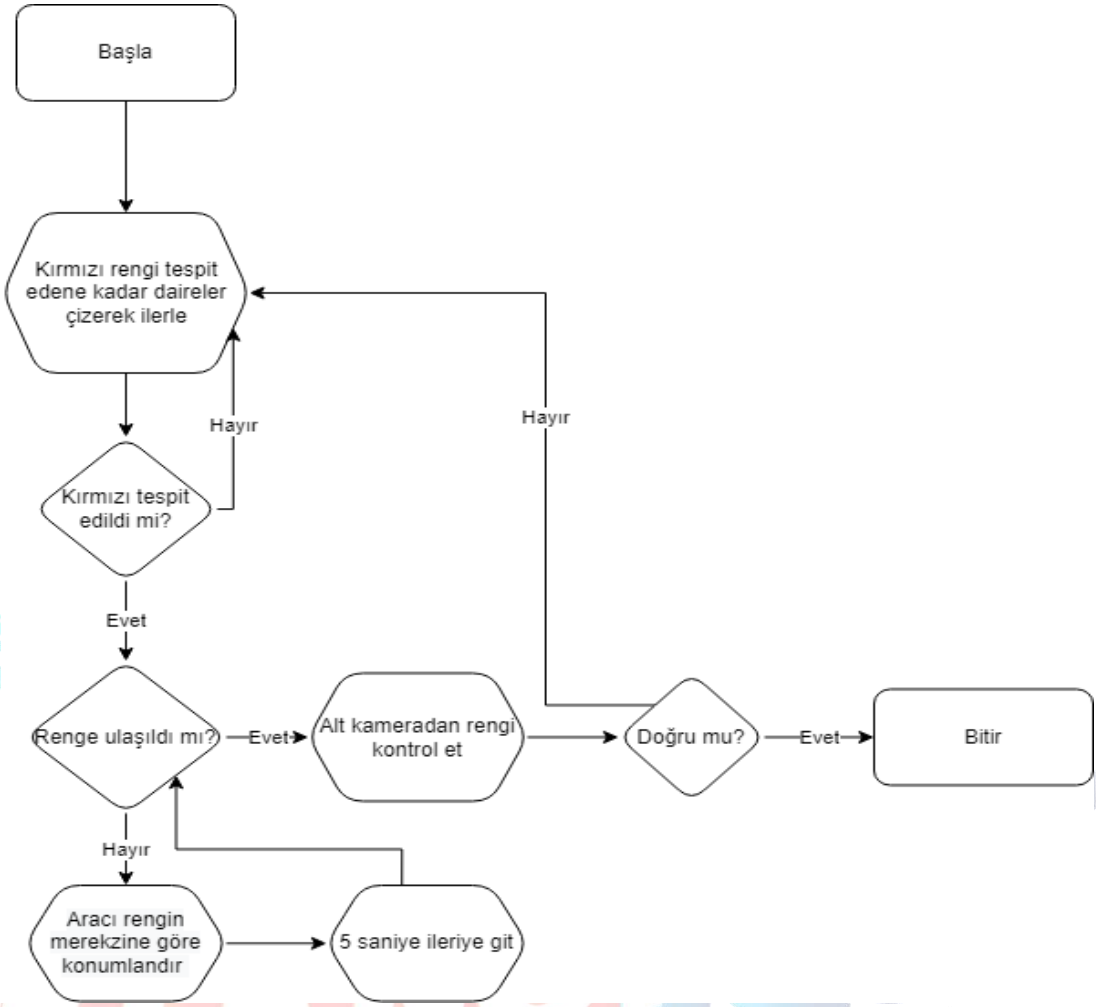
Üretecek olduğumuz manipülatör kol yerleştireceğimiz açı sayesinde hem tutuş kabiliyetini hem de aracın daha rahat hareket etmesini sağlaycaktır.

4.3.2. Algoritma Tasarım Süreci



Şekil-19 Araç başlangıç algoritması

Araç yer istasyonunda bağlı olup olmadığını kontrol ederek başlar. Eğer bağlı ise motor ve sensörlerin çalışıp çalışmadığını kontrol eder. Sensör ve motorlar çalışıyorsa sensör verileri yer istasyonuna gönderilir ve kumandadan gelecek verileri bekler.

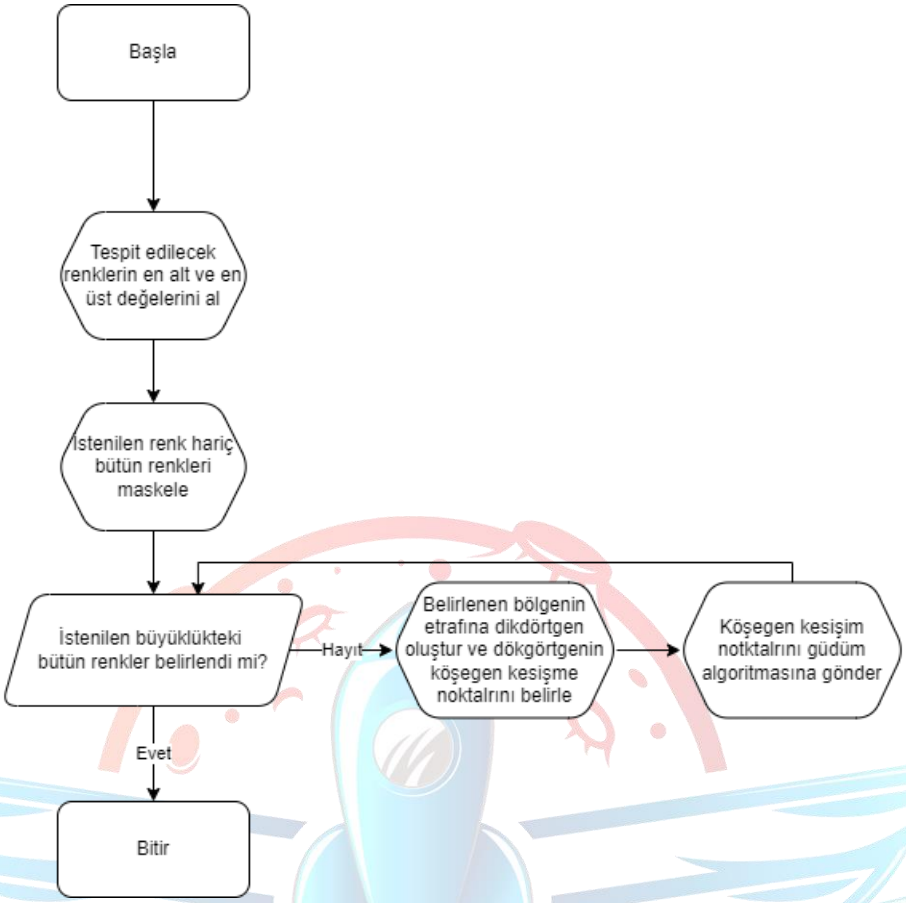


Şekil-20 Güdüm algoritması

Güdüm algoritması aracın havuzun içinde daireler çizerek hareket etmesi ile başlar, belirlenen kırmızı renk tespit edildiğinde aracı tespit edilen rengin merkezine gelecek şekilde konumlandırır ve araç ilerlemeye başlar bu işlemi araç tespit edilen bölgeye gelene kadar tekrarlar.

Tespit edilen bölgede yeniden bir renk tespiti yapılır ve renk doğru ise araç konumlanır eğer doğru değil ise araç yükselir ve işlemler yeniden başlar.

Aracın kontrolünü kolaylaştıracak derinlik sabitleme, serbest yüzme gibi destek algoritmaları bulunur. Derinlik sabitlemede aracın derinliği basınç sensöründen aldığı veri ile hesaplanır, PID algoritması denge ve ivme(gyroscope) sensöründen aldığı verilerle aracı havuz tabanına yatay bir şekilde sabitler.



Şekil-21 Görüntü işleme algoritması

Görüntü işleme algoritması tespit edilecek rengin belirlenmesi ve o renge ait minimum ve maximum değer aralıklarının verilmesi ile başlar. Belirlenen renkler hariç bütün renkler maskelenir. Geriye kalan bölümlerden istenilen büyüklükteki bölümler belirlenir, en büyük bölgenin merkezi güdüm algoritmasına kullanılmak üzere güdüm algoritmasına gönderilir.

4.3.3. Yazılım Tasarım Süreci

Yazılım planlaması temel anlamda aracımızın stabil hareket, görüntü sağlaması ve verilen görevler doğrultusunda verimli çalışması üzerine yapılmıştır. Genel araç yapısı için kritik rol oynayan hareket ve görüntü işleme Raspberry Pi 4 ile sağlanmaktadır. Piyasa durumu analiz edilmiş olup bu bağlamda ön tasarım sürecinde hedeflenen Jetson Nano gömülü kartına erişilememesi sebebiyle de yakın performans göstermesi amacıyla Raspberry Pi 8GB'lık modeli tercih edilmiştir.

Raspberry Pi 4 kartımız üzerinden görüntü aktarımının, haberleşmenin ve sensörlerden alınan bilgilerin aktarımının doğru şekilde sağlanması gerekmektedir. Tüm bunların sağlanması için yüksek seviyeli olan Python dili kullanımı tercih edilmiş ve Python kütüphaneleri kullanılmıştır.

Araç Python3 kullanılarak programlanmıştır. Python3 kullanılma sebepleri;

- Yazılım ekibi üyelerinin Python3'e hakim olması,
- Kolay bir şekilde yazılması ve okunması,
- Çok fazla yardımcı kaynak bulunması,
- Machine learning, computer vision gibi alanlarında aktif olarak kullanılması,
- Kullanılacak olan kütüphanenin -OpenCV- çoğunlukla bu dilde kullanılması.

Python3 yazalım dili, diğer yazılım dillerine göre denetleyicimize az yük bindirmesi ve geliştirici destekli araçları sebebiyle tercih edilmiştir. Yazılımlar, Linux işletim sistemi tabanıyla yürütülmektedir. Araçta sürüşün stabil sağlanması ve görevleri gereğince yerine getirmesi amacıyla çeşitli algoritmalar kullanılmıştır. Denge algoritması kullanılmıştır. Bunlar denge, görüntü, manuel kontrol, otonom sürüş-güdüm olmak üzere dört başlıkta incelenmektedir.

Ardusub

Ardusub, uzaktan kumandalı sualtı araçları(ROV) ve sualtı otonom araçları için geliştirilmiş açık kaynak kodlu bir yazılımdır. Ardusub, Ardupilot projesinin bir parçasıdır ve Arducopter kodu üzerinden geliştirilmiştir.

Yazılımın Pixhawk'a yüklenmesi ile yer istasyonunda gelen motor hareket verilerini değerlendirip motorları çalıştırmakla görevlidir. Pixhawk'ın içine yüklenen Ardusub yazılımı Raspberry Pi 4 ile MAVlink protokolü ile haberleşir.

QGroundControl

Aracın yer istasyonundan kontrol edilmesini sağlar. Kumandadan aldığı verilerin data aktarım kablosu ile Raspberry Pi'ye aktarılmasını sağlar.

Araçtan gelen verilerin yer istasyonundan görüntülenmesini sağlar.

OpenCV

OpenCV tam adı ile Open Source Computer Vision Library, açık kaynak kodlu bilgisayarlı görü(computer vision) ve makine öğrenmesi(machine learning) kütüphanesidir. C++, Python, Java, MATLAB yazılım dillerini, Windows, Linux, Android, Mac OS işletim sistemlerini desteklemektedir.

Görüntü sağlama ve işleme algoritması, Raspberry Pi kartımıza bağlı olan kameramızdan görüntü almamıza, alınan görüntü verilerini işlememize ve otonom görev doğrultusunda renk tespiti ve güdümleme işlemlerinin yapılmasına olanak vermektedir. Kamera verileri BGR renk matrislerinden oluşmaktadır. Renk tespit algoritmasının çalışma prensibi işlenen görüntü matrislerinin bir çeşit maskelemeye tabi tutulmasıdır. Görüntüyü işlemede ve maskelemede OpenCV kütüphanesi kullanılmıştır. Kameradan gelen salt veriler yazılan kodlar ile matris işlemlerinin gerçekleştirilebilmesi amacıyla da NumPY kütüphanesi kullanılmıştır. Maskeleme sonucunda elde edilen renk piksel ve matris değerleri hesaplanarak navigasyon kestirimlerine yönlendirilir. Ayrıca gözlem ve incelemelerimiz sonucu görüntüde suyun ve havuzun yapısı gereği mavileşme ve kırılmalar olduğu tespit edildi. Bu bağlamda maviliği gidermek amacıyla Python aracılığı ile sea-thru, waternet gibi çeşitli görüntü filtreleme algoritmaları yazıldı.

Otonom görev için kullanılacak renk tespit kodunun ilkel hali:

```python
import cv2                  # Kütüphaneler
import numpy as np          #

cap = cv2.VideoCapture("http://192.168.1.103:4747/mjpegfeed") #Kamera bağlantısı

upper_red = np.array([255, 255, 255]) #rengin maximim değeri
lower_red = np.array([171, 160, 60])  #rengin minimum değeri

while True:
    success, video = cap.read()
    width = int(cap.get(3)) #ekran genişliği
    height = int(cap.get(4)) #ekran boyu
    x_axis = int(cap.get(3)/2)
    y_axis = int(cap.get(4)/2)
    img = cv2.cvtColor(video, cv2.COLOR_BGR2HSV)
    a = cv2.line(video, (x_axis, 0), (x_axis, height), (255, 0, 0), 1)
    a = cv2.line(video, (0, y_axis), (width, y_axis), (255, 0, 0), 1)
    a = cv2.circle(video, (x_axis, y_axis), 20, (0, 0, 255))
    font = cv2.FONT_ITALIC

    mask = cv2.inRange(img, lower_red, upper_red)

    mask_contours, hierarchy = cv2.findContours(
        mask, cv2.RETR_EXTERNAL, cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)

    if len(mask_contours) != 0:
        for mask_contour in mask_contours:
            if cv2.contourArea(mask_contour) > 500:
                x, y, w, h = cv2.boundingRect(mask_contour)
                cv2.rectangle(video, (x, y), (x + w, y + h),
                              (0, 255, 255), 1)

                center_x = int((w/2)+x) #nesne merkezi x
                center_y = int((h/2)+y) #nesne merkezi y

                cv2.circle(video, (center_x, center_y), 2, (255, 0, 255), -1)

                if center_x > (x_axis-20) and center_x < (x_axis+20) and center_y > (y_axis-20) and center_y < (y_axis+20):
                    a = cv2.putText(video, 'Kitlendi', (100, height-100),
                                    font, 1, (0, 0, 0), 2, cv2.LINE_AA)

    cv2.imshow("window", video)

    if cv2.waitKey(1) == ord('q'):
        break
cap.release()
cv2.destroyAllWindows()
```

Şekil-22 Otonom sistem kod örnekleri

Otonom sistemi için görevler ve yetkinlikler analiz edilmiştir. Sistem görüntü işleme algoritmasını temel alınarak tasarlanmıştır. Manuel sistem ile ortak olarak güdüm ve denge algoritmaları kullanır. Aracın konumlanması gereken yüzey görüntü işleme birimince tespit edilir. Yapılan hesaplamalar ve referanslar doğrultusunda yönlendirme sağlanır. Araç tespit ettiği konuma doğru harekete geçer, konumlanır ve motor durdurulur.

Dengeleme algoritması için gyroscope, basınç sensörlerinden ve kameradan olduğumuz görüntü işleme algoritmasından veriler elde edilmiştir. Elde ettiğimiz salt verilere navigasyon kestirimleri uygulanmış ve daha doğru sonuçlar elde edilmiştir. Stabil hareket ve denge için pid algoritması yazılmıştır. Algoritma yazım sürecinde takımımızın fizik ve yazılım bölümü entegre çalışarak genel bir şema çıkarılmış ve Python yardımıyla çalışmaya hazır hale getirilmiştir. Algoritma güncel, hedeflenen ve gelecek hareket-güç girdisi hesaplıyor ve optimal çıktıyı sağlamaktadır. İşlenmiş verilerimizi tasarladığımız ve konfigüre ettiğimiz PID algoritmasından geçirip stabil bir hareket ve denge mekanizması oluşturduk.

Manuel ve genel kontrol sistemimiz; dış arayüzlerle desteklenen kamera, kontrol ve denge algoritması ile çalışmaktadır. Yer istasyonuna bağlı olan kontrolcüye kamera görüntüsü ve görevleri referans alarak verdiğimiz komutlar ile Raspberry Pi'a MAVlink protokolü ile gelen veriler motorlara ve ekipmanlara dağıtılırken Linux işletim sistemi üzerinden Python ile yazmış olduğumuz kontrol ve güdüm algoritmaları kullanılacak, komutlar ve işlemler

PID algoritmasından geçirilir ve Pixhawk yardımı ile ESC'lere komut gönderilir ve motorlar istenilen şekilde çalıştırılır.
Manipülatör kol, itme aparatı ve yer aydınlatması 3 ayrı parçadan oluştuğu ve takılıp çıkarıla bildiği için her biri için özel yazılımlar oluşturulmuştur.

Ek olarak yazılımın daha efektif, kompakt ve verimli olması amaçlandı. Bu doğrultuda da görüntü işleme, PID ve kontrol algoritmaları tek bir kütüphanede toplandı. Konfigürasyon işlemlerine hız kazandırıldı ve literatüre katkıda bulunuldu.
Açık kaynak kodlarını ve kümülatif ilerlemeyi desteklememiz sebebiyle de hazırlanan kütüphane açık olarak sunuldu.

4.4. Dış Arayüzler

Araç çalışırken hız, ivme, derinlik, canlı kamera verileri QGroundControl yazılımı ile yer istasyonunda görüntülenir. QGroundControl verileri MAVlink protokolü ile Raspberry Pi'ye aktarır. QGroundControl açık kaynak kodlu bir yazılım olduğundan istenildiği zaman değişiklik yapmaya açıktır ve büyük bir geliştirici topluluğuna sahiptir.
QGroundControl aracın uçuş kartı olan Pixhawk ve Ardusub ile uyumlu çalışmaktadır.

5. GÜVENLİK

Süreci güvenli bir şekilde tamamlayabilmek için takım olarak gerekli tüm önlemler alınmıştır. Aracımız şartnamede belirtilen güvenlik önlemlerine uygun şekilde tasarlanmıştır. Yarışma esnasında kullanılacak her türlü eşya için de şartnamede belirtilen tüm güvenlik önlemleri alınmıştır. Bu güvenlik önlemleri aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

- Aracın gerek iskelet gerek kanat bölümlerini yapabilmek için kesici-delici aletler kullanılmak zorunda kalınmıştır. Bu aletler önlük, gözlük, eldiven vb. koruyucu araç-gereçlerle gerekli güvenlik önlemleri alınarak kullanılmıştır. Bu gibi aletlerle şaka yapılmamış, ciddi ve özenle kullanılmıştır.

- Aracın dış yüzeyinde keskinlikler bırakılmamıştır. Gerekli zımpara ve törpü işlemleri gerekli güvenlik tedbirleri alınarak yapılmıştır.

- Aracın hareketini sağlayacak motorlarda ve pervanelerde açık keskin uçlar bırakılmamıştır. Motorlar ve pervaneler şartnameye uygun şekilde uçları köreltilmiştir ve nozul içerisindedir.

- Hidrolik sistemler düşünüldüyse de su kirliliğine sebep olma ihtimalinden dolayı kullanılmamıştır.

- Aracın iskeleti ve iskelete bağlı parçalar, hidrodinamiğe uygun kanat profili sayesinde herhangi bir deformasyona uğramayacak şekilde modellenmiştir.

- Araçtaki tüm elektronik malzemeler tüpün içindedir ve bu tüpün su geçirmez olması önemlidir. Bu yüzden yerli bir firma olan "**Degz Robotik Ltd.**" firmasından patentli su geçirmez tüp kullanılacaktır.

- İçinde elektronik aletlerin olduğu her türlü sistemin sızdırmazlığı suyun içinde denenirken elektrik bağlantısı kesiktir.

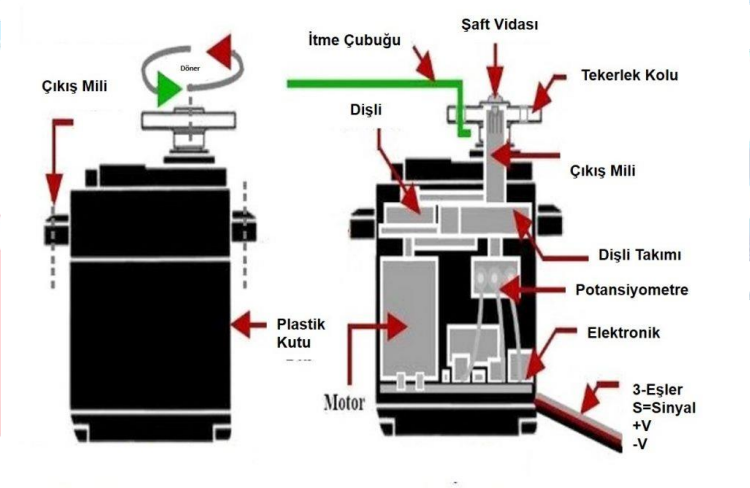
- Yer istasyonuyla aracın arasında olacak olan cat6 ethernet kablosu su geçirmezdir ve bu sayede herhangi bir elektrik kaçağı oluşmayacaktır. Aynı şekilde kullanacağımız güç kabloları da su geçirmez olacaktır ve bu sayede hiçbir elektrik kaçağına sebebiyet verilmeyecektir.
- Aracın kanatları su geçirmez endüstriyel plastikten yapılmıştır. Bu sayede araç suyun altındayken iskeleti koruyan kanatlar deforme olmaz.

- Yer istasyonunda olacak olan acil durdurma butonu, herhangi bir aksaklıkta aracı durdurarak olası tehlikelerin önüne geçilmesini sağlayacaktır.

6. TEST

KTR'yi yazana kadar aracımız tamamlanmadığı için araca test uygulanmamıştır. Elimizdeki parçalar ile yapabildiğimiz ve gelecek parçalar ile yapacağımız testler şunlardır:

- **Servoyu Su Geçirmez Yapmak:** Su altında çalışmaya uygun olmayan servomuzu su geçirmez yapmamız gerekmektedir. Servomuz bazı aksaklıklardan dolayı henüz elimizde olmadığı için bu testi servo gelince yapmayı planlıyoruz. Bu test için önce servoyu parçalarına ayıracağız.



Şekil-23 Servonun içi ve parçaları

Motor ve elektronik parçaların olduğu alt kapağı epoksi ile kaplayarak su geçirmez hale getireceğiz. Sonra plastik kutuyu kapatıp üst kapaktaki dişli takımı yağlayacağız. Daha sonra tekerlek kolunu takmadan şafta ve tekerlek kolunun altına lastik conta takarak su geçişini önleyeceğiz. Tekerlek kolu ve şaft vidasını taktıktan sonra varsa dışındaki epoksi ve yağ kalıntılarını temizleyip sızdırmazlığını deneyeceğiz.

- **Kablo Geçişlerini Su Geçirmez Yapmak(Penetrator Potting):** Araca istasyondan gelecek kabloların su geçirmezliği için Penetrator Potting denen işleme tabi tutacağız. Kabloları penetratörden geçirip enjektör ile penetratörün içini iyice epoksi ile dolduracağız. Ardından ısıtarak içindeki havayı çıkarıp

sağlamlaştıracağız. Bu sistemi su dolu kovaya takarak suyun geçip geçmediğini test edeceğiz.

- **Işıkların Sızdırmazlık Testi**: Renk tespiti için aracın altında olacak olan led ışıklarını çalışır vaziyette suyun içinde saatlerce bekleterek su geçirmezliğini ve dayanıklılığını test ettik.

- **Su Altında Bir Gün Bekletme Testi:** Aracı tamamen tamamladıktan sonra suyun içinde 24 saat boyunca bekleterek sızdırmazlığını ve dayanıklılığını test edeceğiz.

- **Erken Aşama Görüntü Testi:** Hazırlanan görüntü işleme algoritması bilgisayar ve Raspberry pi 4 üzerinde linux ve windows işletim sistemlerinde harici ve dahili kameralar ile sualtı ve su üstünde test edilmiştir.

7. TECRÜBE

Bu projeye başladığımız zamandan beri birçok şey öğrendik. Örneğin en önemlisi de bir takım halinde çalışmayı öğrendik.

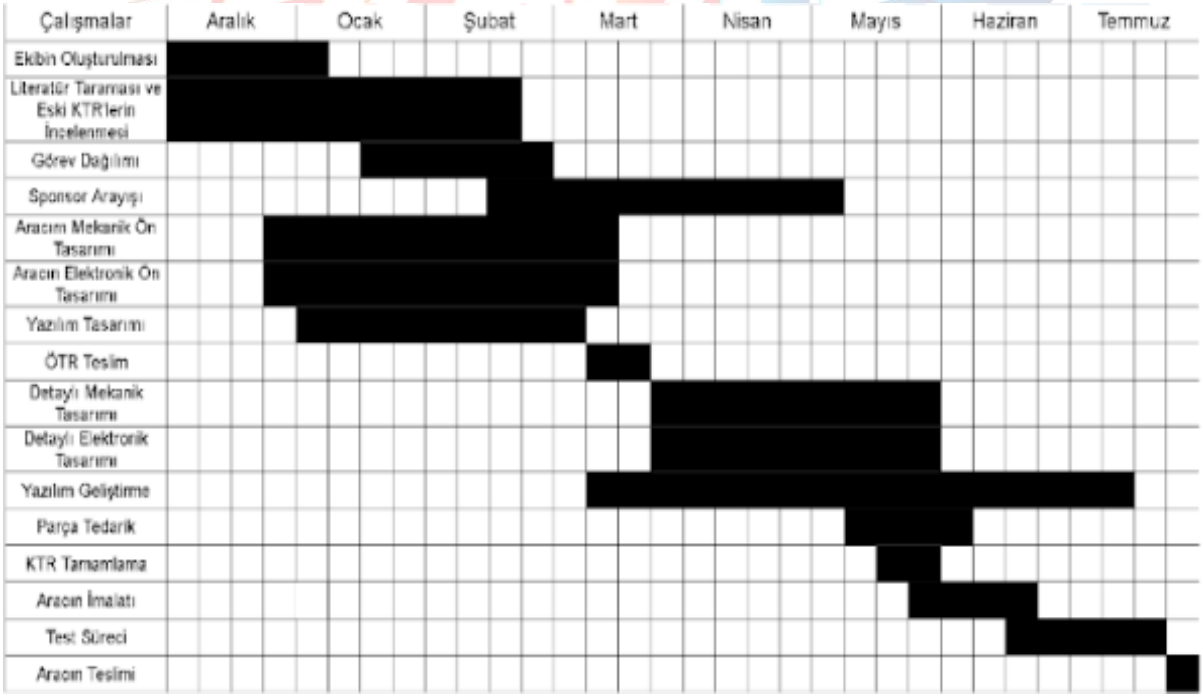
Henüz bir lise öğrencisiyken gelecekte yapmak istediğimiz işler hakkında hem bir fikir hem de deneyim sahibi olmuş olduk.

ÖTR'nin sonucunun açıklanmasının ardından yaşanan ekipten ayrılma ve ayrılan arkadaşımızın aracın tasarımını alıp bize vermemesinden dolayı bir takım çalışmasına başlamadan önce kuralların belirlenmesi gerektiğini öğrendik.

8. ZAMAN, BÜTÇE VE RİSK PLANLAMASI

ZAMAN

Zaman çizelgemiz aşağıdadır.



Şekil-24 Zaman çizelgesi

BÜTÇE

Bütçe tablomuz aşağıdaki gibidir. Ürünlerin çoğunun maliyeti sponsorlarımız tarafından karşılanmıştır.

Fakat hala karşılanamayan belli bir miktar ürünümüz mevcut.

Ürün	Adet	Adet Fiyat	Toplam Fiyat ₺	Tedarik Durumu
UTRAS İtici	6	3.425₺	20.550₺	✔
MİTRAS İtici	3	1.415,00₺	4.245₺	✔
350 mm H-1 Sualtı Haznesi +30 Bar Basınç Sensörü	1	3.150₺	3.150₺	✔
Dörtlü Motor Sürücü	3	2.645₺	7.935₺	✔
Analog HD 1080p Kamera+Çözücü	2	3.383₺	6.766₺	✔
Sualtı Aydınlatması 1500 Lümen	1	1.340₺	1.340₺	✔
Jetson Nano ve Raspberry için 5V 5A Ubec Regülatör	1	185₺	185₺	✔
Akrilik bombebaş	1	475,41₺	475,41₺	✘
20X20 Sigma Profil 6 Kanal	2 metre	84,45₺	168,9₺	✔
Pixhawk PX4 2.4.8 Uçuş Kontrol Kartı Seti - Drone Quadcopter Multikopter	1	4.336,5₺	4.336,5₺	✔
DS3120MG Su Geçirmez Servo Motor	1	518,04₺	518,04₺	✔
MPU6050 6 Eksen İvme ve Gyro Sensörü - GY-521	2	48,51₺	48,51₺	✔
Creality Ender 3 V2 - Geliştirilmiş 3D Yazıcı	1	4.985,91₺	4985,91₺	✔
Creality Ender 3 Serisi Manyetik Baskı Tablası	1	168,13₺	168,13₺	✔
Filament 1.75 mm Ten Rengi PLA - ABG	1	259,02₺	259,02₺	✔
Büyük Kırmızı Buton	1	69,38₺	69,38₺	✔
Raspberry Pi 4 8GB Başlangıç Kiti	1	5.000₺	5.000₺	✔
Plastik Kütük 50*50*5cm	2	2.967,85	5.935,7₺	✘
Ugreen CAT6 Flat Ethernet Kablosu, 30 Metre	1	215,68₺	215,68₺	✘
Kesme Matı A2	2	127,35₺	254,71₺	✘
Mano K-10 Çekmeceli Kutu (85x120x40 mm)	12	20,38₺	244,5₺	✔
TOPLAM			66.851₺	

Şekil-25 Ürünler ve fiyatları

RİSK

Hedefe ulaşabilme ihtimalimizi arttırmak için ve oluşabilecek riskleri önceden tahmin ederek yaşanabilecek olumsuz durumlarda riskin en aza indirilmesi için risk planlaması önemli bir husustur.

Risk Senaryoları:

Risk 1: Aracın Hasar Alması

Çözüm 1: Hasar tamir edilebilecek bir düzeyde ise teknik ekibimizce hasar tamir edilir.

Çözüm 2: Hasar tamir edilemeyecek bir düzeyde ise hasar alan kısmı yedeği ile değiştirilir.

Risk 2: Elektronik Sistemin Arızalanması

Çözüm 1: Yüksek modüler tasarımımız sayesinde teknik ekip tarafından aracımız kolayca sökülerek hızlıca devrelere ulaşılır. Devre incelenip arıza tespit edilir ve tespit edilen arıza giderilir.

Çözüm 2: Giderilemeyecek bir arıza ise devre parçası varsa yedeği ile değiştirilir.

Risk 3: Rengin Doğru Tespit Edilememesi

Çözüm: Aracın altında bulunan 2. kamera ile kontrol edilir.

Risk 4: Elektrik Kaçağı

Çözüm 1: Aracımıza yerleştirdiğimiz güvenlik sigortası atar ve elektrik akışını durdurur.

Çözüm 2: Sigorta atmaz ya da daha farklı bir devre kaçağı -arızası- olursa acil durum butonu kullanılarak araca giden bütün enerji kesilir.

9. ÖZGÜNLÜK

Modülerlik: Aracımızı kolay ve oldukça hızlı sökülüp geri monte edilebilecek bir şekilde tasarladık. Birleşim yerleri, vida delikleri hepsi özenle modülerlik en üst düzeyde olacak şekilde geliştirildi. Malzemeler buna uygun seçildi ve sıfırdan tasarlanması gereken parçalarda bu durum göz önüne alınarak tasarlanıp basıldı. Aracımızın alt tarafında farklı görevler için ihtiyaca göre farklı parçalar takılabilen bir montaj modülü bulunmaktadır. Örneğin hokey paktı görevinde paktları sürükleyebilmek için sürükleyici parça takılırken montaj görevinde aynı yere manipülatör kol takılabilir.

Algoritma: Aracımızın algoritmasının ve yapay zekasının çoğunluğu ekibimiz tarafından geliştirilmiştir.. Renk tespit algoritmamız ekibimiz tarafından oluşturulmuştur. Görüntü netleştirme algoritmamız sea-thru yazılımından esinlenilerek yazılım ekibimizce oluşturulmuştur. PID algoritması ise ekibimiz tarafından sistemimize uygun olarak yeniden oluşturuluyor.

Tasarım: Aracımızın tasarımı en özgün yanımızdır. Kanat olarak tanımladığımız adeta kaportanın iskeletimizi içine almasıyla hidrodinamiğe tamamiyle uygun eşsiz tasarımımız ortaya çıkmakta.Tamamen takımımızca geliştirilen bu tasarım Teknofest'te değil serbest piyasada bile bulunmamaktadır. Benzer olarak nitelendirilecek tasarımlar olsada bu tasarımlarla dahi tasarımımız arasında çok büyük farklılıklar vardır. Aracımızın her kıvrımı özenle hesaplanarak hidrodinamiğe uygun olacak şekilde tasarlandı bu tasarım da özenli hesaplarımız sonucu elde ettiğimiz veriye göre bize %40+ bir verim kazandıracak, bu sayede aracımız diğer araçlardan çok daha hızlı yol alacak. Aynı zamanda aracımızın iskeleti ve kanat kısmı dayanıklı ve gelen darbeleri absorbe edecek şekilde tasarlandı. Bu sayede hızlı,dayanıklı ve özgün bir tasarım ortaya çıktı.

Hızlı Prototipleme: Aracımızın iskeletinde bulunan 3D yazıcıdan basılmış parçalar ihtiyacın tespit edilmesi üstüne hızlıca planlanıp ardından hızlıca tasarlanmıştır. Aynı zamanda daha sonra çıkabilecek ihtiyaçlar içinde bu şekilde hızlı prototipleme yapılabilmesi için takımda görevler dağıtılmış ve buna uygun düzen kurulmuştur. Bu sayede her yeni çıkan ihtiyacımızı hızlı adımlarla tespit edip , planlayıp, tasarlayarak kolay ve oldukça hızlı bir biçimde giderdik.

10. YERLİLİK

Aracımızı tasarlarken ve üretime geçirirken en dikkat ettiğimiz konulardan biri de yerlilik. Aracımızı mümkün oldukça yerlilik oranı en üst düzeyde gerçekleştirmeye çalıştık.

Aracımızın parçalarını hem yerli ve milli hem de kaliteli parçalar üreten **Degz Robotik Sanayi Ltd** firmasından tedarik etmeye özen gösterdik . Bu ürünler şunlar: aracımızın hareketinde **UTRAS** ve **MİTRAS** itici, su geçirmez hazne olarak **H-1 Su Altı Haznesi**, kamera olarak **Analog HD 1080P Kamera,** esc için **Dörtlü Motor Sürücü,** aydınlatma için **Su Altı Aydınlatması 1500 Lümen,** raspberry pi ve pixhawk'a çalıştırabilmek için **Jetson Nano ve Raspberry için**
5V 5A Ubec Regülatör. Bu ürünlerden H-1 Su Altı Haznesi patentlidir (Evrak No:2020-GE-363231), UTRAS ve MİTRAS İticiler de patent aşamasındadır. **Dörtlü Motor Sürücü** hariç tüm ürünler yerli üretimdir.

Aracımızın iskeletinin temeli olan **20X20 Sigma Profil 6 Kanal** parçalarını yerli ve milli **Mermak Cnc Router Otomasyon** firmasından tedarik ettik. Firmayla ürünlerin yerliliği hakkında iletişime geçtik bize ürünlerin yerli üretim olduğunu fakat ellerinde bunun hakkında bir belge olmadığını dile getirdiler.

Aracımızın önündeki **Akrilik Bombebaşı** yerli ve milli parçalar üreten **Lenta Marine LTD. ŞTİ .** firmasından tedarik ettik.

Aracın Kanatları dediğimiz kısmı ise aldığımız delrin plastikten kendimiz CNC Torna ile işleyip imal edeceğiz.

11. KAYNAKÇA

https://byjus.com/physics/fluid-dynamics/

https://www.muhendisbeyinler.net/bernoulli-denklemi-nedir/

https://uw.pressbooks.pub/ocean285/chapter/eulerian-and-lagrangian-reference-frames/

https://www.britannica.com/science/fluid-mechanics/Hydrodynamics

Acheson, D. J. (1990). *Elementary Fluid Dynamics*. Clarendon Press

Batchelor, G. K. (1967). *An Introduction to Fluid Dynamics*. Cambridge University Press

Chanson, H. (2009). *Applied Hydrodynamics: An Introduction to Ideal and Real Fluid Flows*. CRC Press, Taylor & Francis Group, Leiden, The Netherlands, 478 pages

Lamb, Horace (1994). *Hydrodynamics* (6th ed.). Cambridge University Press

Shinbrot, M. (1973). *Lectures on Fluid Mechanics*. Gordon and Breach

Nazarenko, Sergey (2014), *Fluid Dynamics via Examples and Solutions*, CRC Press (Taylor & Francis group)

Thompson, Philip A. (1972). *Compressible Fluid Flow*. New York: McGraw-Hill

Anderson, John (1995). Computational Fluid Dynamics. McGraw-Hill Education

Chorin, Alexandre J.; Marsden, Jerrold E. (2013). A Mathematical Introduction to Fluid Mechanics. Springer

https://forum.opencv.org/

https://github.com/hainh/sea-thru

https://github.com/tnwei/waternet

http://www.ardusub.com/

https://github.com/enisgetmez/BAUROV-Autonomous

https://degzrobotics.com/

https://www.cnc-marketi.com/urun/20x20-sigma-profil-6-kanal

https://www.kangurumuhendislik.com.tr/

https://www.robotzade.com/

https://www.f1depo.com/urun/pixhawk-px4-2-4-8-ucus-kontrol-karti-seti-drone-quadcopter-multikopter

https://lentamarine.com/urun/bombebas-120mm-hazne-icin/,

https://www.cnc.com.tr/cnc-torna-tezgahi-nedir-torna-tezgahi-fiyatlari/

https://www.robotistan.com/mpu6050-6-eksen-ivme-ve-gyro-sensoru-6-dof-3-axis-accelerometer-and-gyros

https://market.samm.com/raspberry-pi-4-8gb