

2018 Teknik Döküman

Jet City: Aircraft, Earthquakes, and Energy



İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
İstanbul, Türkiye

isiM

Burak ÇOBAN
Bedir ACAR
Sena NOCA
Ege SAYGILI
Özgür Cem TAŞ
Enes DEMİRAĞ
Emre Göktuğ AKTAŞ
Berke BOZOKLU
Mertcan İŞILDAR
İsmetcan SARAÇ
Yunus Emre TUNCEL
Muhammed Burak ŞAHİN
Mehmet Uğur EROĞLU
Halil İbrahim BENGÜ
Alptuğ CAN
Ömer Faruk AKYOL
Kübra NEYİŞ
Taha Mehmet TEKİN
Atahan ÖZER
İrem Öykü TEMİR
Başak BAYRAKTAR
Elif Gökçe GÜVEL
Arda İYİŞ
Abdurrahim AKYOL
Bahadır UMAÇ

TAKIM ROLÜ

Takım Danışmanı: Bilge TUTAK & Mehmet Ozan ŞERİFOĞLU

İÇİNDEKİLER

GİRİŞ	3
1. Özeti	
2. Takım Yapısı	
EMNİYET	4
1. İşgüvenliği Felsefesi	
2. Güvenlik Seviyesi	
3. Araçtaki Güvenlik Önlemleri	
MEKANİK DİZAYN AŞAMASI	5
1. Dizayn	
2. Şaşı	
3. Üretim	
4. Elektronik Kapları ve Sızdırmazlık	
5. Işıklandırma	
6. Tahrik	
7. Yüzerlik ve Stabilite	
8. Manipülatörler	
ELEKTRONİK DİZAYN AŞAMASI	8
1. Elektronik Sistem	
2. Tüp İçi Elektronik Rafi	
3. PIXHAWK	
4. Motor Sürücüler	
5. Groundstation ve Tether	
6. Liftbag ve Kablosuz Şarj	
YAZILIM GELİŞTİRME AŞAMASI	11
1. Groundstation	
2. Aracın Kontrolü	
3. Haberleşme	
ORGANİZASYON YÖNETİMİ	14
1. Şirket Organizasyonu	
2. Proje Yönetimi	
KURUMSAL SORUMLULUK	15
SONUÇ	16
1. Testler ve Sorun Giderme	
2. Zorluklar	
3. Alınan Dersler	
4. Gelecekteki Gelişmeler	
5. Takımdan Tepkiler	
6. Destekçilerimiz	
EKLER	19
Ek 1. SID	
Ek 2. Güvenlik Kontrol Listesi	
Ek 3. Gantt Chart	
Ek 4. Bütçe Planlaması	
Ek 5. Maliyet	

I. Giriş

1. Özeti

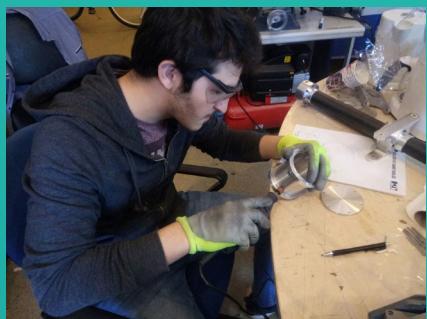
ITU ROV Takımı, Washington Üniversitesi'ndeki (UW) Uygulamalı Fizik Laboratuvarı (APL) tarafından verilen uzaktan kumandalı araç (ROV) projesini gerçekleştirmek üzere kendi uzaktan kumandalı aracını (ROV) geliştirdi. ITU ROV Takımı, yorulmak bilmeyen çalışması ile AfROV'un üretimini tamamlamıştır. AfROV klasik bir uçağın enkazının belirlenmesi, motorunun yüzeye geri çıkarılması, sismometrenin geri kazanılması veya monte edilmesi ve enstrümentasyonun kurulması görevlerini yerine getirmek amacıyla üretilmiştir. AfROV, Uygulamalı Fizik Laboratuvarının beklenilerini amaçlanan başarı düzeyinde gerçekleştirmek üzere tasarlanmıştır ve üretilmiştir. ITU ROV Takımı, belirli görevlere odaklanmak üzere mekanik, elektrik, yazılım ve organizasyon alt ekiplerine bölünmüştür. Farklı disiplinlerdeki proje ekipleri, en uygun ROV'u üretmek ve aracımızın mühendislikte daha geniş uygulama alanlarında kullanılabilmesi için oluşturulmuştur. Aynı zamanda ITU ROV Takımı, AfROV'un üretimi sırasında güvenlik konusuna da oldukça odaklanmıştır. AfROV, görev gereksinimlerini yerine getirirken hem minimum boyut hem de ağırlık optimizasyonu ile oluşturulmuştur. AfROV'un tasarımı, öncelikle başarılı bir araç üretme fikri ile başlandı. Araç; elektronik aksamı korumak için bir alüminyum tüp, görev için özel ekipman eklemme ve çıkarmayı kolaylaştıran iki plaka ve plakalar arasındaki alüminyum bağlantılar olarak tasarlandı. Aracın üretim malyetini en aza indirmek için geçen seneki itici motorları tekrar kullanmayı seçti ve ROV mümkün olduğunda kulüp odasında üretilerek şekilde dizayn edildi. AfROV, üretim malyetini en aza indirmek için İTÜ Robotics Kulübü odasında üretilebilirliği mümkün olduğunda dikkate alınarak dizayn edilmiştir. Aynı amaçla, geçen yılı aracta kullanılan T100 iticilerin yeniden kullanılması tercih edildi. Önemli başka bir nokta da, ITU ROV Takımı'nın tamamen açık kaynaklı bir ekip olmasıdır. Büyük açık kaynak topluluğundan öğrendiklerimiz sayesinde, sonunda biz de açık kaynaklı çalışarak bu topluluğa fayda sağlayamız gerektigine karar verdik. Projemizle ilgili tüm mekanik çizim ve yazılımımızı GitHub adresimizde bulabilirsiniz, <https://github.com/iturov>

2.Takım Yapısı

İTÜ ROV Takımı, İstanbul Teknik Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği, Kontrol ve Otomasyon Mühendisliği, Makine Mühendisliği, Gemi Mimaris ve Okyanus Mühendisliği, İşletme Mühendisliği ve Maden Mühendisliği bölümleri öğrencileri tarafından oluşturulmuştur. Farklı bölümlerden oluşan bir takım olarak, farklı disiplinlerin birliğinden yararlanabilmemiz için takım içi iletişimini yüksek tutmaya çalıştık. Ekip ve proje yönetimini sağlamak için haftalık takım toplantıları ve alt ekip toplantıları yaparken, proje yönetimine yardımcı olmak için planlarımızı Trello uygulaması ile gerçekleştirdik.



II. Emniyet



Çalışmalarımız iş güvenliğine uygun yapılıyor



Motorların üzerindeki emniyet yapıştırmaları



Açil durumlar için güç kesme butonu

1. İş Güvenliği Felsefesi

Bu sene İTÜ ROV Takımı olarak AfROV'un tasarımları, montaj gibi teknik işlerin yanında en büyük önceliğimizi iş güvenliği ve emniyetine verdik. Testlerde, atölye çalışmalarında, atölye dışı çalışmalarında kısacası her aşamada önceliğimiz çalışmak için güvenli ve konforlu alanı oluşturmak oldu. Takım olarak, ekip üyelerine herhangi bir zarar gelmemesi ve olası iş kazalarını önlemek için her türlü önlemi uygulamaktan geri kaçınmadık. Bu nedenle iş güvenliği protokollerini ve prosedürlerini yerinde ve tam bir şekilde uygulama yoluna gittik.

2. Güvenlik Seviyesi

Ekip üyeleri olarak, AfROV'un üretimi boyunca hiçbir güvenlik uygulamasını atlamadık. Atölye çalışmalarımızda kişisel koruyucu ekipmanlar olan çalışmaya uygun gözlük, eldiven, maske, kulak tıkalı gibi ekipmanların kullanmanın yanında atölyemizde acil göz banyosu ve ilk yardım kiti de bulundurmayı ihmal etmedik. Tüm çalışma alanlarımızda uyarı levhaları ve yapışkanları kullandık. Bunların yanında tecrübeli ekip üyeleri atölye kuralları içinde uyulması gereken kuralları atlamanadan uygulamışlardır. Atölyede çalışmalara başlamadan önce ekibimize iş güvenliği ve atölyede uyulması gereken kurallar hakkında okulumuzdaki İş Sağlığı ve Güvenliği Kulübü'nün de desteğiyle kısa bir eğitim verildi. Ekip üyeleri de hem testlerde hem de başka çalışma alanlarında herhangi bir alet edevat -örneğin; dikey matkap, freze, zımpara makinesi- bu kurallara uyararak hem kendileri için hem de başkaları için uygun ve konforlu çalışma ortamını yaratmaya özen göstermişlerdir. Kaza çıkarabilecek ekipmanları kullanırken göz koruması için gözlük, eldiven gibi kişisel koruyucu ekipmanlar(KKE) kullanılmıştır. Elektrik teknisyenleri de gerekli kontrolleri yaparak riskleri belirleyerek önlemeye çalışmışlardır.

3. Araçtaki Güvenlik Önlemleri

Aracımızın teknik özelliklerine dikkat ederken güvenlik önlemlerini göz ardı etmedik. Aracın üzerindeki altı motorun konumu da dışarıdan zarar gelmeyecek, dışarıya da zarar vermeyecek şekilde konumlandırılmıştır. Kısacası operatörlerin kullanımına engel olmayacak şekilde monte edilmiştir. Bunların yanında aracın üzerindeki tüm plastik kelepçeler kullanıcılara zarar veremeyecek şekilde tıraşlanmıştır. Aracın üzerinde kullanıcılara zarar verebilecek hiçbir sıvı yüzey bırakılmamıştır. Aracın su altında çalışması sırasında herhangi bir sorunla karşılaşılması durumunda karadaki kontrol merkezinde bulunan acil durdurma butonu sayesinde aracı hızlı bir şekilde durdurabilme imkanımız bulunmaktadır. Ayrıca yine araç üzerindeki manipülatörlerin çalışması esnasında pilotun kontrol merkezinden araç üzerindeki manipülatörlerin gücünü kesme imkanı vardır.

III. Mekanik Dizayn Aşaması

1. Dizayn

Mekanik ekibi olarak ilk işimiz ana tasarım kararlarını vermek için bir araya gelip en uygun ROV tasarımını tespit etmek oldu. Tasarımı yaparken her şeyden önce dikkat ettiğimiz nokta, aracımızın en yüksek verimle çalışıp en uygun maliyetle üretilebilmesi oldu. Biz de tasarım ve üretimimizi bu yolda ilerlettik. Çeşitli tasarımlar arasından aracın şu anki hali olan "iki yatay plastik plaka ve plakaları birbirine bağlayan alüminyum bacaklar" tasarımında karar kıldı. Bu tasarımı seçmemizdeki en büyük etken, aracın üzerinde daha önceden saptamış olduğumuz bulunması gereken bileşenleri en güzel montajlayabileceğimiz bir tasarım olması oldu. Tasarımın kâğıt üzerinde kararlaştırılmışından sonraki aşama, aracın SolidWorks CAD programında çizilmesi oldu.

2. Şasi

Aracımızın şasisini dizayn ederken, plastik plakalar olarak öz kütlesinin düşüklüğünden ve yeterli dayanımından dolayı HDPE plaka kullanmaya karar verdik. Ayaklarda ise suda kullanımına uygunluğundan dolayı 6000 serisi alüminyum kullanmaya karar verdik. Üst plaka, alüminyum tüp, z-eksenindeki iki T100 motoru, yüzdürücü köpüğü ve iki adet tutma kulpunu taşıırken; alt plaka, voltaj dönüştürücü, iki manipülatör, kanca, iki adet LED ışık, iki adet IP kamera ve aracın IP kameraları ile Raspberry Pi 3 arasındaki ağ için network switch ve bu ağın da kontrol merkezine aktarılması için Ethernet over powerline(Blue Robotics Fathom-X) modülü içeren ağ kutusunu taşımaktadır. Altta ki plakanın dört köşesine ise birer tane alüminyum alt ayak ve bu alüminyum ayakların ucuna aracın yerden yükselmesi ve araç test aşamasında herhangi zor bir durumda kaldığında aracın kolayca tespit edilmesi için 3D yazıcıdan üretirdiğimiz fosforlu sarı parçaları taktik.

3. Üretim

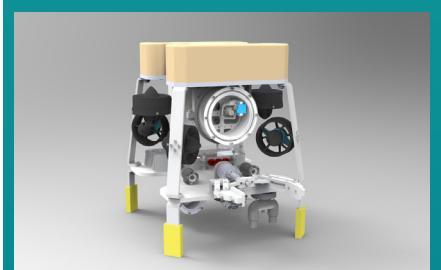
Aracımızın şası üretiminde plastik plakalar için beyaz 10mm kalınlığında HDPE(yüksek yoğunluklu polietilen) plakalar CNC lazer kesicide kesildi. Bütün alüminyum parçalar suda kullanımına uygunluğundan dolayı 6000 serisi alüminyum olarak seçildi ve eloksal kaplama işleminden geçirildi. Bacakların üretimi için 6mm kalınlığında alüminyum levha şerit testere ile kesildi ve çapakları alındıktan sonra gerekli yerlerden CNC büküm makinasında büküldü. Su geçirmez tüpler ve flansları alüminyumdan tornada işlendi. Su geçirmez tüplerin plakalara sabitlenmesi, kolay temin edilebilmesi ve ekonomik olmasından dolayı paslanmaz çelik boru kelepçelerle sağlandı. Su geçirmez ağ kutusu, alüminyumdan CNC frezede işlendi. Aracın üzerindeki yüzdürücü köpük, 3 eksenli CNC'de istenilen şeke göre işlendi. ROV'un üzerindeki tüm bileşenlerin montajında, tamamen paslanmaz çelikten bağlantı elemanları kullanıldı. Son olarak taşıma kolaylığı için iki adet plastik tutacak üst plakaya takıldı.



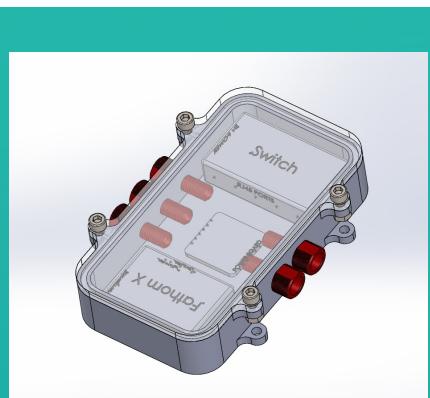
Su geçirmez tüp dizaynı



Şasının dizaynı



Aracımızın son dizaynı



Sızdırmaz ağ kutusunun
ilk dizayını



Sızdırmaz kamera
tüpleri



Aydınlatmada kullanılan
Bluerobotics
Lumen Light

4. Elektronik Kapları ve Sızdırmazlık

Araç üzerinde biri esas ve ikisi kameralar için küçük olmak üzere üç tane su geçirmez elektronik kap kullanmaya karar verdik. Bu kaplardan ilki ve en büyüğü 2.5mm duvar kalınlığına sahip bir alüminyum tüp olup tüpün içerisinde tahrik sistemi motorlarının ve manipülatör motorlarının sürücülerini, sürüş bilgisayarı (Pixhawk), ana bilgisayar Raspberry Pi ve bir adet düşük ışıklı HD USB kamera bulunmaktadır. Bu elektronik elemanların tüp içerisinde düzenli durmaları ve kolay çalışabilmeleri için bir adet raf ve bu rafa bağlı flans tasarılandı. İkinci kap olarak içine konulacak bileşenlerin (Ethernet switch'i ve Ethernet over powerlines [fathom x] modülü) boyutlarından dolayı dikdörtgen prizma geometrisine sahip bir alüminyum kutu seçildi. Kamera kabı olarak alüminyum silindir kullanılmasına karar verildi. Tüpün sızdırmazlığı için ilk olarak flans kullanıldı. Flans ve tüp arasındaki sızdırmazlık için ise flanslar üzerinde iki adet 7mm kalınlığında radial o-ring, flanslara takılan pleksiglas kubbe kullanıldı. Son olarak arka kablo kapağı arasındaki sızdırmazlık için 2.5mm kalınlığında yüzeysel o-ring ve kablo penetrator (kablo delici) ile delici kapağı arasında delicilerin üzerine gelen o-ring kullanıldı. İkinci dikdörtgen kabımızda ise, kabın üst kapak kısmıyla kap arasındaki sızdırmazlık için yüzeysel ve dikdörtgen o-ring ve ilk tüpte olduğu gibi kablo delicilerinin üzerine gelen o-ringi kullanıldı. Kamera kabı sızdırmazlığı için alüminyum tüpün iki yüzünde de 2mm kalınlığında yüzeysel o-ring kullanıldı. Kablo delicileri olarak BlueRobotics delicileri kullanıldı. Kablolardan deliciler içeresine epoksi ile gömülmesi için ise West System G/Flex Thickened epoksi kullanıldı. Ayrıca alüminyum tüpümüzün içine flanslı raf sistemimizi çıkarma-takma işlemi yapabilmemiz için kablo kapağına kolay çıkarılıp takılabilen bir adet hava deliği yerleştirildi. Bu sayede hava, tüpü kapama işleminde sıkışmakta ve kapama işlemi daha kolay olmaktadır. Daha önceki hatalarımızdan ders alınarak ürettiğimiz bu aracın sızdırmazlığına büyük önem verdik ve çalışmalarımızın sonucunda çok etkili sonuçlar aldık.

5. Işıklandırma

Kontrolüne büyük önem verdigimiz aracımızın yönünü daha rahat bulması, yapmakta olduğu görevde ortam şartları ne olursa olsun görevini yerine getirmesi ve pilota rahat görüş imkanı sağlamak için aracımızın ön tarafına bakan ve ikisi de alt plakada bulunan Blue Robotics marka 1.500 lumen ışık gücüne sahip LED ışıklarını kullanmayı tercih etti. Işıklar kamera açlarını destekleyecek ve aracın ön tarafını yeterli bir şekilde aydınlatacak şekilde yerleştirildi.

6. Tahrik

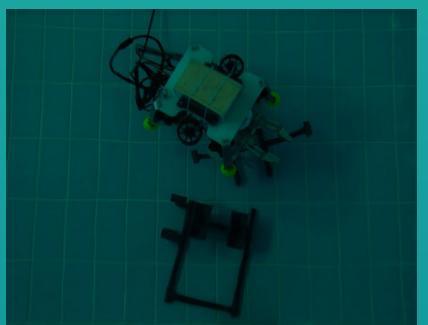
Aracımızın manevra kabiliyetini artırmak ve istediğimiz düzeye çıkarmak için altı tane Blue Robotics marka T100 motor kullanmaya karar verdik. Kullandığımız bu motorlar fırçasız motor olup su altı kullanımı için uygundur. Aracımızda kullandığımız T100 model motorlar geçen sene kullandığımız motorlar oldu çünkü bu konuda ekstra bir maliyete girmemeyi tercih etti. Daha önceki testlerimizde altı motorun yeterli hareket imkânı sağladığını tespit edip 7. ve 8. motora ihtiyacımız olmadığını düşündük. T100 motorlarının tercih edilmesinin sebebi ise gerekli performansı vermesi ve üst modellerine göre daha ekonomik olmasıdır. Düşey eksendeki hareketi sağlamak için üst plakada iki motor kullanıldı. Yatay eksendeki hareketler için de her bir alüminyum ayağa 45 derece açıyla birer tane motor takıldı. Bu motorlar ise ileri-geri, yanal ve yalpa hareketlerini sağlamaktadır. Kisacası, bu motor düzeni bize 5. derece hareket özgürlüğü sağlamaktadır. Ayrıca iticilerin 45 derece monte edilmesi, aracın yönünü değiştirmeden yanal eksende hareket kabiliyeti kazanmasını sağlamaktadır.



Blue Robotics T100 Thruster

7. Yüzerlilik ve Stabilite

Yüzerlilik için özgül ağırlığı 0.38 olan köpük yeterli boyutu testlerle tespit edildikten sonra üretilerek yüzerek noktamızı stabilite için yukarı almak adına aracın üst plakasına yerleştirildi. Yüzerliğin ince ayarları alt plakada ağırlıklarla yapıldı.



Yüzdürücü köpük ile stabilite testi

8. Manipülatörler

Yarışmadaki görevler gözönüne alınarak İki adet manipülatörün tasarımına karar verildi. Manipülatörlerden ilki bir gripper(tutucu) olarak tasarlandı. Tutucu alüminyumdan üretildi ve eklem noktalarında paslanmaz çelik pimler segmanlarla tutturuldu. Tutucunun tahrık mekanizması olarak su altındaki kullanım kolaylığından dolayı düşük RPM yüksek tork fırçasız drone motoru vidalı mil sistemi ile birlikte kullanıldı. Motorun vidalı mile bağlantıları kaplin ile sağlandı ve vidalı mil hareket kısıtlama görevini de üstlenen bir rulmanla yataklandı. İkinci manipülatör olarak aracın altına bakan bir turner(çevirici) tasarlandı. Çevirici de motor olarak tutucuda da olduğu gibi su altı kullanım elverişliliğinden dolayı yüksek torklu gimbal motoru ve ucuna uygun bir çevreme aparatı üretilerek kullanıldı. Görevlerin daha iyi yapılmasına yardımcı olacak bir kanca da aracın şassisine monte edildi.



Görev yapma amaçlı üretilen tutucu ve kanca

IV. Elektronik Dizayn Aşaması

1. Elektronik Sistem

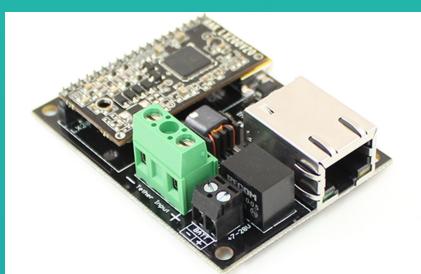
ROV'un elektrik aksamı temel olarak araç içindeki kontrol ünitelerinden, görevleri tamamlayabilecek gerekli parçalardan ve yüzeyde bulunan kontrol merkezinden oluşmaktadır. Elektronik ekibinin temel amacı bu parçaların amaçlarına uygun ve efektif olarak çalışıklarından emin olmaktır. Araca gelen elektrik ilk önce ROV üzerindeki voltaj dönüştürücüsü aracılığı ile 48 Volttan 12 Volta düşürülmektedir. Daha sonra güç dağıtım ünitesi aracılığı ile araç içindeki gerekli parçalara dağıtılır. Araç içindeki en önemli parça, aracın beyni de diyebileceğimiz Raspberry Pi'dır. Araç üzerindeki sensörler ve araç içi kamerası gibi elektronik parçalar Raspberry Pi'a bağlanır ve Raspberry Pi aracılığı ile de yüzeydeki kontrol merkezine aktarılır. Raspberry Pi aynı zamanda bu sene aracın kontrolünde kullandığımız PixHawk ile de iletişim halinde bulunur. Aracın görevleri daha rahat yapabilmesi için önünün aydınlatması amacıyla 2 adet LED ışık bulunmaktadır. Ayrıca aracın alt plakasında ağı kabı bulunmaktadır. Kapta güç dağıtım ünitesi, ethernet switch ve BlueRobotics Fathom X bulunmaktadır. Bu switche farklı açılarla yerleştirilmiş iki IP Camera, su geçirmez tüpten gelen RaspberryPi 3 ve Fathom X bağlıdır. Bu IP cameralar görevleri yapmamızda ilave kolaylık sağlamaktadır. Araçtaki elektroniklerin güvenliği için 25A sigorta ve groundstation için 15A sigorta kullanılıyor.

2. Tüp içi Elektronik Rafi

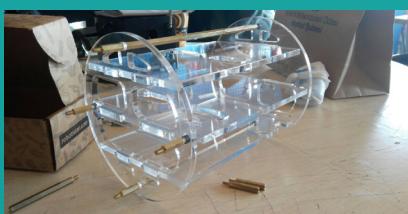
Araç içinde elektronik parçaların efektif bir şekilde çalışmasını sağlamak, herhangi bir sorun olduğunda parçaların değiştirilebilmesi veya parçalara gerekli müdahalelerin kolay bir şekilde yapılabilmesi için, üzerinde elektronik parçaları bulunduran bir raf tasarlandı. Bu raf mekanik ekibinin de yardımcı ile üretildi. Rafın üst kısmında Pixhawk ve RaspberryPi 3, alt kısmında ise 12v Güç dağıtım kartı ve bu karta bağlı ESC'ler bulunmaktadır. ESC'ler ile motor kablolarının birbirine bağlantısının mödülerliği için WAGO marka klemensler kullanılmıştır. Rafın ön destek parçasına da elektronik tüpünün ön kısmına gelecek şekilde HD USB kamera ve kamerasının açı ayarı için servo motoru monte edilmiştir.

3. PIXHAWK

Pixhawk açık kaynak kodlu Stm32 mikrokontrolucusu tabanlı, yazılım tabanı olarak da ArduPilot'a dayanan bir otopilot modülüdür. Araç üzerinde bulunan T100 thruster motor ESC'leri, LED ışık, basınç sensörü, güç modülü, kamera açı kontrol servosu, çevirici ve tutucu motorlarının escleri Pixhawk'a bağlıdır. Pixhawk'ın kullanılmasının sebebi, kontrol açısından çok daha rahat bir kullanım sağlaması ve aracın daha stabil bir şekilde çalışmasını sağlamasıdır. Pixhawk'ın Groundstation ile haberleşmesi RaspberryPi 3 aracılığı ile Ethernet üzerinden sağlanmaktadır.



Blue Robotics Fathom X
Modülü



Tüp içi elektronik rafı



PIXHAWK Modülü

4. Motor Sürücülerı

ROV üzerindeki bütün motorlar su ile çalışabilirliğinden dolayı fırçasız motor olarak seçildiler. İtici motorlarında (BlueRobotics T100) ESC olarak BLHeli yazılımı ile çift yönlü çalışabilir hale getirdiğimiz LittleBee 20a sürücüler, tutucu motorunun ESC'si olarak yine bizim tarafımızdan çift yönlü hale getirilmiş LittleBee 30a sürücüsü ve son olarak Gimbal motoru kullanıldığından dolayı çevirici motorunun sürücüsü olarak RoverTec BGMC2 sürücüsü kullanılmıştır.

5. Groundstation ve Tether:

Bu seneki en önemli hedeflerimizden biri de yüzeyde aracı kontrol etmeyi kolaylaştıracak bir yüzey kontrol merkezi inşa etmekti. Bu kontrol merkezini istememizin en önemli sebebi araç üzerindeki kontrolümüzü maksimum seviyede tutmak ve acil durumlarda hızlıca müdahale etmektı. Groundstationun yapısına bakacak olursak, içerisinde priz çoğaltıcı uzatma kablosu bulunmakta ve bilgisayar ve monitör adaptörleri bu çoğaltıcıya bağlanmaktadır, priz ucu değişimi ve 110v ve 220v destekleyen DC güç adaptörleri sayesinde Groundstation her kitada kullanılabilirmektedir. Bilgisayarın üst panelden açılabilmesi için power butonu kablo ile panele montajlanmıştır. Bilgisayara giriş olarak Logitech K400 PLUS WIRELESS KEYBOARD TOUCHPAD kullanılmaktadır. Ayrıca groundstationda tether üzerinden ethernet datası geçirebilmek amacıyla direk tethera bağlanan BlueRobotics Fathom X bulunmaktadır. Araca giden gücü acil durumlarda kesebilmek adına bir adet kırmızı durdurma butonu da bulunmaktadır. Araca Güç vermek için kullanılan 48V 30a DC güç kaynağından groundstationa, groundstationdan da butondan geçmek suretiyle araca giden kablo bağlantılarında bağlantı olarak Anderson SBS50 konektörleri kullanılmıştır. Araç Logitech® F310 Gamepad ile kontrol edilmektedir. Tetherda kablo olarak 20a amper taşıma kapasitesinden dolayı 12 AWG BlueRobotics güç kablosu kullanılmıştır. Tether üzerinde oluşabilecek olası gerilmeleleri önlemek amacıyla tether radansalar aracılığıyla yüzeyde ve araç üzerinde uygun yerlere sabitlenmiştir. Ayrıca gerekli olduğu zaman tetherin kolayca değiştirilebilmesi ve tetherin daha kolay taşınabilmesi amacıyla tetherin araç kısmında SEACON Wet-Con konektör kullanılmıştır. Su ile sürekli temas halinde bulunan bütün kablo ekleri önce makaronlanmış ardından bir endüstri standartı olan "self-vulcanizing tape"(eriyen bant) ile su geçirmezliği sağlanmıştır.



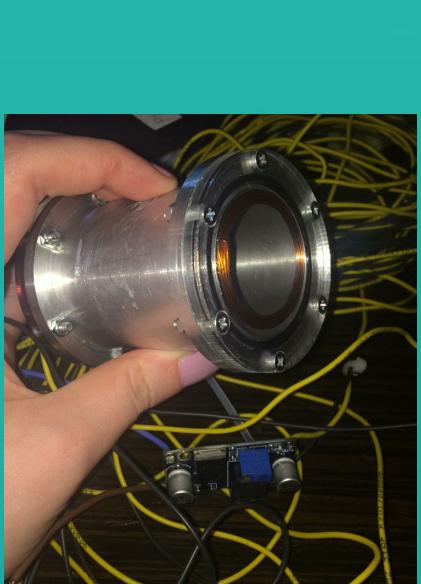
RoverTec BGMC2



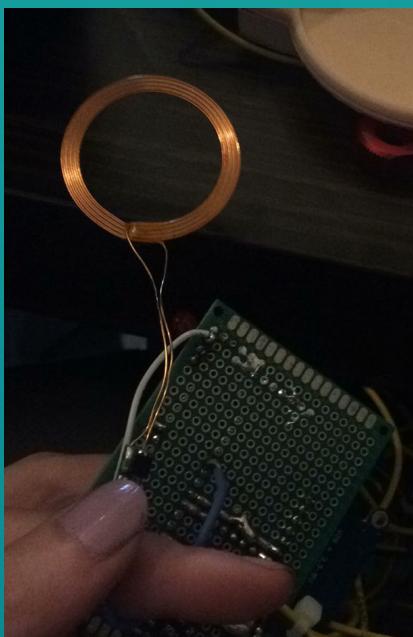
Yerüstü istasyonumuz



Araç ve yerüstü istasyonu bağlantısı

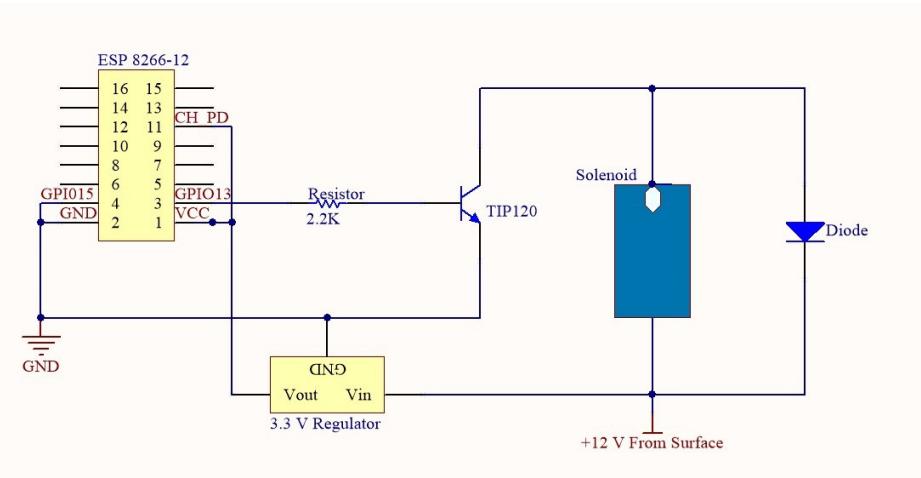


Kablosuz şarj Ünitesi

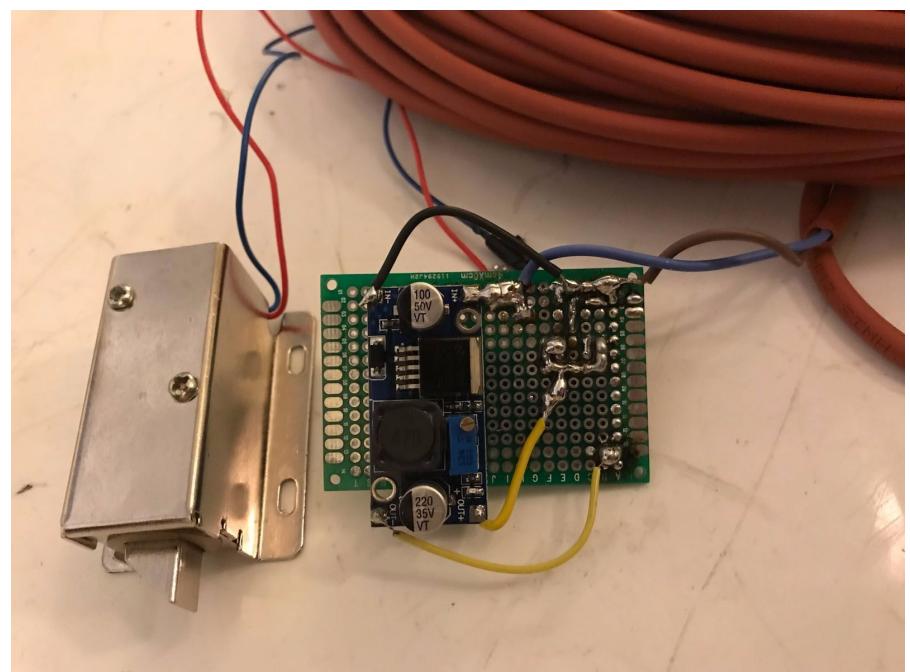


OBS devresi

6. Liftbag ve Kablosuz Şarj
 Elektronik ekibinin bir diğer görevi de araçtan bağımsız olarak, görevler için kullanılacak olan parçaların da devrelerini tasarlamaktır. Yarışma sırasında su altındaki yükleri taşımak için kullandığımız lift baglerin içinde transistör ile sürdüğümüz ve sinyaliniarduino-ya bağlı ESP 8266 wifi modülünden alan bir solenoid kilit devresi bulunmaktadır. Bu devre sayesinde su altında yükleri istediği yerde bırakabileceğiz. Wi-Fi modülü sayesinde bu sinyalin kontrolünü bilgisayar üzerinden GUI aracılığı ile yapabilmekteyiz. Diğer bir görevimiz olan Kablosuz olarak OSB'e güç vermek için de içinde 5V giriş gerilimi alarak 5V gerilim 1A de akım verebilen kablosuz şarj modülü ve bu modülü karadan güç kablosu ile besleyebilecek bir sistem geliştirildi. Görev devrelerinin su geçirmezliğini sağlamak adına sızdırmaz alüminyum tüpler üretildi.



Liftbag şeması



Liftbag devresi

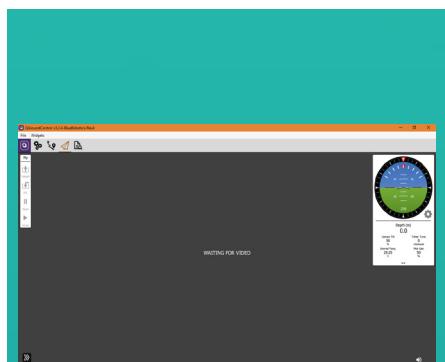
V. Yazılım Geliştirme Aşaması

1. Groundstation

Yer istasyonumuz Windows 10 Pro yüklü bir bilgisayar, 2 monitör ve bir klavye-mouse setinden oluşmaktadır. Yazılımlarımız windows bilgisayar üzerinde çalışmaktadır. İlk olarak aracın kontrolü için Qgroundcontrol programı kullanılmaktadır. Aracın navigasyonu, gripper, valve turner, ışık ve kamera servosu bu arayüz üzerinden bir joystick ile kontrol edilmektedir. Ayrıca C# programlama dili ile geliştirmiş olduğumuz kullanıcı arayüzü ile araç üzerindeki 2 IP kamerasının görüntülerini anlık olarak alabiliyor, yarışmadaki görevlerde ihtiyaç duyulan OBS verisinin grafiğini çizmek, görüntü işleyerek enkaz modelini bulmak ve Wi-Fi sinyali ile lift bag bırakmak gibi ekstra işlemleri yapabiliyoruz. Bu çeşit görevleri başarabilmek için python programlama dili ile geliştirdiğimiz birkaç servis arkaplanda çalışmaktadır. Ayrıca gerçekleşen tüm işlemleri tarih ve saat ile birlikte bir kayıt defterine eklemekteyiz. Mesafe ölçümü, ekrandaki kamera görüntüsü üzerinden seçilen pixeller arası uzaklık ve cismin gerçek uzunluk bilgilerini kullanarak cisme olan uzaklığın hesaplanması ile sağlanır. OCR (Optik Karakter Tanıma) araç plaka tanıma sistemlerinde kullanılan açık kaynak kodlu bir yazılım üzerinde geliştirmeler yapılarak kamera görüntüsündeki metinleri yazıya çevirmeyi sağlar. Elde edilecek metin kanat kodları arasında aranır ve karşılığı gelen uçak modeli kullanıcı arayüzüne yazdırılır. Ayrıca geliştirilen yazılımlar ile yarışmada 1. ve 3. görevlerde beklenen matematiksel hesaplamaları, değerleri kullanıcı arayüzüne girerek yapabilmek sağlanmıştır.



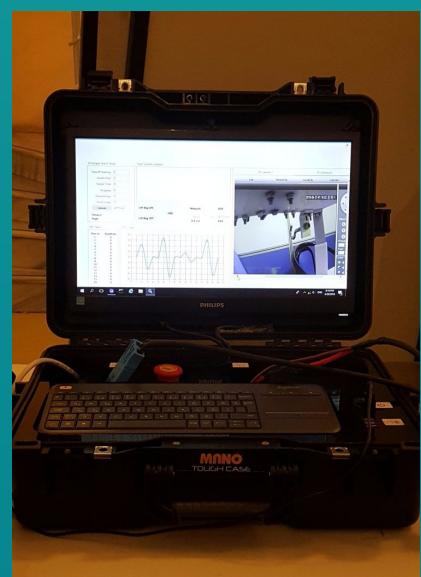
GUI arayüzü



Yer istasyonunda yüklü arayüz



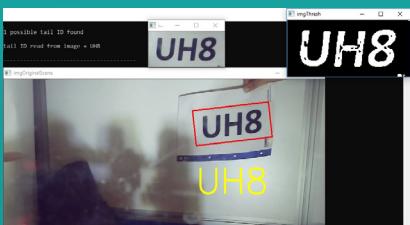
Groundstation Üzerinden arayüzün çalıştırılması



IP kamera görüntüsü ve GUI



Kablosuz haberleşme denemesi



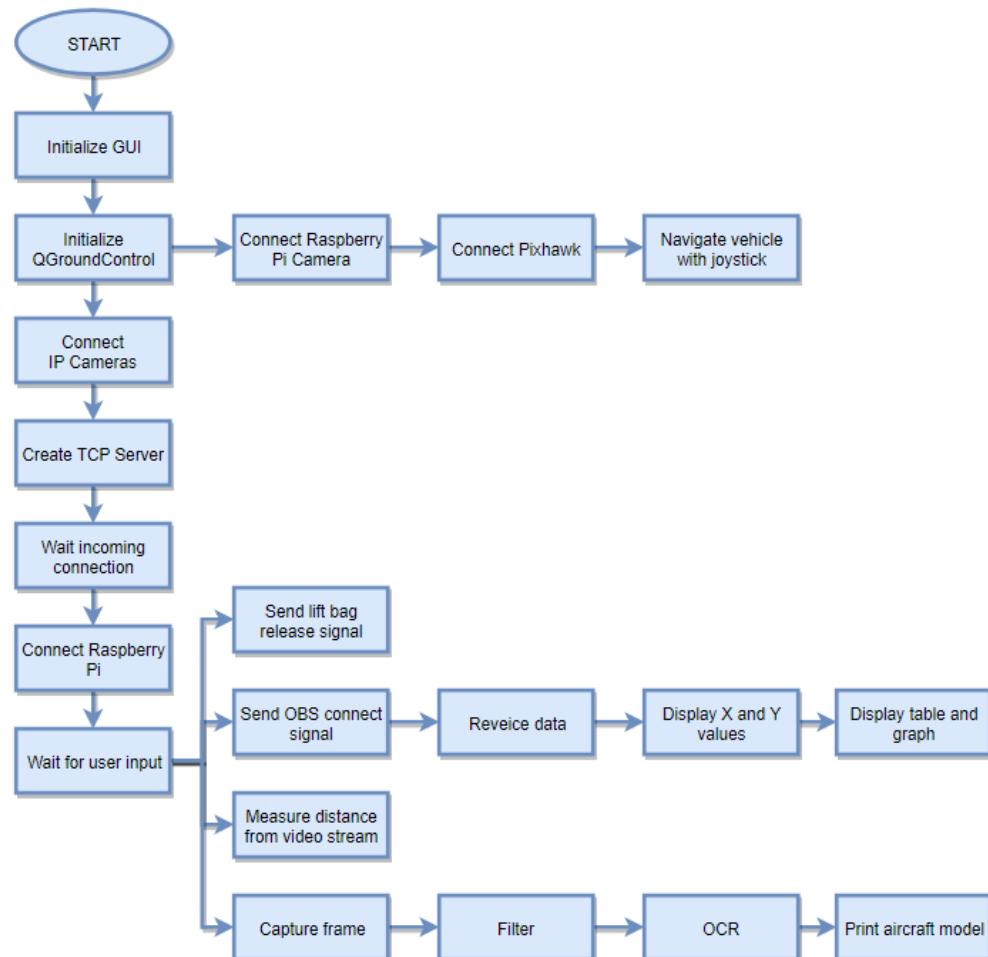
Aracımızın görüntü işlemesi

2. Aracın Kontrolü

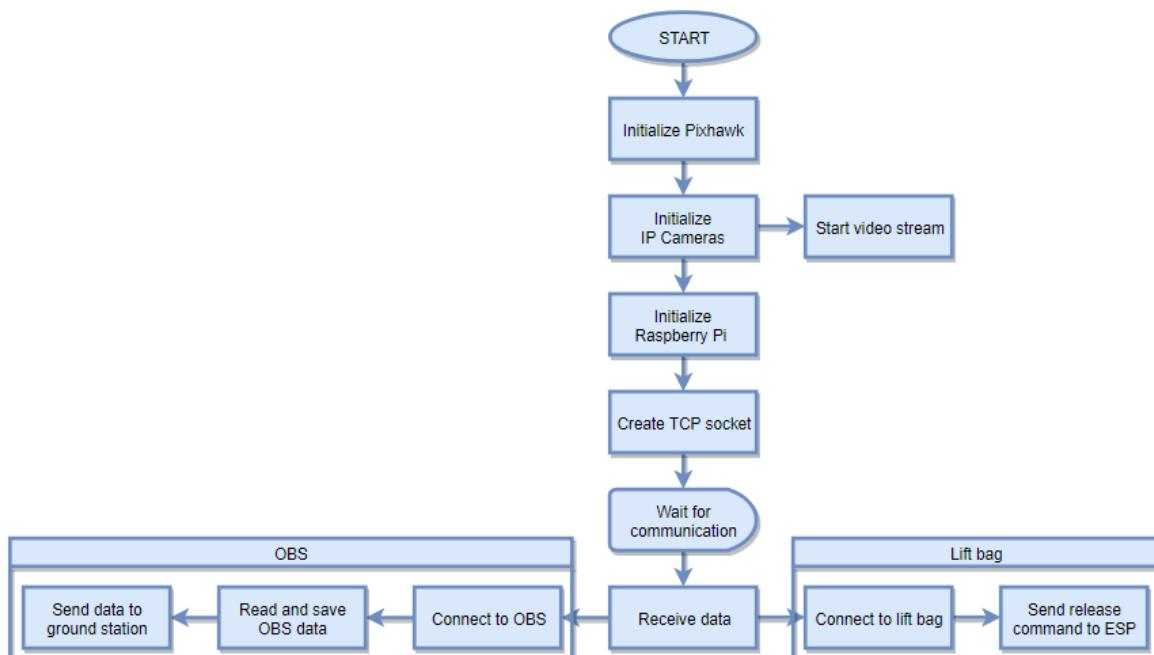
Araç üzerinde işlemci olarak Raspberry Pi 3 kullanılmıştır. USB kameralardan aldığı görüntüyü anlık olarak yer istasyonuna yayınlar. Motor sormak ve aracın navigasonu için pixhawk isimli kontrol kartına ROV kontrolü için geliştirilmiş, açık kaynak kodlu ArduSub gömülü yazılımını yükledik ve gerekli ayarları tamamladık. Araç üzerinde 2 adet IP kamera bulunmaktadır. Raspberry Pi üzerinde aracın ana kodu çalışmaktadır. Python programlama dili ile geliştirdiğimiz bu yazılım yüzeydeki C# programlama dili ile geliştirilen arayüzümüz ile haberleşmektedir. Buradaki yazılımın asıl amacı yüzeyden aldığı komutlar ile belirli işlemler gerçekleştirerek yüzeye veri yollar. Ayrıca araçtan bağımsız çalışan ve lift bag sistemlerinin açılıp kapanmasını sağlayan ESP 8266 Wi-Fi modülü kullanılıyor. 2 lift bag üzerinde bulunan bu modüller güç verildiği zaman "LiftBag1Net" ve "LiftBag2Net" isimli, şifresi "password" olan wifi yayını yapıyorlar. Raspberry Pi bu ağa bağlanıp lift bag açmak için 192.168.4.1/ac, kapamak için 192.168.4.1/kapa urlsini girer. Raspberry Pi benzer şekilde OBS sistemine yaklaşlığında bağlanıp web sayfasındaki gyroskop değerlerini kullanıcı arayüzüne yollar, değerler belirtilen toleransın altına indiğinde yeni elde edilen veriler bir dizi olarak yüzeye yollanır.

3. Haberleşme

Araç ile Yer istasyonu arasındaki iletişim Raspberry Pi ve 2 IP kameralarının ethernet çıkışları bir switchte toplanır ve Fathom-X modülü ile şifrelenip güç kablosu üzerinden yüzeye iletilir. Yüzeydeki Fathom-X güç kablosu üzerindeki bu sinyali tekrar eski haline getirir ve bilgisayarın ethernet girişine bağlanır. 2 yönü bu iletişimini elde edebilmek için taraflardan birinin sunucu diğerlerinin alıcı olması gereklidir. Bu sisteme PC server iken Raspberry Pi ve 2 kamera clienttir. Bunun nedeni bilgisayıri bir modem gibi davranıp diğer cihazlara IP adresi dağıtımını yapabiliyor olmasıdır. IP kameralar 192.168.2.120 ve 192.168.2.30 statik iplerini kullanarak anlık olarak yüzeye görüntü yayınlar. Router görevini yapan yer istasyonunun IP adresi 192.168.2.1, Raspberry Pi'ın IP adresi 192.168.2.2'dir ve aralarında TCP protokolü ile 1864 numaralı porttan konuşurlar. Raspberry üzerindeki USB kamera görüntüsünü UDP protokolü ile 5600 numaralı porttan yayınlamaktadır.



Yer istasyonu akış diyagramı



Aracın akış diyagramı

VI. Organizasyon Yönetimi



Haftalık toplantımızdan bir kare



Haftalık testlerimizden bir görüntü



Araç basınç testinden bir görüntü

1. Şirket Organizasyonu

İTÜ ROV Takımı, farklı bölümlerden öğrencilerden oluşan İTÜ Robotik Kulübü bünyesinde kuruldu. Takım, üç teknik bölümünden oluşmaktadır: mekanik, elektrik ve yazılım. Her bölümün birbiriyile iletişim halinde çalışan ve raporlarını doğrudan CEO'ya sunan bir ekip lideri vardır. Mekanik ve elektrik ekipleri de AfROV'un belirli bir yönüne odaklanmak için grulara ayrılmıştır. Bu gruplar Groundstation, Prop ve Görev Ekipmanları'dır. Her bir alt bölüm diğer gruplarla çalışır ve departman liderini çalışmalarıyla ilgili bilgilendirir.

2. Proje Yönetimi

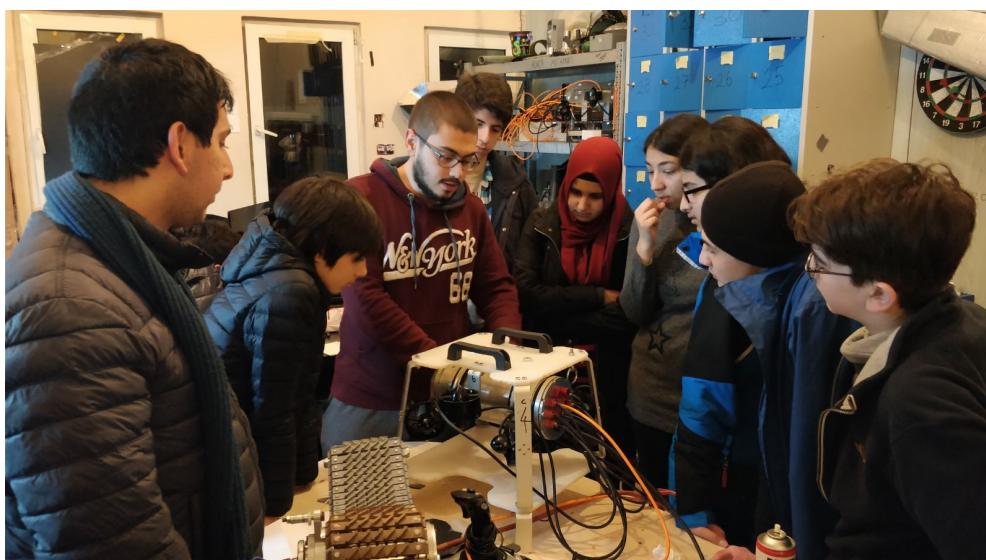
Takımımızda proje yönetimini kolaylaştmak adına Gantt chart kullanarak işlemleri önceden belirlediğimiz bitiş tarihlerine göre ayarladık. Hazırlık sürecimizi dizayn aşaması, üretim aşaması ve test süreci olarak üç bölüme ayırdık. Dizayn aşamasında mekanik parçaların üretimi için çizimlerimizi SOLIDWORKS programında yaptık. Aracın mukavemet analizini yapmak için ANSYS WORKBENCH programından faydaladık. Aracın dizaynı ve üretimi sürecinde hata modu ve etkileri analizi (FMEA) yönteminden yararlanarak, aracı devamlı geliştirmeye ve olusabilecek sorunları mümkün olduğunda ortadan kaldırılmaya çalıştık. Üretim aşamasında, öncelikle görevler belli olmadan önce kameralar, şasi, güç dönüştürücü gibi AfROV'un ana parçaları bir araya getirildi. Görevlerin gereklilikleri belli olduğunda ise, görevlere yönelik ekipmanlar geliştirme amaçlı çalışmalar yapılmaya başlandı. Öncelikle, tasarlanaacak görev ekipmanları için beyin firtınası yapıldı. Daha sonra montajı tamamlanan aracı üzerinde görevler için tutucu, kanca, valf çevirici gibi görev ekipmanlar eklendi. Bu ekipmanların dizaynı ve üretilmesi için SOLIDWORKS programı kullanıldı. Üretim aşamasında mümkün olduğunda üretilmesi kolay ve insan sağlığına zarar vermeyecek parçaların üretilmesi tercih edildi. Üretim parçalarının kolay üretilebilir malzemelerden tercih edilmesi ile parçaların üretiminin kulüp odasında yaparak maliyeti düşürmeyi hedefledik. Aracın kolay taşınabilir olması açısından aracın üst plakasına iki adet kulp eklendi ve güç kablosunu araçtan ayrılabılır olması için konnektör kullanıldı. Test sürecimizde, görevli en kısa sürede tamamlamak üzerine çalışmalar yaptıktı. Sızdırmazlık testlerimiz için aracımızı 8 bar'lık basınç testine tabii tuttuk. Görevlerin denenmesi için İstanbul Teknik Üniversitesi Olimpik Yüzme Havuzu ve Gemi ve Deniz Bilimleri Fakültesi Ata Nutku Gemi Model Deney Laboratuvarı kullanıldı. Projenin genel anlamda rahat takip edilebilir olması adına Gantt chartı destekler nitelikte Trello uygulamasından faydalandırıldı. Haftalık iş planı yapılarak, çalışmalar bu planlara göre yürütüldü. Yazılım ve tasarımlarımızın takım içinde ulaşılabilir olması ve robotik topluluğu ile de paylaşmak adına çalışmalarımızı GitHub üzerinden paylaştık.

VII. Kurumsal Sorumluluk

İTÜ ROV Takımı olarak öncelikle ülkemizde su altı teknolojileri konusunda bir farkındalık yaratmak istemekteyiz. Bu amaç doğrultusunda yapılan maker etkinliklerinde ve teknoloji fuarlarına katılım göstermekteyiz. Ek olarak, ROV konusunda ilkokul ve listelere danışmanlık yapmaktadır.



İTÜ ROV Ekibi Robert Koleji Ekibi ile birlikte



Mekanik ekip liderimiz aracımızı tanıtırken



Ekibimiz Maker Faire etkinliğinde aracımızı tanıtırken

VIII. Sonuç

1. Testler ve Sorun Giderme

ITU ROV Takımı, bu sene sadece aracı hazırladıktan sonra değil, aracı hazırlamadan önce ve hazırlama aşamasında da ürettiği her şeyi test etmiştir. Özellikle sizdirmazlık konusunda testlerini yoğunlaştıran ve bu konuda büyük çaba göstermiş olup, test sonuçlarında başarılı sonuçlar elde etmiştir. Bir önceki seneye göre daha tecrübeli olan ekibimiz hangi konunun üzerine yoğunlaşmamız gerektiğini ve nasıl çalışmamız gerektiğini tespit edip bu konuda testlere ağırlık vermiştir. Test için birçok alan kullanmış olup en çok kullandığımız alanlar ise İTÜ Olimpik Havuz ve Ata Nutku Gemi Model ve Deney Laboratuvarı'dır. Araç hazır hale getirilmeden önce bile burada çalışmalara başlayıp üretilen her parçayı sudaki tepkisini ölçebilmek ve gözlemleyebilmek amacıyla testler yapılmıştır. Aracımıza her yeni bir şey eklendiğinde önce çalışılabilirlik gibi testlerden geçirdik. Araç hazır hale geldikten sonra ise bu iki alanda testlerimize haftalık düzenli olarak devam edilmiş, bu testlerde pilotaja ve aracın çalışma performasına yoğunlaşılmıştır. Bunların dışında sadece mekanik olarak değil elektronik ve yazılım alanlarında da araç üzerinde kullanmayı planladığımız her şeyi önce uygun olan bir ortamda test edip sonra araç üzerindeki performansı araştırılmıştır. Testler aracımızın şuanki verimini ve görünümünü almışında çok büyük paya sahiptir. Sorun çözmede ise herhangi bir sorunla karşılaşıldığında o sorun üzerinde hemen çalışılmaya ve en kısa sürede sorunu çözmeye odaklanılmıştır. Sorun gidermeyi üç aşamada inceleyebiliriz: Sorun tespiti, çözümün tespiti ve sorunu çözme. Bir sorunla karşılaşıldığında İTÜ ROV Takımı olarak, çözüm yoluna bu yolla gitmeyi uygun bulduk. Eğer bu aşamalardan bir çözüm çıkaramadıysak, diğer alternatifleri göz önüne alarak çözüm havuzumuzu genişleterek yeni çözüm yolları aradık.

2. Zorluklar

Araç yapımında ve geliştirilmesinde bir takım aksilikler yaşadık. Bunlar kimi zaman tecrübe eksikliğinden kimi zaman ise imkan eksikliğimizden kaynaklandı. Bunlara örnek vermek gerekirse istediğimiz kalitede parça elde edemedik ve uzun uğraşlar sonucunda aracımız için gerekli elemanları elde edebildik. Ayrıca test için gerekli ortamı her zaman bulamadık ve bu işlerimizin bir miktar sarkmasına neden oldu. Bütün projelerde olduğu gibi bir takım teknik sorunlarla da karşılaştık. Öncelikle en önemli konu sizdirmazlıktı. Bu konuda sorun yaşamamak adına bir çok araştırma yaptık. Mekanik ekibi içerisinde bir dizi sorun tespit edip bunlara çözümler ürettik. Yaptığımız testler sonucunda bu alanda herhangi bir sıkıntı olmadığını gördük ve yarışmada sorun yaşamayacağımızı düşünüyoruz. Buna ek olarak tutucu ve çeviricimizde kullanacağımız motorun suya dayanıklı olması gerekiyordu ve bu seçimi buna göre yaptık. İlk başta servo motora göre tasarlanan bir robot kolumuz vardı. Fakat daha sonra hem geçtiğimiz senelerdeki tecrübelerimizden hem de araştırmalarımızdan servo motorun ekibimize suyun altında sorun yaratacağını düşündük. Bu yüzden tasarımımızı değiştirmek durumunda kaldık. Teknik sıkıntılımız olduğu kadar maddi zorluklar çektiğimiz zamanlar da oldu. Zaman zaman istediğimiz malzemeleri alamadığımız veya istediğimiz şekilde ve kalitede üretiremediğimiz oldu. Ancak tüm temel ve ana zorlukların üstesinden çabalarımızla geldik ve aracı uygun hale getirdik. Aracın üretimi dışında, geçen seneye kıyasla daha kalabalık bir takım olmamızdan kaynaklı başlarda organize olmakta sıkıntılar yaşadıysak da zaman geçikçe Trello kullanımını ile daha düzenli çalışmaya başladık. Aracın üzerinde çalışan kişi sayısının arttıkça bunun bizim için işleri zorlaştıracak olduğunu düşündük ve çalışan kişi sayısının yüksek olmasını kendi lehimize kullanmak amacıyla herkesin yapacağı işi mümkün olduğunca özelleştirmeye çalıştık.

3.Alınan Dersler

Bu sene öncelikle ekibin yeni üyeleri tecrübe üyelerden araç ve yarışma hakkında genel bilgi alarak başladı. Bu sayede hem adaptasyon sürecini hızlandırdık hem de araçla ilgili çalışmalara başlamadan önce genel bir altyapı oluşturuldu. Ekip olarak bir su altı aracının nasıl tasarlanacağı, genel özelliklerinin ne olması gerekiği ve su altındaki bir teste nasıl hazırlanacağı hakkında bilgi sahibi olundu. Su altında hareket edecek bir robotta kullanılacak parçaların yoğunluğunun suyun yoğunluğundan çok yüksek olmaması gerektiğini ve eğer yoğunluğu yüksek bir madde kullanacaksak bunu dengeleyebilecek düşük yoğunluklu başka malzemeler yahut yüzdürücü kullanmamız gerekişinin farkına vardık. Mekanik olarak SOLIDWORKS gibi 3B çizim programlarında kendi parçalarımız çizebilecek düzeye geldik. Parçaları çizerken istediğimiz özellikleri karşılaması dışında teknik ve ekonomik olarak üretilebilir olmasının da önemli bir etken olduğunu öğrendik. Elektrik - elektronik konularında elektrik devresi çizebilme ve çalışabilir halde üretelim, elektrik motorlu bir devrede sürücüler kullanarak motorun torkunu ve saniyedeki dönüş hızını ayarlayabilmeyi öğrendik. Bunun dışında hem yazılımsal hem de elektronik olarak aracın tüm motor ve elektronik bileşenlerini kullanabilecek şekilde bilgisayar programını düzenleyebilme konusunda bilgi sahibi olundu.

4.Gelecekteki Gelişmeler

Her sene yaptığımız şeylerden yeni şeyler öğrenip kendimizi geliştirmeyi hedefleyen bir kulübüz. Bu sene özellikle malzeme seçimlerinde ve tasarım aşamalarında kendimize önemli şeyler kattığımızı düşünüyoruz. Bu alanda daha özel bir tasarım ile İTÜ Kutup Araştırmaları Uygulama ve Araştırma Merkezi Ekibiyle (İTÜ Pol-Rec) kutuplarda yapılan araştırmalarda kullanılmak üzere bir araç üretmeyi hedefliyoruz. Bir yan dan, geçen sene de hedeflerimiz arasında olan otonom araç üzerinde çalışmalarımıza devam etmekteyiz.

5.Takımdan Tepkiler

“ITU ROV Takımında çalışmak üniversite hayatımın en güzel deneyimi oldu. Takımda çeşitli görevlere katılım göstererek ilerideki iş hayatında ihtiyacım olacak CAD çizimi, malzeme planlaması, teknik parça bilgisi ve nasıl çalışıklarıyla ilgili deneyimin yanında ayrıca elektronik ve yazılım alanlarında da bilgi ve deneyim sahibi oldum. ITU ROV Takımına katılarak hayatımın en uzun soluklu takım çalışmasını yapmış oldum ve sorumluluk alarak nasıl bir takımın parçası olmam gerektiğini öğrendim. Bütün bunların yanında birlikte güzel vakit geçirdiğim arkadaşlar edindim.”

İsmetcan SARAÇ

“ROV üzerinde çalışmak, bizim açısından üniversite hayatımız boyunca karşılaşabileceğimiz en iyi imkânlardan biriydi. Şimdiye kadar teorik olarak öğrendiğimiz bilgilerin uygulamalarını görme imkânı bulduk. Çalışmamız boyunca yaşadığımız birçok zorluklara rağmen her açıdan eğlenceli ve verimliydi. Ekipteki herkes ilgilendiği ve uğraşmaktan zevk aldığı alanlarda çalıştı. Aynı zamanda daha önce den bilgi sahibi olmadığı alanlarda da çalışma imkânımız oldu ve bu alanlarda da tecrübe sahibi olduk. Bir ekip olarak çalışırken sadece teknik değil proje yönetimi, problem çözme ve zaman yönetimi gibi farklı alanlarda da kendimizi geliştirdik. Ekibimizin bir bölümünü geçen sene ROV üzerine çalışmıştı ama büyük bir bölümümüz bu sene ilk defa böyle bir projede yer alma imkânı buldu. İç iletişimimiz iyi olan bir ekip olduğumuz için aramızdaki tecrübe aktarımı problemini rahatlıkla aştık.”

Halil İbrahim BENGÜ

6. Destekçilerimiz

İTÜ



ROBOTICS
/ / / / /



TIR
ARGE

aselsan

bimed BlueRobotics



NARVAL
research&development



LANDERS DISPLAY

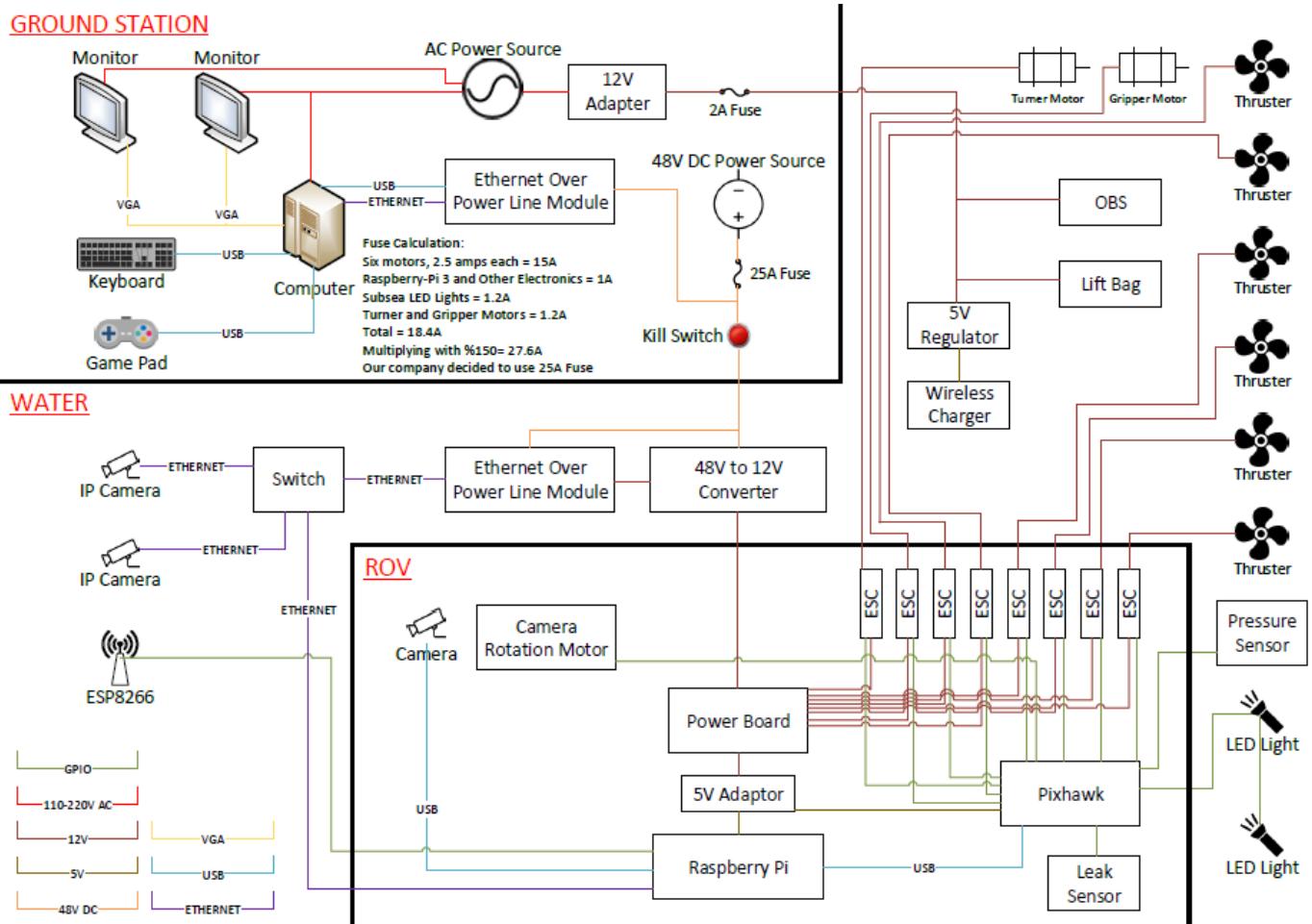
GÜRAY
ALÜMİNYUM
Paz. ve San. Tic. Ltd. Şti.

**WEST
SYSTEM**®

Tekno CNC

X. Ekler

Ek 1. SID



Ek 2. Güvenlik Kontrol Listesi

Çalıştırma Öncesi

- Çevreyi kontrol altına alma
- Güç kaynağını kapalı konumda tutma
- Güç kablosunu AfROV'a bağlama
- Anderson konnektörleri güç kaynağına bağlama
- Alüminyum tüp ve AfROV'un kalanının kontrolü

Çalıştırırken

- Kontrol merkezinin çalıştırılması
- Pilot tarafında AfROV'a güç verilmesi
- Kontrol merkezinden elektronik sistem kontrolü
- AfROV'un suya bırakılması
- Tekrardan kontrol merkezinden tüm aracın kontrolü(Kamera, elektronik aksam...)
- Sızıntı olup olmadığını kontrol etme(Sızıntı:Var/Yok)
- AfROV'un yülerlilik ve stabilité kontrolü
- AfROV'un hazır olup olmadığını bildirme
- Pilotun AfROV'a güç verip motorları çalıştırması
- Sorun yoksa çalışmaya devam etme

Baloncu Gözlemlenirse

- Çalışır durumda baloncu tespit edilirse AfROV'u karaya çıkarma
- Yardımcı pilotun AfROV'a giden gücün kesmesi
- AfROV'un kontrolüne bağlanma ve sorunu tespit etme
- Sorun çözüldüğünde çalışmaya devam

Çalıştırma

- Pilot AfROV'un çalışmasını istemesi ve süreyi başlatması
- Havuz kenarı ekipinin aracı suya bırakması
- Görev tamamlandırsa aracı karaya çıkarma
- Su alma veya iletişim sızılıkle karşılaşılırsa(Baloncu gözlemlenirse kısmı)

İletişimsizlik

- Yardımcı pilotun aracı kontrole ve sorunu aramaya başlaması
- Pilotun kontrol merkezini yeniden başlatması
- AfROV tekrar çalıştırılamazsa gücün kesip karaya çıkartma

AfROV'un Karaya Çıkartılması

- Pilot veya yardımcı pilot AfROV'un karaya çıkartılmasını belirtmesi
- Bir görevli AfROV'u sudan karaya çıkarması
- Kenar görevlilerinin AfROV'un alındığını bildirmesi

Ek 3. Gantt Chart

Task Name	Q3				Q4				Q1				Q2		
	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz			
1 New Recruit Training															
2 Mechanic Design															
3 Manufacturing & Assembly															
4 Prototype Evolution															
5 Props – Manufacturing															
6 Research															
7 Software Development															
8 Electronics Assembly															
9 Tests & Troubleshooting															
10 Pilot Training															
11 Regional Competition															
12 International Competition															

Ek 4. Bütçe Planlaması

Bütçe Planı				
Araç içi malzemeler				
Thruster	₺350.00	8	₺2,800.00	
Frame/Şase	₺450.00	1	₺450.00	
Epoxy	₺200.00	1	₺200.00	
Penetratör	₺60.00	10	₺600.00	
Housing	₺300.00	1	₺300.00	
Pixhawk RÖV Package	₺3,760.00	1	₺3,760.00	
Güç kablosu ve tether	₺300.00	1	₺300.00	
Harici malzemeler				
Groundstation Frame			₺5,000.00	
Power Supply			500	
Elektronik			1000	
Monitor			200	
Control			200	
Toplam			₺15,310.00	
Ulaşım				
Parçalar				
Araç/Parçalar	₺500.00	1	₺500.00	
Üyeler				
Ulaşım	₺500.00	10	₺5,000.00	
Toplam			₺5,500.00	
TOPLAM				₺20,810.00

Ek 5. Maliyet

ITU ROV TAKIMI 2018						
Mekanik Harcamaları	Durum	Harcama	Kaynak	Miktar (TL)	Adet	Toplam
	Tekrar Kullanıldı	T Motor	Blue Robotics	-	6	-
	Satin Alındı	Kaplin		40	1	40
	Satin Alındı	Segman		16	10	160
	Satin Alındı	Hırdavat		123	1	123
	Satin Alındı	Eloksal		45	1	45
	Satin Alındı	Liftbag		370	1	370
	Bağış	Konnektör	Seacon	-	1	-
	Satin Alındı	Aliminyum Parça Üretime		1300	1	1300
	Satin Alındı	Mikro Servo Motor		58	1	58
	Satin Alındı	Gripper Motor		450	1	450
	Satin Alındı	Konnektör	Anderson	77.78	2	77.78
Mekanik Harcamaları Toplam						2623.78
Elektronik Harcamaları	Durum	Harcama	Kaynak	Miktar (TL)	Adet	Toplam
	Satin Alındı	ESC	Rovertech	89.54	7	626.83
	Satin Alındı	Gimbal Motor		193.19	1	193.19
	Satin Alındı	Güç Kaynağı		650	1	650
	Satin Alındı	Arduino		95.48	1	95.48
	Satin Alındı	Groundstation		3,000	1	3,000
	Satin Alındı	Controller		218.9	1	218.9
	Satin Alındı	Selenoid		60.36	1	60.36
	Satin Alındı	Vga Kablosu		17	1	17
	Satin Alındı	IMU Modülü		41.91	1	41.91
	Satin Alındı	ESP Wifi Modülü		30	1	30
	Tekrar Kullanıldı	Autopilot Hardware	Pixhawk	-	1	-
	Satin Alındı	Wireless Şarj		150	1	150
	Satin Alındı	Wifi Dongle		65	1	65
	Satin Alındı	Regülatör		5	2	10
	Satin Alındı	Pil		125	1	125
Elektronik Harcamaları Toplam						5283.67
Yazılım Harcamaları	Satin Alındı	Wifi Nano Usb Adaptör		64	1	64
	Satin Alındı	TCP ve C# Eğitimi		30	2	60
	Yazılım Harcamaları Toplam					124
Diğer Harcamalar	Durum	Harcama	Kaynak	Miktar (TL)	Adet	Toplam
	Satin Alındı	Prop		500		500
	Satin Alındı	Kiyafet		20	20	400
	Satin Alındı	Seyehat Harcamaları		450		450
	Diğer Harcamalar Toplam					2100
Toplam Harcama						10131.45