



İNSANSIZ SU ALTI SİSTEMLERİ YARIŞMASI KRİTİK TASARI RAPORU

TAKIM ADI: ATILAY

BAŞVURU ID: 1295858

KATEGORİ: İLERİ KATEGORİ

İÇİNDEKİLER

1.RAPOR ÖZETİ.....	3
2.TAKIM ŞEMASI.....	4
3. PROJE MEVCUT DURUM DEĞERLENDİRMESİ.....	4
4. ARAÇ TASARIMI.....	5
4.1 Sistem Tasarımı.....	5
4.2 Aracın Mekanik Tasarımı	6
4.2.1 Mekanik Tasarım Süreci	6
4.2 Malzemeler.....	11
4.2.3 Üretim Yöntemleri.....	11
4.2.4 Fiziksel Özellikler	12
4.3 Elektronik Tasarım, Algoritma ve Yazılım Tasarımı	13
4.3.1 Elektronik Tasarım Süreci	13
4.3.2 Algoritma Tasarım Süreci	15
4.3.3. Yazılım Tasarım Süreci	19
4.4 Dış Arayüzler.....	23
5. GÜVENLİK	24
6. TEST.....	24
7. TECRÜBE.....	25
8. ZAMAN, BÜTÇE VE RİSK PLANLAMASI.....	26
9. ÖZGÜNLÜK.....	27
10. YERLİLİK.....	28
11. KAYNAKÇA	30

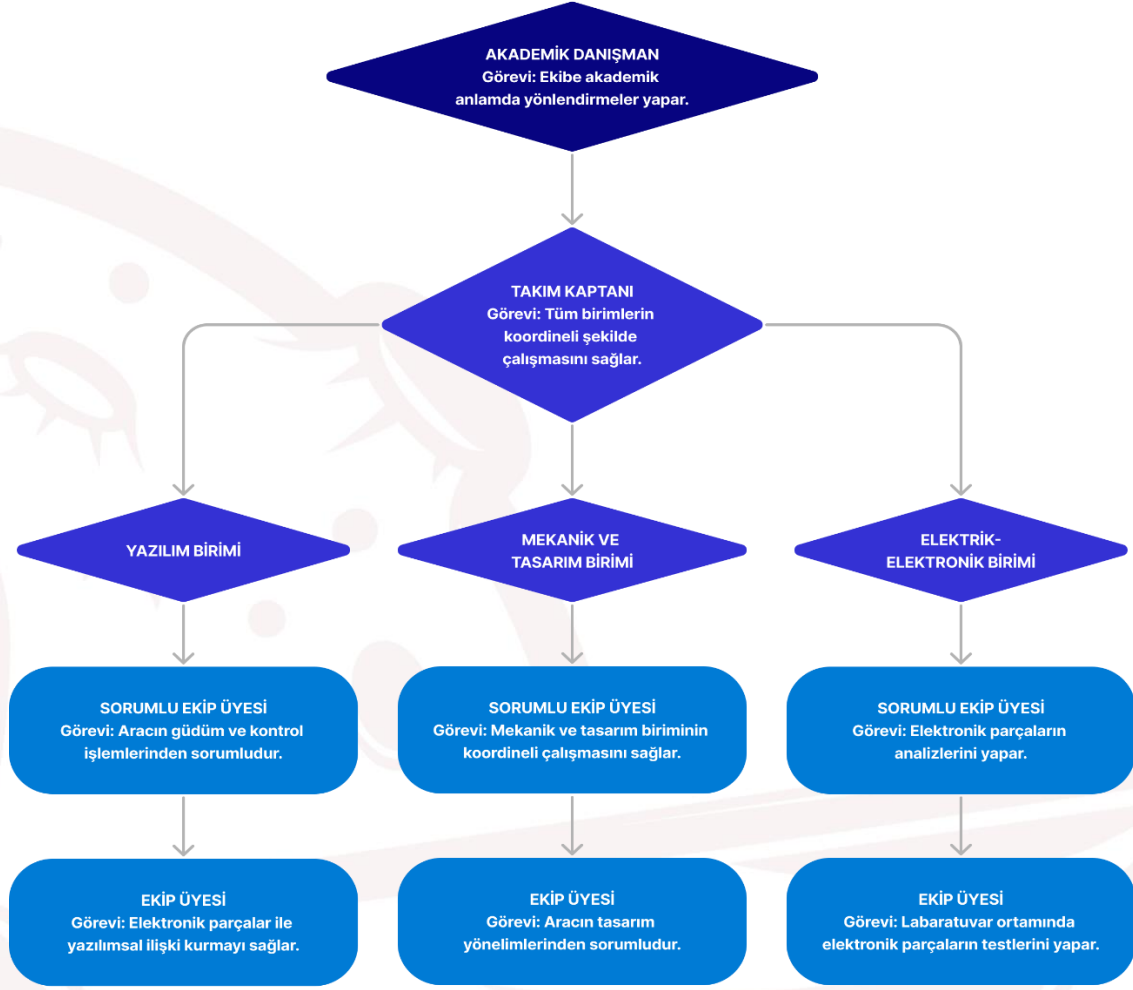
1. RAPOR ÖZETİ

Tüm bu hedefler doğrultusunda kurulan ATILAY Takımı olarak 2024 TEKNOFEST İnsansız Su Altı Sistemleri Yarışması için meydana getirilecek aracı geliştirerek insansız su altı sistemleri teknolojisinde, üç tarafı denizlerle çevrili ülkemize hizmet etmeyi amaçlamaktayız.

ATILAY Takımı olarak 2024 TEKNOFEST İnsansız Su Altı Sistemleri Yarışması KTR aşaması için yazmış olduğumuz bu rapor; akademik rapor standartlarına uygun ve şartnamede belirtilen hususlara dikkat edilerek oluşturulmuştur. Oluşturulan bu rapor kapsamında sunulan bilgiler aşağıdaki gibidir:

- 1) ATILAY Takımı'nda yer alan danışman ile ekip üyelerinin görevleri, organizasyon şemasıyla birlikte detaylıca gösterilmiştir.
- 2) Oluşturulacak araca ait sistem tasarımı, TYF'de sunmuş olduğumuz tasarımdan farklı olarak kullanılan sensörler ve ara elemanlar daha detaylı şekilde açıklanarak güncellenip KTR raporuna eklenmiştir.
- 3) Araç için ÖTR raporumuzda yer alan tasarımımızdan büyük oranda vazgeçerek daha iyi aerodinamik yapıya sahip ve kolay montaj edilebilir yeni bir tasarım gerçekleştirdik. Yeni geliştirdiğimiz final tasarımı ve final tasarımı ait olan; ana şase, iticiler, su geçirmez hazne, iticilerin ek parçaları, motor dikey bağlantı elemanları, motor muhafazası detaylı şekilde açıklanmıştır. Ayrıca araca ait akış analizi ile kabuk yapısı akış analizi yapılmış ve fiziksel özellikleri görsellerle birlikte açıklanmıştır.
- 4) Araçta kullandığımız malzemeler ile araç üretiminde kullanılan yöntemler, görsellerle desteklenmiş ve açıklanmıştır.
- 5) Elektronik tasarım sürecinde araç içinde kullandığımız sensörlerin neden seçildiği ayrıntılı şekilde yazılmıştır.
- 6) Araç için güç yönetimi ve dağıtımı, formüllerle desteklenerek açıklanmıştır.
- 7) Oluşturduğumuz algoritma şemaları, detaylı şekilde açıklanmış, kullanılacak elektronik ekipmanlarla ve görevlerle ilişkilerin nasıl yapılacağından bahsedilmiştir.
- 8) Yazılım tasarım süreci için kullandığımız diller ve neden seçildikleri açıklanmıştır.
- 9) Ara yüz tasarımı, su altındaki görüntünün iyileştirilmesi; görüntü, renk, şekil işleme işlemleri açıklanmış, ayrıca kontrastı artırma, renk filtreleme işlemlerimiz; örnek kod çıktıları ve görsellerle birlikte desteklenerek rapora eklenmiştir.
- 10) Araç için laboratuvar ortamında gerçekleştirilen parçaların üretimi yapılırken güvenlik önlemleri alınmıştır. Alınan güvenlik önlemleri, maddeler halinde rapora eklenmiştir.
- 11) Oluşturulan algoritma şemaları, bilgisayar ortamında oluşturulan testlerle kontrol edilmiş ve test sonuçları görsellerle beraber açıklanmıştır. Ayrıca aracın sızdırmazlık ve hareket kabiliyeti testleri olimpik havuz ortamında yapılmıştır.
- 12) Zaman, bütçe ve risk planlamalarımız, detaylı şekilde tablolar halinde raporumuzda yer almıştır.
- 13) Yerlilik, özgünlük, referanslar ayrıntılı şekilde açıklanmıştır.

2. TAKIM ŞEMASI



Şekil 1-Takım Görev Dağılımı

3. PROJE MEVCUT DURUM DEĞERLENDİRMESİ

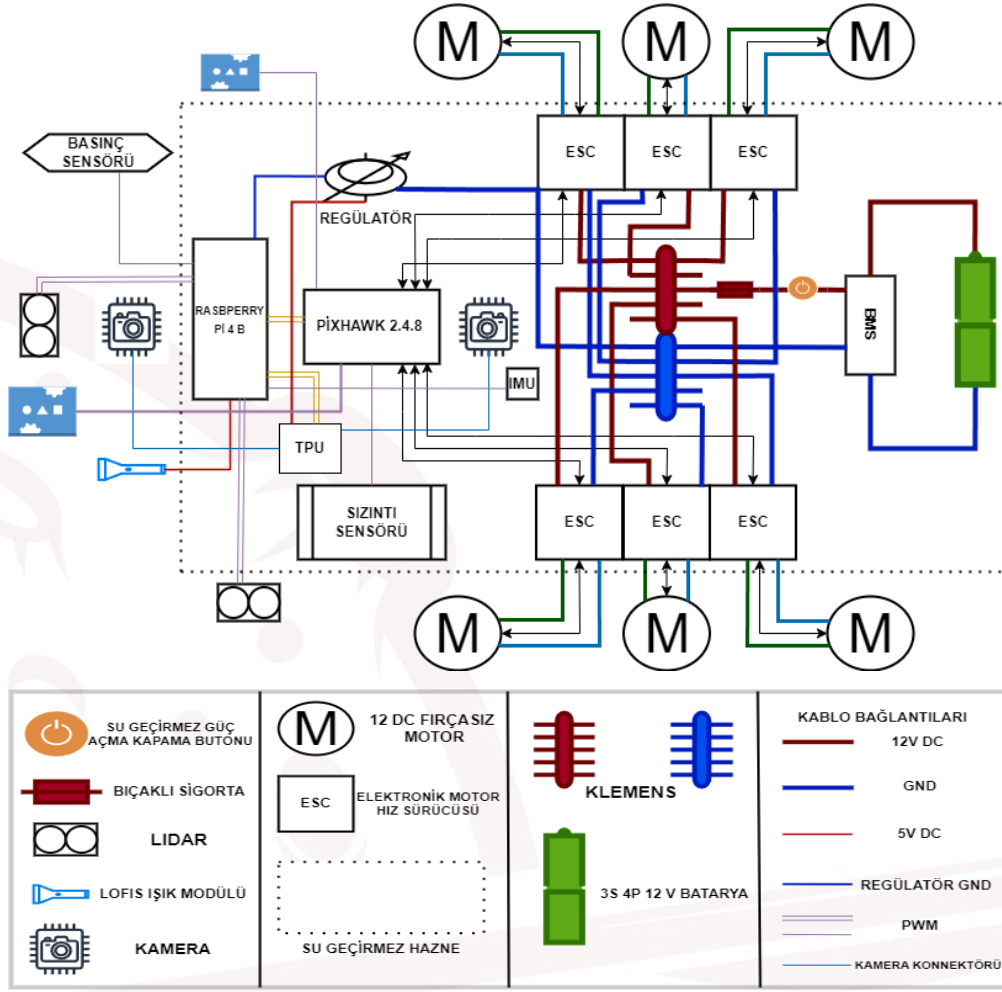
ATILAY Takımı olarak 2022-2023 Teknofest İnsansız Su Altı Sistemleri Yarışmalarında ÖTR ve KTR aşamalarını başarılı olarak geçmemize rağmen; Sızdırmazlık, Hareket Kabiliyeti ve Görev Gösterimi Videosu aşamasında, 2022 yarışmasında aracımız suya batış sağlayamadığı için, 2023 yılında ise video açısı hatalı olduğu için finallere katılamadık. Takımımız bu sonucun ardından hız kesmeden çalışmalarına devam ederek tüm eksiklikleri giderip 2024 Teknofest İnsansız Su Altı Sistemleri Yarışması'na katılma kararı almıştır. Bu sonuçla birlikte bir sonraki aşama olan KTR 'ye geçmeden önce geçen yılki eksikliklerimizi, ekipçe uzun görüşmeler sonucunda belirledik. Hatalarımızı göz önünde bulundurarak 2024 KTR aşamasına kadar yaptığımız değişiklikler aşağıdaki gibidir:

- 1) Aracımızın Sızdırmazlık, Hareket Kabiliyeti ve Görev Gösterimi Videosunda batmamasının sonuçları araştırılmış; ardından hazne içindeki hava vakumlanmış, 3 boyutlu parçaların basımları yenilenecek aracın batırılması sağlanmıştır.
- 2) Markalonya 5000 mAh 3.7 V 26650 Li-Ion Şarj Edilebilir Pil kullanımına karar verilerek daha az maliyetle daha çok enerji yoğunluğu elde edilmiştir.
- 3) Sistem tasarımı, kullanacağımız sensörler ve ara elemanlar daha detaylı şekilde açıklanarak güncellenmiştir.
- 4) Araç tasarımı, yaptığımız testler sonucunda, kolay montaj edilebilir ve daha aerodinamik yapıya kavuşabilir şekilde değiştirilmiştir.
- 5) Araç tasarımı, elverişsiz yalpalama ve yunuslama hareketlerine yol açan yağmur ve türbülanslı rüzgârlar ve su altı aracını çevreleyen küçük dalgalar ile ideal olmayan koşullara uygun olarak yeniden tasarlanmıştır.
- 6) Aracımıza zemin tarama kamerası eklenmiştir.
- 7) Lidarların sayısı artırılarak konum belirleme işlemlerinde bize yardımcı olacak verilerin desteklenmesi sağlanmıştır.
- 8) Yazılımda kullanılan algoritma ve kütüphaneler gözden geçirilmiş gerekli olan yerlerde değişiklikler yapılmıştır.
- 9) Kuyruk yapısı eklenerek hareket kabiliyeti artırılmıştır.
- 10) Ön görüş kamerasının çözünürlüğü artırılmış bu sayede görüntü işleme algoritmaları daha sağlıklı çalışması sağlanmıştır.
- 11) Basınç sensörünün konumu değiştirilerek aktif basınçtan etkilenmeyecek şekilde muhafaza edilmesi sağlanmış bu sayede pasif basınç ile verimli bir şekilde derinlik tespiti sağlanmıştır.

4. ARAÇ TASARIMI

4.1. Sistem Tasarımı

Önceki yarışmalar ve yaptığımız simülasyonların çıkarımları ile nihai sistem tasarımı TYF’de de belirtildiği üzere Şekil 2’de gösterildiği gibidir.



Şekil 2-Nihai Sistem Tasarımı

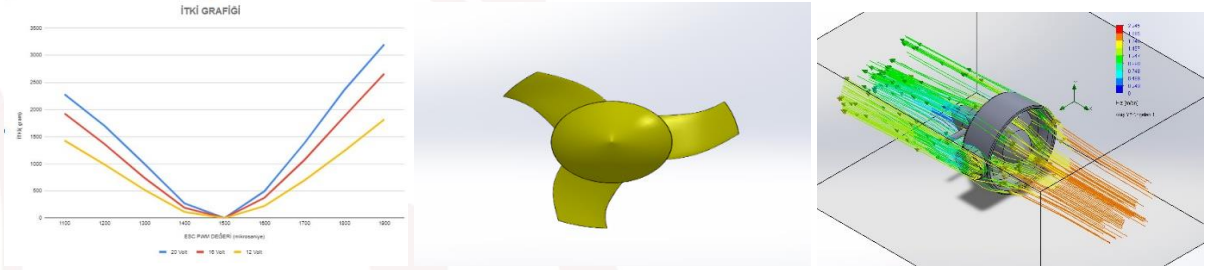
4.2. Aracın Mekanik Tasarımı

4.1.1. Mekanik Tasarım Süreci

Sualtı aracımızın mekanik tasarımı, birim ekip üyelerimizin yaptığı AR-GE çalışmaları ve analizler sonucunda yeni şeklini almıştır. Ana amaç olarak kısıtlı süre içerisinde görevleri yerine getirmek için tam performanslı bir araç tasarımı yapmak için çalışmalar yürütülmüştür. Enerji tüketimini azaltmak, su içerisinde yeterli hız değerine ulaşmak için çeşitli kabuk geometrisi ve pervane profillerinin analizlerini gerçekleştirdik. Tasarım sürecinde, aracın en-boy-ağırlık ve havuz alanını göz önüne alarak aracımız için en uygun profili oluşturmayı amaçladık. Bunların yanı sıra, üretim sırasında sualtı aracımızın estetik ve üretilebilir olmasını göz önüne alarak, bu yönde bir tasarım oluşturduk. Aracımızı üretirken dikkat edilmesi gereken mekanik özellikleri göz önüne alarak parçalarımızda kullanılan malzeme türleri fiyat performans oranına dikkat ederek gereksiz maliyetten kaçınıldı uygun değerleri sağlayan

malzemeler üzerinde analizler yapıldı performans analizi ile fiyat analizi doğru orantılı olarak ölçülüp en iyi ürünler seçildi. Aracın analizleri yapılırken SOLIDWORKS ve FUSION360 programları kullanıldı bağlantı elemanları seçilirken SOLIDWORKS ün toolbox'ın'dan yararlanıldı. Araç tasarımı ilk adımda eskizler üzerinden yapıldı sonrasında takımın üyelerince değerlendirmeye tabi tutuldu. Üretilmesi kolay bir araç tasarımı tercih edildi gereksiz ağırlıktan kaçınıldı aracın batmasını ya da su yüzeyinde kalmasını engellemek amaçlandı. Araç tasarımının kolay seçilmesinin en temel sebebi ise kısıtlı süre içerisinde aracın final yarışmasından önce testlere hazır hale getirip gerekli tam kapsamlı koşul ortamında da değerlendirmeye alıp eksikliklerin giderilmesidir.

Pervane Tasarımı

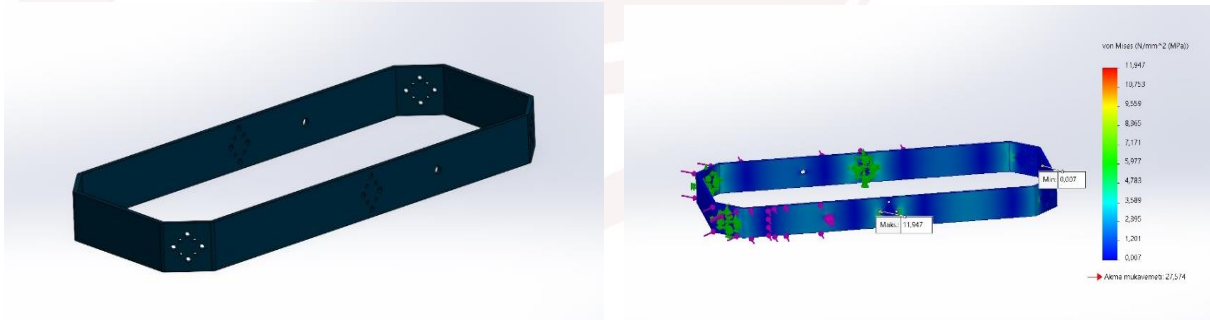


Şekil 3-Pervane Tasarımı ve Simülasyonu

Pervane profilinin, yüksek itiş gücü, düşük sürtünme kuvveti sağlanması amaçlanmış, bu amaçla doğrultusunda sayısal testlere tabi tutuldu gerekli revizyonlar yapıldı ve gerekli itki gücünü oluşturan bir pervane profiline sahip olundu.

Ana Şase

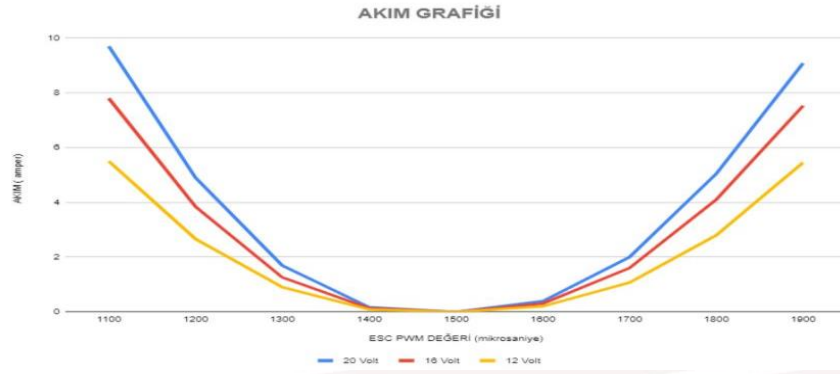
Aracımızın ana şasesi, alüminyum plakanın CNC makinesinde tasarımı doğru şekilde kesilmesi ve gerekli kaynak işlemlerinin uygulanmasından sonra üretilmiş olacaktır. Alüminyum plaka seçilmesinin temel nedeni hafif ve dayanıklı olmasıdır. Profilin analizleri yapıldı ve istenen değerlerin 4 katına yakın değerlerde kuvvet uygulandı ve uygulanan kuvvette de 2.31 katlık dayanım göstermiştir.



Şekil 4-Ana Şase

İticiiler

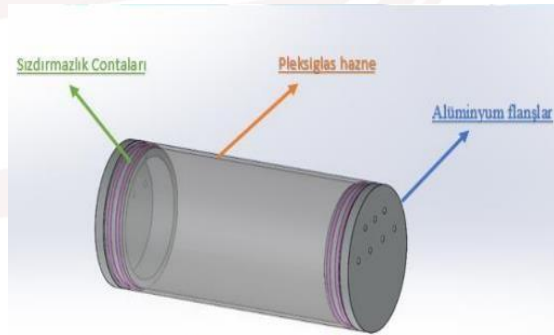
Sualtı aracımızın motor seçiminde yeterli itkiyi sağlamak için RPM, tork ve enerji tüketim oranı dikkate alınmıştır. Hem itki hem de denge için 6 adet ROV Su Altı motoru kullanılmasına karar verilmiştir. 6 motordan 4 tanesi yatay eksende olmak üzere, 2 tanesi aracın önüne, 2 tanesi aracın arkasına gelecek şekilde 45 derece konumlandırılacak böylece hem aracın itki sistemine katkı sağlayacak hem de aracın dönüş (yaw) hareketini sağlayacaktır. Kalan 2 motor, aracın orta kısmında, aracın dikey eksen yönünde suya batma ve çıkma hareketini sağlayacaktır. Kullanılacak olan motorlar hem sızdırmazlık sağlaması hem de ortam koşullarına daha dayanıklı olması nedeni ile Su Altı ROV motorları tercih edilmiştir. ROV motorlarının bir diğer tercih edilmesin sebebi su altı güvenlik koşullarını sağlamaktır.



Şekil 5-Akım Simülasyon Grafisi

Su Geçirmez Hazne Tasarımı

Aracımızda mekanik ekibi tarafından elektronik donanımları içine yerleştirileceğimiz, bu malzemeleri sudan izole eden tüp şeklindeki bir yapı tasarlanmıştır. Bu yapı; akrilik tüp (pleksiglas), flanşlar; O-halkalar, arka kapak ve konektörlerden(rakor) oluşmaktadır. Kullandığımız flanşlardan iletişim ve güç için kullandığımız kablolar geçecektir kablo geçişlerinde sızdırmaz konektörler kullanılacaktır.



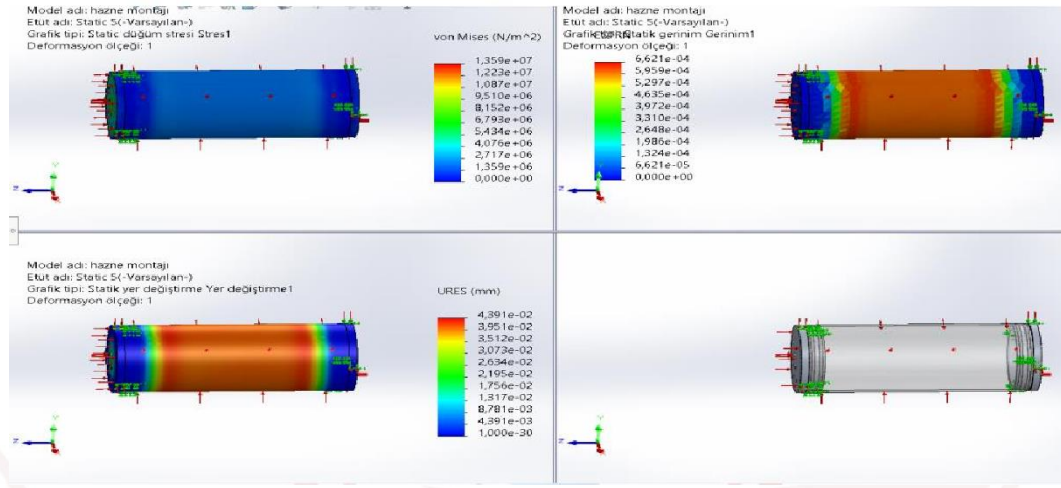
Şekil 6-Sızdırmaz Hazne Tasarımı

Motor Şase Bağlantı Elemanı

Tercih ettiğimiz motorun ana şase ile bağlantısını sağlayan yapımız bulunmaktadır bağlantı elemanı olarak vida, somun ve pul kullanılacaktır. Gerek görülmesi durumunda sıvı yapıştırıcılarda (silikon, reçine vb.) kullanılabilir.

Su Geçirmez Hazne Statik Analizi

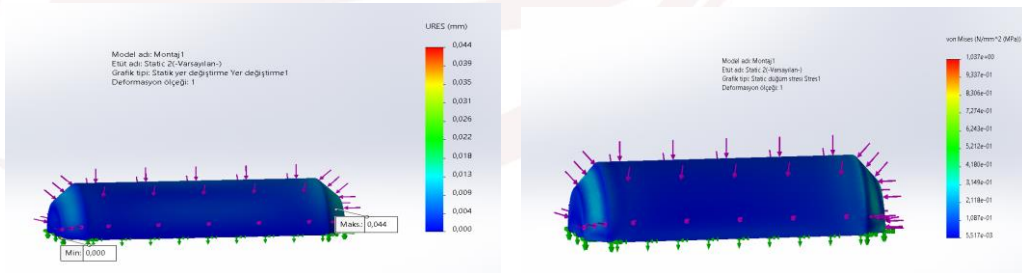
Su geçirmez haznemize yaptığımız statik analizimizde, 2,5 metre havuz derinliği göz önüne alınarak 0,12 MPa basınç uyguladık. Tanımladığımız malzemenin akma mukavemeti, $4,5e+07 \text{ N/m}^2$, haznemizin maruz kaldığı maksimum stres değeri ise $1,359e+07 \text{ N/m}^2$. Bu hesaplamalara göre haznemizin 2 metre derinlikteki havuz koşulunda 21 kat güvenli olduğu ve 200 metre basınç derinliğine kadar su basıncına dayandığı gözlemlenmiştir.



Şekil 7-Su Geçirmez Hazne Tasarım ve Simülasyonu

Kabuk Yapısı

Aracımızın kabuk tasarımı yapılırken bu bölgelerin sıvılarla temas eden en önemli bölgeler olduğu göz önüne alınarak yüksek performanslı hidrodinamik yapı oluşturmak amaçlanmıştır. Gerekli testler yapılarak kabuk tasarımı revize edilmiştir maliyeti düşürmek amaçlanmıştır. Kabukta oluşan maksimum yer değiştirme 0.044 mm kadar gerekli değerleri göstermiştir.



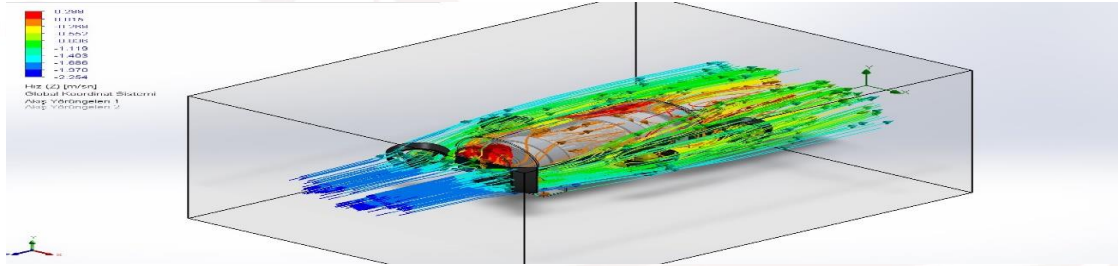
Şekil 8-Kabuk Yapısı

Sınır koşulları;

Hesaplama alanı için basınç, su yoğunluğu ve su sıcaklığı sırasıyla 101325 Pa, 999.79 kg/ms ve 273.16 K olarak kabul edilmiştir. Başlangıç giriş sınır koşulu, sabit hızda (2 m/s) dayalı olarak, motor RPM değerimiz ise kullandığımız G350 ROV 12V DC 350KV değerinde su geçirmez fırçasız motorun maksimum değerleri ele alınmıştır.

Araç Akış Analizi

Kabuk ve pervane yapılarına yapılan analizler sonucunda aracımızın nihai tasarımına ulaşıldı. Nihai tasarım üzerinde yapılan akış analizinde, kabuk yapımızda elde ettiğimiz verilere yakın değerlerde sonuçlar gözlemlendi. Başlangıç giriş sınır koşulu sabit hızda 2m/s dayalı olarak kabul edilmiş, bu değerın pervane itkisi hesaplamalara katılmayarak, kabuk ön-üst yüzeyinde 1.42 m/s seviyelerine çıktığı gözlemlenmiştir.

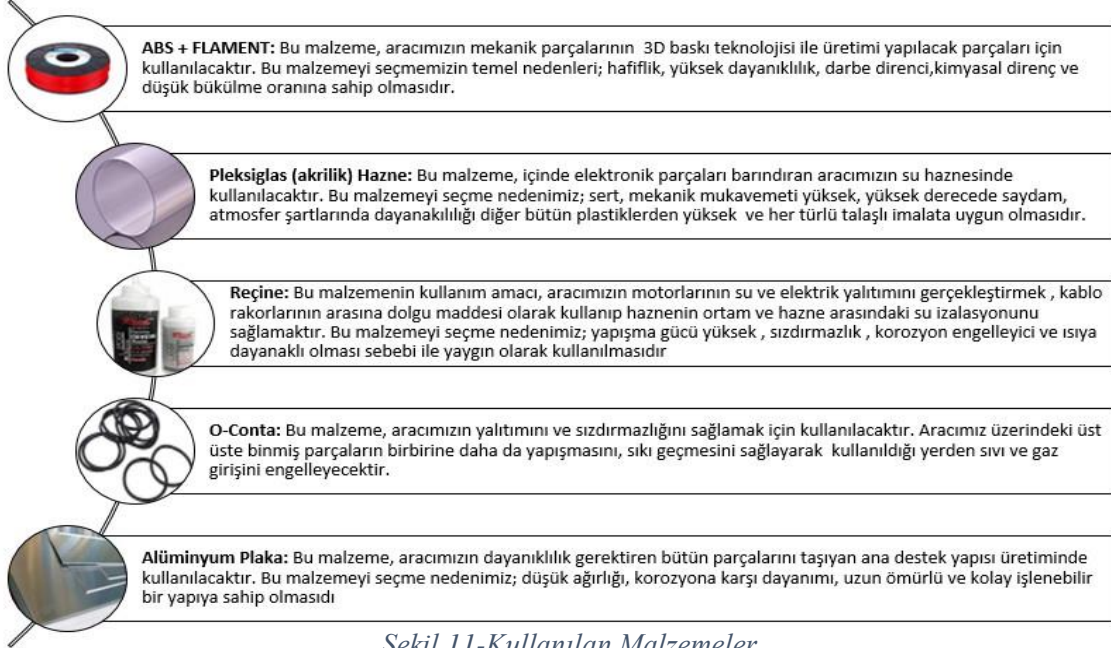


Şekil 910-Araç Akış Analiz Simülasyonu

Hedef Adı	Birim	Değer	Ortalama Değer	Minimum Değer	Maksimum Değer	İlerleme [%]	Yakınsamada Kullan	Delta	Kriterler
SG Ortalama Statik Basınç 1	[Pa]	105724.08	105724.25	105723.77	105724.87	100	Evet	0.31	9.43
SG Ortalama Toplam Basınç 2	[Pa]	105724.08	105724.25	105723.77	105724.87	100	Evet	0.31	9.43
SG Sürtünme Kuvveti (X) 11	[N]	0.482	0.499	0.467	0.519	100	Evet	0.005	0.029

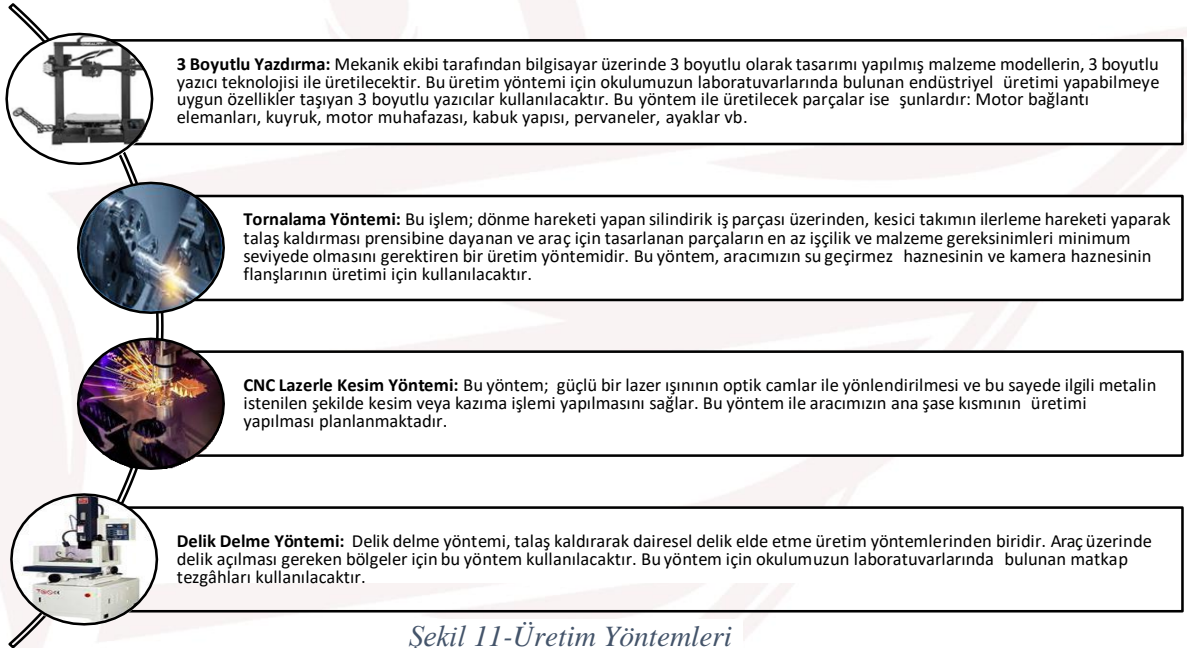
Şekil 9-Statik Analiz Tablosu

4.1.2. Malzemeler



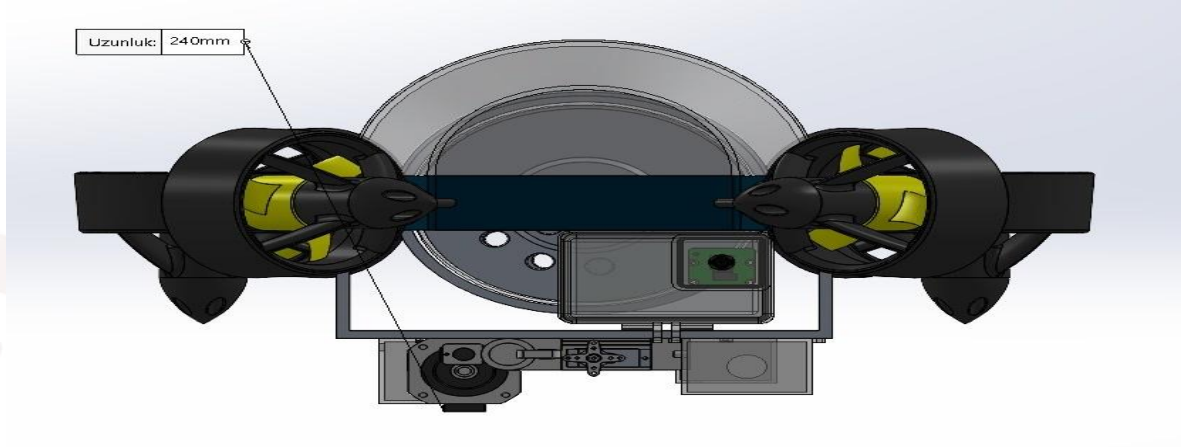
Şekil 11-Kullanılan Malzemeler

4.1.3. Üretim Yöntemleri

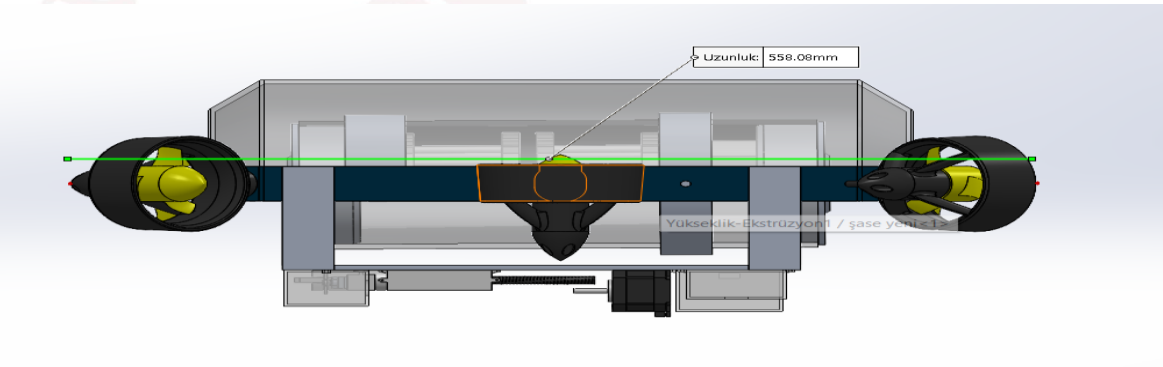


Şekil 11-Üretim Yöntemleri

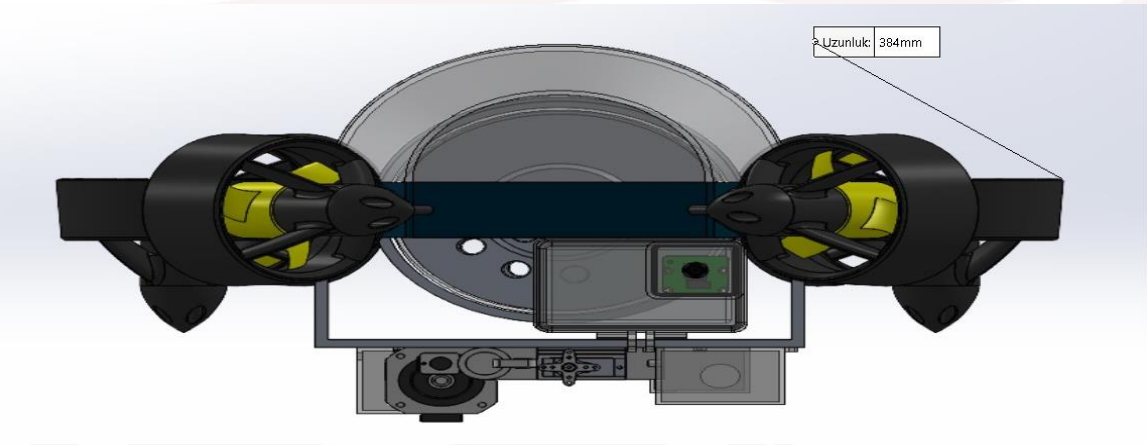
4.1.4. Fiziksel Özellikler



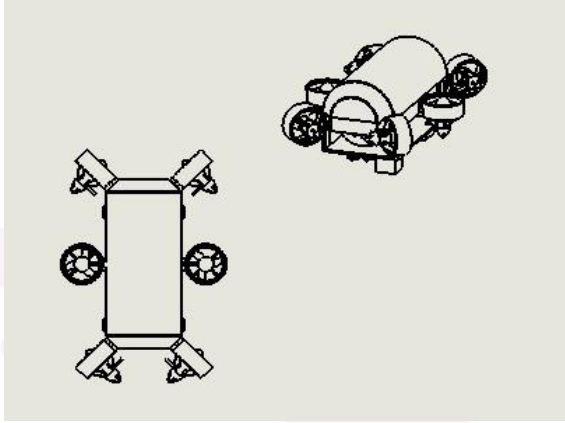
Şekil 12-Aracın Yüksekliği



Şekil 13-Aracın Boyu



Şekil 14-Aracın Eni



bitirilecek olan montaj ögesinin kütle özellikleri
 Konfigürasyon: Varsayılan
 Koordinat sistemi: -- varsayılan --

Kütle = 4557.60 gram

Hacim = 3393656.50 milimetre küp

Yüzey alanı = 1405189.84 milimetre kare

Kütle merkezi: (milimetre)

X = 36.88

Y = 17.58

Z = 581.67

Birincil atalet eksenleri ve birincil eylemsizlik momentleri: (gram * milimetre kare)

Kütle merkezinden alınmış.

$I_x = (0.02, 0.02, 1.00)$

$I_y = (-0.24, -0.97, 0.03)$

$I_z = (0.97, -0.24, -0.02)$

$P_x = 27338242.33$

$P_y = 65776376.38$

$P_z = 72819565.53$

Atalet momenti: (gram * milimetre kare)

Kütle merkezinden alınmış ve çıktı koordinat sistemi ile hizalanmış. (Pozitif tensör işareti kullanarak.)

$L_{xx} = 72382065.90$

$L_{yx} = 1677764.81$

$L_{zx} = 983449.77$

$L_{xy} = 1677764.81$

$L_{yy} = 66175972.10$

$L_{zy} = 761590.72$

$L_{xz} = 983449.77$

$L_{yz} = 761590.72$

$L_{zz} = 27376146.24$

Atalet momenti: (gram * milimetre kare)

Çıktı koordinat sisteminden alınmış. (Pozitif tensör işareti kullanarak.)

$I_{xx} = 1615828230.98$

$I_{yx} = 4632129.98$

$I_{zx} = 98757497.02$

$I_{xy} = 4632129.98$

$I_{yy} = 1614413656.56$

$I_{zy} = 47356205.71$

$I_{xz} = 98757497.02$

$I_{yz} = 47356205.71$

$I_{zz} = 34983494.80$






Aracın Yüksekliği	240mm
Aracın Boyu	558.08mm
Aracın Eni	384mm
Aracın Hacmi	3393656.50 milimetre küp
Aracın Toplam Kütlesi	$(4557.60 + 1123.56) = 5681,16$ gram

4.3. Elektronik Tasarım, Algoritma ve Yazılım Tasarımı

4.3.1. Elektronik Tasarım Süreci

	Raspberry Pi 4 4GB : 4K ekran performansı, hızlı kod çözme yeteneği, hızlı CPU ve GPU özellikleri bulunan Raspberry Pi 4'ü ayrıca -50 °C 'lık sıcaklık değerine kadar çalışabildiği için aracımıza kullanmaya karar verdik.
	LIDAR-Lite v3HP : Yüksek performanslı optik mesafe ölçüm sensörüdür. 5 cm ila 40 m aralığına sahiptir. LIDAR bir nesneye bir lazer vurarak ve daha sonra o ışığın sensöre dönmesi için geçen süreyi ölçerek çalışır. Aracımızda 2 Adet v3HP lidar kullanılmıştır.

	TF03 (ToF) Laser Mesafe Sensörü – LIDAR : Toz geçirmez, suya dayanıklı, “-25 ~ 60 °C” çalışma sıcaklığı ve 180m’ye kadar ölçüm kabiliyeti nedeniyle ana LİDAR olarak aracımızın ön tarafında yer almaktadır.
	Pixhawk 2.4.8 : Kullanacağımız programlama dili Phyton ile uyumlu çalışmakta olan Pixhawk 2.4.8 32 BİT, kullanacağımız sensörleri destekleyerek yazılım algoritmasını birleştirmemize yardımcı olacaktır.
	Elektronik Hız Sürücüsü 30A ESC Çift Yönlü : Emsallerine göre küçük yapıda olması ile hacimden, hafif olması nedeniyle ise kütleden tasarruf etmiş olacağız.
	Su geçirmez buton : Acil durumlarda aracımızın güç kesiminde kullanılacaktır.
	Sızıntı Sensörü : Sızıntı sensörümüzde yer alan 4 farklı probu, su geçirmez haznemizin farklı noktalarında konumlandırarak olası bir sızıntıyı fark etmek ve diğer elektronik parçalarımız zarar görmeden müdahalede bulunabilmek için kullanacağız.
	Derinlik Basınç Sensörü : Analog su basınç sensörü, bir steteskop gibi çalışarak suyun basıncını ölçmemize yarayacaktır.
	G350 İnsansız Su Altı Rov İtici – Thruster : G-350 içerisinde 350kv değerinde su geçirmez fırçasız motor kullanılmaktadır bu sebeple uzun ömürlü ve dayanıklı olduğu için aracımızda kullanmaya karar verdik.
	Gravity: BMX160+BMP388 10 DOF Sensör : Bir barometrik basınç sensörüdür. Yükseklik, tutum ve yönelimi ölçmek için aracımızda kullanılmaktadır. Çözünürlük: 0,3 μ T Jiroskop: $\pm 125^\circ / s \sim 2000^\circ / s$
	Google coral geliştirme : Mikrodenetleyicilerimizi Programlamak amacıyla cihazımızda kullanılmıştır.

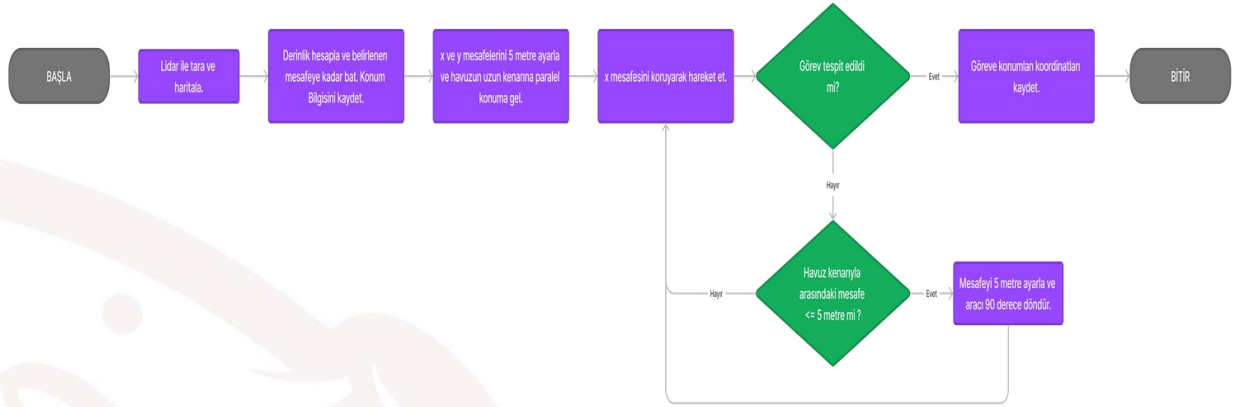
	Emax ES08A II Mini Analog Servo motor : Mekanizmalardaki açısal-doğrusal pozisyon, hız ve ivme kontrolünü hatasız bir şekilde yaptığı için analog servo Motor tercih edilmiştir ayrıca bu modelimiz 23x11.5x24mm ölçüleriyle küçük ve gerekli torku sağladığı için aracımızda tercih edilmiştir.
	ELP 100 Derece Bozulma Yok HD Kamera Modülü : Yeni sony IMX323 Renk Sensörü Serbest Sürücü 2MP Düşük Işık Kamerası USB H.264 1080P 30fps Geniş Açı USB Web Kamerası kullanılmıştır.
	3S 12.6V 4A Li-ion & Lipo Pil Şarj Devresi : 3S Lityum Şarj edilebilir pilleri şarj etmeye olanak sağlayan devre. Pillerimizi type-c giriş ile kolayca şarj etmek için tercih edilmiştir.
	Markalonya 5000mAh 3.7 V 26650 Li-Ion şarj edilebilir pil: Fiyat Performans ve kapasite Açısından tasarruf etmek için li-ion şarj edilebilir pil tercih edilmiştir. 3S-5P bağlantı ve gerekli balanslama yapılmıştır. Toplam 25A ve 277,5Wh kadar Güç üretebilmektedir.
	17HS4401 Nema 17 Step Motor: elektrik enerjisini dönme hareketi ile fiziksel enerjiye dönüştüren ve açısal konumu adımlar halinde değiştirebilen elektromekanik aletlerdir. Torpidoların ateşleme mekanizmasında kullanılmıştır.

Şekil 15-Elektronik Komponent Detayları

4.3.2. Algoritma Tasarım Süreci

Otonom sistemler için algoritma tasarımı, hata affetmeyen ve dikkatli bir yaklaşım gerektiren kritik bir süreçtir. Tasarım aşamasında, donanımsal yetersizlikler ve ortam koşulları gibi faktörlerin titizlikle değerlendirilmesi gerekmektedir. Zira gözden kaçan en ufak bir hata veya eksiklik, görevin başarısızlıkla sonuçlanmasına sebep olabilir. Bu çalışmada, otonom su altı aracımızın algoritma tasarım sürecini ele alıyoruz. Geliştirdiğimiz algoritmaların güvenli ve gerçeğe yakın bir şekilde test edilmesi amacıyla ROS (Robot İşletim Sistemi) kullanılmıştır. Devam eden bölümlerde, algoritmaların detaylarını ele alacak ve aracın başarılı bir şekilde görevini tamamlamasını sağlayan tasarım prensiplerini açıklayacağız. Görevin nasıl gerçekleştirileceğini ve işe yarayıp yaramadığından bahsedeceğiz. Ancak herkes tarafından bilinen işlemlerden ziyade görevin gerçekleştirilmesine yardımcı olan elzem unsurlardan bahsetmenin daha önemli olduğunu düşünmekteyiz. Bu sebeple her ne kadar kullanacak olsak da geometrik şekil tespiti, yürütme, renk tespiti, konumlanma gibi koda dayalı algoritmalarından 4.3.3 Yazılım Tasarım Sürecinde bahsedeceğiz.

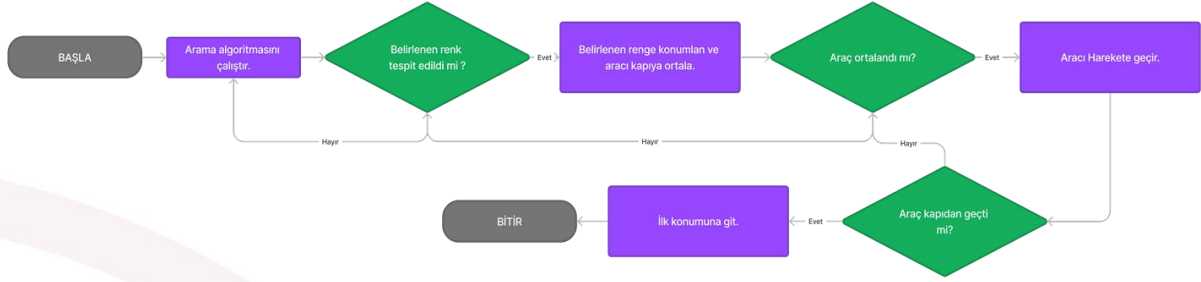
Havuz Taraması ve Görev Arama Algoritması:



Şekil 16-Arama Algoritması

Genel olarak algoritma Şekil 17’de görüldüğü gibi gerçekleşecek olan algoritmamız, aracımızın gerçekleştireceği görevler için bir arama-tarama prosesi sunmakta. Araca başlat komutu su geçirmez butonun açılması veya su üstü istasyonda gönderilecek bir sinyal ile başlar. Araç, kendi eksenini etrafında dönerek üzerinde bulunan uzun menzilli LIDAR sensörleri aracılığıyla havuzun iki boyutlu bir haritasını çıkaracak ve bu sayede hangi duvardan ne kadar uzaklıkta olduğunu belirleyebilecektir. Aracın başlangıç konumu orijin olarak kabul edilecek ve üzerinde bulunan IMU (Ataletsel Ölçüm Birimi) sensörü aracılığıyla hangi yönde kaç derece döndüğünü tespit edebilecek. Araç, hareket ettiği yönde ne kadar mesafe katettiğini bilerek, IMU ve hareket bilgisi sayesinde konumundaki değişimini hesaplayabilecektir. Bu hesaplamanın doğruluğu, LiDAR sensörleri aracılığıyla duvarlardan olan mesafenin ölçülmesiyle teyit edilecektir. Tarama işlemi sırasında, belirtilen algoritmanın temel amacı, taranan alanların tekrar tekrar taranmasını önlemek ve görev verimliliğini artırmaktır. Araç tarafından algılanan hedeflerin, şekillerin veya renklerin konumları hafızada tutularak, gerçekleştirilen görev bölümlerinin tekrarlanmadan devam etmesi sağlanacaktır. Örneğin, araç, daha önce geçtiği bir kapıdan tekrar geçmeyecektir. Bu algoritma, otonom araçların havuz gibi karmaşık ve yapılandırılmış ortamlarda verimli bir şekilde tarama görevlerini gerçekleştirmesine olanak sağlayacaktır. Bu algoritma her görev öncesinde çalışacaktır.

RENK Tespiti ve kapıdan geçiş görevi algoritması

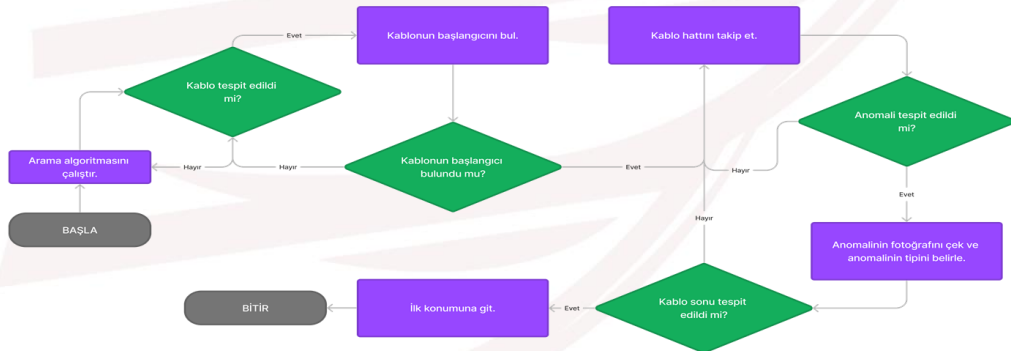


Şekil 17-Renk Tespiti ve Geçiş Görevi Algoritması

Görevin gerçekleştirilmesi için öncelikle arama algoritması çalıştırılacak ve görevin gereği içinden geçilmesi gereken kapıların ve renklerin tespit edilmesi gerekecektir. Ardından tespit edilen kapılardan istenilen renge göre uygun olan kapının rengi Python ile opencv ve numpy kütüphanelerini kullanarak yazdığımız kod bloğu çalışacak ve bize verilen renk koduna göre belirlemiş olduğumuz renk aralığını sağlayan objeye doğru hareketlenecek, kenarlara çarpmayacak şekilde konumlanacak ve içinden geçecektir. Geçip geçemediğini sorgulayarak geçememiş ise tekrar tespit edip konumlanıp geçene kadar bu adımları tekrarlayacaktır geçiş başarılı olmuşsa ve araç görevin bittiğine karar vermişse başlangıç konumuna dönecektir (İsteğe bağlı olarak bu eylemi gerçekleştirebilir.).

Burada ele alınması gereken önemli hususlar olarak rengin tespit edilerek hangi kapıdan geçileceğine karar verilmesi kapının kenarlarına takılmadan geçişin sağlanması. Bu algoritmanın gereği yazmış olduğumuz kodlar bunları sağlayabilecek kapasitededir simülasyonumuzda da testi yapılmıştır.

Su Altı Kablo Takibi ve Anomali Tespiti

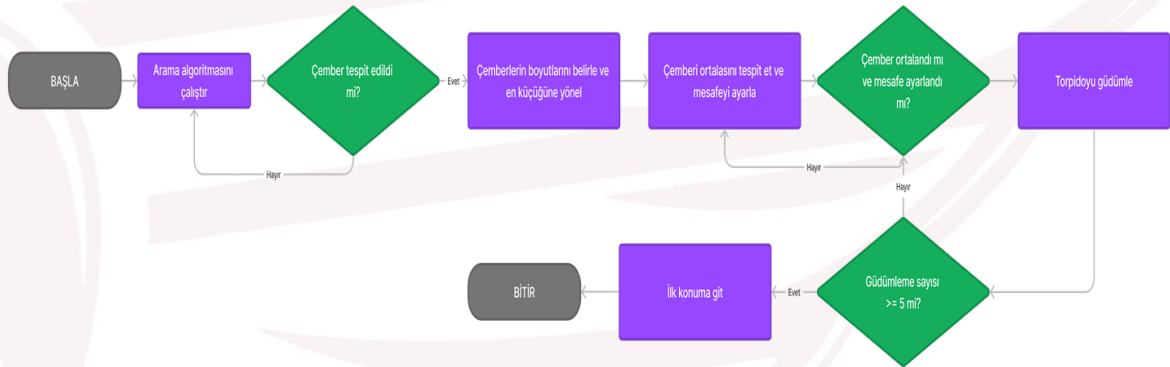


Şekil 18-Anomali Tespiti Algoritması

Şekil 19’da su altı kablolarının otonom olarak takip edilmesi ve üzerlerinde bulunan anomalilerin tespiti için görüntü işleme ve derin öğrenme tekniklerini kullanan bir algoritma

önermekteyiz. Öncelikle kablo tespiti için arama-tarama algoritmamız çalışır. Aracın kendi konumunu belirlemesini ve su altı kablosunu aramaya nereden başlayacağına karar vermesini sağlar, görüntü işleme teknikleriyle kabloyu tespit eder. Kablo tespit edildikten sonra, aracın kablonun ucunu bulup takip etmesi gerekir. Takip esnasında, önceden 10 farklı anomali türüne ait görüntüler kullanılarak eğitilmiş bir derin öğrenme modeli, kablo üzerindeki anomalileri tespit eder. Anomali tespiti için en uygun derin öğrenme modeli, veri seti elimize ulaştıktan sonra belirlenecektir. KNN (K-En Yakın Komşu) veya Reinforcement Learning (Pekiştirmeli Öğrenme) algoritmaları, verinin boyutu ve temizliğine bağlı olarak potansiyel adaylar olarak değerlendirilmektedir. Eğer veri seti yeterince büyükse Reinforcement Learning, daha az veri içeren veri seti için ise KNN modeli tercih edilecektir. KNN modeli kullanılması durumunda, görüntülerin daha detaylı ön işleme tabi tutulması ve her bir görüntünün manuel olarak etiketlenmesi gerekecektir. Tespit edilen her anomali fotoğraflanır ve model tarafından hangi anomaliye ait olduğu belirlenerek jüri üyelerine gösterilmek üzere hafızaya kaydedilir. Bu esnada araç kablo takibine devam eder ve kablonun diğer ucuna geldiğinde görevin bittiğini anlayarak ilk konumuna geri döner. Önerilen sistem, tamamen görüntü işleme ve derin öğrenme tekniklerine dayalı otonom su altı kablo takibi ve anomali tespiti imkanı sunmaktadır. Bu sayede, su altı kablolarının bakımı ve onarımı daha hızlı, verimli ve güvenli bir şekilde gerçekleştirilebilir.

Hedefe Torpido Fırlatma Görevi



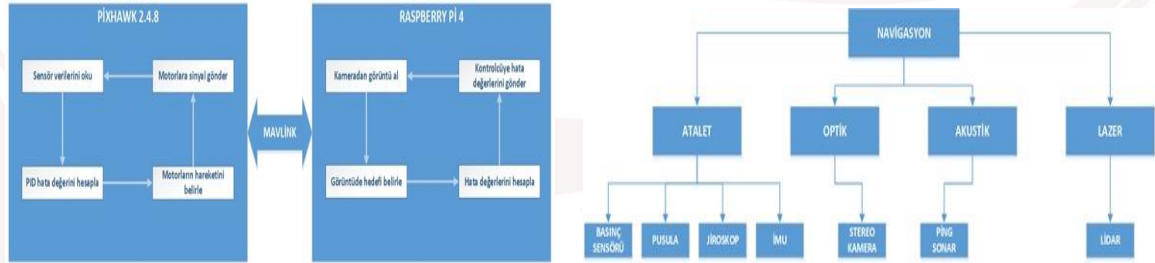
Şekil 19-Torpedo Fırlatma Görevi Algoritması

Şekil 20’de, hedefe torpido fırlatma görevinde kullanacağımız algoritma görülmektedir, özellikle küçük hedeflerin hassasiyetle vurulması amaçlanmıştır. Görevin gerçekleştirilmesi için öncelikle arama tarama algoritması çalışır hedef çemberlerin tespiti sağlanır. Tespit edilen çemberler arasından en küçük olanı seçilerek orta noktası hesaplanır ve ateşleme mesafesi bu merkez noktaya göre otonom olarak ayarlanır. Torpidoları fırlatır.

Görevin başarısı için küçük hedefin isabetli bir şekilde vurulması kritik öneme sahiptir. Ancak, çemberlerin tespiti ve en küçük çemberin belirlenmesi aşamasında bazı yazılımsal zorluklar ortaya çıkabilir. Bu zorluklardan en belirginini, araca göre sürekli olarak değişen mesafeleri nedeniyle çemberlerin boyutlarının dinamik olarak değişmesidir. Yaklaştıkça çemberler büyürken, uzaklaştıkça küçülürler. Bu durum, sabit bir yarıçap tanımlamayı zorlaştırmakta. Bu sebeple konumlanmada da güçlük çekilmektedir. Bu problemin üstesinden gelmek için, sürekli çember tespiti yerine belirli bir yakınlığa gelindiğinde, aralıklarla gözlem yapılması önerilmektedir. Bu sayede, boyut problemi minimize edilebilir ve sistem en güncel boyuta göre hedefi tespit edebilir. Belirli aralıklarla yapılan gözlemler sonucunda en küçük çemberin konumu belirlenir ve araç bu konuma yönlendirilir. Bu yaklaşım, hedefe torpido fırlatma görevinin hassasiyetini ve verimliliğini artırarak, özellikle küçük hedeflerin başarılı bir şekilde vurulmasını sağlayacaktır.

4.3.3. Yazılım Tasarım Süreci

Aracımızda kullandığımız yazılımdili çoğunlukla Python olmakla beraber az da olsa pixhawk üzerinden Mavlink protokolü için ve ROS Robot operating System için C programlama dili kullanılmaktadır. Kullandığımız kütüphaneler görüntü işleme için; Pandas, Numpy, OpenCv. Derin öğrenme için kullandıklarımız ise; Scikit-learn, Matplotlib kütüphaneleridir. Hangi kütüphaneyi ne zaman kullandığımıza ilerleyen bölümde değineceğiz.



ROS Robot Operating System simülasyonların gerçekleştirilmesi için Gazebo ve Ardupilot yazılımları ile entegre olarak Ubuntu 18.04 üzerinde sürüldü. Bu bölümde görülen bütün simülasyon görüntüleri Ubuntu 18.04 te ROS üzerinden gerçekleştirilmiştir. Bu simülasyon ortamı esasen yazılım ve algoritmaların ne kadar tutarlı olduğunun denetlenmesi için kullanılsa da eklediğimiz kütüphaneler sayesinde gerçeğe yakın fiziki koşulları da sağlamaktadır. Bu sayede aracı suya indirmeden algoritma, yazılım ve torpido atışının isabetinin ne derece kullanışlı olduklarını test edebilme imkânına sahibiz.

ARAÇ Yazılımında Kullanılan Teknolojiler ve Simülasyon Ortamı:

Geliştirdiğimiz yazılımlarda ağırlıklı olarak Python programlama dili kullanılmaktadır. Python, otonom sistemler geliştirmek için ideal bir dil haline gelen bir dizi özelliklerle öne çıkıyor. Kolay öğrenilen sözdizimi ve zengin kütüphane ekosistemi, karmaşık sistemlerin hızlı prototiplenmesini ve geliştirilmesini sağlar. Özellikle derin öğrenme alanında TensorFlow ve PyTorch gibi kütüphaneler, gelişmiş algoritmaların uygulanmasını ve eğitilmesini kolaylaştırarak otonom sistemlerin karmaşık karar alma mekanizmalarını oluşturmayı oldukça kolaylaştırıyor. Bununla birlikte, Pixhawk üzerinden MAVLink iletişimi, ROS (Robot Operating System) entegrasyonu ve ROS kütüphane güncellemeleri için C dili de kısmi olarak kullanılmakta. Görüntü işleme süreçlerinde faydalandığımız kütüphaneler:

Pandas: Veri analizi ve manipülasyonu için güçlü ve esnek bir kütüphanedir. Özellikle tablo biçimindeki verileri işlemek, temizlemek ve analiz etmek için kullanılır.

NumPy: Bilimsel hesaplamalar için temel bir kütüphanedir. Çok boyutlu diziler ve matrisler üzerinde işlem yapma, lineer cebir, Fourier dönüşümü gibi işlemleri gerçekleştirme imkanı sunar.

OpenCV: Açık kaynak kodlu bir bilgisayar görüşü ve görüntü işleme kütüphanesidir. Görüntü ve video verilerini analiz etme, nesne tanıma, özellik tespiti gibi işlemleri gerçekleştirmek için kullanılır.

Derin öğrenme uygulamalarında kullanacak olduğumuz kütüphaneler ise:

Scikit-learn: Makine öğrenmesi algoritmaları ve araçları sunan bir kütüphanedir. Sınıflandırma, regresyon, kümeleme gibi işlemleri gerçekleştirmek için yaygın olarak kullanılır.

Matplotlib: Veri görselleştirme için kapsamlı bir kütüphanedir. Grafikler, histogramlar gibi çeşitli görseller oluşturarak verileri anlamak ve sunmak için aynı zamanda eğitilen modelin test aşamasının ardından ne kadar vermili olduğunu anlamak için kullanılacaktır.

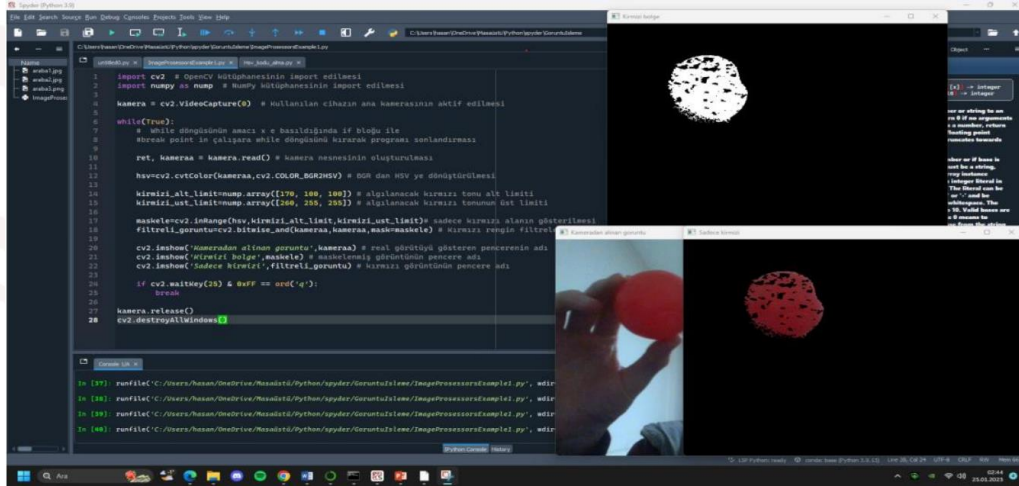
ROS tabanlı simülasyonlar, Gazebo ve ArduPilot yazılımları ile entegre olarak Ubuntu 18.04 işletim sistemi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu bölümde sunulan tüm simülasyon görüntüleri, Ubuntu 18.04 üzerinde ROS ortamında hazırlanmış olduğumuz simülasyonlardan kesitlerdir. Söz konusu simülasyon ortamı, temelde yazılım ve algoritmaların doğrulanması amacıyla kullanılsa da, entegre edilen kütüphaneler sayesinde gerçekçi fiziksel koşulların simülasyonunu da mümkün kılmaktadır. Bu sayede, araç suya indirilmeden önce algoritmaların ve yazılımların etkinliği test edilebilmektedir.

Kullandığımız görüntü işleme algoritmalarına dayalı kod blokları ve uygulama görselleri:

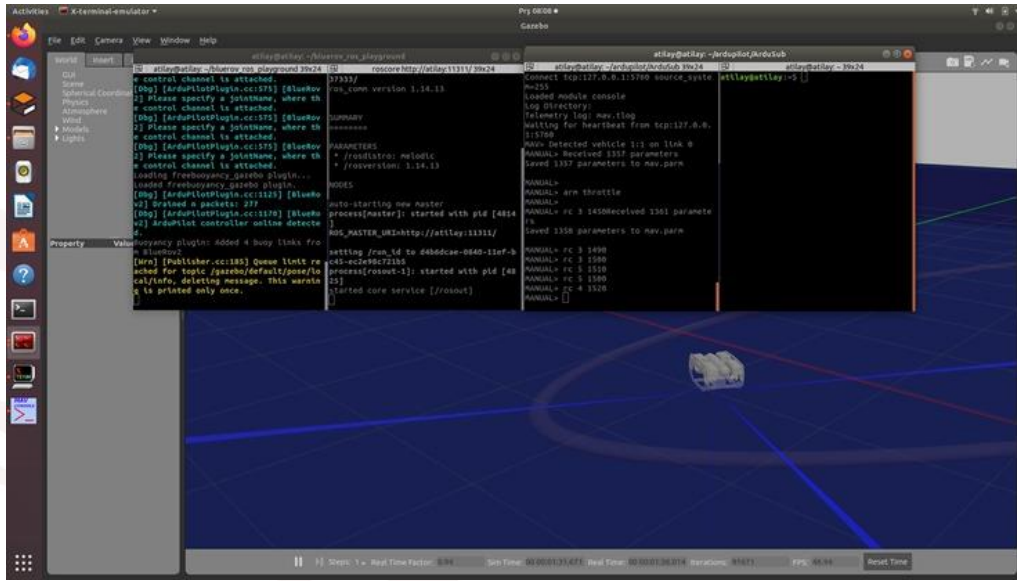
Kare dikdörtgen gibi 4 köşeli görselleri tespit etmek için kullandığımız görüntü işleme kodu. Burada dikkat çeken özellik olarak canny algoritmasından bahsedilebilir, görüntülerdeki kenarları tespit etmek için kullanılan güçlü bir yöntemdir. İki eşik değeri (canny1 ve canny2) kullanarak zayıf ve güçlü kenarları belirler. Düşük eşik (canny1), daha fazla kenarı yakalarken, yüksek eşik (canny2) sadece belirgin kenarları seçer. İki eşik arasında kalan pikseller ise güçlü

bir kenara bağlılarsa kenar olarak kabul edilir. Trackbarlar ile bu eşikleri ayarlayarak, ortam koşullarına uygun en iyi kenar tespiti sağlanır. Ancak, Canny algoritması mükemmel düz çizgiler üretmeyebilir. Bu nedenle, "approx" değeri, kenarları basitleştirmek ve düz çizgi parçalarına yaklaştırmak için kullanılır.

Renk Tespiti Algoritması:

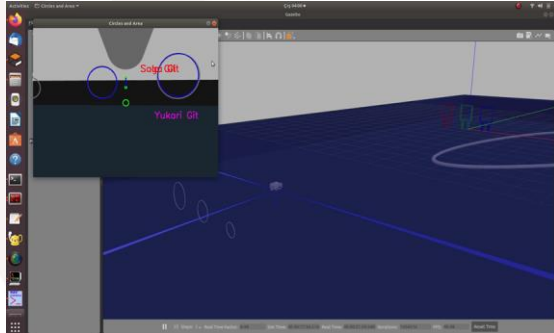


OpenCV ve NumPy kütüphaneleri, görüntülerde belirli renkleri tespit etmek için güçlü araçlar sunar. Aşağıdaki kod parçasığı, kırmızı renk aralığındaki pikselleri tespit etmek için bu kütüphaneleri nasıl kullanabileceğinizi göstermektedir. RGB renk kodları kullanılarak kırmızı rengin alt ve üst sınırları belirlenir. Bu sınırlar, görev gereksinimlerine ve verilen renk koduna göre ayarlanabilir. Renk tespiti, belirlenen bu aralıkta kalan pikselleri filtreleyerek gerçekleştirilir. OpenCV'nin inRange() fonksiyonu, belirtilen alt ve üst sınırlar arasında kalan pikselleri tespit ederek, kırmızı renkli bölgeleri etkili bir şekilde vurgular. Bu yöntem, farklı renkleri tespit etmek için, sadece renk aralığını değiştirerek kolayca uyarlanabilir.

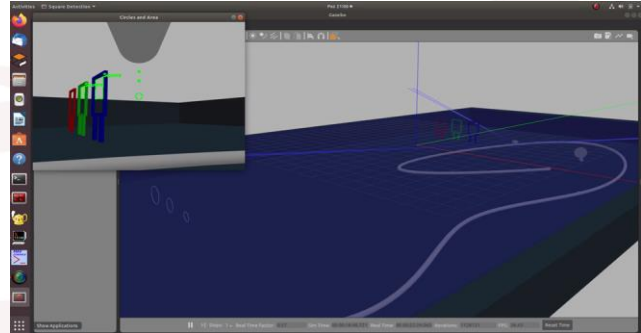


Araç Kontrol Komutları:

Görselde görüldüğü üzere, ArduSub yazılımı ve GazeboRos simülasyon ortamı kullanarak aracımızın kontrol modülü ele alınmaktadır. Aracın gerçekçi bir şekilde simüle edilmesi için Gazebo ortamında Roscore ile entegrasyon sağlanmıştır. Kontrol komutlarının iletimi ise ArduSub yazılımı üzerinden gerçekleştirilmektedir. Bu amaçla, aracın otonom olarak hareketleri yönlendirmek için belirli kanal değerlerinin ayarlanması gerekmektedir. Çalışma kapsamında, rover'in GazeboRos ortamında gerçeğe yakın fiziki koşullar altında simüle edilmesi ve kontrol komutlarının etkin bir şekilde iletilmesi hedeflenmektedir.



Şekil a



Şekil b

Şekil a'da görüldüğü üzere, simülasyon ortamımızda bulunan su altı aracımız çember tespit algoritmasını başarılı bir şekilde gerçekleştirmektedir. Benzer şekilde, Şekil b'de aracın kare/dikdörtgen algılamada da başarılı olduğu ve kareleri doğru bir şekilde tespit edebildiği gözlemlenmiştir.

Simülasyon ortamımız, Şekil a ve b'de gösterildiği gibi, beklenen görevleri yerine getirebilecek şekilde yapılandırılmıştır. Havuz içerisinde 3 farklı boyutta çember, 3 farklı renkte dikdörtgen kapı ve üzerinde çeşitli geometrik şekillerle oluşturulmuş anomalilere sahip bir halat bulunmaktadır. Bu simülasyon ortamı, aracı suya indirmeden önce yazılımların güvenli bir şekilde test edilmesine olanak tanımaktadır.

4.4. Dış Arayüzler

Aracın donanım bağlantılarını ve görevler için yüklenecek paketlerin kolay bir şekilde yönetilmesini sağlamanın yanında TYF'den farklı olarak değişen donanımlarımıza uygun bağlantıların kaynak paketlerini ekleyerek arayüzü güncelledik. Bunun yanında Raspberry pi 4 içerisindeki SD kartta bulunan log kayıtları da arayüz de gösterilecektir.

Dikdörtgen Şeklin Tespit Süreci

Bir görüntüdeki kare veya dikdörtgen alanı tespit etmek için öncelikle görüntüdeki tüm konturları tespit ettikten sonra, konturlar arasında döngüler kurulur ve yaklaşık kontur sayısı bulunur. Yaklaşık konturdaki köşe noktası sayısı 4 ise, dikdörtgen ve kare arasında bir fark yaratmak için en boy oranını hesaplarız. En boy oranı 1 den farklıysa şeklin dikdörtgen olduğunu söyleyebiliriz.

OpenCV kütüphanesini python dosyamıza import ettikten sonra “cv2.imread()” fonksiyonu kullanılarak giriş görüntüsü okunur ve “grayscale”e çevrilir. İkili bir görüntü oluşturmak için gri tonlamalı görüntüye eşikleme uygulanır. Daha iyi bir kontur algılama elde etmek için parametre ayarlamaları yapılır. “cv2.findContours” fonksiyonu kullanılarak görüntüdeki konturlar bulunur. Konturlardaki “cnt” nin en boy oranı hesaplanır. “Approx” değeri 4 ve en boy oranı 1 ise bu şekil kare aksi takdirde dikdörtgendir.

```
import cv2
import numpy as np

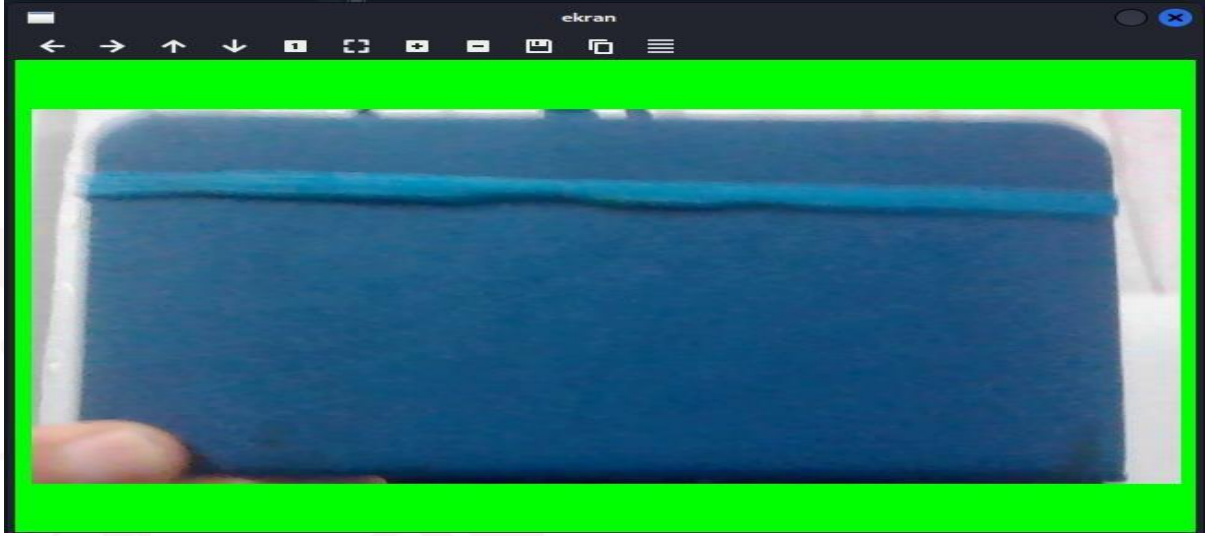
kamera = cv2.VideoCapture(0)

while True:
    ret,kare = kamera.read()
    gri_kare = cv2.cvtColor(kare,cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    nesne = cv2.imread("/home/cecik/Pictures/kare2.png",0) #referans kare resmi yolu
    w,h = nesne.shape
    res = cv2.matchTemplate(gri_kare,nesne,cv2.TM_CCOEFF_NORMED) #bu tarama nın yapıldığı komut
    esik_degeri = 0.3 #eşik değeri üzerinden oynanabilir
    loc = np.where(res>esik_degeri)
    for n in zip(*loc[::-1]):
        cv2.rectangle(kare,n,(n[0]+h,n[1]+w),(0,255,0),2)
    cv2.imshow("ekran",kare)

    if cv2.waitKey(25) & 0xFF == ord("q"): # q çıkış döngüyü durdurur
        break

kamera.release()
cv2.destroyAllWindows()
```

Kod bloklarında yer alan kare2.png dosyası verildiğinde, çıktı olarak şekil’de görüldüğü gibi kare ve dikdörtgen alan tanınmıştır.

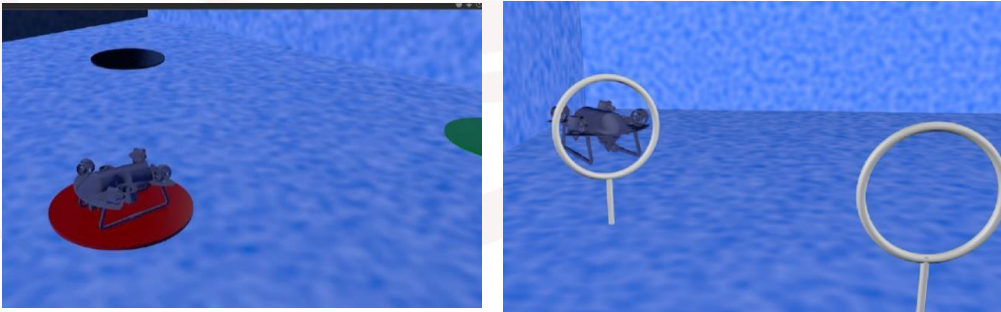


Uygulama aşmasında edinilen deneyimler söz konusu görevlerin başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için bizlere yapabileceğimiz gerekli geliştirmeleri görmemize yardımcı olacaktır. Bu sayede sağlıklı bir yazılım geliştirilmesinde önemli rol oynamaktadır.

5. GÜVENLİK

- Danışman hocamız tarafından tüm ekip üyelerine iş sağlığı ve güvenliği eğitimi verilmiştir.
- Tüm ekip üyelerine koruyucu gözlük ve antistatik eldiven temin edilmiştir.
- Çalışma ortamında yangın tüpü ve ilk yardım çantası bulundurulmaktadır.
- Araç tasarımında keskin hatlar yerine radyuslu yapılar tercih edilerek oluşabilecek yaralanmaların önüne geçilmiştir.
- Acil durum butonu, aracımızın ön tarafında konumlanacak ve herhangi bir güvenlik ihlali olduğu takdirde hızla aracımızın enerjisini kesebilmeye yarayacaktır.
- Elektrik birimimiz laboratuvarında yaptığı tüm çalışmalarda antistatik bileklik kullanmıştır.

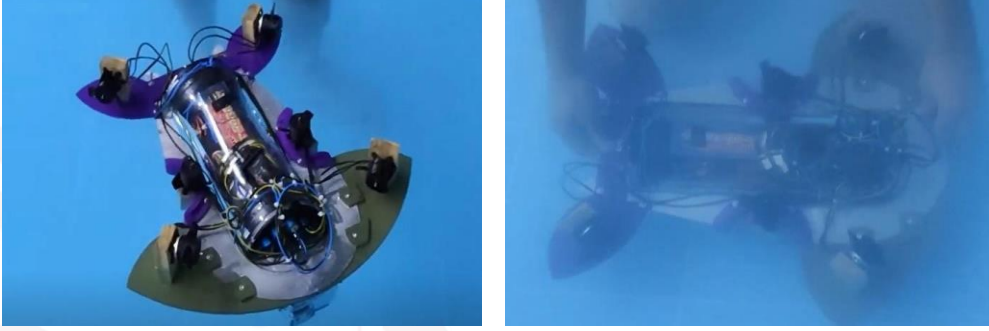
6. TEST



Yapmış olduğumuz algoritmaların, bizden istenen renk ve konumlandırma görevlerini yerine getirip getirmediğini tespit etmek amacıyla bilgisayar ortamında kurduğumuz simülasyon ile algoritmalarımızı test ettik.

Araç Sızdırmazlık Testi: Aracımız olimpiik havuzda sızdırmazlık testine tabi tutulmuş ve su yüzeyine hava kabarcığı çıkarmadığı gözlemlenmiştir.

Araç Hareket Kabiliyet Testi: Aracımızın sualtında bir noktadan başka bir noktaya dengeli bir şekilde hareket edebilmesi test edilmiş ve başarıya ulaşılmıştır.



7. TECRÜBE

2022 KTR tasarımıımızda, kamera yapımız pleksiglas kubbe şeklinde olup sualtı testleri sonucunda kamera görüntüsünün kubbemsi yapıdan dolayı kırıldığı ve net bir görüntü elde edilemediği bu yüzden de görevleri gerçekleştirirken aracımızın yanlış komutlarda hareket ettiği görüldü. Bu nedenle yeni araç tasarımıımızda daha geniş açılı ve net bir görüntü elde etmek için dalgıç kamerası kullanılmasına karar verildi. Daha önce üretimi planlanan ve su geçirmez haznemizin tabanında bulunan kamera kubbesinden de bu yüzden vazgeçilerek farklı bir kamera konumlandırmasına gidildi.

2022 KTR tasarımıımızdaki araç yapımızda 3D yazıcılarla basılmış parçalar bulunmaktaydı. Parçalar 3D yazıcı ile basılırken parça doluluk oranı göz önüne alınmadığından hafif ve mukavemeti düşük parça elde edildi. Parçaların hafif ve gözenekli olmasından dolayı aracımız suya batmakta zorlanıyordu. Bu nedenle yeni tasarımda 3D basımında doluluk oranları dikkat alındı. Buna ek olarak yeni tasarımda aracımızın ayak yapısını alüminyum malzeme ile üreterek ayaklarda mukavemeti arttırmak ve suya dalışları kolaylaştırmak hedeflendi.

2022 KTR tasarımıımızın montajında akım koruma devreleri bulunmadığı için elektriksek devrelere fazla yük binmesi sonucu araç içerisinde ısı artışından dolayı kablo yalıtkanlarında koku yayılımı olduğu fark edildi. Bu aşırı ısınma ile hazne içerisinde bulunan sistem ve sensörlerin zarar görmemesi için akım koruma devreleri ve bu akım koruma devreleriyle birlikte daha iyi bir kablolama sisteminin kullanılmasına karar verildi.

8. ZAMAN, BÜTÇE VE RİSK PLANLAMASI

	1.hafta	2.hafta	3.hafta	4.hafta	1.hafta	2.hafta	3.hafta	4.hafta	1.hafta	2.hafta	3.hafta	4.hafta	1.hafta	2.hafta	3.hafta	4.hafta	1.hafta	2.hafta	3.hafta	4.hafta
Araştırma ve Takım Organizasyonu																				
Mekanik ve Elektrik-Elektronik On Tasarım Süreci																				
Algoritma, Yazılım ve Tasarım Analizi																				
Malzeme Seçimi																				
Nihai Bütçe Planı																				
Ön Tasarım Raporu																				
Simülasyon Ortamının Oluşturulması ve Testi																				
Tasarımın İyileştirilmesi ve Analiz Süreci																				
Üretim İçin Malzeme Temini																				
Yazıcı ile Üretimine Başlanılması																				
Üretilen ve Temine Edilen Malzemelerin Test Edilmesi																				
Kritik Tasarım Raporunun Hazırlanması ve Teslimi																				
Araçın Montaj Aşaması																				
Test, Kontrol ve Kalibrasyon Süreci																				
Sızdırmazlık-Hareket Kabiliyeti Videosunun Hazırlanması ve																				
Final Raporu ve Yarışma																				

Şekil 21-Zaman Planlaması

MALZEME	KULLANIM AMACI	ADET	BİRİM AĞIRLIK(g)	TOPLAM AĞIRLIK(g)	DURUMU	BİRİM FİYAT(₺)	TOPLAM FİYAT(₺)
Sızıntı Sensörü	Sızıntı sensörü	1	6	6	Satın alınacak	400₺	400₺
Raspberry pi v2	Kamera	2	16	32	Satın alınacak	703₺	1406₺
Pixhawk 2.4.8 32 bit	Anakart	1	40	40	Satın alınacak	4.428,63₺	4.428,63₺
Emax ES30005DE Su geçirmez Servo	Servo Motor	2	43	86	Satın alınacak	392,72 ₺	785,44 ₺
EMAX XA2212 980KV Fırçasız DC Motor	Motor	10	56	560	Satın alınacak	277,88₺	2.787,8 ₺
BASF ABS Fusion+ Filament	3D Üretim İçin Filament	10	740	7400	Satın alınacak	220₺	2.200₺
Pleksigal Boru	Su geçirmez Hazne	2	250	500	Satın alınacak	400₺	800₺
Epoxy Reçine	Motor Yalıtımı	1	750	750	Satın alınacak	204,90 ₺	204,90₺
Kablo Rakoru	Konektör	20	20	400	Satın alınacak	100₺	2.000₺
Su Geçirmez Kılıf Korumucu	Kamera Haznesi	2	80	160	Satın alınacak	190₺	380₺
Regülatör	Voltaj Düşürücü	2	18	36	Satın alınacak	90₺	180₺
Alüminyum Plaka	Ana şase	1	500	500	Satın alınacak	1400₺	1400₺
Sıvı Conta	Sızdırmazlık	2	60	120	Satın alınacak	110₺	220₺
JSN-SR04T	Mesafe Senörü	4	20	80	Satın alınacak	120₺	480₺
Ek Parçalar (O-conta,el aleti, cıvata,somon kablolar vb.	Ek Parça	1	1000	1000	Satın alınacak	2.500₺	2.500₺
Raspberry pi 4 Görüntü İşleme Kartı	Görüntü İşleme Kartı	1	80	80	Satın alınacak	5.546,00₺	5.546,00₺
Derinlik/Basınç Sensörü	Derinlik Sensörü	1	100	100	Satın alınacak	510₺	510₺
Btu 30A ESC	Motor Sürücü ESC	6	24	144	Satın alınacak	302,46₺	1.814,6₺
Kablo Kiti	Elektriksel Bağlantı	1	200	200	Satın alınacak	500₺	500₺
Termal Macun	Termal Macun	3	30	90	Satın alınacak	70,99₺	212,97₺
Manyetik Sensör	Sensör	2	10	20	Satın alınacak	55,46₺	110,86₺
Lidar	Mesafe Senörü	4	5,5	22	Satın alınacak	2.040,92 ₺	8.163,68₺
Raspberry Pi 4 Alüminyum Kasa Soğutucu	Soğutucu	1	120	120	Satın alınacak	487,79 ₺	487,79₺
3s 6200 mah 40C Lipo Batarya 11.1V Pil	Batarya	1	435	435	Satın alınacak	1.197,00 ₺	1.197,00 ₺
Pixhawk PX4 Uçuş Kontrolcü Kablo Seti	Kablo Seti	1	30	30	Satın alınacak	500₺	500₺
Ayarlanabilir Voltaj Regülatör Kartı 3A	Regülatör	4	13	52	Satın alınacak	26,19 ₺	104,72₺
Kamera – Su Altı 1080P Geniş Açılı Düşük Işık İçin	Kamera	1	25	25	Satın alınacak	3.557,69₺	3.557,69₺
Skyrc Imax B6 Mini 60W/6A Lipo Şarj Aleti	Şarj Aleti	1	233	233	Satın alınacak	2.025,99 ₺	2.025,99 ₺
Motor Hız Sensörü / Enkoder Sayıcı	Motor hız sensörü	7	4	28	Satın alınacak	14,43₺	100,94₺
Su Geçirmez Buton	Açıl Durum Butonu	1	11	11	Satın alınacak	121,06 ₺	121,06 ₺
Bıçak Sigorta(40A ve 20A)	Sigorta	2	4	8	Satın alınacak	35₺	70₺
Su Geçirmez Hazne	Hazne Sızdırmazlığı	2	650	1300	Satın alınacak	4.076,92₺	4.076,92₺
Güç Dağıtım Kartı	Güç Dağıtıcı	2	7,5	15	Satın alınacak	152,63₺	305,26₺
Toplam		102	5581	14583	Toplam	32.757,66₺	48.871,25₺

Şekil 20-Bütçe Planlaması

RİSK	RİSK OLUŞTURABİLECEK DURUM	RİSK ETKİ DEĞERİ	OLASILIK	TEDBİR	RİSK YÖNETİMİ
Görüntü işleme gerektiren görevlerde istenilen verilerin elde edilememesi veya yanlış konumlandırılması.	Aracın gördüğü görüntüde nesne veya görüntü bozukluğundan kaynaklı yanlış bir yere odaklanıp orayı hedef olarak algılaması.	RİSKLİ	ORTA	Daha yüksek çözünürlüklü kamera kullanılarak daha kaliteli görüntüler elde edilmesi	OpenCV kütüphanesi ile uygulanan filtreleme yöntemlerinin gözden geçirilmesi, parametrelerin hassasiyetinin artırılması
Lidarların yaydıkları sinyallerin havuzun yan duvarlarından sekerek farklı lidarların alıcılarına ulaşması ve bu durum neticesinde lidar sinyallerinin birbirleri ile karışması	Lidar sinyalleri birbirleri ile karışarak havuz kenarlarının yanlış hesaplanması ve şekillerin konumlarının doğru olarak belirlenememesi.	RİSKLİ	ORTA	Lidarları eş zamanlı çalıştırmak yerine her birini belirli bir zaman aralığında birbirini etkilemeyecek şekilde farklı zaman aralıklarında aynı frekansta çalıştırılması	Zaman rölesi kullanılarak lidarların aynı anda çalışmasının önüne geçilmesi bu sayede birbirleri üzerinde parazit oluşumunun engellenmesi
Kısa devre	Açık kablo uçlarının birbiri ile teması veya kötü kablo yalıtımı	RİSKLİ	DÜŞÜK	hasarlı kablo kontrolü ve bağlantı sırasında iyi kablo yalıtımının sağlanması	Araç içinde konumlandırılan sigortalar sayesinde devreye koruma sağlanacaktır.
Sualtı Aracını Sızdırmazlık Sorunu	Su geçirmez haznenin O-Ringlerin veya conta yıpranması veya yanlış çapta seçilmesi ile bu durumun fark edilememesi halinde aracın su alması, haznenin çatlaması veya kırılması	RİSKLİ	DÜŞÜK	Yedek hazne, O ringler ve contalar bulundurulması. Sızıntı sensörü ile sızıntının algılanarak en kısa sürede müdahale edilmesi	Sızıntıya sebep olan o ring ve contaların değiştirilmesi ve flex tape, bant ile sızdırmazlığı sağlayacak şekilde çatlakların kapatılması
Bağlantı elemanlarının gevşemesi	Yapıdaki bağlantı aparatlarının motorların oluşturduğu titreşim sebebi ile gevşemesi.	RİSKLİ	DÜŞÜK	Bağlantı elemanlarının arasına plastik veya sıvı conta eklenerek gerekli olan tork değerinde sıkılması	Titreşimden etkilenen bağlantı elemanları tespit edilerek gerekli olan tork değerinde sıkılması. Gevşeme önleyici pul ve rondela kullanılması.
Elektronik veya mekanik aksamın arızalanması veya tahrip olması.	Su içerisinde fazla basınç maruz kalınması veya aracın yanlış yönlerde gitmesi halinde çarparak plastik aksamın zedelenmesi veya kırılması.	ORTA	ORTA	Yedek parça bulundurmak	Hasar tespiti yaparak parçanın onarımına veya değişimine karar verilmesi.
Malzeme tedarik sürecinde aksaklık, gecikme veya uyumsuz parçaların mevcudu.	Zamandan ve bütçe giderlerinde artma, alınan parçaların diğer birimleri olumsuz yönde etileyecek özellikler barındırması.	RİSKLİ	ORTA	Sipariş edilecek parçaların kendi birimleri tarafından gözden geçirilmesi	Toplantılar düzenlenerek birimlerin birbirini etkileyecek parçaları almalarının önüne geçilmesi
Bataryadan olası fazla akım çekilmesi	Elektronik aksamın hasar görmesi ve bu sebeple aracın işlevlerini yerine getirememesi.	RİSKLİ	RİSKLİ	Voltaj regülatörleri kullanarak elektrik birimlerine giden gücün kontrolünün sağlanması, ana bilgisayar ve sensörler için motorlardan bağımsız bağlantısı bulunan ikinci bir pil kullanılması	Gerekli yerlerde sigorta kullanarak oluşabilecek voltaj farklarında devre elemanlarının korunmasının sağlanması
Kabloların manyetik alanları yüzünden oluşan manyetik ark	Manyetik ark ablolar arasındaki verilerin kaybolmasına ,sinyallerin iyi bir şekilde iletilmemesine ve zaman kaybına neden olması.	RİSKLİ	DÜŞÜK	Manyetik alanı ve manyetik arkı minimize etmek için, kablolar demet halinde straplanıp birbirinden uzak olacak şekilde monte edilecektir.	Konnektörler arasındaki mesafe kabloların etrafındaki ark hesabına katılarak belirlenmiştir.
RİSK ETKİSİ	DÜŞÜK= Araçta kayda değer bir zarar oluşturmaz	ORTA= Zarar var ancak telafisi mümkün. Kısa süreli bir aksaklık yaşatabilir.	RİSKLİ= Önemli zarar ve kayıp var. Uzun süreli işlem gerektirir.		
OLASILIK	DÜŞÜK= Risk olasılığı çok az	ORTA= Risk az da olsa mevcut.	YÜKSEK= Risk mevcut. Acil risk yönetimi gerekir.		

Şekil 22-Risk Planlaması

9. ÖZGÜNLÜK

Yazılım Birimi Özgünlük Raporu

Oluşturmuş olduğumuz bütün algoritmalar mekanik, elektronik ve yazılım ekibi tarafından ortak çalışma sonucu oluşturulmuş olup herhangi bir ekibin hareketinin diğer ekibi kısıtlamadan, her bir birim için çalışma alanı sınırları içerisinde kararlar verilerek belirlenmiştir. Örneğin lidarların konumu, basınç sensörüne muhafaza eklenerek sensörün dinamik basınçtan etkilenmemesi ve yalnızca ihtiyacımız olan statik basıncı ölçerek yazılım için derinlik hakkında daha tutarlı veriler üretebilmesi sağlanmıştır. Kameralar, görüntüyü verimli bir şekilde alabilmeleri için doğru konumlandırılmış ayrıca menzili tarayabilen gerekli açılarda

yerleştirilmiştir. Bu bahsedilen aşamalar genel olarak yazılımda planlama, analiz ve tasarım adımlarının diğer birimler ile iş birliği içerisinde yapıldığına örnek teşkil etmektedir.

Yazılımımızı benzersiz yapan birçok unsur olmak ile beraber bunlardan en belirginleri; mekanik birimi ile ortak olarak geliştirdiğimiz kuyruk yapısı, basınç sensörünün önüne bir kubbe şeklinde çeper konulması, lidarların birbirinin devamı şeklinde konularak yazılımda tek bir 3 boyutlu matrisin panoramik verisinin elde edilmesi, aracımızın altında bulunan zemin tarama ve merkez hesaplamada kullanılacak olan kameranın eklenmesidir.

Yunus ve çekiç başlı köpek balığından esinlenilerek mekanik ekibimiz tarafından oluşturulan tasarıma kuyruk eklenmesi ve bu kuyruk yapısının eklenmesindeki getirisi; hedef tespiti ve imhası görevinde, pingerli hedefe nişan alarak hangi konumda bulunduğu önemi olmaksızın kuyruk yönlendirmesi ile hedefe çarpması olacaktır. Aynı zamanda motorlar, kuyruk açısı, aracın atalet katsayısı, basınç sensöründen gelen derinlik bilgileri ve pingerden gelen sinyallerin eş zamanlı olarak gecikmesiz bir şekilde tek algoritmada hatasız bir şekilde işlenebilmesinin sağlanması, bizim aracımızı özgün yapan yegane unsurdur.



Şekil 23-Mekanik Birimi Özgünlük Notları

10. YERLİLİK

ATILAY takımı olarak en önemli hedeflerimizden biri; aracın üretimini yerli ve milli imkanlarla yapabilmektir. Türkiye'nin ekonomik ve teknolojik bağımsızlığını temin edecek yegane vizyonu olan Milli Teknoloji Hamlesi'nden yola çıkarak meydana

getirdiğimiz aracımızda bulunan yerli kısımlar şu şekildedir:

- Aracın koruma elemanları olan sigorta, acil durum butonu, röle ve su altı kamerası yerli firmalardan temin edilmiştir.
- Kullanılacak olan motor sürücüsü (ESC), basınç sensörü ve güç dağıtım kartının yerli firmalardan alınmıştır.
- Özgün bir şekilde tasarımı yapılan alüminyum plaka şasinin imalatı yerli bir şekilde yapılmıştır.
- Oluşturduğumuz aşırı akım koruma devresi, okulun atölyesinde yerli ve milli bir şekilde takımın imkanlarıyla üretilmiştir.
- Aracın elektrik aksamalarını içinde bulunduran muhafaza tüpünün üretimi % 100 yerlidir.
- 2 ve 3 kanatlı olmak üzere 3 farklı pal tasarımı gerçekleştirilmiştir. 2 kanatlı pal genellikle en yüksek hız performansı sağlarken, 3 kanat paller ise maksimum itme ve görece düzgün seyir operasyonu sağlamaktadır. Gerekli testler ve analizler yapılarak en uygun pal seçimi yapılacaktır. Ayrıca motor pallerimizi satın almak yerine motorumuza uygun olarak tasarlayıp 3D yazıcılar ile üretimini yaptık.

11. KAYNAKÇA

1. Yılmaz. S, Yakut. M, İnce.S, “Derinlik ve Yön Kontrol Uygulamaları için Deney Platformu Tasarımı”,Tübitak 1002 Hızlı Destek Projesi Final Raporu, Proje No:111E294, Temmuz 2013.
2. Kırıcı.H, Yılmaz.S, Yakut. M, “İnsansız Sualtı Araçları”,Endüstri & Otomasyon Dergisi, 134, 24-29 , 2008
3. Kyriakidis. M, et al., “Public opinion on automated driving: Results of an international questionnaire among 5000 respondents”, Transport Res F-Traf, vol. 32, pp. 127–140, 2015.
4. Hovem. J. M , Marine Acoustics: The Physics Of Sound In Underwater Environments. Peninsula publishing Los Altos Hills, 2012.
5. Edge. M, The Underwater Photographer, 2nd edition. Butterworth-Heinemann, 1999.
6. Wernli. R, “Operational Effectiveness of Unmanned Underwater Systems”, Marine Technology Society, 1998.
7. Drucker.E. G, and Lauder. G. V, Locomotor function of the dorsal fin in teleost fishes: experimental analysis of wake forces in sunfish. J. Exp. Biol.204, 2943-2958 (2001).
8. Ferry. L. A, and Lauder. G. V, Heterocercal tail function in leopard sharks: a three-dimensional kinematic analysis of two models. J. Exp. Biol.199, 2253-2268 (1996).
9. Q.R.Zhang, P.Peng, Y.M.Jin, “Cherry Picking Robot Vision Recognition System Based on OpenCV”, MATEC Web of Conferences, January 2016.
10. Garcia. J. M. M, Trincado. J, Sanchez. J, "Analysis of sensor data and estimation output with configurable UAV platfo1ms," 2017 Sensor Data Fusion: Trends, Solutions, Applications (SDF), Bonn, 2017, pp. 1-6.
11. Milne. P.B, Underwater Acoustic Positioning Systems. E. & F. N. Spon Ltd, 1983.
12. İlten. E, Eker.K.M, “PIC Mikrodenetleyici Tabanlı Otomatik Voltaj Regülatörü Tasarımı”TMMOB EMO ANKARA ŞUBESİ HABER BÜLTENİ 2012/3
13. Akdağ. O, Yeroğlu. C, “Güç Sistemlerinde Aşırı Akım Koruma Koordinasyon Modelinin Oluşturulması, Benzetimi ve Optimizasyonu”, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi ISSN: 1307-9085, e-ISSN: 2149-4584, 2019, 12(1), 202-214