

# SU ALTI ARAÇLARINDA YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR

EDİTÖRLER

PROF. DR. SÜLEYMAN NEŞELİ  
DR. ÖĞR. ÜYESİ HAKAN TERZİOĞLU

**EĞİTİM**  
yayınevi

## SU ALTI ARAÇLARINDA YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR

Editörler: Prof. Dr. Süleyman Neşeli, Dr. Öğr. Üyesi Hakan Terzioğlu

**Genel Yayın Yönetmeni:** Yusuf Ziya Aydoğan (yza@egitimyayinevi.com)

**Genel Yayın Koordinatörü:** Yusuf Yavuz (yusufyavuz@egitimyayinevi.com)

**Sayfa Tasarımı:** Kübra Konca Nam

**Kapak Tasarımı:** Eğitim Yayınevi Grafik Birimi

T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı

**Yayıncı Sertifika No:** 76780

**E-ISBN:** 978-625-385-010-4

1. Baskı, Aralık 2024

### Kütüphane Kimlik Kartı

## SU ALTI ARAÇLARINDA YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR

Editörler: Prof. Dr. Süleyman Neşeli, Dr. Öğr. Üyesi Hakan Terzioğlu

141 s., 160x240 mm

Kaynakça var, dizin yok.

E-ISBN: 978-625-385-010-4

Copyright © Bu kitabın Türkiye'deki her türlü yayın hakkı Eğitim Yayınevi'ne aittir. Bütün hakları saklıdır. Kitabın tamamı veya bir kısmı 5846 sayılı yasanın hükümlerine göre kitabı yayımlayan firmanın ve yazarlarının önceden izni olmadan elektronik/meکانیک yolla, fotokopi yoluyla ya da herhangi bir kayıt sistemi ile çoğaltılamaz, yayımlanamaz.

**EĞİTİM**

yayınevi

**Yayınevi Türkiye Ofis:** İstanbul: Eğitim Yayınevi Tic. Ltd. Şti., Atakent mah. Yasemen sok. No: 4/B, Ümraniye, İstanbul, Türkiye

**Konya:** Eğitim Yayınevi Tic. Ltd. Şti., Fevzi Çakmak Mah. 10721 Sok. B Blok, No: 16/B, Safakent, Karatay, Konya, Türkiye  
+90 332 351 92 85, +90 533 151 50 42, 0 332 502 50 42  
bilgi@egitimyayinevi.com

**Yayınevi Amerika Ofis:** New York: Egitim Publishing Group, Inc. P.O. Box 768/Armonk, New York, 10504-0768, United States of America  
americaoffice@egitimyayinevi.com

**Lojistik ve Sevkiyat Merkezi:** Kitapmatik Lojistik ve Sevkiyat Merkezi, Fevzi Çakmak Mah. 10721 Sok. B Blok, No: 16/B, Safakent, Karatay, Konya, Türkiye  
sevkiyat@egitimyayinevi.com

**Kitabevi Şubesi:** Eğitim Kitabevi, Şükran mah. Rampalı 121, Meram, Konya, Türkiye  
+90 332 499 90 00  
bilgi@egitimkitabevi.com

**İnternet Satış:** www.kitapmatik.com.tr  
+90 537 512 43 00  
bilgi@kitapmatik.com.tr

 **kitapmatik**  
İnternetteki kitaplarınız

---

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ ..... ii

**BÖLÜM 1: İNSANSIZ ARAÇLARDAKİ ELEKTRİK  
MOTORLARININ KONTROLÜNDE KULLANILAN  
ELEKTRONİK HIZ KONTROL CİHAZLARININ  
İNCELENMESİ ..... 1**

*Fatih Alpaslan KAZAN, Fatih Yücel YILMAZ*

**BÖLÜM 2: OTONOM SUALTI ARACI İÇİN ARAYÜZ  
TASARIMI ..... 21**

*Hasan Fırat KESKİN, Hakan TERZİOĞLU*

**BÖLÜM 3: OTONOM SU ALTI ARAÇLARI İÇİN KONTROL  
ALGORİTMASI VE PID ..... 37**

*Ramazan Hasan YILMAZ, Gökhan YALÇIN*

**BÖLÜM 4: İNSANSIZ SUALTI ARAÇLARI İÇİN GÜÇ  
DAĞITIM KARTI ..... 47**

*Hasan Fırat KESKİN, Bayram Ali DURSUN, Hakan TERZİOĞLU*

**BÖLÜM 5: İNSANSIZ SUALTI ARAÇLARININ MEKANİK  
TASARIMINDA DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN TEMEL  
HUSUSLAR ..... 61**

*Mehmet Resul POLAT, Zeynep YAĞDIRAN, Süleyman NEŞELİ*

**BÖLÜM 6: PYTHON'UN SUALTI ARAÇLARININ YÜZEY  
İSTASYONLARI İLE İLETİŞİM KURMASI İÇİN  
KULLANILMASI ..... 75**

*Alime Hülya Öğüt, Fatih Alpaslan KAZAN*

**BÖLÜM 7: SUALTI KAMERALARINDAN ELDE EDİLEN  
GÖRÜNTÜLERİN İŞLENMESİ VE ANALİZ EDİLMESİ İÇİN  
PYTHON KÜTÜPHANELERİ ..... 97**

*Kürşad Buğrahan YAPAR, Abdullah Cem AĞAÇAYAK*

---

## ÖNSÖZ

Su altı araçları, deniz araştırmalarından askeri operasyonlara, petrol-gaz keşiflerinden çevresel izlemelere kadar geniş bir yelpazede kullanılır. Bu araçların geliştirilmesi ve iyileştirilmesi, teknolojik yeniliklerle mümkün kılınmaktadır. İnsan müdahalesi olmadan belirli görevleri yerine getirebilen otonom Su Altı Araçları (AUV), programlanabilir su altı araçlarıdır. Bu araçlar, özellikle uzun süreli deniz araştırmaları ve haritalama çalışmaları için idealdir. Modern AUV'ler, yüksek çözünürlüklü sonar ve görüntüleme sistemleri ile donatılmıştır. Bu sayede deniz tabanının detaylı haritalarını çıkarabilirler. Uzun süreli görevler için enerji verimliliği önemlidir. Yeni batarya teknolojileri ve enerji yönetim sistemleri AUV'lerin daha uzun süre çalışmasını sağlar. AUV'ler, yapay zeka algoritmaları sayesinde çevresel koşullara adapte olabilir ve görevlerini daha etkin bir şekilde yerine getirebilir.

Su altı araçlarının dayanıklılığı ve performansı, kullanılan malzeme ve tasarım teknolojileriyle doğrudan ilişkilidir. Hafif ve dayanıklı kompozit malzemelerin kullanımı, araçların daha derin ve zor şartlarda çalışabilmesini sağlar. Düşük enerji tüketimi ve yüksek hızlar için aerodinamik tasarım teknikleri, su altı araçlarının performansını artırır. Özel kaplamalar ve alaşımlar, su altı araçlarının tuzlu suyun neden olduğu korozyondan korunmasını sağlar.

Bu kitapta bir araya gelen akademisyen, lisans ve yüksek lisans öğrencileri bir araya gelerek yaptıkları değerli mühendislik çalışmalarını sunmuştur. Çalışma su altı araçlarında yenilikçi yaklaşımların yanı sıra, güncel araştırma ve uygulama örneklerini de içermektedir. Böylece gelecekte yapılacak çalışmalara yön çizmeye çalışmaktadır.

Kitabın hazırlanmasında emeği geçen, fikir ve projelerini bizimle paylaşan tüm yazarlarımıza teşekkür ederiz. Bu eserin, bu alanda çalışan akademisyenlere, öğrencilere ve sektörel profesyonellere faydalı olmasını diliyoruz.

Editörler

*Prof. Dr. Süleyman Neęeli*  
*Dr. Öğr. Üyesi Hakan TERZİOğLU*

---

## **BÖLÜM-1**

# **İNSANSIZ ARAÇLARDAKİ ELEKTRİK MOTORLARININ KONTROLÜNDE KULLANILAN ELEKTRONİK HIZ KONTROL CİHAZLARININ İNCELENMESİ**

*Fatih Alpaslan KAZAN<sup>1</sup>*

*Fatih Yücel YILMAZ<sup>2</sup>*

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-5461-0117>

<sup>2</sup><https://orcid.org/0009-0001-3704-0386>

# İNSANSIZ ARAÇLARDAKİ ELEKTRİK MOTORLARININ KONTROLÜNDE KULLANILAN ELEKTRONİK HIZ KONTROL CİHAZLARININ İNCELENMESİ

## 1. Giriş

İnsansız hava ve sualtı araçlarındaki elektrikli tahrik sistemleri hem güvenilirlik, dayanıklılık ve yüksek güç yoğunluğu gerektirirler hem de ağırlığı, karmaşıklığı ve operasyonel maliyetleri yönetmelidirler [1]. Bunu yapabilmeleri için de hız, tork ve yönlerinin çok iyi kontrol edilmeleri gerekir.

Elektronik hız kontrol (Electronic Speed Control, ESC) cihazları; mekanik enerji, itki ya da kaldırma kuvveti üretilmesinde ihtiyaç duyulan elektrik motorlarının hızını, torkunu ve yönünü kontrol etmek için kullanılan önemli bir bileşendir. Mikrodenetleyicilerin kendilerine gönderdikleri komutlara bağlı olarak motorların torkunu, hızını ve yönünü ayarlarlar. Örneğin uygun tork üreterek ihtiyaç duyulan mekanik enerjiyi veya daha yüksek hız üreterek daha çok kaldırma kuvveti ya da itki üretebilirler. Dolayısıyla bağlı oldukları sistemin istenildiği şekilde çalışmasını sağlarlar.

Bilindiği gibi fırçasız doğru akım (Brushless Direct Current, BLDC) motorları, yüksek verimlilikleri ve dayanıklılıkları nedeniyle insansız sualtı ve hava araçlarında çok yoğun olarak tercih edilen motorlardır. Çünkü klasik doğru akım motorlarında rotorda sürtünmeye bağlı ark meydana gelir ve motor yüksek akım nedeniyle hasar görür. Bu da uzun bir hizmet ömrünü garanti edemez [2]. Dolayısıyla uzun ömürlü olarak tasarlanacak bir insansız sualtı veya hava araçlarında kullanımları çok uygun değildir. BLDC motorlar zirai ilaçlama dronları [3], üfleyiciler, vakum pompaları ve santrifüjlü kompresörler, gibi birçok endüstriyel uygulamada da yüksek güç yoğunluğu, küçük boyutu ve düşük ağırlığı nedeniyle ilgi odağı haline gelmiştir [4-14].

BLDC motorlar sualtı ve hava araçları gibi değişken hız uygulamalarında tak-çalıştır mantığıyla çalışmayıp bir ESC tarafından sürülmeye ihtiyaç duyarlar. Hız kontrolünde kullanılan ESC'ler motor hızlarını kontrol etmenin yanı sıra aracın stabilitesini,

yönünü, enerji verimliliğini ve genel performansını da doğrudan etkiler [15]. Örneğin sualtı araçlarında yön değişikliği ve dönüşler, pervanelerin hız farkı sayesinde gerçekleştirilir. Aynı şekilde bir dron sola dönmek için sağdaki motorları hızlandırırken soldakileri yavaşlatır [16]. Bu durum, ESC'leri sualtı ve hava araçlarının güvenliği ve etkinliği için vazgeçilmez kılar. Öyle ki bu araçların daha stabil, verimli ve istenildiği gibi çalışabilmelerini sağlamak için bu araçların ve test edildiklerin yerlerin tasarımına dair çalışmalar yapılmıştır [17-19].

Bu çalışmada genellikle elektrikli otomobiller, dronlar, sualtı araçları, robotlar ve uzaktan kumandalı (Remote Control, RC) araçlar gibi sistemlerde kullanılan ESC'lerin çalışma prensibi, türleri, kullanım alanları, haberleşme türleri ve bu alandaki teknolojik gelişmeler ele alınmıştır.

## 2. ESC'nin Tarihsel Gelişimi

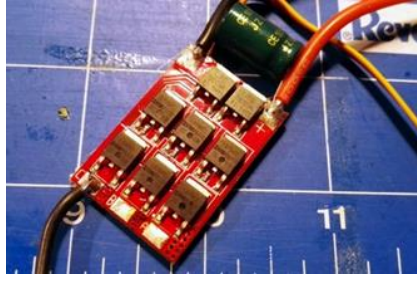
1980'lerin sonlarında RC araçlar, elektrikli uçaklar ve robotlar gibi hobi ve eğlence amaçlı kullanılan model araçlarda daha hassas hız kontrolü ihtiyacı artmıştır. Bu dönemde ESC'ler mikroişlemciler ve özel yazılımlar kullanılarak BLDC motorları çalıştırmak üzere tasarlanmaya ve motor hızlarının elektronik olarak ayarlanmasını sağlamaya başlamıştır. Bu teknolojinin tarihsel gelişimi, aşağıdaki aşamalarla özetlenebilir.

### 2.1. Erken dönem (Mekanik hız kontrolü)

Asenkron motor gibi şebeke gerilimiyle doğrudan çalışan elektrikli motorların ilk kullanım dönemlerinde motor hızları genellikle sabitti. Bu nedenle değişken hız uygulamalarında kullanılmaları pek mümkün olmuyordu [20]. Doğru akım (Direct Current, DC) motorlarında ise reosta veya potansiyometre gibi mekanik düzenekler kullanılarak manuel müdahalelerle hız kontrol edilmeye çalışılmaktaydı. Ancak, sargılardan geçecek akımın sınırlanması prensibine göre çalışan ve dolayısıyla direnç ihtiva eden bu gibi sistemlerde meydana gelen kayıplar, sistem verimini düşürmekteydi. Bu da motorların hassas ve otomatik bir şekilde kontrol edilerek sistem veriminin artırılması gerekliliğini ortaya çıkardı [21].

## 2.2. Transistörlerin kullanılmaya başlanması

1950'li yıllarda transistörlerin icat edilmesi, ilerleyen yıllarda elektronik devrelerin daha küçük, güvenilir ve verimli hale gelmesini sağladı. Analog sinyalleri işleyebilme yeteneği ile motor hızlarının daha hassas bir şekilde düzenlenmesine olanak tanıyan bu gelişme, motor hızlarının Şekil 1'de görülmekte olan yarı iletken anahtarlar kullanılarak kontrol edilmesini mümkün kılan altyapıyı oluşturdu [22].



Şekil 1. Basit bir ESC'de kullanılan yarı iletken anahtarlar [23].

## 2.3. Frekans kontrollü motor sürücülerinin gelişimi

Bilindiği gibi asenkron motorun devir sayısı stator sargılarının kutup sayısına ve motora uygulanan gerilimin frekansına bağlıdır. Dolayısıyla ilk zamanlarda sadece dahlender sargı olarak isimlendirilen sargı yapıları sayesinde kutup sayısının değiştirilmesi ve buna bağlı olarak motorun farklı hız kademelerinde çalıştırılabilmesi sağlanmaktaydı. Ancak dahlender sargı yapısıyla elde edilen devir sayılarındaki farklılıklar da sınırlı kaldı. Ayrıca daha yüksek bir verim elde etmek için doğru sargı konfigürasyonunun seçilmesi de oldukça önemliydi.

Yarı iletken anahtar teknolojisinde yaşanan gelişmeler, 1970'lerde asenkron motorların daha hassas bir şekilde kontrol edilmesi amacıyla frekans kontrollü motor sürücülerinin geliştirilmesine zemin hazırladı. Adından da anlaşılacağı üzere bu sürücüler, motora uygulanacak gerilimin frekansını değiştirmek suretiyle asenkron motorun hızını kontrol etmektedir. Frekans kontrolü sayesinde yapılan hız kontrolü, asenkron motorun daha hassas ve daha geniş bir



hız aralığında kontrol edilmesini sağladı [24-26]. Bu yenilik, değişken hız uygulamalarında önemli bir yere sahip olan DC motorların tahtının sallanmasına ve asenkron motorların bu tür uygulamalarda daha yaygın kullanılmalarına imkân verdi.

#### **2.4.ESC teknolojisinin günümüzdeki durumu**

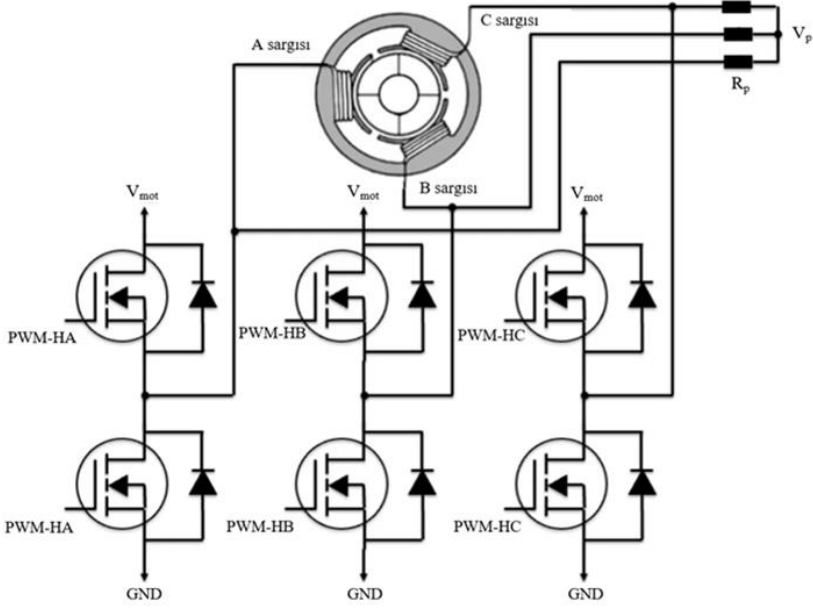
Günümüz ESC'leri çok daha gelişmiş bir teknolojiye sahiptir. Bu cihazlar motor hızını kontrol etmenin yanı sıra motorun yönü ve frenlemesi gibi diğer önemli işlevleri de yerine getirmekte kullanılmaya başlanmıştır.

Modern ESC'ler, küçük boyutları ve düşük enerji tüketimi sayesinde hem endüstriyel hem de eğlence amaçlı uygulamalarda geniş bir kullanım alanına sahiptir. Özellikle fırçasız motorlar için tasarlanmış ESC'ler, yüksek verimlilik, dayanıklılık ve üstün performans sağlamasıyla dikkat çeker. Bu özellikler, ESC'leri dronlar, elektrikli araçlar, robotlar ve diğer hassas kontrol gerektiren sistemler için ideal hale getirmiştir.

### **3. ESC'nin Yapısı ve Çalışma Prensibi**

ESC'nin yapısında genellikle bir mikrodenetleyici, güç transistörleri, kondansatörler, dirençler ve kontrol edilen güce bağlı olarak soğutucular bulunur. Motorun hızını ve yönünü kontrol etmek için gerekli sinyalleri mikrodenetleyici üretir. Güç transistörleri ise mikrodenetleyici tarafından kendisine gönderilen komutlara göre motoru besleyerek gücün uygun bir şekilde motora aktarılmasını ve buna bağlı olarak motor hızının değiştirilmesini sağlar.

Hassas ve güvenilir bir kontrol sunan ESC'nin transistörler yardımıyla bir motoru nasıl kontrol edebildiğini gösteren bir güç devresi Şekil 2'de görülmektedir.



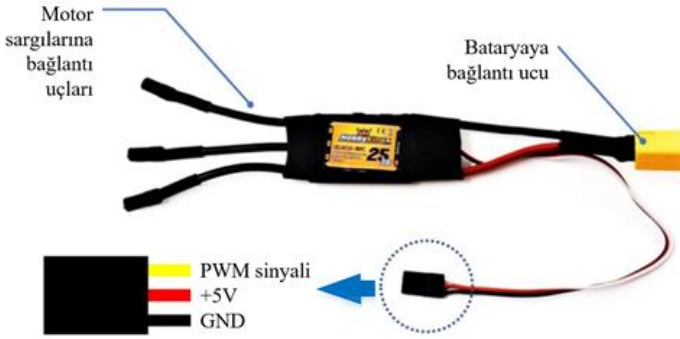
**Şekil 2.** Temel bir ESC’de bulunan transistörlerin motora bağlantıları

ESC'nin motor ve çevre birimleriyle olan bağlantısına ilişkin bir örnek Şekil 3 gösterilmiştir. Şekil 3, uzaktan kontrol edilen bir araçtaki motora kumanda sinyallerinin gelmesi sürecinde hangi elemanların nasıl bir bağlantı yapılarak kullanıldığını da göstermektedir. Bir RC alıcı aracılığıyla kumandadan gelen komutlar ESC'ye iletilir. Bu komutlar, darbe genişlik modülasyonu (Pulse Width Modulation, PWM) sinyalleri şeklinde gönderilir. Gönderilen bu sinyallere göre anahtarları iletme ya da kesime geçiren ESC, batarya gücünün uygun bir şekilde motora aktarılmasını ve buna bağlı olarak motor hızının hassas bir şekilde kontrol edilmesini sağlar.



**Şekil 3.** ESC'nin motor ve çevre birimleriyle olan bağlantısı [27]

ESC'nin bağlantıları yapılırken pin bağlantılarının doğru yapılması gerekir. Buna ilişkin örnek bir görsel Şekil 4'de verilmiştir. Şekil 4 incelendiğinde ESC'nin motor, batarya ve kontrol birimine bağlantıları için 3 farklı türde bağlantısı bulunduğu görülmektedir. Motor sargılarının ESC'ye bağlantı sıralaması, motorun saat yönünde mi yoksa saat yönünün tersine mi döneceğini belirleyeceğinden, motor dönüş yönünün önemli olduğu uygulamalarda bu bağlantıların daha dikkatli yapılması gerekir.



Şekil 4. ESC için gerekli bağlantı pinleri [28]

Bilindiği gibi sualtı ve hava araçlarında kullanılan BLDC motorların güç kaynağı, bir hücresi tipik olarak 3,7 V gerilime sahip olan lityum polimer (LiPo) pillerdir. Fırçasız motorların çalışma geriliminin 10 - 14 V arasında olması nedeniyle uygun çalışma gerilimini elde etmek için birkaç LiPo pil hücresi seri bağlanarak istenen gerilim elde edilir. Seri bağlı olan hücrelerin sayısı, batarya üzerinde S sembolü kullanılarak belirtilir [29].

#### 4. ESC Türleri

ESC'lerin kullanım alanlarına, çalışma moduna ve kontrol sinyaline göre çeşitli türleri bulunmakta olup bunlar aşağıda detaylandırılmıştır.

##### 4.1. Kullanım alanına göre ESC'ler

###### 4.1.1. Uçuş kontrol ESC'leri

Dronlar, multikopterler ve RC uçaklarda kullanılan uçuş kontrol ESC'lerinin özellikleri şunlardır:

- Çok hızlı tepki verirler.
- Düşük gecikme süreleriyle motor hızını hassas bir şekilde kontrol ederler.
- Genellikle DShot, PWM veya Oneshot sinyalleri ile çalışırlar.
- BLHeli, SimonK gibi özel yazılımlar kullanılarak optimize edilebilirler.

#### **4.1.2. Sualtı araçları için ESC'ler**

Sualtı araçları (ROV'ler, AUV'ler) ve elektrikli teknelerde kullanılırlar. Özellikleri şunlardır:

- Su geçirmez bir yapıya sahiptirler.
- Su altında uzun süreli çalışma için ekstra ısı yönetimi sağlarlar.
- Genellikle düşük hızda yüksek tork sağlar.

#### **4.1.3. Kara araçları için ESC'ler**

Elektrikli arabalar, RC arabalar ve robotik araçlarda kullanılırlar. Özellikleri şunlardır:

- Hassas hız ve tork kontrolü sağlarlar.
- Aracın ters yönde de gitmesini sağlayan geri vites özelliği sunarlar.
- Genellikle standart olarak aşırı yük koruması ve ısı yönetimine sahiptirler.

#### **4.1.4. Endüstriyel ESC'ler**

Endüstriyel motorlarda ve otomasyon sistemlerinde kullanılmak üzere tasarlanan bu ESC'lerin özellikleri şunlardır:

- kW mertebelerine kadar uzanan yüksek güç kapasitelerine sahiptirler.
- Uzun süreli güvenilirlik için tasarlanmışlardır.
- PLC (Programlanabilir Lojik Kontrolör) gibi kontrol sistemleriyle entegre çalışırlar.

### **4.2. Çalışma moduna göre ESC türleri**

#### **4.2.1. Fırçalı motorlar için ESC'ler (Brushed ESC)**

Fırçalı (klasik) DC motorların kontrolünde kullanılmak üzere tasarlanan ESC'lerin özellikleri şu şekilde sıralanabilir:

- Daha basit olup uygun maliyetlidirler.
- Çok karmaşık olmayan bir elektronik tasarıma sahiptirler.
- Genellikle düşük performanslı ve daha eski sistemlerde kullanılırlar.

#### **4.2.2. Fırçasız motorlar için ESC'ler (Brushless ESC)**

BLDC motorların hız kontrolünde kullanılan bu ESC'lerin özellikleri şunlardır:

- Daha verimli ve uzun ömürlüdürler.
- PWM ile motor hızını hassas bir şekilde kontrol ederler.
- Hız sensörlü ve hız sensörsüz olmak üzere iki alt türü vardır.
- Hız sensörlü olanlar rotor pozisyonunu algılayarak düşük hızda daha iyi kontrol sağlarlar [30]. Ancak maliyetleri yüksektir [31].
- Hız sensörsüz olanlar ise daha basit bir tasarıma sahip olup genellikle yüksek hızda kullanılırlar. Ancak daha kompleks ve pahalıdır [32].

### **4.3. Kontrol Sinyaline Göre ESC Türleri**

ESC'leri, bünyelerindeki yarı iletken anahtarları kontrol eden sinyallerin türlerine göre 3'e ayırmak mümkündür.

#### **4.3.1. PWM kontrollü ESC'ler**

PWM kontrollü ESC'ler, elektrik motorlarının hızını kontrol etmek için en yaygın kullanılan yöntemlerden biridir. PWM, motor hızını ayarlamak için sinyalin darbe genişliğini değiştiren bir analog kontrol protokolüdür. Uçuş kontrolcüsünden ESC'ye gönderilen sinyaller tipik olarak 1000  $\mu$ s ile 2000  $\mu$ s arasında değişir. Gönderilen bu sinyalin süresi motorun hızını belirler. Örneğin daha uzun sinyaller daha yüksek hız anlamına gelmektedir.

Bu ESC'ler basitliği, düşük maliyeti ve yaygın desteği sayesinde hem hava hem de sualtı araçlarında sıkça kullanılır. Ancak, analog sinyal olması nedeniyle parazitlere karşı daha hassastır ve dijital protokollerle kıyaslandığında daha düşük bir veri iletim hızına sahiptirler. Bu durum, yüksek hassasiyet ve hızlı yanıt gereken

uygulamalarda dezavantaja neden olabilir. Ama yine de PWM'nin geniş uyumluluğu ve güvenilirliği, özellikle başlangıç seviyesi ve genel amaçlı uygulamalarda onu popüler bir seçim yapmaktadır.

#### **4.3.2. DShot kontrollü ESC'ler**

DShot kontrollü ESC'ler, dijital bir protokol kullanarak motor hızlarını kontrol eden modern bir ESC türüdür. DShot, geleneksel analog PWM sinyallerine kıyasla daha hassas, güvenilir ve hızlı bir iletişim sağlar. Bu protokol, sinyalin doğruluğunu artırmak için hata tespit özelliğini içermekte olup sinyal kalibrasyonu gerektirmez. Bu da kurulumu kolaylaştırır. DShot farklı hızlarda (DShot150, DShot300, DShot600 ve DShot1200) çalışabilir, bu hızlar saniyede gönderilen sinyal sayısını ifade eder. Daha yüksek hızlar, daha düşük gecikme ve daha hassas motor kontrolü sunar. Özellikle yarış dronları, FPV (First Person View) uçuşlar ve diğer yüksek performans gerektiren uygulamalarda tercih edilen DShot, motorun daha kararlı çalışmasını sağlar. Uçuş kontrol sistemine ESC'den geri bildirim alma yeteneği gelişmiş performans ve güvenilirlik için kritik öneme sahiptir.

#### **4.3.3. Oneshot ve multishot ESC'ler**

Oneshot ve Multishot, ESC'ler ile uçuş kontrol kartları arasındaki iletişimde kullanılan sinyal protokolleridir.

Oneshot protokolleri, ESC kontrolünde bir önceki nesil standart olan PWM'ye göre daha hızlı ve daha hassas bir iletişim sunar. Oneshot, sinyali ESC'ye iletirken her PWM döngüsünü yeniden senkronize eder ve sinyalin süresini 125-250  $\mu$ s arasında kısaltır. Bu, ESC'nin uçuş kontrolcüsünden gelen komutlara daha hızlı yanıt vermesine olanak tanır. Oneshot protokolü, Oneshot125 ve Oneshot42 gibi varyantlara sahiptir. Bunlar sinyal süresi açısından farklılık gösterir ve belirli uygulamalar için optimize edilmiştir. Oneshot, hız ve tepki süresi açısından Multishot'tan daha yavaş olsa da PWM'ye göre önemli bir gelişme sağlar ve orta düzey performans gerektiren uygulamalar için idealdir [33].

Multishot, ESC kontrolünde hız ve hassasiyet açısından önemli bir yenilik olarak kabul edilen bir dijital protokoldür. Bu protokol, sinyalin süresini 5-25  $\mu$ s arası gibi oldukça kısaltarak ESC'nin motor hızına çok daha hızlı tepki vermesini sağlar. Multishot, yüksek

performanslı dron uygulamalarında tercih edilir. Çünkü uçuş kontrolcüsü ile ESC arasındaki iletişimde gecikmeleri minimuma indirerek motorların anlık hız değişimlerine hızlı yanıt vermesini sağlar. Bu sayede daha stabil ve hassas bir uçuş deneyimi sunar. Ancak, Multishot protokolü yalnızca yüksek işlem hızına sahip modern ESC'ler ve uçuş kontrolcülerinde çalışır. Bu nedenle uyumluluk sınırlamaları olabilmektedir [33].

#### **4.4. İtki ESC ile dron ESC arasındaki farklar**

İki ESC türü arasındaki ana farklar, güç gereksinimleri ve kullanım alanlarından kaynaklanır. İtki ESC'ler, büyük ve güçlü motorlar için tasarlanmışken, dron ESC'leri daha küçük ve düşük güç tüketimine sahip motorlar için uygundur. İtki ESC'ler yüksek güç kapasitesine sahipken, dron ESC'leri daha hassas uçuş stabilitesi sağlamak için tasarlanmıştır. Ayrıca, itki ESC'ler daha gelişmiş soğutma sistemlerine ihtiyaç duyar. Çünkü yüksek güç gereksinimleri nedeniyle ısınma riski vardır. Dron ESC'leri ise genellikle daha hafif ve kompakt olduklarından, ısınma problemleri daha az yaşanır.

### **5. ESC Haberleşme Protokolleri**

ESC'ler, motor hızını düzenleyen komutları almak ve bunları işlemek için çeşitli haberleşme protokollerini kullanır. Bu protokoller, ESC'nin genel verimliliğini, güvenliğini ve performansını doğrudan etkileyebilir. Bu bölümde, ESC'lerde kullanılan başlıca haberleşme protokollerine ve bunların çalışma prensiplerine odaklanılacaktır.

#### **5.1. I<sup>2</sup>C (Inter-Integrated Circuit)**

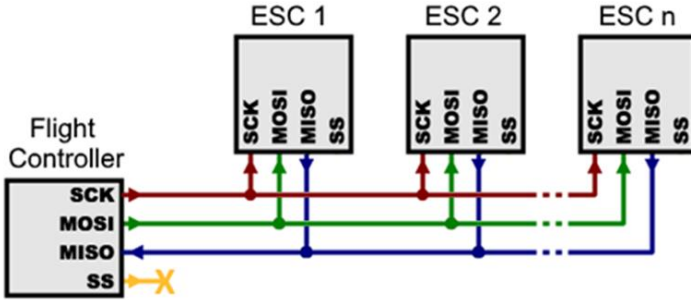
I<sup>2</sup>C, ESC ve diğer bileşenler arasında veri iletimi sağlamak için kullanılan bir haberleşme protokolüdür. Başlangıçta Philips tarafından televizyon tuner entegre devreleri için geliştirilmiştir ancak artık veri dönüştürücüler, EEPROM'lar, termal sensörler ve gerçek zamanlı saatler dahil olmak üzere yüzlerce tüketici elektroniği yongasında kullanılmaktadır [34]. Genellikle mikrodenetleyiciler ile sensörler arasındaki veri transferinde kullanılır ve birçok cihazın aynı veri yolu üzerinde iletişim kurmasına olanak tanır. Çalışma prensibi,

SCL (saat sinyali) ve SDA (veri sinyali) olmak üzere iki ana hat üzerinden veri aktarımına dayanır. Bu protokol, cihazlar arasında düşük voltajlı dijital sinyaller kullanarak veri iletimini gerçekleştirir.

I<sup>2</sup>C protokolünün avantajları arasında, aynı veri yolu üzerinden birden fazla cihazın iletişim kurmasını sağlaması, düşük voltajda çalışarak enerji tasarrufu sunması ve verinin doğruluğu ile bütünlüğünü koruması bulunur. Bununla birlikte, I<sup>2</sup>C'nin bazı dezavantajları da vardır. Veri iletim hızı genellikle sınırlıdır, bu yüzden yüksek hızda veri transferi gerektiren uygulamalar için uygun olmayabilir. Ayrıca, I<sup>2</sup>C kısa mesafelerde etkili bir şekilde çalışırken, uzun mesafelerde veri kaybı yaşanabilir.

## 5.2.SPI (Serial Peripheral Interface)

SPI, cihazlar arasında iletişim kurmak için kullanılan bir senkron seri iletişim protokolüdür. Bu protokol, bir ana cihaz (master) ile bir veya daha fazla yardımcı cihaz (slave) arasında veri alışverişi sağlar (Şekil 5). Mikrodenetleyiciler ve diğer bileşenler arasında hızlı veri iletimi için yaygın olarak kullanılan bir protokoldür [35]. ESC'ler, SPI protokolü sayesinde yüksek hızda veri transferi gerçekleştirir. Bu sayede motor kontrol sistemlerinin doğruluğu artırılır. Bu protokolda veri iletimi için MISO (Master In Slave Out), MOSI (Master Out Slave In), SCLK (Saat Sinyali) ve SS (Slave Seçme) olmak üzere dört hat kullanır.



Şekil 5. SPI haberleşme protokolü ile ESC kontrolü [36]

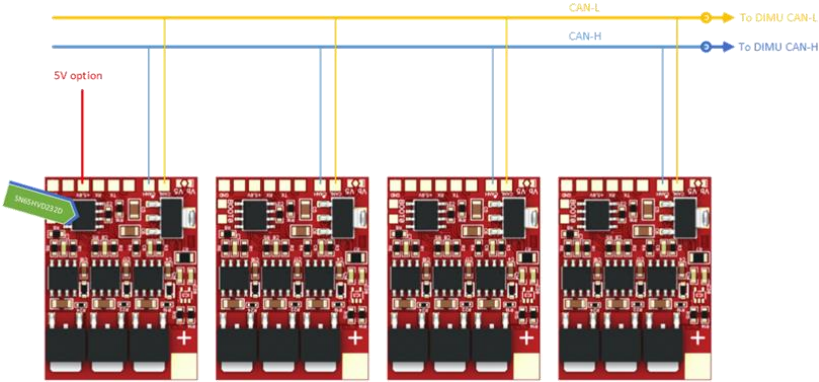
Yüksek hızda veri iletimi sağlaması, veri yolu üzerinde çoklu cihazların eklenebilmesi ve yüksek doğruluk ile düşük gecikme sunması SPI protokolünün avantajları arasında yer alır. Ancak, SPI'nin bazı dezavantajları da mevcuttur. Örneğin kablolama karmaşıktır ve daha fazla bağlantı gerektirir. Bu da sistemin



kurulumu ve yönetimini zorlaştırabilir. Ayrıca, uzun mesafelerde veri iletimi sınırlı olabilir, bu ise geniş alanlarda kullanımını zorlaştırabilir.

### 5.3. CAN (Controller Area Network) bus

CAN bus, mikrodenetleyiciler ve cihazlar arasında yüksek hızlı, güvenilir ve verimli veri iletişimi sağlamak için geliştirilmiş olan bu haberleşme protokolüdür [37]. Bu protokol sayesinde ESC'ler motor hızlarını ve diğer parametreleri kontrol edebilirler. Protokolün merkezi olmayan yapısı sayesinde tüm cihazlar doğrudan birbirine bağlanır ve merkezi bir denetleyiciye ihtiyaç duymadan çalışabilirler. Çarpışma algılama ve çözme mekanizması, aynı anda birden fazla cihazın veri göndermesi durumunda yüksek öncelikli mesajların iletimini sağlar. Ayrıca gelişmiş hata kontrol sistemi, iletişim sırasında hataları tespit ederek veri güvenilirliğini artırır. İletişim, genellikle bir bükümlü çift kablo üzerinden gerçekleştirilir, bu da elektromanyetik parazitlere karşı dirençli bir yapı sunar ve uzun mesafelerde bile güvenli veri aktarımı sağlar. Protokolün güvenilirliği, düşük gecikme süresi ve hata tespit yetenekleri, onu modern teknolojinin karmaşık ihtiyaçlarını karşılamak için ideal bir seçenek haline getirmiştir. CAN bus hattı tek bir veri hattı kullandığından kablolama kısmında da tasarruf sağlar (Şekil 6).



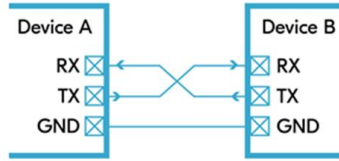
Şekil 6. CAN Bus haberleşme protokolü ile ESC kontrolü [38]

CAN protokolünün avantajları arasında güvenilir veri iletimi sağlama, yüksek hızda veri iletimi yapabilme ve karmaşık ağlarda güvenli ve verimli iletişim sağlama yer alır [39]. Ancak, CAN

protokolünün bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Sistemdeki cihaz sayısının artması, veri iletim hızını olumsuz yönde etkileyebilir. Ayrıca, protokolün kurulumu ve yönetimi daha karmaşık olabilir. Bu da sistemin bakımını zorlaştırır. CAN protokolündeki bir diğer olumsuzluk ise bir cihazın iletişimdeki hatalarının diğer cihazlar üzerinde olumsuz etki oluşturabilmesidir.

#### 5.4. UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)

UART, verilerin bitler halinde bir hat üzerinden seri bir şekilde iletilmesini sağlayan bir protokoldür. Genellikle daha basit uygulamalarda kullanılan bu protokol Şekil 7’de gösterilmiştir. şekilde de görüldüğü gibi UART, TX (veri iletimi) ve RX (veri alımı) olmak üzere iki hattı kullanır. Veri, her bir biti sırayla ve zamanlayıcıya bağlı olarak seri bir şekilde gönderilir. Genellikle düşük hızda veri iletimi gerektiren uygulamalarda kullanılır. ESC’lerde, özellikle daha düşük güçlü sistemlerde yaygındır.



Şekil 7. UART haberleşme protokolü

UART protokolünün avantajları arasında basit ve düşük maliyetli olması, kolay yapılandırılabilir olması ve düşük güç tüketmesi yer alır [40, 41]. Bununla birlikte bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Yüksek hızda veri iletimi için uygun olmayabilir ve sınırlı mesafelerde etkili olabilir. Bu da uzun mesafelerde veri iletiminin güvenilirliğini azaltabilmektedir.

## 6. ESC Teknolojisindeki Gelişmeler ve Yeni Nesil ESC'ler

ESC teknolojisi son yıllarda önemli bir evrim geçirmiştir. Özellikle yazılım tabanlı ESC sistemlerinin geliştirilmesi, motor hızlarının daha hassas ve dinamik bir şekilde kontrol edilmesini mümkün kılmaktadır. Yeni nesil ESC'ler, daha düşük ağırlık, hızlı tepki süreleri ve daha yüksek verimlilik sunarak dron sistemlerinin performansını önemli ölçüde iyileştirmektedir. Bu gelişmelerin başında aşırı akım koruma sistemleri, gelişmiş soğutma teknikleri ve

yüksek verimli sinyal işleme teknolojileri bulunmaktadır. Bu yenilikler, ESC'lerin daha güçlü motorları güvenli bir şekilde çalıştırmasına ve yüksek hızlarda bile stabil performans sergilemesine olanak tanımaktadır. Ayrıca, hata algılama ve otomatik iyileştirme özellikleri, ESC'lerin uçuş sırasında daha güvenilir ve dayanıklı olmasını sağlar.

Günümüz ESC teknolojisi hem performans hem de güvenilirlik açısından önemli iyileştirmeler sunmaktadır. Eski nesil ESC'lerde kullanılan temel PWM kontrol yöntemleri yerini daha hızlı ve hassas protokollere bırakmıştır. Örneğin, DShot protokolü, motor hızını dijital olarak kontrol ederek sinyal hassasiyetini artırırken, gürültüden etkilenme olasılığını en aza indirmiştir. Bu gelişmeler, özellikle dron ve sualtı araçları gibi hassas kontrol gerektiren uygulamalarda büyük avantaj sağlamaktadır. Bu, enerji optimizasyonu ve batarya verimliliği sayesinde uzun menzil uçuşlarının gerçekleştirilmesine de olanak tanımaktadır. Örneğin VTOL (dikey kalkış ve iniş) sistemlerinde uçuş sürelerinin uzamasını ve motorların daha verimli çalışması bu sayede mümkün olmaktadır.

Yeni nesil ESC'ler, sadece motor hızını kontrol etmekle kalmaz, aynı zamanda gelişmiş telemetri yetenekleriyle çalışırlar. Bu ESC'ler, gerçek zamanlı motor sıcaklığı, voltaj, akım ve RPM bilgilerini sağlayarak kullanıcıya ayrıntılı bir izleme ve kontrol olanağı sunar. Bu özellikler, araç stabilitesinin artırılmasında ve olası arızaların önlenmesinde kritik bir rol oynarken aynı zamanda enerji verimliliğini de artırır.

ESC teknolojisindeki ilerlemeler, dron yarışları, robotik sistemler, elektrikli araçlar ve otonom taşıma sistemleri gibi çok çeşitli uygulama alanlarına hitap etmektedir. Yeni nesil ESC'ler, hız kontrolünde daha yüksek doğruluk, düşük gecikme süresi ve enerji tasarrufu sağlarken, kullanıcı dostu yazılım ve donanım özellikleriyle öne çıkmaktadır. Bu teknolojik yenilikler, ESC'leri dron ve sualtı araçları gibi modern elektrikli sistemlerin ayrılmaz bir parçası haline getirmektedir.

## 7. Sonuç

ESC'ler, modern dron ve sualtı araçlarında kullanılan motorların kontrolünde kritik bir rol oynamaktadır. Bu tür araçlarda ESC'lerin motorları hassas bir şekilde yönetmesi, yatay ve dikey hareketlerin

güvenli bir şekilde yapılmasını sağlayarak aracın stabil kalmasına da imkan tanır. ESC teknolojisindeki gelişmeler, motorların hızını artırırken verimlilik ve güvenlik düzeylerini de iyileştirmektedir. Bu da bu tür araçların çok farklı alanlarda daha etkin kullanılmasını sağlamaktadır.

Gelecekte ESC teknolojisindeki yenilikler, daha yüksek hızlar, uzun menzil uçuşları ve daha verimli enerji kullanımı gibi avantajlar sunacaktır. Ayrıca, yazılım tabanlı sistemlerin entegrasyonu sayesinde ESC'ler dinamik koşullara daha hızlı adapte olabilecek, hava, kara ve deniz aracı teknolojilerinin verimliliğini artırmaya devam edecektir.

## 8. Kaynakça

- [1] G. E. Gorospe Jr, C. S. Kulkarni, E. Hogge, A. Hsu, and N. Ownby, "A study of the degradation of electronic speed controllers for brushless dc motors," in *Asia Pacific Conference of the Prognostics and Health Management Society 2017*, 2017, no. ARC-E-DAA-TN42858.
- [2] B.-S. Jun, Y.-S. Kook, J.-S. Park, and C.-Y. Won, "A development of electronic speed control (ESC) for PMSMs driving used in drone," in *2018 IEEE International Power Electronics and Application Conference and Exposition (PEAC)*, 2018: IEEE, pp. 1-4.
- [3] G. Yalçın, H. Terzioğlu, S. Neşeli, and A. C. Ağaçayak, "Tarımsal İlaçlama için Drone Tasarımı," in *I. Ulusal Mühendislikte Bilimsel ve Mesleki Çalışmalar Kongresi (UMUH BILMES 2019)*, Ürgüp, Nevşehir/TÜRKİYE, 27-30 Haziran 2019 2019, pp. 15-20.
- [4] C. Gu, X. Wang, X. Shi, and Z. Deng, "A PLL-based novel commutation correction strategy for a high-speed brushless DC motor sensorless drive system," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 65, no. 5, pp. 3752-3762, 2017.
- [5] R. Krishnan, *Permanent magnet synchronous and brushless DC motor drives*. CRC press, 2017.
- [6] A. Tassarolo, C. Bassi, G. Ferrari, D. Giulivo, R. Macuglia, and R. Menis, "Investigation into the high-frequency limits and performance of load commutated inverters for high-speed synchronous motor drives," *IEEE transactions on industrial electronics*, vol. 60, no. 6, pp. 2147-2157, 2012.
- [7] A. Tenconi, S. Vaschetto, and A. Vighiani, "Electrical machines for high-speed applications: Design considerations and tradeoffs," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 61, no. 6, pp. 3022-3029, 2013.
- [8] D. Gerada, A. Mebarki, N. L. Brown, C. Gerada, A. Cavagnino, and A. Boglietti, "High-speed electrical machines: Technologies, trends, and developments," *IEEE transactions on industrial electronics*, vol. 61, no. 6, pp. 2946-2959, 2013.
- [9] T. Wang, Z. Ma, Z. Chen, F. Zhang, and X. Yin, "The research on mechanical properties of direct drive high-speed permanent-magnet machine for compression," in *2015 18th International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS)*, 2015: IEEE, pp. 940-943.
- [10] C. Zwyssig, J. W. Kolar, and S. D. Round, "Megasppeed drive systems: Pushing beyond 1 million r/min," *IEEE/ASME Transactions on mechatronics*, vol. 14, no. 5, pp. 564-574, 2009.
- [11] D. Krähenbühl, C. Zwyssig, H. Weser, and J. W. Kolar, "A miniature 500 000-r/min electrically driven turbocompressor," *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 46, no. 6, pp. 2459-2466, 2010.

- [12] C. Zwyssig, S. D. Round, and J. W. Kolar, "An ultrahigh-speed, low power electrical drive system," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 55, no. 2, pp. 577-585, 2008.
- [13] K. Wang, M. A. Rahman, and J. Shen, "Control of high-speed sensorless PM brushless DC motors," in *2010 IEEE Industry Applications Society Annual Meeting*, 2010: IEEE, pp. 1-7.
- [14] T. Wang, H. Wang, H. Hu, X. Lu, and S. Zhao, "An adaptive fuzzy PID controller for speed control of brushless direct current motor," *SN Applied Sciences*, vol. 4, no. 3, p. 71, 2022.
- [15] T. Gülgün *et al.*, "Low-Cost Unmanned Underwater Vehicle Design," *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, pp. 363-367, 2020.
- [16] F. A. Kazan and H. Solak, "Improvement of ultrasonic sensor-based obstacle avoidance system in drones," *International Journal of Aeronautics and Astronautics*, vol. 4, no. 1, pp. 9-35, 2023.
- [17] S. Neşeli, H. Terzioğlu, G. Yalçın, and A. C. Ağaçayak, "Düşük Hızlı Hava Araçları İçin Ön Kanatçık Tasarımı ve Akış Analizi.," in *International Science and Academic Congress*, 2018.
- [18] S. Neşeli, H. Terzioğlu, G. Yalçın, and A. C. Ağaçayak, "İnsansız Hava Taşıtları için Rüzgâr Tüneli Tasarımı ve Hava Akış Analizi.," in *International Science and Academic Congress*, 2018, pp. 689-698.
- [19] S. Neşeli, H. Terzioğlu, and G. Yalçın, "Uçak Aerodinamik Kanat Ucu Tasarımının Türbülans Oluşumuna Etkileri," presented at the IVSS 2018 Uluslararası Mesleki Bilimler Sempozyumu Antalya, Türkiye, 26-29 Nisan 2018.
- [20] H. Terzioğlu, F. A. Kazan, and M. Arslan, C. Sungur and C. Günseven, Eds. *Asenkron Ve Senkron Makinalar* 1ed. KONYA: MESLEKI AKADEMI (in TÜRKÇE), 2014, p. 236.
- [21] O. Wasynczuk, P. C. Krause, and S. D. Sudhoff, *Analysis of electric machinery and drive systems*. John Wiley and Sons, 2002.
- [22] A. E. Fitzgerald, C. Kingsley, and S. D. Umans, "Electric machinery," 2003.
- [23] P. Spychalski. "Hands on: Emax SimonK Series 30A ESC." <https://quadmeup.com/hands-on-emax-simonk-series-30a-esc/> (accessed 02.12.2024).
- [24] K. Atılğan, "Frekans kontrollu indüksiyon motor sürücülere ve bir uygulama," Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1998.
- [25] H. Terzioğlu, A. C. Ağaçayak, G. Yalçın, and S. Neşeli, "Asenkron Motorun Çalışma Parametrelerinin SCADA ile İzlenmesinin Tasarımı," *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, pp. 418-427, 2019.
- [26] H. Terzioğlu and A. C. Ağaçayak, "Real-Time Investigation of Temperature Effect on Induction Motor Equivalent Circuit Parameter Change," *Elektronika ir Elektrotehnika*, 2022.
- [27] M. Ü. Tekiş. "ESC Nedir?" <https://muhendisgelisim.com/esc-nedir/> (accessed 02.12.2024).
- [28] E. Shea. "Brushless DC Motor Control with ESC." <https://proteshea.com/brushless-dc-motor-control-with-esc-and-arduino-uno/> (accessed 02.12.2024).
- [29] V. Mach, S. Kovář, J. Valouch, and M. Adámek, "Brushless DC motor control on arduino platform," *Przeglad elektrotechniczny*, 2018.

- [30] M. V. Parinov, A. N. Yurov, and Y. V. Skitskiy, "Control system for noise-resistant electronic speed controller of a brushless electric motor for an unmanned aerial vehicle," *RUSSIAN*, p. 80, 2024.
- [31] J. C. Gamazo-Real, E. Vázquez-Sánchez, and J. Gómez-Gil, "Position and speed control of brushless DC motors using sensorless techniques and application trends," *sensors*, vol. 10, no. 7, pp. 6901-6947, 2010.
- [32] J.-S. Wen, C.-H. Wang, Y.-D. Chang, and C.-C. Teng, "Intelligent control of high-speed sensorless brushless DC motor for intelligent automobiles," in *2008 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, 2008: IEEE, pp. 3394-3398.
- [33] V. A. Iguoba, "An Overview of Energy Consumption for Unmanned Aerial Vehicle Cellular Communications," *Unmanned Aerial Vehicle Cellular Communications*, pp. 313-335, 2022.
- [34] S. Panich, "A mobile robot with a inter-integrated circuit system," in *2008 10th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision*, 2008: IEEE, pp. 2010-2014.
- [35] N. Anand, G. Joseph, S. S. Oommen, and R. Dhanabal, "Design and implementation of a high speed Serial Peripheral Interface," in *2014 International Conference on Advances in Electrical Engineering (ICAEE)*, 2014: IEEE, pp. 1-3.
- [36] Jay. "SpiSHOT – another possible digital ESC protocol." <https://blck.mn/2017/01/spishot-another-possible-digital-esc-protocol/> (accessed 02.12.2024).
- [37] F. Li, L. Wang, and C. Liao, "CAN (Controller Area Network) bus communication system based on Matlab/Simulink," in *2008 4th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing*, 2008: IEEE, pp. 1-4.
- [38] K. Autoquad. "The CAN Bus." <http://autoquad.org/wiki/wiki/aq-esc32/esc32-general-functions/can-bus/> (accessed 02.12.2024).
- [39] H. Chen and J. Tian, "Research on the controller area network," in *2009 International conference on networking and digital society*, 2009, vol. 2: IEEE, pp. 251-254.
- [40] A. Gupta and C. Charan, "Analysis of Universal Asynchronous Receiver-Transmitter (UART)," in *2024 2nd International Conference on Device Intelligence, Computing and Communication Technologies (DICCT)*, 2024: IEEE, pp. 194-198.
- [41] E. Ataner, B. Özdeş, G. Öztürk, T. Y. C. Çelik, H. Terzioğlu, and A. Durdu, "Design of communication and power systems in unmanned underwater vehicles," *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, pp. 262-267, 2020.
- [42] Ağaçayak A. C., Terzioğlu H., Özdeş B., "Bölüm 3: Elektrikli Araçlarda Telemetri", Elektrikli Araçlara Genel Bakış 2 , (2020)., İksad, Editör:H. Terzioğlu, G. Yalçın, Basım Sayısı:1, Ss 132, Isbn:978-625-7687-48-5.
- [43] Mirjafarlı S., Ağaçayak A.C. (2022). Domestic Control Board Design For Underwater Vehicle. Selçuk University International Technology And Innovation Student Symposium.





---

## **BÖLÜM-2**

# **OTONOM SUALTI ARACI İÇİN ARAYÜZ TASARIMI**

*Hasan Fırat KESKİN<sup>1</sup>*

*Hakan TERZİOĞLU<sup>2</sup>*

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-9537-0332>

<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0001-5928-8457>

## OTONOM SUALTI ARACI İÇİN ARAYÜZ TASARIMI

### 1. Giriş

Gelişen teknoloji ile birlikte insansız su altı araçları dünya genelinde yaygınlaşmakta ve ülkemizde de bu alanda çalışmalar artmaktadır. Dalgıçların ulaşamadığı tehlikeli bölgelerde, insansız su altı araçları keşif yaparak veri toplamaktadır. Otonom su altı araçlarının kullanım alanları arasında su altı petrol arama, arama-kurtarma, mayın tespiti ve imhası, su altı kablo döşeme, çevresel araştırmalar ve su altı örnek toplama yer almaktadır.

Bir araca otonomluk kazandırmanın temel zorluğu, uygun bir sistem mimarisinin oluşturulmasıdır. Gerçekten otonom bir su altı aracı, güvenilir bir navigasyon sistemi, otonom kontrol ve donanımsal kontrol sistemlerine sahip olmalıdır. Ancak, su altı araçları için özel olarak tasarlanmış bir otonom kontrol kartının bulunmaması ve buna bağlı olarak yazılım geliştirmesinin az olması nedeniyle, genellikle uçuş kontrol kartları ve bunlara bağlı olarak İHA arayüzü ile konfigüre edilmektedir. Bu eksikliği gidermek amacıyla proje kapsamında, su altı araçlarına özel bir otonom kontrol kartı ve buna bağlı olarak uygun arayüzlerin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

İnsansız Otonom sualtı araçlarının sahip olduğu en büyük problem pratik bir haberleşme modülüne sahip olamamasıdır. Sualtı araçlarının çok sıkı bir sızdırmazlık prosedürüne tabi olması nedeniyle dışarıdan harici bir kablo ile araç aviyoniğine bağlantı veya konnektör benzeri kablolu haberleşme yapılması araç için sızdırmazlığı riske atarak büyük dezavantajlar teşkil etmektedir. Aracın hem suyun altında daha serbest ve uzun menzilli hareket etmesini sağlamak hem de sızdırmazlık prosedürünü riske atmamak adına kablosuz bağlantı protokollerini kullanmak oldukça avantajlı bir sistem mimarisi olacaktır.

Wi-Fi üzerinden dosya aktarımı için Renci'nin SFTP protokolü ile dosya transferi ve shell komutlarının çalıştırılması için SSH protokollerinin kullanılması bizler için modüler ve güvenli bir yazılım sistemi tasarımı sağlamaktadır. Programlama dili noktasında yapılan literatür araştırmasında iç içe döngüler ile yapılan

iterasyonlarda en hızlı dillerden birinin C tabanlı diller olduğu öğrenilmiştir. Arayüz oluşturmak için geniş ve kapsamlı bir kütüphaneye sahip olan .Net çatısı altında geliştirilen C# kısa zamanda arayüz tasarımı için optimal programlama dili olmakla beraber NuGet paket yöneticisi ile kütüphaneleri yüklemek diğer C dillerine göre daha pratiktir. Verilerin gerçek zamanlı okunabilir olması için Shell Terminali kullanılmakta, motorların yer ve yön konfigürasyonu için motor konfigürasyon ekranı bulunmakta ve araç içerisindeki HMC5883L ve MPU9250 sensörleri ile 3 eksenli Gyro, 3 eksenli Accelometer ve 3 eksenli manyetometre sensörünün anlık değerlerini gerçek zamanlı olarak telemetri ekranına çizgi grafikleri üzerinde gösterir. Toplamda 2 dil ve 2 platformda çalışan bu program Raspberry pi aygıtına ilk bağlandıktan sonra karşı tarafa çalıştırması gereken Python kodlarını SFTP ile gönderir ve 2 taraf birbiri ile haberleşir. Raspberry Pi sensör bilgilerini masaüstü istasyonuna aktarırken, masaüstü bilgisayar ise Raspberry pi'ye 8 ESC motor ve 4 servo motorun hangi değerliklerde çalışması gerektiği bilgisini gönderir.

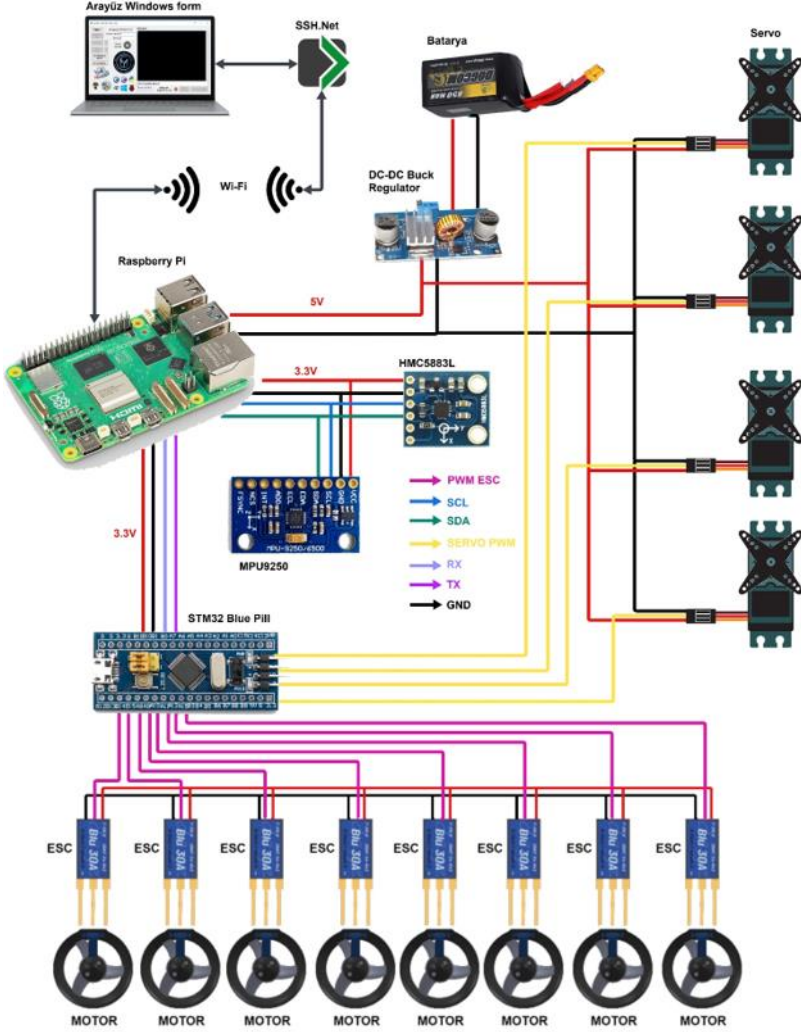
## 2. Çalışma Şeması

Masaüstü uygulaması olan AquaDesk arayüz programı, araç içerisindeki Raspberry Pi ile gerçek zamanlı olarak bağlanmakta ve telemetri verilerini ShellStream üzerinden aktarmaktadır. Raspberry Pi Telemetri verilerini I2C protokolü aracılığıyla MPU9250 ve HMC5883L sensörlerinden aldığı ham veriyi işledikten sonra kullanıcının anlayabileceği şekilde iletir. Aynı şekilde UART protokolü üzerinden STM32 kontrolcü kartı ile haberleşme gerçekleştirilir ve buradan da motorlar için gerekli PWM sinyalleri gönderilirken aynı zamanda da STM32'nin ADC kanallarına bağlı olan basınç, nem, sıcaklık, voltaj ve akım değerlerini de Raspberry Pi'ye SSH üzerinden iletir.

Toplamda 3 kanaldan haberleşme gerçekleştiren Raspberry Pi burada Node (Düğüm) görevi görmekte ve I2C, UART, SSH, SFTP işlemlerinin gerçekleştirilmesinde ana kumanda görevi oynamaktadır.

Raspberry Pi tarafında çalışacak kod bizim arayüz programımızın içerisinde dahili olarak bulunmakta ve bağlantı sağlandıktan sonra

otomatik olarak Python betiği Raspberry Pi'ye gönderilmektedir. Örnek sistem modeli Şekil 1'de görülmektedir.

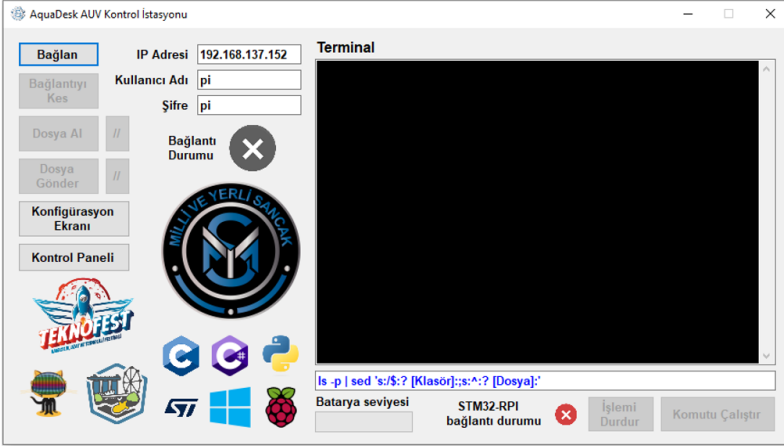


Şekil 1. Örnek sistem modeli

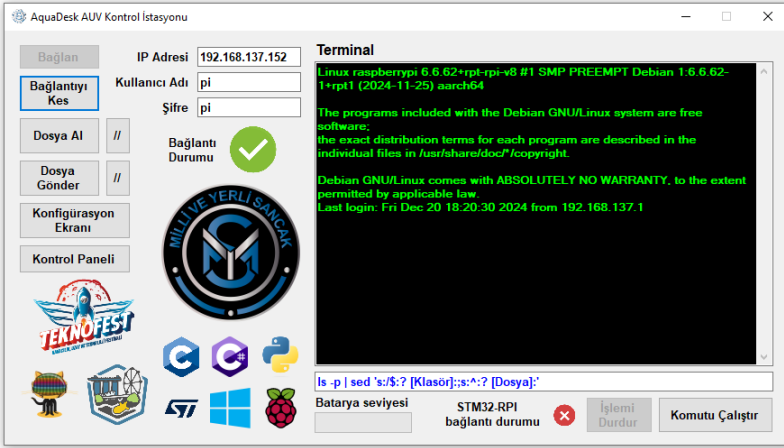
### 3. Çalışma Algoritması Ve Yazılım Tasarımı

Kontrol istasyonumuz bağlanması için kullanıcıdan IP adresi, Raspberry pi'nin kullanıcı adı ve kullanıcı şifresini talep etmektedir. Bilgilerin doğruluğu takdirinde bağlan butonuna bastığımızda arayüzümüz araç içerisindeki Raspberry pi ile gerçek zamanlı olarak SSH bağlantısı gerçekleştirir. SFTP protokolü ile dosya gönderme

(upload) ve alma (download) işlemleri yapılabilir. Komut satırındaki kodlar Raspberry Pi'nin komut sisteminde işlemi gerçekleştirir ve çıktıları ShellStream olarak tanımlanan form textbox'na gerçek zamanlı olarak yazdırır. Şekil 2'de arayüz gösterilmiştir. Şekil 3'de arayüzün Raspberry pi'ye bağlanmış hali gösterilmektedir.



Şekil 2. Arayüz'ün ilk açılışı

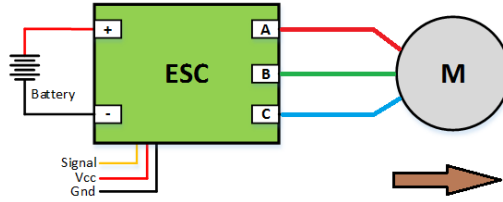


Şekil 3. Gerçek zamanlı bağlantı arayüzü

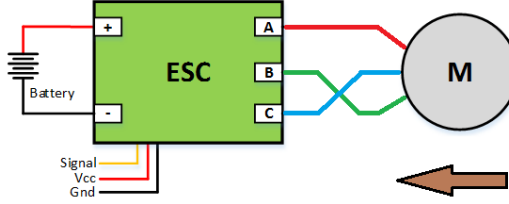
#### 4. 3 Fazlı BLDC Motorun Faz Sırasının Karışması Problemi

Sualtı araçlarında düşük boyut, yüksek devir ve yüksek tork ihtiyacımızı gidermesi için tercih edilen 3 fazlı BLDC motorları ESC

sürücüler aracılığıyla kontrol edilmektedir. Lakin ESC ve Motorun A-B-C fazları lehimleme sırasında sıraları karışır ise; motor sürücü ileri değerde iken motor saat yönünün tersine, motor sürücü geri değerde iken motor saat yönünde dönmektedir. Yani faz sıralarının yer değiştirmesi motorun çalışma yönünü değiştirmektedir (Şekil 4-5). Bu durumda oluşan ters yöne dönme durumunu araca tanımlamak için arayüzde her bir motoru ileri yönde test ettikten sonra “ileri yön referansını” değiştirerek gerçekleştiriyoruz.



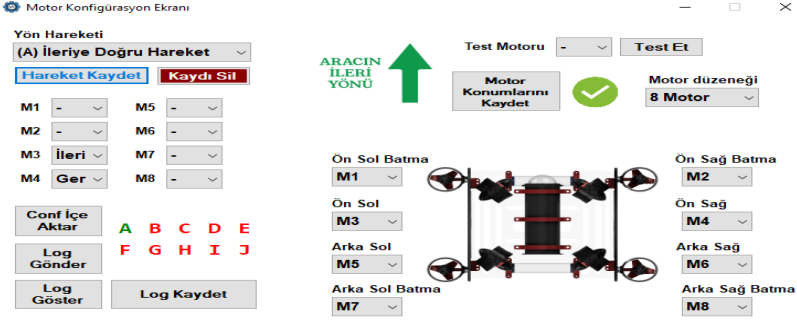
Şekil 4. Normal bağlanmış ESC



Şekil 5. Sırası değişmiş ESC

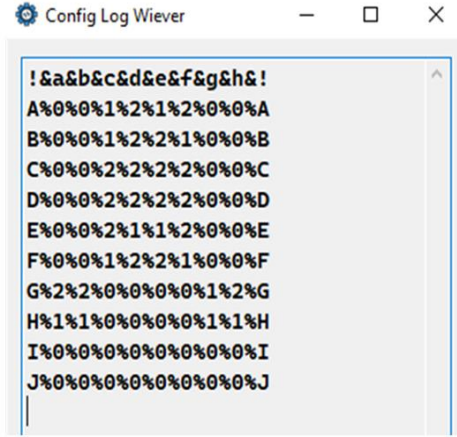
## 5. 8 Motorlu Konfigürasyon

8 motorlu konfigürasyon tasarımı aracın 4 motoru dik olarak her bir köşesine yerleştirilmiş ve diğer 4 motor ise her bir köşeye 45 derecelik açılarla konumlandırılmıştır. Kontrol kartının PWM çıkış indis sıralarına göre bağlanan motorlar daha sonra her hareket durumuna göre örneğin “ileri git, geri git, sağa dön, sola dön, sağa git, sola git, batma, çıkma” gibi hareket komutlarında motor sürücüsünün hangi yönde hareket etmesi gerektiğine tek tek karar veriyoruz. Şekil 6’da motor konfigürasyon ekranı görülmektedir.



Şekil 6. 8 motorlu konfigürasyon ekranı

Tüm motorların yerleri ve hareket yönlerine göre motor yönleri ayarlandıktan sonra “Log Göster” dediğimiz zaman çıktı sonucu görüyoruz. Bunlar konfigürasyon verileri olarak bellekte tutuluyor ve nihai haline geldiği zaman karşı tarafa yani Raspberry pi’ye SSH ile gönderiliyor. İlk satır motorların konumlarını, geri kalan büyük harfler ise aracın ilerleyeceği yöne göre motor sürücülerin yönlerinin ne olması gerektiğine dair parametreler içermektedir. Şekil 7’de motor konfigürasyon çıktısı görülmektedir.



Şekil 7. 8 motorlu konfigürasyon kaydı

8 motorlu tasarımın harflendirme sistemi Tablo1’de görülmektedir.

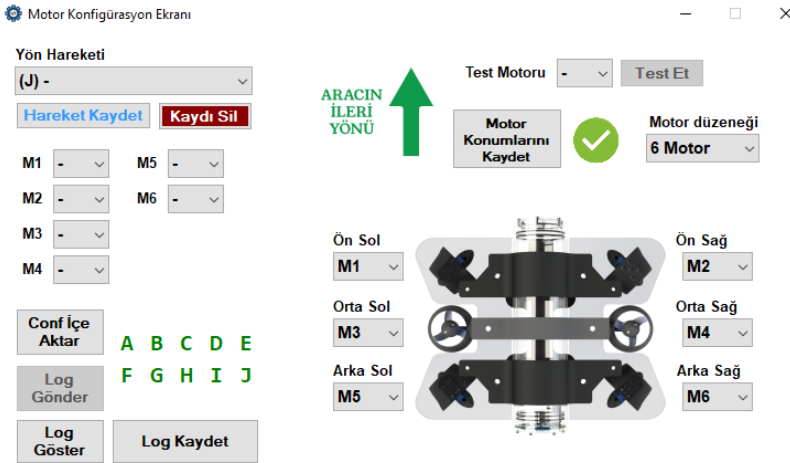
Tablo 1. 8 motorlu konfigürasyon

Motor Konumları	Motor Adları	Yön Komutları	Yön Adları
-----------------	--------------	---------------	------------

a	Ön sol batma	A	İleri
b	Ön sağ batma	B	Geri
c	Ön sol	C	Sağa dön
d	Sağ sol	D	Sola dön
e	Arka sol	E	Sağa git
f	Arka sağ	F	Sola git
g	Arka sol batma	G	Batma
h	Arka sağ batma	H	Yukarı çıkma
		I	Torpedo
		J	Boşluk

## 6. 6 Motorlu Konfigürasyon

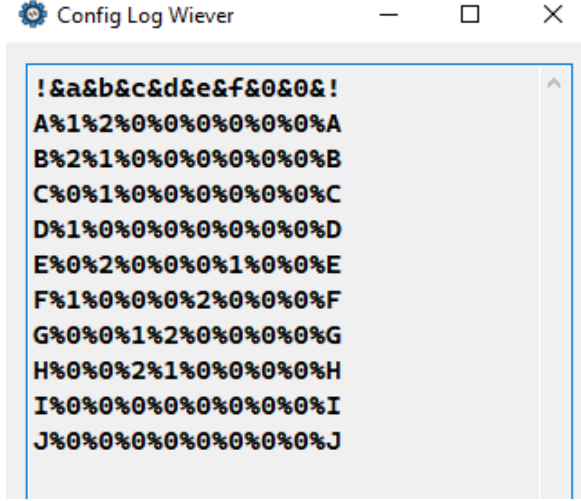
6 motorlu konfigürasyon tasarımı aracın 2 motoru dik olarak hem ağırlık hem de hacim dengesinin orta noktasına denk gelecek şekilde konumlandırmak ve diğer 4 motor ise her bir köşeye 45 derecelik açılarla konumlandırarak araca hareket kabiliyeti kazandırmaktır. Kontrol kartının PWM çıkış indis sıralarına göre bağlanan motorlar daha sonra her hareket durumuna göre örneğin “ileri git, geri git, sağa dön, sola dön, sağa git, sola git, batma, çıkma” gibi hareket komutlarında motor sürücüsünün hangi yönde hareket etmesi gerektiğine tek tek karar veriyoruz. Şekil 8’de 6 motorlu araçlar için motor konfigürasyonu görülmektedir.



Şekil 8. 6 motorlu konfigürasyon ekranı



6 motorlu tasarımda 8 motordakinden farklı olarak motor PWM çıkışlarından 2 tanesi boşta kalacak şekilde baştan düzenlenmektedir. Şekil 9’da 6 motorlu konfigürasyon çıktısı görülmektedir.



Şekil 9. 6 motorlu konfigürasyon kaydı

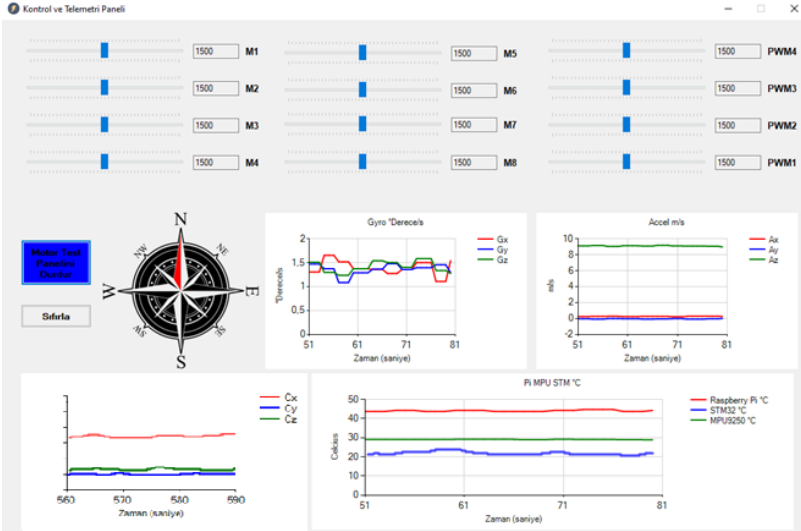
Tablo 2. 6 motorlu konfigürasyon tablo

Motor Konumları	Motor Adları	Yön Komutları	Yön Adları
a	Ön sol	A	İleri
b	Sağ sol	B	Geri
c	Orta sol	C	Sağa dön
d	Orta Sağ	D	Sola dön
e	Arka sol	E	Sağa git
f	Arka sağ	F	Sola git
0	Null	G	Batma
0	Null	H	Yukarı çıkma
		I	Torpedo
		J	Boşluk

## 7. Telemetri Ve Kontrol Paneli

Aracın iç aviyoniğinde bulunan Raspberry Pi, I2C ile paralel bağlanan MPU9250 sensöründen 3 eksen gyro 3 eksen ivme ve sıcaklık değeri okunur, HMC5883L sensöründen 3 eksen manyetometre değerleri okunur. Bu işleme paralel olarak 115200 baudrate bandında STM32 ile UART üzerinden haberleşme gerçekleştirilir. STM32'den aracın pil doluluk oranı, pilden çekilen akımın değeri, ADC ile araç içerisindeki nem ölçümü gerçekleştirilir ve Raspberry Pi'ye bu parametreler gönderilir. Raspberry pi ise STM32'ye 8 ESC sürücü için ve 4 servo motor için PWM Duty Cycle değerlerini güncelleyerek STM32'ye gönderir. Burada STM32, Raspberry pi ile motor sürücüler arasındaki kontrolün sağlanması için köprü görevi görür.

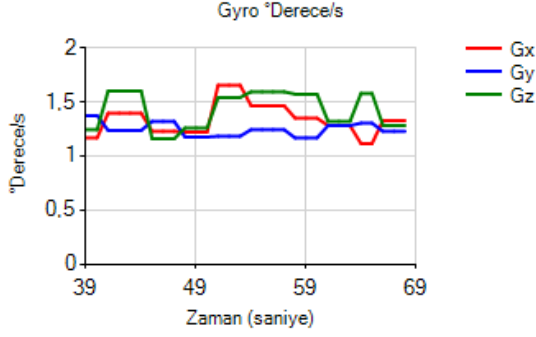
Telemetri paneli Şekil 10'da görülmektedir.



Şekil 10. Telemetri paneli

### 7.1. Jiroskop

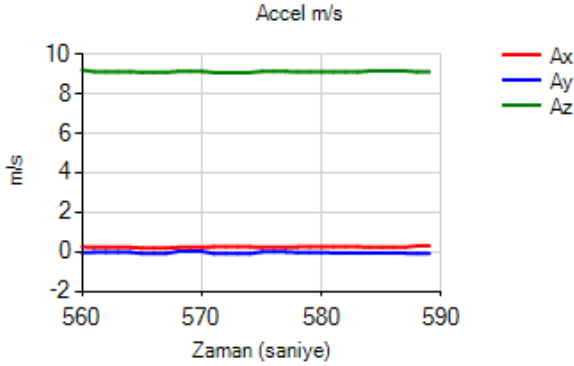
Sensörden okunan veriyi 131'e bölerek saniyede kaç derecelik bir açısal hız yaptığını 3 eksen üzerinde gösterir. Şekil 11'de bir jiroskop çıktısı görülmektedir.



Şekil 11. Jiroskop verisi

## 7.2. İvme

Sensörden okunan veri 16384'e bölüp 9.81'e çarpınca gerçek ivme değerini ölçmekteyiz. Sensör düz bir şekilde konumlandırıldığında Z eksenini dik olarak yer çekimi ivmesi yani  $9.80 \text{ ms}^2$  değerine maruz kalır ve eğer ki sensör düz yerleştirilmişse diğer değerler 0'a yakın bir değer olarak gözükür. Şekil 12'de 3 eksenli ivme değerlerinin çizelgeye aktarıldığı görüntü gösterilmektedir.



Şekil 12. İvme verisi

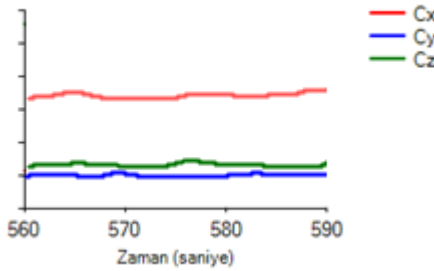
## 7.3. Manyetometre

3 ekseninden alınan değerler ile dünyanın manyetik alanının yatay bileşenleri hesaplanır. Sensörden alınan değerler Denklem (1)'deki fonksiyon ile hesaplandıktan sonra azimut dediğimiz manyetik kuzey ile yaptığımız açıyı bulmamızı sağlar. Bu aracın kendi eksenini

etrafında yön değiştirme eyleminden sonra kaç derecelik bir dönüş açısı gerçekleştirdiğini bulmamızı sağlamaktadır. İstenilen değere ulaşması için dönmesi gereken açıya “hata” denilerek gereken azimut değerini motorlar aracılığı ile sağlar.

$$Azimut = \left( \tan^{-1} 2(Y, X) \frac{180}{\pi} \right) \text{ mod } 360 \quad (1)$$

Manyetometreden alınan verinin zamana göre değişimi Şekil 13’de görülmektedir.



Şekil 13. Manyetometre verisi

#### 7.4. Sıcaklık (°C)

Araç içerisindeki sıcaklık değerlerini takip etmek sistem güvenliği açısından önemli bir unsur teşkil etmektedir. Raspberry Pi’nin işlemci sıcaklığı doğrudan, MPU9250’nin içerisinde dahili olarak bulunan sıcaklık sensöründeki ham veri Denklem (2)’deki fonksiyondan geçirildikten sonra ve STM32 işlemcisindeki dahili sıcaklık sensörü ADC modülü üzerinden okunduktan sonra ham veri formül 3’ten geçirilerek toplamda 3 kanaldan aracın içerisindeki sıcaklık verilerini Celcius cinsinden takip edilebilmektedir.

STM32 Sıcaklık ADC formülü Denklem (2)’de görülmektedir.

$$\frac{1.43 - \left( ADC \times \frac{3.3}{4096} \right)}{0.0043} + 25 \quad (2)$$

MPU9250 Sıcaklık formülü Denklem (3)’de görülmektedir.

$$\frac{Veri}{333.87} + 21 \quad (3)$$

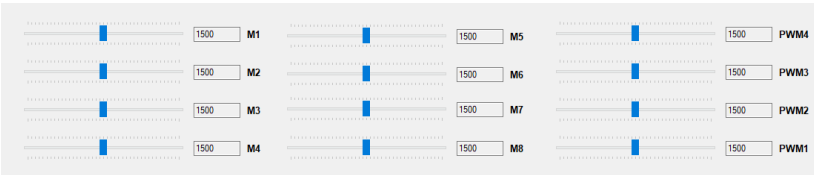
## 8. Manyetometre HMC5883L Sensörünün Manyetik Dalgalardan Etkilenme Problemi

Pusula dünyadaki statik manyetik alanın yönünü gözlemlenmesinde yardımcı olmaktadır. HMC5883L manyetik alan sensörü hem dinamik hem de statik manyetik alanlara karşı duyarlıdır. Bir bakır telin içerisinde akım geçmesi telin çevresinde bir manyetik alan oluşturur. Zamana göre farklı değerlerde akım taşınması da buna göre manyetik alanda frekans değişimlerine yol açar; dolayısıyla sensörün sağlıklı bir şekilde pusula görevi görebilmesi için araç içerisinde oluşan manyetik dalgalardan ve parazitlerden etkilenmemesi gerekir. Burada çözüm olarak “faraday kafesi” kullanılabilir. Bakır, alüminyum gibi malzemeler tel örgünün kalınlığına göre sadece düşük frekanslı manyetik dalgaları ve statik manyetik alanları geçirilebilmesini sağlamaktadır. Bu da araç içerisindeki iç elektronik aviyoniğin oluşturduğu elektromanyetik dalgaların manyetik sensöre olumsuz etki yaratacak parazitlerin önüne geçilmesini sağlar.

## 9. Motor Test Ekranı

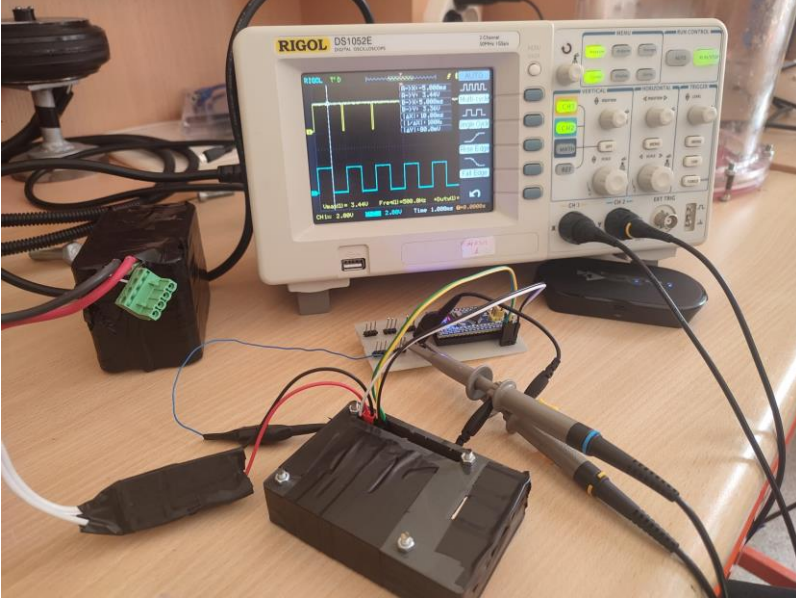
Motorların kontrolü için trackbarlar kullanılmıştır. Trackbarlar 1000 – 2000 arasında değişken bir değere sahiptir. Bu zamanda 2000uS’lik bir periyotta 1000uS – 2000uS arasında doluluk anlamına gelen değerdir. ESC’leri Blheli\_S configurator ile çift yönlü olarak belirledikten sonra; orta değer yani durma değeri 1500, tam ileri değer 2000 tam geri değer ise 1000 olacak şekilde tanımlanmış ve daha sonra bir test düzeneği ile osiloskop üzerinden kontrol edilmiştir.

BLDC Motor ve servo motorlar için trackbar ekranı Şekil 16’da görülmektedir.



Şekil 16. BLDC Motor ve Servo motorlar için trackbar ekranı

Şekil 16'da da görüldüğü üzere 2 farklı PWM çıkışından farklı sinyaller elde edilmiştir. (Sarı sinyal) Channel 1'de 99% dolulukta, (mavi sinyal) Channel 2'de 50% dolulukta PWM sinyalleri gönderilmektedir.



Şekil 16. PWM çıkışından elde edilen sinyaller

## 10. Kaynakça

- [1] Deng, Baoqing, et al. "Research on stm32 development board based on arm cortex-m3." 2020 IEEE 2nd International Conference on Civil Aviation Safety and Information Technology (ICCASIT). IEEE, 2020.
- [2] Ylonen, Tatu. "RFC 4251: The secure shell (SSH) protocol architecture." (2006).
- [3] HUANG, Jian. "Development of ADC Acquisition System Based on STM32."
- [4] Ağaçayak A. C., Terzioğlu H., Özdeş B., "Bölüm 3: Elektrikli Araçlarda Telemetri", Elektrikli Araçlara Genel Bakış 2 , (2020)., İksad, Editör:H. Terzioğlu, G. Yalçın, Basım Sayısı:1, Ss 132, Isbn:978-625-7687-48-5.
- [5] Lottor, Mark. Simple file transfer protocol. No. rfc913. 1984.
- [6] Clark, Dan, and Jeff Sanders. Beginning C# object-oriented programming. Vol. 1. np: Apress, 2011.
- [7] Xu, Jack. Practical C# Charts and Graphics: Advanced Chart and Graphics Programming for Real-World. NET Applications. UniCAD, 2019.
- [8] Kazan, F. A. and Akkaya, R. "The Effect of Increases in User Weight and Road Slope on Energy Consumption in Disabled Vehicle Driven with PMSM," Balkan Journal of Electrical and Computer Engineering, vol. 9, no. 1, pp. 1-7, 2021.
- [9] Kazan, F. A. and Solak, H. "Improvement of ultrasonic sensor-based obstacle avoidance system in drones," International Journal of Aeronautics and Astronautics, vol. 4, no. 1, pp. 9-35, 2023.
- [10] Tan, Chin-Woo, and Sungsu Park. "Design of accelerometer-based inertial navigation systems." IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement 54.6 (2005): 2520-2530.
- [11] Lenz, James, and S. Edelstein. "Magnetic sensors and their applications." IEEE Sensors journal 6.3 (2006): 631-649.
- [12] Junior, José Claudio Vianna, et al. "Stability control of a quad-rotor using a PID controller." Journal of Applied Instrumentation and Control 1.1 (2013): 15-20.
- [13] Yılmaz F., Pekgör A., Arsel İ., Servi S., İnan O., Genç A., Oturanç G., "New Perspectives On Artificial Intelligence, Optimization, And Data Analytics In Computational Engineering/Alternative Distributions In Wind Speed Forecasting And A Comparison ", Innovative Approaches in Applied Engineering Fields, (2024)., Selcuk University Press, Editör:Doğan Nurettin, Alan Selahattin, Yılmaz Acar Züleyha, Basım sayısı:1, Ss 318, ISBN:978-975-448-246-1.
- [14] Hillar, Gastn. C# 2008 and 2005 Threaded Programming: Beginner's Guide. Packt publishing, 2009.
- [15] Bilgin, O. and Kazan, F. A. "The effect of magnet temperature on speed, current and torque in PMSMs," in 2016 XXII International Conference on Electrical Machines (ICEM), 2016: IEEE, pp. 2080-2085.

- [16] Kazan, F. A. "Microcontroller based simulation of the very high frequency omnidirectional radio range (VOR)," *International Journal of Aeronautics and Astronautics*, vol. 1, no. 1, pp. 33-41, 2020.
- [17] Kazan, F. A. and Bilgin, O. "Simulation of PMSM Operating at Different Speeds and Optimization of PI Controller Parameters," *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Dergisi*, vol. 4, no. 1, pp. 86-105, 2020.
- [18] Jacko, Patrik, et al. "Remote IoT education laboratory for microcontrollers based on the STM32 chips." *Sensors* 22.4 (2022): 1440.
- [19] Lee, Hyung-Jik, and Seul Jung. "Gyro sensor drift compensation by Kalman filter to control a mobile inverted pendulum robot system." 2009 IEEE International Conference on Industrial Technology. IEEE, 2009.
- [20] Neşeli S.,Yalçın G.,Terzioğlu H.,Ağaçayak A.C. (2019). Nano Yüzey Kalitesi Oluşturmak İçin Lepleme Makinesi Tasarımı. V Science Technology And Innovation Congress, 374-380.
- [21] Şahin N.,Servi S., "New Perspectives On Artificial Intelligence, Optimization, And Data Analytics In Computational Engineering Innovative Approaches In Applied Engineering Fields", A Novel Hybrid Algorithm: Enhancing Tuna Swarm Optimization with Cuckoo Search for Global OptimizationG/) (2024).. Selçuk University Press, Editör:Doğan Nurettin, Alan Selahattin, Yılmaz Acar Züleyha, Basım sayısı:1, Ss 318, ISBN:978-975-448-246-1.
- [22] Binali R., Yalçın G., Ağaçayak A.C., "Modern İmalat Yöntemlerine Genel Bakış ", *Mühendislik Alanında Akademikçalışmalar-1*, (2021).. , İksad, Editör:Dr. Öğr. Üy. Hakan Terzioğlu, Öğr. Gör. Gökhan Yalçın, Basım Sayısı:1, Ss 200, Isbn:978-625-8423-15-0.
- [23] Sharp, John. *Microsoft Visual C# 2013 Step by Step*. Pearson Education, 2013.
- [24] Mirjafarlı S., Ağaçayak A.C. (2022). *Domestic Control Board Design For Underwater Vehicle*. Selçuk University International Technology And Innovation Student Symposium.
- [25] Nocua Meneses, Juan Sebastián. "A raspberry pi-based solution for high-frequency acquisition and transmission of measured data." (2021).
- [26] Kazan, F. A. and Solak, H. "Improvement of ultrasonic sensor-based obstacle avoidance system in drones," *International Journal of Aeronautics and Astronautics*, vol. 4, no. 1, pp. 9-35, 2023.
- [27] Kurhan K., Servi S.,*Mobile Student Tracking System(2022)*., *New Trends In Engineering*, Tablet Kitabevi, Editör:Neşeli Süleyman, Terzioğlu Hakan, Basım sayısı:1, Ss 232, ISBN:978-605-5447-74-8.
- [28] Karaoğlu O.,Servi S.,Keskin Y.,Kurnaz A. (2007). *Isı İletim Probleminin Çözümü için Yeni Yöntemler*. 16. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi.
- [29] Cox, Kevin, and David Walker. *User-interface design*. Vol. 2. New York: Prentice Hall, 1993.



---

## **BÖLÜM-3**

# **OTONOM SU ALTI ARAÇLARI İÇİN KONTROL ALGORİTMASI VE PID**

*Ramazan Hasan YILMAZ<sup>1</sup>  
Gökhan YALÇIN<sup>2</sup>*

<sup>1</sup><https://orcid.org/0009-0003-7922-652X>

<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-5929-917X>

## OTONOM SU ALTI ARAÇLARI İÇİN KONTROL ALGORİTMASI VE PID

### 1. Giriş

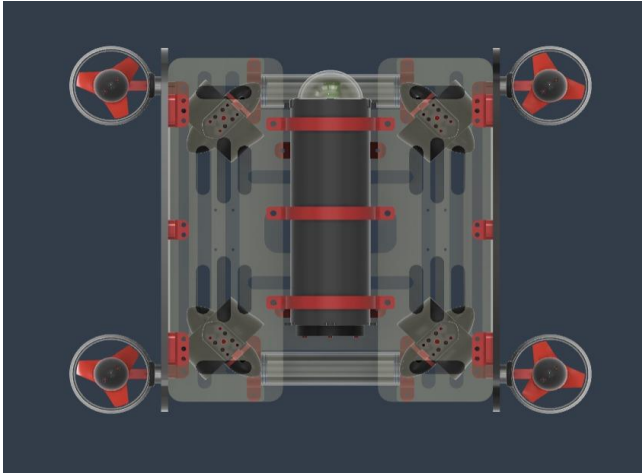
İnsansız su altı aracı, birçok insansız araç gibi, insan kontrolü olmadan istenilen hareketleri ve görevleri yapması gerekmektedir. Fakat sorun, insan kontrolünde olmadıkları için istenilen işlemleri yaparken hesapta olmayan sebeplerden ötürü problemler yaşanabilmesidir. Bu yüzden, hesapta olmayan sebepler için aracın sürekli bir kontrol içinde olması, bu problemleri algılaması ve tepki veren bir sistem geliştirilmesi gerekmektedir. İşte bu sistem, kontrol algoritması ve PID ile gerçekleştirilmektedir.

Bu sistemin geliştirilmesinde en yaygın kullanılan elektronik malzemeler şunlardır:

- • Pixhawk
- • STM 32
- • Raspberry Pi
- • Jetson Nano

### 2. Aracın Örnek Motor Şeması

Aracın örnek motor şeması Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Motor Şeması

### 3. Pixhawk

Pixhawk, insansız araç geliştirmek isteyen kişiler için çoğu şeyi hazır olarak sunan, temelinde bir uçuş kontrol kartıdır; fakat farklı türde araçlar için de gerekli esnekliği sağlamaktadır. Pixhawk'ın önemli ve temel özellikleri şunlardır:

1. İçerisinde çeşitli sensörler ve işlemciler bulundurarak araç için önemli olan birçok veriyi tutmakta ve bu veriler parametre olarak ayarlanabilmektedir.
2. Özellikle kontrol algoritması için önemli olan pitch, roll ve yaw (aracın üç eksen konumu) eksenlerini, sensörlerden gelen veriyi filtreleyerek bize sunmaktadır.
3. PID hesaplaması yapabilmekte ve bu hesaplama araca uygun olarak değiştirilebilmektedir.
4. Motorlara PWM sinyali göndererek aracı sürebilmektedir.
5. Üzerinde bulunan portlar sayesinde Pixhawk'a opsiyonel sensörler eklenebilmekte ve kullanılabilir.

### 4. Raspberry Pi

Raspberry Pi, temelde mini bir bilgisayardır. Çoğu alanda kullanılabilirlikle birlikte, insansız su altı araçları için önemli bir rol üstlenmektedir. Raspberry Pi, Pixhawk ile haberleşerek gerekli verileri ve parametreleri alır, işler ve tekrar Pixhawk ile haberleşerek istenilen işlemleri gerçekleştirir.

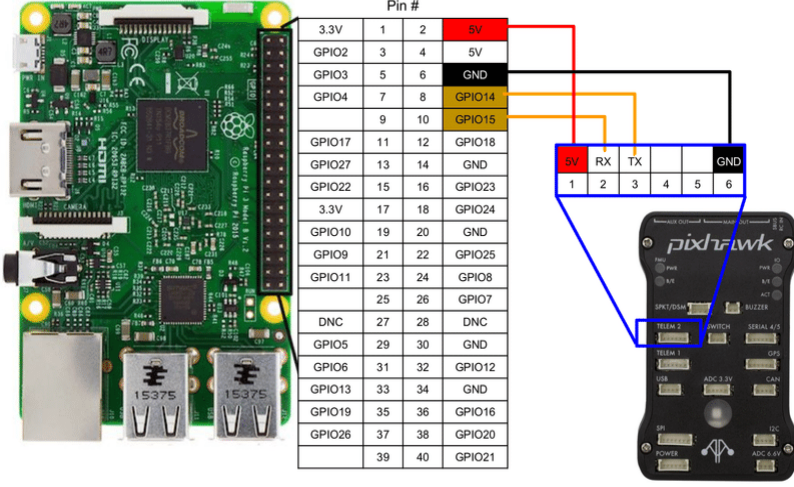
### 5. Pixhawk ile Raspberry Pi'nin Haberleşmesi

Pixhawk ile Raspberry Pi haberleşmesi için UART haberleşme protokolü kullanılmaktadır. Raspberry Pi'nin Pixhawk'tan veri alabilmesi ve tekrar Pixhawk'a komut gönderebilmesi için ise MAVLink kütüphanesi kullanılmaktadır. Bu nedenle, Pixhawk ile Raspberry Pi'yi haberleştirmek isteyen bir kişinin şu adımları izlemesi gerekmektedir:

1. Pixhawk ile Raspberry Pi'nin kablo bağlantılarının yapılması.
2. Raspberry Pi'nin UART ile haberleşebilmesi için gerekli ayarlarının yapılması.
3. Raspberry Pi'ye MAVLink kütüphanesinin kurulması.
4. Pixhawk'ta seri port parametrelerinin ayarlanması.

5. Raspberry Pi'de, Pixhawk'ta seri port için ayarlanmış parametrelerin ve MAVLink kütüphanesinin kullanılması.

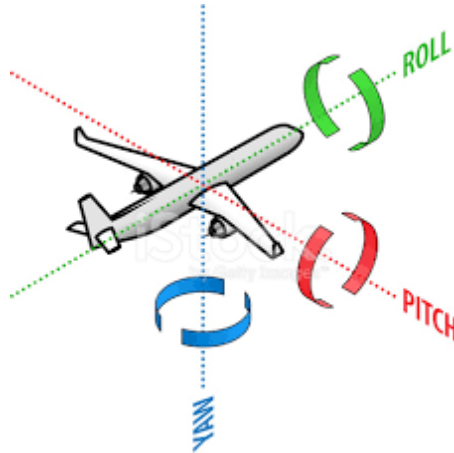
Pixhawk ile Raspberry Pi'nin kablo bağlantısı Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. Pixhawk ile Raspberry Pi'nin kablo bağlantısı.

## 6. Pitch, Roll ve Yaw Eksenleri

Hava ve su altı araçlarındaki pitch, roll ve yaw eksenleri Şekil 3'de görülmektedir.



Şekil 3. Pitch, Roll ve Yaw eksenleri.

## 7. PID

PID, üç terimi birleştiren bir kontrol algoritmasıdır. Bu üç terim birlikte, bir kontrol sisteminin hatasını minimize etmek, hedefe yakın tutmak ve sistemin istikrarını sağlamak için optimize edilir. PID olmayan bir kontrol algoritması tam olarak düzgün ve stabil bir şekilde çalışmayabilir. Bu nedenle, kontrol algoritmasına PID hesaplamasını entegre ederek daha stabil bir sistem oluşturulabilir. Pixhawk, bu hesaplamayı içinde barındırmakta olup, çarpanları ayarlanabilmektedir.

Pixhawk PID parametreleri Şekil 4’de görülmektedir.



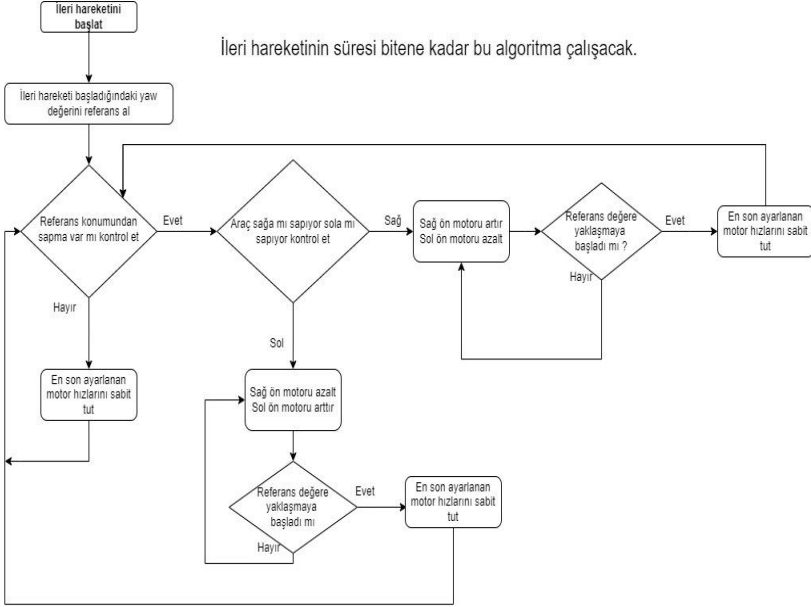
Şekil 4. Pixhawk PID parametreleri.

## 8. Hareketlerin Kontrol Algoritmaları

Hareketlerin kontrol algoritmaları ileri, sola 90 derece ve sağa 90 derece olmak üzere üç ayrı aşlık altında verilecektir.

### 8.1. İleri

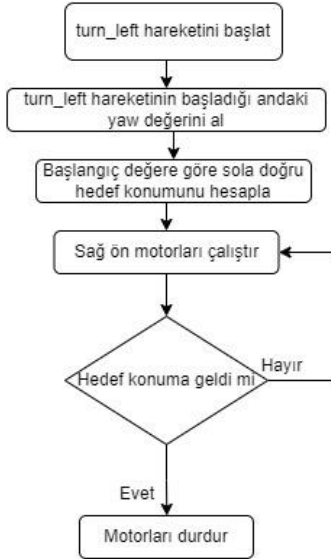
İleri hareketinin örnek kontrol algoritması Şekil 5’de verilmiştir.



Şekil 5. İleri hareketinin örnek kontrol algoritması.

## 8.2.Sola Dönme (90 derece)

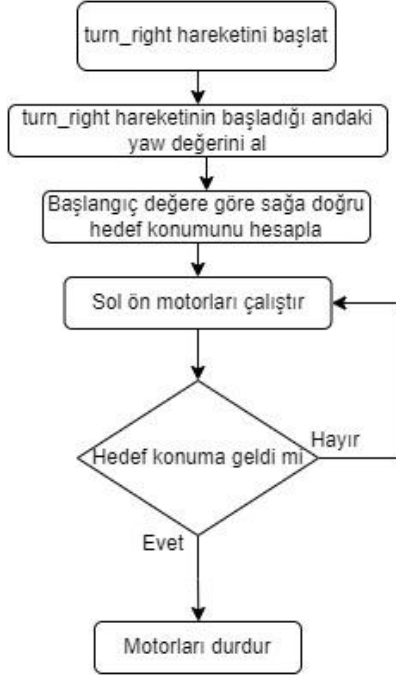
Sola dönme hareketinin örnek kontrol algoritması Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Sola dönme hareketinin örnek kontrol algoritması.

### 8.3.Sağa Dönme (90 derece)

Sağa dönme hareketinin örnek kontrol algoritması Şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 7. Sağa dönme hareketinin örnek kontrol algoritması.

## 9. Kaynakça

- [1] Knospe, Carl. "PID control." *IEEE Control Systems Magazine* 26.1 (2006): 30-31.
- [2] Åström, Karl J., and Tore Hägglund. "PID control." *IEEE Control Systems Magazine* 1066 (2006).
- [3] Johnson, Michael A., and Mohammad H. Moradi. *PID control*. London, UK: Springer-Verlag London Limited, 2005.
- [4] Araki, M. "PID control." *Control Systems, Robotics and Automation: System Analysis and Control: Classical Approaches II* (2009): 58-79.
- [5] Bennett, Stuart. "The past of PID controllers." *Annual reviews in control* 25 (2001): 43-53.
- [6] Bilgin, O. and Kazan, F. A. "The effect of magnet temperature on speed, current and torque in PMSMs," in *2016 XXII International Conference on Electrical Machines (ICEM)*, 2016: IEEE, pp. 2080-2085.
- [7] Kazan, F. A. "Microcontroller based simulation of the very high frequency omnidirectional radio range (VOR)," *International Journal of Aeronautics and Astronautics*, vol. 1, no. 1, pp. 33-41, 2020.
- [8] Ali, Machrus. "Kontrol Kecepatan Motor DC Menggunakan PID Kontroler Yang Ditunning Dengan Firefly Algorithm." *Jurnal Intake: Jurnal Penelitian Ilmu Teknik dan Terapan* 3.2 (2012): 1-10.
- [9] Nurohmah, Hidayatul, Machrus Ali, and Muhammad Ruswandi Djalal. "Desain Frekuensi Kontrol pada Hibrid Wind-Diesel Dengan PID–Imperialist Competitive Algorithm (ICA)." *Jurnal Intake: Jurnal Penelitian Ilmu Teknik dan Terapan* 6.2 (2015): 108-115.
- [10] Kazan, F. A. and Bilgin, O. "Simulation of PMSM Operating at Different Speeds and Optimization of PI Controller Parameters," *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Dergisi*, vol. 4, no. 1, pp. 86-105, 2020.
- [11] Ağaçayak A. C., Terzioğlu H., Özdeş B., "Bölüm 3: Elektrikli Araçlarda Telemetri", *Elektrikli Araçlara Genel Bakış 2*, (2020), İksad, Editör:H. Terzioğlu, G. Yalçın, Basım Sayısı:1, Ss 132, Isbn:978-625-7687-48-5.
- [12] Raspberry, Pi. "Raspberry pi." <http://www.raspberrypi.org/help/what-is-a-raspberry-pi/>. Último acceso 31.05 (2014): 2014.
- [13] Monk, Simon. *Raspberry pi cookbook*. " O'Reilly Media, Inc.", 2022.
- [14] Meier, Lorenz, et al. "Pixhawk: A system for autonomous flight using onboard computer vision." *2011 IEEE International Conference on Robotics and Automation*. IEEE, 2011.
- [15] Meier, Lorenz, et al. "PIXHAWK: A micro aerial vehicle design for autonomous flight using onboard computer vision." *Autonomous robots* 33 (2012): 21-39.
- [16] Moeller, Ryan, Taher Deemyad, and Anish Sebastian. "Autonomous navigation of an agricultural robot using RTK GPS and Pixhawk." *2020 Intermountain Engineering, Technology and Computing (IETC)*. IEEE, 2020.



- [17] Liu, Kai, et al. "The development of micro-gyroscope technology." *Journal of Micromechanics and Microengineering* 19.11 (2009): 113001.
- [18] Terzioğlu, H., Kazan, F. A. and Selek, M. "The Use of dsPIC in the Identification of Inertia Moment and Friction Coefficient of PMS and DC Motors," presented at the 3rd International Conference on Electrical Engineering and Applications (ICEEA 2013), Konya, Turkey, October 24-25, 2013, 2013.
- [19] Terzioğlu, H., Kazan, F. A. and Selek, M. "The Use of dsPIC in the Identification of Inertia Moment and Friction Coefficient of PMS and DC Motors," *Applied Mechanics and Materials*, vol. 446-447, pp. 1197-1201, 2014, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.446-447.1197.
- [20] Passaro, Vittorio MN, et al. "Gyroscope technology and applications: A review in the industrial perspective." *Sensors* 17.10 (2017): 2284.
- [21] Mirjafarlı S., Ağaçayak A.C. (2022). Domestic Control Board Design For Underwater Vehicle. Selçuk University International Technology And Innovation Student Symposium.
- [22] Rochman, Muhammad Fatkhur, et al. "Penggunaan Metode Imperialist Competitive Algorithm (ICA) untuk kontrol Frekuensi pada Wind-Turbine dan Hybrid Wind-Diesel." *METODE 2* (2017): 0-041.
- [23] Neşeli S., Yalçın G., Terzioğlu H., Ağaçayak A.C. (2019). Nano Yüzey Kalitesi Oluşturmak İçin Lepleme Makinesi Tasarımı. V Science Technology And Innovation Congress, 374-380.
- [24] Binali R., Yalçın G., Ağaçayak A.C., "Modern İmalat Yöntemlerine Genel Bakış", *Mühendislik Alanında Akademik Çalışmalar-1*, (2021), İksad, Editör: Dr. Öğr. Üy. Hakan Terzioğlu, Öğr. Gör. Gökhan Yalçın, Basım Sayısı: 1, Ss 200, Isbn: 978-625-8423-15-0.
- [25] Servi S., Inan O., Yılmaz F., Arsel I., Pekgör A., Genç A., Oturanç G. (2024). A Performance Comparison of Different Machine Learning Algorithms to Forecast Wind Energy in Türkiye. *International Conference on Engineering Technologies (ICENTE'24)*.
- [26] Şahin N., Servi S., "New Perspectives On Artificial Intelligence, Optimization, And Data Analytics In Computational Engineering Innovative Approaches In Applied Engineering Fields", *A Novel Hybrid Algorithm: Enhancing Tuna Swarm Optimization with Cuckoo Search for Global Optimization (G/)* (2024)., Selçuk University Press, Editör: Doğan Nurettin, Alan Selahattin, Yılmaz Acar Züleyha, Basım sayısı: 1, Ss 318, ISBN: 978-975-448-246-1.



---

## **BÖLÜM-4**

# **İNSANSIZ SUALTI ARAÇLARI İÇİN GÜÇ DAĞITIM KARTI**

*Hasan Fırat KESKİN<sup>1</sup>*  
*Bayram Ali DURSUN<sup>2</sup>*  
*Hakan TERZİOĞLU<sup>3</sup>*

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-9537-0332>

<sup>2</sup><https://orcid.org/0009-0009-0947-7167>

<sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0001-5928-8457>

## İNSANSIZ SUALTI ARAÇLARI İÇİN GÜÇ DAĞITIM KARTI

### 1. Giriş

Su altı araçları, keşif, araştırma ve operasyonel görevlerde zorlu çevresel koşullarda çalışmak üzere tasarlanmış ileri teknoloji sistemlerdir. Bu sistemlerin güvenilirliği, enerji verimliliği ve operasyonel sürekliliği, kullanılan elektronik bileşenlerin performansına ve entegrasyonuna doğrudan bağlıdır. Su altı araçlarında kullanılan elektronik alt sistemler; sensörler, motor sürücüler, haberleşme birimleri ve diğer bileşenler gibi geniş bir yelpazeye yayılmış enerji ihtiyacını karşılamak durumundadır. Bu bağlamda, enerji dağıtımını kontrol eden güç dağıtım kartlarının tasarımı, sistemin güvenli ve verimli çalışmasını sağlamak açısından kritik bir rol oynamaktadır.

Güç dağıtım kartları, yalnızca sabit ve güvenilir bir güç kaynağı sağlamakla kalmaz, aynı zamanda akım ve gerilim ölçümü, yük yönetimi ve enerji analizi gibi işlevlerle su altı araçlarının enerji yönetimini optimize eder. Özellikle izolasyonlu tasarımlar, farklı sistem bileşenleri arasında elektriksel ayrışmayı sağlayarak kısa devre, elektromanyetik girişim ve ani gerilim dalgalanmaları gibi riskleri en aza indirir. İzolasyonlu yapı, sistem bileşenlerinin güvenilirliğini artırırken hem cihazların hem de operatörlerin güvenliğini sağlamaktadır. Ayrıca, güç dağıtım kartlarının farklı voltaj seviyelerini ve hassas veri iletim hatlarını aynı anda yönetme yeteneği, su altı araçlarının karmaşık operasyonel gereksinimlerini karşılamasına olanak tanımaktadır.

Modern güç dağıtım kartlarının bir diğer önemli özelliği, gerçek zamanlı enerji analizi ve izleme yetenekleridir. Gerçek zamanlı akım ve gerilim ölçümüne entegre edilmiş enerji analizi sistemleri, görev sırasında enerji tüketimini hassas bir şekilde izleyerek operasyon süresini uzatmakta ve sistemin daha verimli bir şekilde kullanılmasını sağlamaktadır. Bu tür bir izleme sistemi, enerji tüketiminde kritik anormalliklerin tespitine olanak tanır ve proaktif bakım yaklaşımlarını destekler.

Bu çalışmada, su altı araçlarının operasyonel performansını artırmayı hedefleyen, düşük maliyetli, yüksek verimliliğe sahip ve izolasyon öncelikli bir güç dağıtım kartı tasarımı ele alınmaktadır.

Tasarım, enerji verimliliği ve sistem güvenilirliği arasındaki dengeyi sağlarken, zorlu çevresel koşullarda çalışabilen bir altyapı sunmayı amaçlamaktadır. Ayrıca, önerilen güç dağıtım kartının diğer elektronik bileşenlerle entegrasyonu ve enerji yönetiminde sağladığı katkılar detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bu araştırma, su altı araçları için güç yönetimi alanında önemli bir referans oluşturmayı hedeflemektedir.[1]

## 2. Materyal Ve Metot

Bu çalışmada, su altı araçlarının enerji yönetim ihtiyaçlarını karşılamak üzere izolasyon öncelikli bir güç dağıtım kartı tasarlanmıştır. Tasarımda STM8S103F3P6 mikrodenetleyicisi, düşük güç tüketimi ve entegre ADC modülleri sayesinde akım ve gerilim ölçümü için kullanılmıştır.[2] Şönt direnç üzerinden geçen akım, LM358 opamp ile yükseltilmiş ve ADC girişine uygun hale getirilmiştir. TLP250 optokuplör ile MOSFET sürücüsünde izolasyon sağlanarak sistem güvenilirliği artırılmıştır. Devre tasarımı Altium Designer yazılımında gerçekleştirilmiş, simülasyonlar ise LTspice ile doğrulanmıştır. Haberleşmede I<sup>2</sup>C ve UART protokolleri kullanılarak veri iletimi sağlanmış, gerçek zamanlı enerji ölçüm verileri analiz edilmiştir. Sistem, laboratuvar koşullarında farklı yükler altında test edilerek gerilim kararlılığı, akım ölçüm doğruluğu ve enerji verimliliği değerlendirilmiştir. Bu yöntemlerle tasarlanan kartın, su altı araçlarının enerji yönetimi için uygun olduğu kanıtlanmıştır.

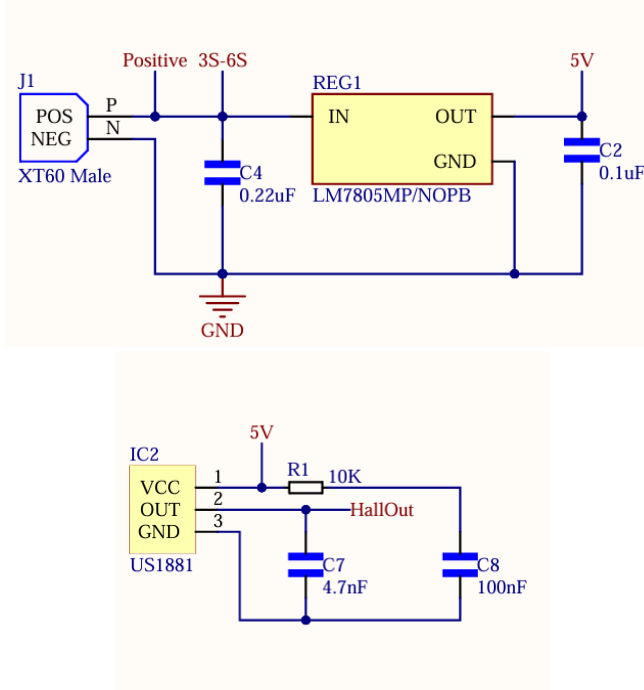
## 3. Donanım Tasarımı Ve İşlemci Seçimi

Güç dağıtım kartı tasarımı, yüksek akımla çalışan sistemlerde karşılaşılan ısınma problemini çözmeyi hedeflemiştir. STM8S103F3P6 mikrodenetleyicisini güç dağıtım kartı tasarımında tercih edilmesinin temel nedeni, düşük maliyetli ve kompakt bir çözüm sunmasıdır. 8-bit STM8 çekirdeği sayesinde işlemci, güç dağıtım kartı gibi gömülü sistemlerde ihtiyaç duyulan temel kontrol ve izleme işlemlerini etkin bir şekilde gerçekleştirebilir. Dahili ADC birimi, güç hattı parametrelerinin (gerilim, akım) hassas ölçümlerini desteklerken; UART, I<sup>2</sup>C ve SPI gibi haberleşme birimleri, sistemin diğer bileşenleriyle kolayca entegre olmasını mümkün kılar. 16 MHz

çalışma frekansı, düşük güç tüketimi ve geniş sıcaklık aralığıyla STM8S103F3P6 ideal bir seçimdir. İşlemci, akım ve gerilim ölçümü ile mosfet sürme gibi temel görevleri yerine getirmektedir.

#### 4. Sinyal Alıcı Sensör Ve Güç Akış Kontrolü

Sistemin açma ve kapatma işlevi, DRV5013 latching tipi Hall etkisi sensörü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Lineer regülatör ve Hall etkili sensörün bağlantı şeması şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Lineer Regülatör ve Hall Effect Sensör

Söz konusu sensör, 5V gerilimle beslenmekte olup, bir mıknatısın kuzey kutbu (N kutbu) sensöre yaklaştırıldığında OUT pini üzerinden 5V dijital çıkış üretmektedir. Bu dijital çıkış sinyali, doğrudan STM8 mikrodenetleyicisinin C6 pinine iletilmektedir. Mikrodenetleyici, bu sinyali işleyerek C5 pininden 3.3V çıkış üretmekte ve bu çıkış hem bir LED'i tetikleyerek sistemin aktif durumda olduğunu görsel olarak bildirmekte hem de TLP250 izolasyonlu MOSFET sürücü entegresini etkinleştirmektedir. TLP250'nin aktif hale gelmesiyle, paralel bağlantılı iki adet N kanal

güç MOSFET'i tetiklenmekte ve bu sayede akımın geçişine izin verilerek sistemin güç akışı sağlanmaktadır. Bu yapı, sistemin enerji yönetiminde izolasyon ve güvenilirlik unsurlarını ön plana çıkarmaktadır.[3]

## 5. Akım Ve Gerilim Ölçümü

STM8 mikrodenetleyicisi, sahip olduğu 2 kanallı ADC birimiyle bir kanal üzerinden gerilim bölücü yardımıyla sistemdeki voltaj değerlerini ölçerken, diğer kanal üzerinden şönt direnç kullanarak MOSFET üzerinden geçen akımı hesaplamaktadır.[4] Kullanılan 2512 SMD şönt direnç, maksimum 100 A akım taşıma kapasitesine sahip olup, 0.003  $\Omega$ 'luk düşük bir direnç değerine sahiptir. Bu düşük direnç değeri, ADC'nin hassas ölçüm yapmasını zorlaştırmaktadır. Ölçüm doğruluğunu artırmak ve küçük gerilim farklarını güvenilir şekilde okuyabilmek için opamp tabanlı bir fark alıcı yükselteç devresi tasarlanmıştır. Bu tasarım, ADC'nin giriş sinyalini yükselterek ölçüm hatalarını minimum hale getirmekte ve yüksek doğrulukta veri işlenmesine olanak tanımaktadır. Böylece sistem hem voltaj hem de akım değerlerini güvenilir bir şekilde izleyerek güç yönetiminde daha etkin bir performans sağlamaktadır.

Opamp hesaplamaları şu şekilde yapılmıştır:

$$V_{out} = V_{in} \times Av$$

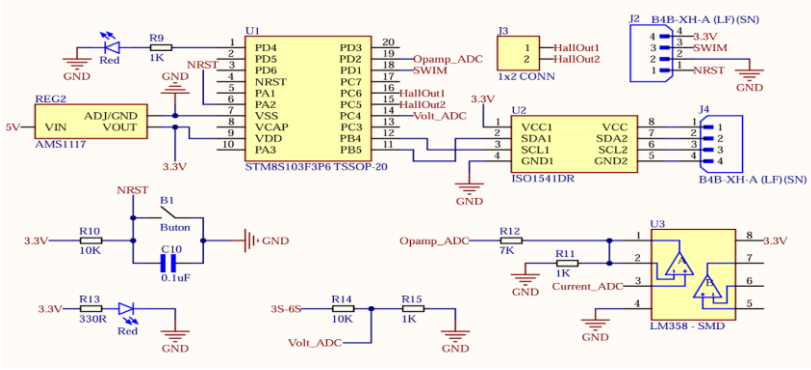
$$Av = 1 + \frac{R_f}{R_1}$$

$$1 + \frac{7000}{1000} = 8$$

$$0.30 \times 8 = 2.4$$

Yükseltme oranı ( $Av$ ) 8 olacak şekilde fark alıcı yükselteç devresi tasarımında, geri besleme direnci  $R_f=7\text{ k}\Omega$  ve giriş direnci  $R_1=1\text{ k}\Omega$  olarak seçilmiştir (Şekil 2). Bu oranla, maksimum 0.30mV giriş gerilimi yükseltme sonrası 2.4V seviyesine ulaşmaktadır. Opamp devresi, STM8 mikrodenetleyicisinin güvenli çalışma sınırlarını korumak amacıyla 3.3V ile beslenmiştir. Bu yaklaşım, hem

mikrodenetleyicinin ADC biriminin doğrulukla çalışmasını sağlamakta hem de sistemin güvenliğini garanti altına almaktadır.



Şekil 2. STM8 İşlemci, Opamp Uygulaması ve İzolatör Entegrasyonu

## 6. DC-DC Regülatör Ve Isı Problemi

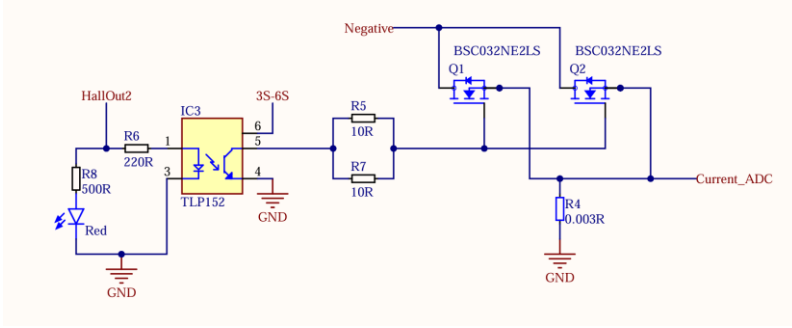
Ana işlemciyi ve diğer bileşenleri beslemek için yüksek verimli bir DC-DC Buck regülatör tercih edilmiştir. Linear regülatörlerin neden olduğu güç kaybı ve ısı sorunları yapılan hesaplamalarla ortaya konmuş ve literatürde yüksek verimlilik sağladığı belirtilen anahtarlamalı DC-DC regülatörler çözüm olarak benimsenmiştir. Bu amaçla, alüminyum giriş ve çıkış kondansatörleri ile dalgalanmalar azaltılmış ve 180 kHz anahtarlama frekansı ile çalışacak şekilde yüksek değerli bir bobin tasarlanmıştır.[5]

## 7. Haberleşme Ve İzolasyon

Kart üzerindeki MOSFET'lerin düşük taraf (low-side) olarak sürülmesi, devrede farklı referans noktaları arasında gerilim farklarının oluşmasına neden olmaktadır. Bu durum, haberleşme sırasında referans noktalarındaki uyumsuzluklar nedeniyle veri aktarımında kesintilere ve hata oluşumuna yol açabilmektedir.[6] Bu sorunun önüne geçmek amacıyla, literatürde önerilen uygun haberleşme izolatörleri devreye entegre edilmiştir. Haberleşme izolatörleri, farklı referans noktalarına sahip birimler arasında güvenli ve kesintisiz veri aktarımını mümkün kılarken, devre elemanlarının elektromanyetik girişimlerden etkilenmesini de önlemektedir. Bunun yanı sıra, izolasyon uygulaması, sistemin genel



güvenilirliğini artırarak yüksek voltaj geçişlerinden kaynaklanabilecek potansiyel hasar risklerini de minimize etmektedir. Böylece, güç dağıtım kartının performansı ve uzun vadeli stabilitesi önemli ölçüde iyileştirilmiştir. Mosfet ve izoleli mosfet sürücü Şekil 3’de görülmektedir.



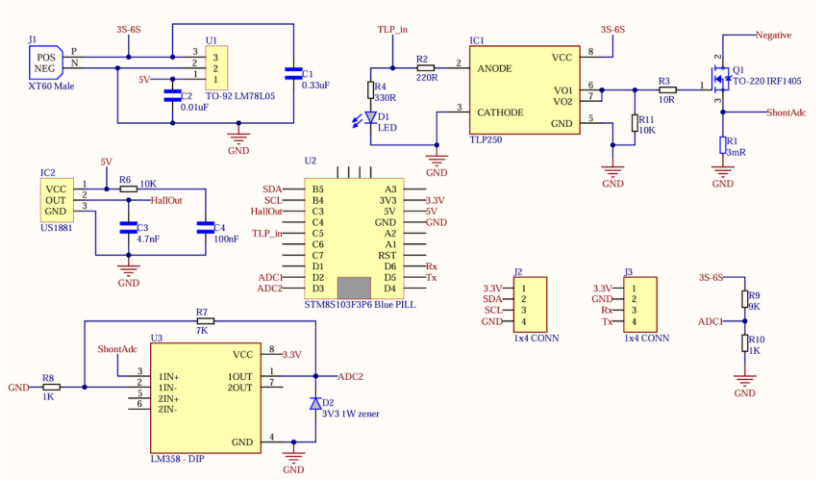
Şekil 3. Mosfet ve İzoleli Mosfet Sürücü

STM mikrodenetleyicisinin çıkış gerilimi 3.3V olduğundan, MOSFET sürücü devresinin datasheet değerlerine göre LED voltaj farkı 1.2V ve LED üzerinden geçebilecek maksimum akım 15mA olarak belirlenmiştir. Bu değerler göz önünde bulundurularak, LED akımını sınırlandırmak ve devrenin güvenli çalışmasını sağlamak amacıyla uygun bir seri direnç hesaplanmıştır. Ohm Kanunu ( $V=I \cdot R$ ) temel alınarak yapılan hesaplamalar sonucunda, kullanılacak direnç değeri 220  $\Omega$  olarak belirlenmiştir. Bu direnç değeri, hem mikrodenetleyicinin çıkışını koruyarak güvenli bir akım sınırında çalışmasını sağlamakta hem de LED'in uzun ömürlü ve stabil bir şekilde çalışmasına olanak tanımaktadır.

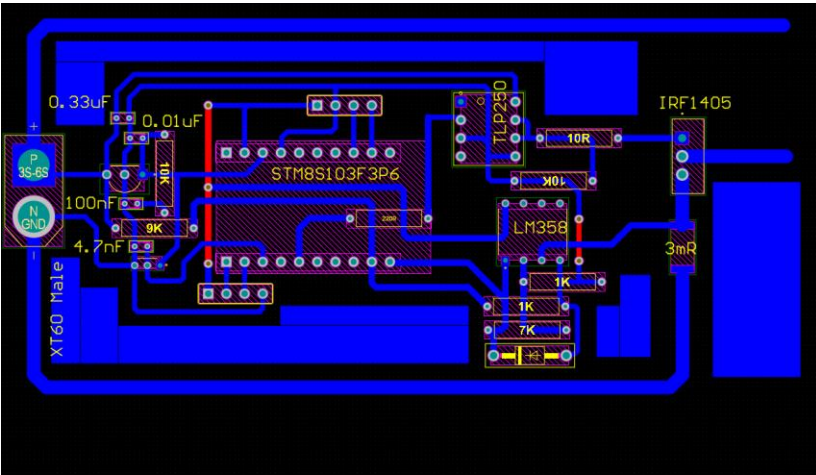
$$R = \frac{V_{in} - V_{led}}{I_{led}}$$

$$\frac{3.3 - 1.2}{0.015} = 220$$

Güç dağıtım kartının şematik ve PCB görünümleri sırasıyla Şekil 4 ve Şekil 5’de verilmiştir.

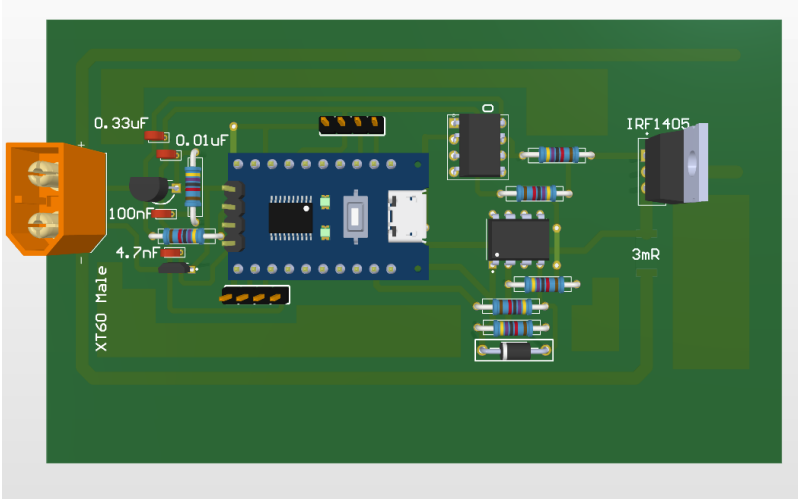


Şekil 4. Güç Dağıtım Kartı Şematik Görünümü



Şekil 5. Güç Dağıtım Kartı PCB Görünümü

Güç dağıtım kartının üç boyutlu görünümü Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Güç Dağıtım Kartı 3 Boyutlu Görünümü

## 8. Sonuç

Bu çalışmada, otonom su altı araçları gibi kritik uygulamalarda kullanılmak üzere düşük maliyetli, güvenilir ve yüksek verimli bir güç dağıtım kartı tasarlanmıştır. Tasarım, izolasyonlu MOSFET sürücülerini ve akım-gerilim ölçüm sistemleriyle güç akışını güvenli ve verimli bir şekilde yönetmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca, STM8S103F3P6 mikrodenetleyicisi, düşük güç tüketimi ve entegre ADC modülleri sayesinde enerji parametrelerini hassas bir şekilde ölçerek sistemin performansını optimize etmektedir.

Gerçekleştirilen testler, tasarlanan güç dağıtım kartının, farklı operasyonel senaryolarda yüksek performans sergilediğini ve enerji yönetimi açısından su altı araçları için uygun bir çözüm sunduğunu göstermektedir. Yapılan simülasyonlar ve laboratuvar testleri, tasarımın hem gerilim kararlılığını hem de akım ölçüm doğruluğunu başarılı bir şekilde sağladığını kanıtlamıştır. Ayrıca, izolasyonlu haberleşme ve MOSFET sürücülerinin kullanılması, sistemin güvenliğini artırmış ve elektromanyetik girişimlerin etkisini minimize etmiştir.

Bu bağlamda, geliştirilen güç dağıtım kartı, su altı araçlarının enerji yönetimi için sağlam, güvenilir ve verimli bir çözüm sunmakta olup, endüstriyel ve akademik açıdan önemli bir katkı sağlamaktadır. İzolasyon teknolojilerinin etkin kullanımı, sistem bileşenleri

arasındaki güvenli ayrışmayı sağlayarak, potansiyel arızaların ve güvenlik risklerinin önüne geçmektedir. Sonuç olarak, bu çalışma, enerji verimliliği ve güvenliği arasında denge sağlayan bir tasarım sunarak, otonom su altı araçları gibi zorlu uygulamalarda enerji yönetiminin etkin bir şekilde yapılabileceğini göstermektedir.

## 9. Kaynakça

- [1] Roinila, Tomi, et al. "Hardware-in-the-loop methods for real-time frequency-response measurements of on-board power distribution systems." IEEE Transactions on Industrial Electronics 66.7 (2018): 5769-5777.
- [2] Ağaçayak A. C.,Terzioğlu H.,Özdeş B., "Bölüm 3: Elektrikli Araçlarda Telemetri", Elektrikli Araçlara Genel Bakış 2 , (2020)., İksad, Editör:H. Terzioğlu, G. Yalçın, Basım Sayısı:1, Ss 132, Isbn:978-625-7687-48-5.
- [3] STM32." IEEE Embedded Systems Letters 13.3 (2020): 90-93.
- [4] Zhao, Li, et al. "In-circuit programmer of STM8 based on MCU." Proceedings of 2011 International Conference on Electronic & Mechanical Engineering and Information Technology. Vol. 8. IEEE, 2011.
- [5] Yılmaz F.,Pekgör A.,Arsel İ.,Servi S.,İnan O.,Genç A.,Oturanc G., "New Perspectives On Artificial Intelligence, Optimization, And Data Analytics In Computational Engineering/Alternative Distributions In Wind Speed Forecasting And A Comparison ", Innovative Approaches in Applied Engineering Fields, (2024)., Selcuk University Press, Editör:Doğan Nurettin, Alan Selahattin, Yılmaz Acar Züleyha, Basım sayısı:1, Ss 318, ISBN:978-975-448-246-1.
- [6] Şahin N.,Servi S., "New Perspectives On Artificial Intelligence, Optimization, And Data Analytics In Computational Engineering Innovative Approaches In Applied Engineering Fields", A Novel Hybrid Algorithm: Enhancing Tuna Swarm Optimization with Cuckoo Search for Global OptimizationG/) (2024)., Selcuk University Press, Editör:Doğan Nurettin, Alan Selahattin, Yılmaz Acar Züleyha, Basım sayısı:1, Ss 318, ISBN:978-975-448-246-1.
- [7] Bilgin, O. and Kazan, F. A. "The effect of magnet temperature on speed, current and torque in PMSMs," in 2016 XXII International Conference on Electrical Machines (ICEM), 2016: IEEE, pp. 2080-2085.
- [8] Kazan, F. A. "Microcontroller based simulation of the very high frequency omnidirectional radio range (VOR)," International Journal of Aeronautics and Astronautics, vol. 1, no. 1, pp. 33-41, 2020.
- [9] İyidiler G., Akkuş F., Servi S., "Veri Bilimi Öğretimi İçin Grafikselleştirilmiş Programlama Ortamı ", Mühendislikte Yeni Araştırmalar, (2022)., Tablet Kitabevi, Editör:Yalçın Gökhan, Ağaçayak Abdullah Cem, Basım sayısı:1, Ss 294, ISBN:978-605-5447-75-5.
- [10] Karaoğlu O.,Servi S.,Keskin Y.,Kurnaz A. (2007). Isı İletim Probleminin Çözümü için Yeni Yöntemler. 16. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi .
- [11] Gaboriault, Mark, and Andrew Notman. "A high efficiency, noninverting, buck-boost DC-DC converter." Nineteenth Annual IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition, 2004. APEC'04.. Vol. 3. IEEE, 2004.

- [12] Abbasi, Muhammad Umar. "Digital Control Of A Buck Converter Using An 8 Bit STM Microcontroller." *International Journal of Scientific & Technology Research* 6.04 (2017).
- [13] Karthikeyan, Soundarapandian, et al. "Low-voltage analog circuit design based on biased inverting opamp configuration." *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Analog and Digital Signal Processing* 47.3 (2000): 176-184.
- [14] Pepka, Gary. "Position and level sensing using Hall-effect sensing technology." *Sensor Review* 27.1 (2007): 29-34.
- [15] Kazan, F. A. and Bilgin O., "Simulation of PMSM Operating at Different Speeds and Optimization of PI Controller Parameters," *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Dergisi*, vol. 4, no. 1, pp. 86-105, 2020.
- [16] Kazan, F. A. and Akkaya, R. "The Effect of Increases in User Weight and Road Slope on Energy Consumption in Disabled Vehicle Driven with PMSM," *Balkan Journal of Electrical and Computer Engineering*, vol. 9, no. 1, pp. 1-7, 2021.
- [17] Kazan, F. A. and Solak, H. "Improvement of ultrasonic sensor-based obstacle avoidance system in drones," *International Journal of Aeronautics and Astronautics*, vol. 4, no. 1, pp. 9-35, 2023.
- [18] Al-bayati, Ali MS, et al. "A comparative design and performance study of a non-isolated DC-DC buck converter based on Si-MOSFET/Si-Diode, SiC-JFET/SiC-schottky diode, and GaN-transistor/SiC-Schottky diode power devices." *2017 North American Power Symposium (NAPS)*. IEEE, 2017.
- [19] Erickson, Robert W., and Dragan Maksimovic. *Fundamentals of Power Electronics*. Springer, 2020.
- [20] Neşeli S., Yalçın G., Terzioğlu H., Ağaçayak A.C. (2019). Nano Yüzey Kalitesi Oluşturmak İçin Lepleme Makinesi Tasarımı. V Science Technology And Innovation Congress, 374-380. .
- [21] Yalçın N. K., Neşeli S., Terzioğlu H., "Prototip Ürün Üretmek İçin 3 Eksenli Masa Üstü Cnc Router Tasarımı", *Mühendislikte Yeni Araştırmalar*, (2022)., Tablet Kitapevi, Editör:Öğr. Gör. Gökhan Yalçın, Öğr. Gör. Abdullah Cem Ağaçayak, Basım Sayısı:1, Ss 305, Isbn:978-605-5447-75-5.
- [22] Binali R., Yalçın G., Ağaçayak A.C., "Modern İmalat Yöntemlerine Genel Bakış ", *Mühendislik Alanında Akademikçalışmalar-1*, (2021)., İksad, Editör:Dr. Öğr. Üy. Hakan Terzioğlu, Öğr. Gör. Gökhan Yalçın, Basım Sayısı:1, Ss 200, Isbn:978-625-8423-15-0.
- [23] Yurico, Timothy Hutton, and Slamet Riyadi. "Comparative Study of TLP250 and IR2132 Driver-Based Inverter for Induction Motor Driving." *Journal of Studies in Science and Engineering* 4.1 (2024): 26-43.
- [24] Mirjafarlı S., Ağaçayak A.C. (2022). Domestic Control Board Design For Underwater Vehicle. Selçuk University International Technology And Innovation Student Symposium .
- [25] Su, Yishan, et al. "A general embedded underwater acoustic communication system based on advance

- [26] Huang, Pin Yu, and Toshihisa Shimizu. "High power/current inductor loss measurement with shunt resistor current-sensing method." 2018 International Power Electronics Conference (IPEC-Niigata 2018-ECCE Asia). IEEE, 2018.
- [27] Pasetti, Giuseppe, Luca Fanucci, and Riccardo Serventi. "A High-Voltage Low-Power DC-DC buck regulator for automotive applications." 2010 Design, Automation & Test in Europe Conference & Exhibition (DATE 2010). IEEE, 2010.
- [28] Kuo, Sen-Tarn, et al. "Efficient power conversion for underwater robotics." *Robotics and Automation Letters*, 5.2 (2020): 1785-1792.
- [29] Caccia, Massimo, et al. "Autonomous underwater vehicles: Overview of research and applications." *Ocean Engineering*, 139 (2017): 34-46





---

## **BÖLÜM-5**

# **İNSANSIZ SUALTI ARAÇLARININ MEKANİK TASARIMINDA DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN TEMEL HUSUSLAR**

*Mehmet Resul POLAT<sup>1</sup>  
Zeynep YAĞDIRAN<sup>2</sup>  
Süleyman NEŞELİ<sup>3</sup>*

<sup>1</sup><https://orcid.org/0009-0004-0624-7888>

<sup>2</sup><https://orcid.org/0009-0001-9779-3523>

<sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0003-1553-581X>

## İNSANSIZ SUALTI ARAÇLARININ MEKANİK TASARIMINDA DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN TEMEL HUSUSLAR

### 1. Giriş

Otonom su altı araçları üzerine yapılan akademik çalışmaların sayısı her geçen gün artmaktadır. Günümüzde, otonom su altı araçları, çok farklı ve zor görevleri icra edebilecek düzeye gelmiştir. Son zamanlarda, özellikle ülkemizde ve dünyada geliştirilen insansız teknolojiler, otonom su altı araçlarının gelişimini de hızlandırmıştır. Otonom su altı araçları, arama-kurtarma, askeri, lojistik, su altı boru hatlarının kontrolü gibi pek çok alanda kullanılabilir düzeye gelmiştir. Otonom su altı araçlarının hem mekanik hem elektronik hem de yazılımsal gelişimi günümüzde hız kesmeden devam etmektedir. Bu çalışmada, otonom su altı araçlarının mekanik tasarımı hakkında bilgi verecek ve mekanik tasarımında dikkat edilmesi gereken konular ele alınacaktır.

### 2. AUV Ve ROV Arasındaki Fark

Otonom su altı araçları (AUV), dışarıdan herhangi bir müdahale olmaksızın istenilen görevleri yerine getiren çok fonksiyonlu makinelerdir. AUV'lara dışarıdan enerji transferi veya veri alışverişi sağlayan herhangi bir kablo bulunmamaktadır. AUV'lar içerisinde bulunan sensörler ve yapay zekâ sayesinde karmaşık görevleri insan müdahalesi olmadan yerine getirebilmektedir. Gövdeleri, sürtünme kuvvetini azaltmak ve yüksek basınca dayanabilmeleri için silindirik (torpido) olarak tasarlanır. Ayrıca araca bağlı ek bir besleme kablosu olmadığından, hidrodinamik açıdan iyi olan gövde formu daha az enerji harcayacak ve bu sayede aracın su altında daha uzun süre görev yapabilmesine olanak tanıyacaktır. Gövdeleri silindirik olarak tasarlanan araçlara genel de bir adet itici entegre edilip, aracın yönlendirilmesi kış tarafında bulunan kanatçıklar sayesinde gerçekleştirilmektedir. Verimliliğin önemli olmadığı durumlarda ise AUV'lerin gövdeleri kübik veya başka formlarda tasarlanabilmektedir. Bu durum aracın görev süresini kısaltacak ama eklenecek yeni motorlar sayesinde hareket kabiliyeti arttırılacaktır.



**Şekil 1.** ASELSAN'ın Geliştirdiği Deringöz Otonom Su Altı Aracı

Uzaktan kontrollü sualtı araçları (ROV) gövdelerine bağlı olan kablo sayesinde dışarıdan veri alışverişi ve enerji transferi yapabilmektedir. Bu sayede araçlar hem karadan kontrol edilmekte hem de enerji transferi sayesinde görev süresi daha da uzayabilmektedir. ROV'lara bağlı olan kablolar araca kıyasla daha fazla sürüklenme ve sürtünme kuvveti oluşturduğu, gövde tasarımlarının genelde hidrodinamiğe uygun olmayışı ve araca dışardan ek bir enerji transferi sağlandığı için aracın tasarımı yapılırken verimlilik dikkate alınmaz.



**Şekil 2.** Mini ROV Guardian

### 3. Ağırlık Ve Kaldırma Kuvveti Arasındaki İlişki

Ağırlık ( $W$ ), cismin kendi kütlesi nedeniyle aşağı yönlü olarak uyguladığı kuvvettir. Matematiksel olarak  $W = m.g$  olarak ifade edilir. Burada:

$m$ : Aracın toplam kütlesi (kg)

$g$ : Yerçekimi ivmesi ( $9.81 \text{ m/s}^2$ )

Kaldırma kuvveti ( $B$ ), bir cismin suya batmasıyla yer değiştiren su hacminden kaynaklanan yukarı yönlü kuvvettir. Matematiksel olarak  $B = \rho \cdot g \cdot V$  olarak ifade edilir. Burada:

$\rho_{su}$ : Suyun yoğunluğu ( $\text{kg/m}^3$ )

$g$ : Yerçekimi ivmesi ( $9.81 \text{ m/s}^2$ )

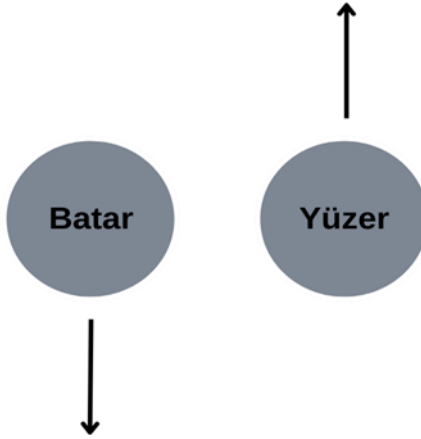
$V_{yer\ değiştiren}$ : Yer değiştiren suyun hacmi ( $\text{m}^3$ )

Bir su altı aracında ağırlık ve kaldırma merkezleri arasında oluşabilecek üç durum vardır. Bunlar:

1.  $B \leq W$  kaldırma kuvvetinin ağırlıktan küçük olduğu durum
2.  $B \geq W$  kaldırma kuvvetinin ağırlıktan büyük olduğu durum
3.  $B = W$  kaldırma kuvveti ağırlığa eşit olduğu durum

**$W > B$  Olursa**

**$W < B$  Olursa**



Şekil 3. Ağırlık-Kaldırma Kuvveti İlişkisi

#### 4. Yoğunluk Ve Kaldırma Kuvveti İlişkisi

Aracın yoğunluğu ( $\rho_{araç}$ ) ile kaldırma kuvveti arasında bir ilişki kuracak olursak. Yoğunluk formülü  $\rho = m/V_{araç}$  olarak ifade edilir. Burada:

$m$ : Aracın kütlesi

$V_{araç}$ : Aracın hacmi

Eğer  $W = m \cdot g$  formülünde  $m$  yerine  $m = \rho_{araç} \cdot V_{araç}$  ifadesi koyulursa şu formül elde edilir:

$$W = \rho_{araç} \cdot V_{araç} \cdot g$$

Bu formülde gözüktüğü gibi aracın yoğunluğunun artması veya azalması, aracın ağırlığını değiştirecek bu da aracın durumu üzerinde önemli bir rol oynayacaktır.

Aracın fazla ağır olması durumunda araç batacak ve iticiler, aracı askıda tutmak için fazladan itiş gücü sağlayacaktır. Bilakis, aracın hacminin fazla olması durumunda araç su üstüne çıkacak ve iticiler aracı su altında tutmak için fazladan itiş gücü sağlayacaklardır. Bu iki durumda da iticiler fazladan enerji harcayacak ve ROV'ların görev süresi önemli ölçüde azalacaktır. Aracın ağırlığının kaldırma kuvvetine tam eşit olduğu durumda araç devamlı olarak askıda kalacaktır. Bu durumun en büyük dezavantajı, su altında ani güç kesintisi veya elektronik bileşenlerde çıkacak sorunlardan dolayı motorların durması ve bu durma sonrasında aracın tekrar yüzeye çıkamayacak olmasıdır. Genel olarak bu durum AUV'lar için geçerlidir çünkü ROV'larda bulunan kablolar sayesinde araçlar herhangi bir acil durumda yüzeye tekrar çıkarılabilir.

Bu sorunların önüne geçmek için insansız su altı araçların da kütlelerinin en az %0,5'i kadar kaldırma kuvvetine sahip olması istenir. Bu sayede iticiler, gereken minimum itiş gücüyle aracı askıda tutabilecek ve motorların aniden durması sonucunda araca uygulanan kaldırma kuvveti aracın ağırlığından büyük olduğu için araç tekrar su üstüne çıkabilecektir.

Matematiksel olarak ifade edilecek olursa:

$$1.005W \leq B$$
$$1.005m \cdot g \leq \rho_{araç} \cdot V_{araç} \cdot g$$

Buradan:

$$1.005m \leq \rho_{araç} \cdot V_{araç}$$

Tatlı suyun yoğunluğu  $1000 \text{ kg/m}^3$  alınırsa:

$$1.005m \leq 1000. V_{araç}$$

$$V_{araç} \geq 0,001005m^3$$

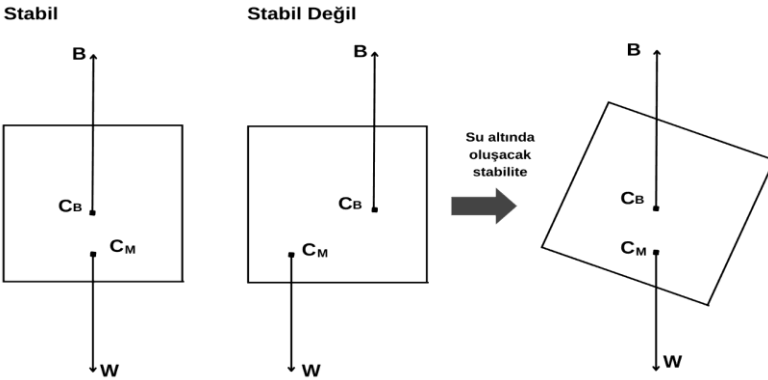
$$V_{araç} \geq 1005m \text{ cm}^3$$

Bu işlemlere göre her 1 kg için yaklaşık  $1005\text{cm}^3$  hacim olması gerekmektedir. Araç için gereken toplam hiçim yukardaki son denklemde m yerine aracın hesaplanan toplam kütesini yazılarak bulunur.

## 5. İnsansız Su Altı Araç Stabilitesi

Durgun bir suda insansız su altı aracının stabilitesini etkileyen iki faktör vardır. Bunlar; kütle merkezi (CM) ve kaldırma kuvveti merkezi (CB) dir. İnsansız su altı aracı tasarımı yapılırken, CM her zaman CB'nin altında olacak şekilde ayarlanır. Çünkü CB, CM'nin üzerinde olduğu zaman araç stabilizeyi koruyamayacak ve ters dönecektir. CB ve CM'nin aynı noktaya denk gelmesi durumunda, aracın stabilitesi çok hassaslaşacak ve ufak kuvvetlerde bile araç stabilitesini sağlamakta zorlanacaktır.

Stabilitesi sağlanmış bir araca gelen farklı eksenel kuvvetler CM ile CB arasında bir dengeleyici moment oluşturur. Bu moment araç üzerinde dengeleyici gibi görev yaparak aracın stabilitesini kazanmasına yardımcı olur. Bu nedenle iki merkez arasındaki mesafenin fazla olması stabilizeyi arttıracaktır. İki merkezin birbiri ile dikey olarak aynı doğrultuda olması gerekmektedir. Aksi takdirde araç su içinde düz duramayacak ve istenmeyen yönlere doğru yatacaktır.



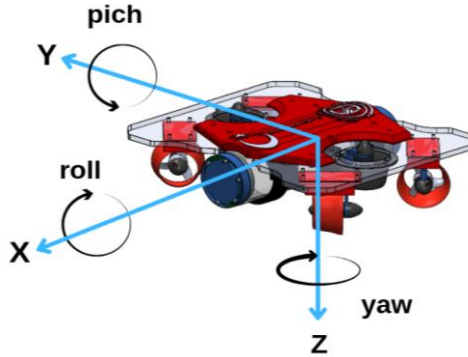
Şekil 4. Temel Stabilite Kriteri

Dinamik bir su altı aracında, denge yalnızca kütle ve kaldırma kuvveti merkezlerinden değil, aynı zamanda dış kuvvetler ve sürüklenme merkezleri gibi faktörlerden de etkilenir. Dinamik dengeyi artırmak için, aracın etkili yüzey alanlarının ağırlık merkezleri tarafından belirlenen sürüklenme merkezleri, dışarıdan uygulanan kuvvetlerin merkezleriyle hizalanmalıdır.

## 6. Su Altı Aracı Koordinat Sistemi Ve Serbestlik Dereceleri

Eğer aracın merkez noktası koordinat sistemine göre orijin kabul edilirse, araç; x, y ve z eksenleri boyunca ve bu eksenlerin etrafında gerçekleştireceği hareketlerle birlikte toplamda 6 adet serbestlik derecesine sahip olacaktır. Araç, x eksenini boyunca ileri-geri, y eksenini boyunca sağ-sol ve z eksenini boyunca yukarı-aşağı hareketlerini gerçekleştirecektir. Ayrıca, x eksenini etrafında yuvarlama (roll), y eksenini etrafında baş-kıç vurma (pitch) ve z eksenini etrafında ise dönme (yaw) hareketlerini gerçekleştirecektir.

Aracın su altında sahip olduğu serbestlik derecelerinin artması, aracın çok yönlü olmasını sağlar. Ancak tasarım süreci sırasında, aracın su altında stabilitesini koruması için her bir serbestlik derecesinin nasıl kontrol edileceği düşünülmelidir.



Şekil 5. İnsansız Su Altı Aracı Hareket Yönlerinin Gösterimi

## 7. Su Altında Kullanılan Malzemelerden İstenilen Özellikler

Genel olarak bir tasarım yapılırken, malzeme seçiminde malzemenin kullanılacağı koşul, üretim maliyeti, malzemenin istenilen üretim yöntemine uygunluğu ve erişilebilirlik durumu

dikkate alınır. Su altı araçlarında birçok malzeme türü kullanılabilir. Malzeme seçiminde dikkat edilecek ilk husus, malzemenin çalışacağı ortam ve bu ortamın malzemeden istediği kriterlerdir. Su altı için malzemelerden istenilen kriterler genel olarak şunlardır:

- • Paslanmazlık
- • Deniz suyuna karşı dayanım
- • Su tutma oranı
- • Ağırlık
- • Kaldırma kuvveti
- • Korozyon
- • Kavitasyon
- • Şok dayanımı

Paslanma, elektrokimyasal bir reaksiyonun sonucu olarak ortaya çıkar. Deniz suyunun yapısında barındırdığı tuz, oksijen, nem vb. özelliklerden dolayı paslanma sürecini hızlandırır. Özellikle metal malzeme malzeme seçimi yapılırken parlanmaya karşı drençli olması istenir. Su tutma oranı özellikle plastik parçalarda söz konusudur. Yapısında suyu tutarak hem hacmi hemde ağırlığı artan plastikler aracın yoğunluğunu değiştirerek stabilitenin bozulmasına sebebiyet verebilir. Su altında özellikle pervanelerin bulunduğu bölgelerde akışkan hızının fazla olması, basıncı düşürecek ve buharlaşma sıcaklığı da bunlara bağlı olarak düşecektir. Buharlaşma sıcaklığının düşmesiyle birlikte su kendi buharlaşma sıcaklığının daha altında buharlaşacak ve soğuk kaynama gerçekleşecektir. Soğuk kaynama sonucu oluşan buharlıklar akışkan hızının fazla olduğu bölgelerdeki malzemelerin üzerine yapışarak o bölgede aşınmalara sebebiyet vererek kavitasyona neden olacaktır. Bu durumu engellemek için pervanelerde alüminyum bronz malzeme kullanılabilir.

## **8. Su Altında Kullanılan Malzemeler**

Alüminyumlar, genel olarak hafif, korozyon direnci yüksek, manyetik olmayan ve kolay erişilebilen malzemelerdir. Bu özelliklerinden dolayı, insansız su altı araçlarında ana gövde ve kanatçık kısımlarında sıkça tercih edilirler. Su altında kullanılan alüminyum serileri şunlardır:



- • Al 5083
- • Al 6061
- • Al 7075

Ayrıca, alüminyumlara gerekli durumlarda kaplamalar yapılabilir. Eloksal ve alodin kaplama, alüminyumlarda kullanılan başlıca kaplama türleridir. Eloksal kaplama, parçaların çizilmeye karşı dirençli olması istendiği durumlarda ve elektriksel iletimin istenmediği durumlarda kullanılır. Alodin kaplama ise ısı ve elektriksel iletimin gerekli olduğu durumlarda tercih edilir. Her iki kaplama da alüminyumları korozyona karşı dirençli kılar.

Alüminyum bronz malzeme; hafif, korozyon direnci yüksek, kavitezyon direnci yüksek, manyetik olmayan ve kaplamaya ihtiyaç duymayan bir malzeme olduğu için su altı araçlarında tercih edilir.

Plastik malzemeler, genel olarak düşük sürtünme direnci, kolay erişim, saydam malzeme yapısı ve sızdırmazlık özellikleri sağladıklarından, su altı araçlarında sıklıkla kullanılan malzemelerdir. Su altında kullanılan başlıca plastik malzemeler şunlardır:

- • POM
- • Polietilen
- • Pleksiglas
- • Silikon
- • Teflon

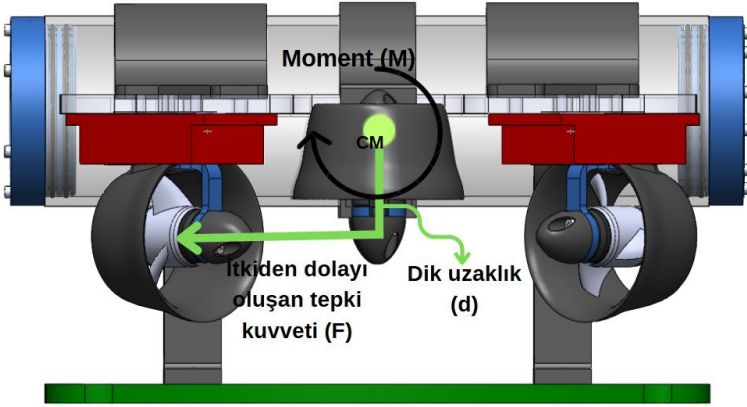
Polietilen ve pleksiglas malzemeler, yoğunluklarının suyun yoğunluğuna çok yakın olması ve kolay erişilebilir olmaları nedeniyle insansız su altı araçlarında sıklıkla tercih edilmektedir. Polietilen esnek bir malzemedir. Pleksiglas ise malzeme piyasasında mat ve şeffaf olarak bulunabilir. Silikon malzeme ise genel olarak sızdırmazlık sağlamak için kullanılır.

## 9. Su Altı Araçlarında İtici Sayısı Ve Yerleşimi

İtici, insansız su altı araçlarının hareket kabiliyetlerini sağlayan en temel unsurlardır. İtici, insansız su altı araçlarının ileri-geri, sağ-sol ve yukarı-aşağı hareketlerini sağlamaktadır. İnsansız su altı araçları, çok sayıda iticiye ve itici konumlandırmasına sahip

olabilmektedir. İnsansız su altı araçlarındaki itici sayısı, 1 adetten 8 adete kadar çıkabilmektedir. Gerekli durumlarda itici sayısı 8'den fazla olabilmektedir. Ancak 8 adet iticiyle, var olan 6 adet serbestlik derecesindeki tüm hareketler yapılabildiği için araçlarda kullanılan itici sayısı genellikle 8'i geçmemektedir.

İtici, araçlara yerleştirilirken ağırlık merkeziyle yatayda aynı konumda olacak şekilde yerleştirilmelidir. Ağırlık merkezinin altında veya üstünde bulunan iticiler, buldukları konuma göre ileri-geri hareketlerde aracın burun ve kış kısımlarında moment oluşturacaktır. Örneğin, bir aracın ağırlık merkezinin altına yerleştirilen iticiler ile araca yalnızca ileri hareket verildiğinde, aracın burun kısmını yukarı doğru kaldırmaya çalışan bir moment oluşacak ve araç, ileri hareketle beraber yukarı yönlü de hareket edecektir.



Şekil 6. Oluşan Momentin Gösterimi

Araçlarda bulunan iticiler, itici sayısına bağlı olarak çok farklı türlerde yerleştirilebilir. Genellikle insansız su altı araçlarında 1, 3, 4, 6 ve 8 adet itici kullanılır. İtici sayısına göre tasarım değişeceğinden her tasarımın kendine göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır.

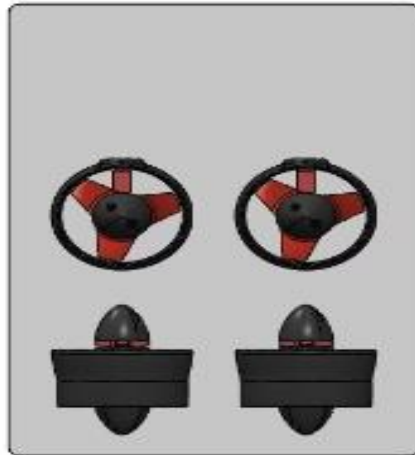
Tek iticiye sahip insansız su altı araçlarında, hareket kabiliyeti yerine verimliliğe önem verilmektedir. Hidrodinamik olarak çok iyi bir tasarıma sahip olup, diğer tasarımlara göre oldukça az enerji tüketmektedir. Bu tasarımlarda itici, aracın kış kısmına yerleştirilir. Aracın hareketleri, iticinin hemen önünde bulunan hareketli kanatçıklar yardımıyla gerçekleştirilir. Ancak bu tasarım, manevra kabiliyeti bakımından diğer çok iticili tasarımlara göre geride

kalmaktadır. Bu tasarımda araç; yalnızca sağ, yalnızca sol, yalnızca yukarı, yalnızca aşağı, yaw ve pitch hareketlerini gerçekleştirememektedir. Ayrıca aracın üzerine robot kol gibi birden fazla mekanik sistemin entegre edilmesi oldukça zordur.



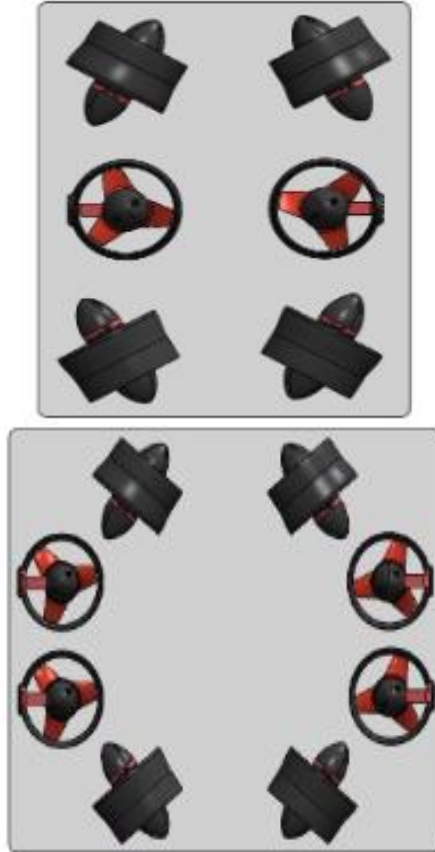
Şekil 7. Tek İtici Tasarım

Dört iticiye sahip tasarımlarda, genel olarak arkadaki iki motor aracın ileri-geri ve sağ-sol hareketlerini sağlarken, ortadaki iki motor aracın yukarı-aşağı hareketlerini sağlamaktadır. Bu tür tasarımlarda itici sayısının diğer tasarımlara göre az olması, enerji tüketimini azaltır. Aynı zamanda itici sayısının az olması nedeniyle, diğer çok iticili araçlara göre hidrodinamiği daha iyi olan araçlar tasarlanabilmektedir. Ancak araç, sahip olduğu dört itici ile yalnızca sağ, yalnızca sol, yaw ve pitch hareketlerini gerçekleştiremez. Bu durum, manevra kabiliyetinin düşmesine sebep olmaktadır.



**Şekil 8. Dört İtici Tasarım**

Altı iticiye sahip araçlar, genel olarak hidrodinamik açıdan verimsiz olarak tasarlanır. Bu tasarımlardaki asıl amaç, manevra kabiliyeti yüksek bir tasarım oluşturmaktır. Genel olarak altı iticiye sahip araçlarda, 4 motor yatayda 30 veya 45 derece açıyla yerleştirilerek aracın yalnızca sağ, yalnızca sol, yalnızca ileri, yalnızca geri ve yaw hareketlerini gerçekleştirmesini sağlar. Geri kalan iki itici ise aracın yalnızca yukarı, yalnızca aşağı ve roll hareketlerini gerçekleştirir. Sekiz iticili tasarımlarda ise bu hareketlerin yanına pitch hareketi eklenerek aracın tüm serbestlik derecelerinde hareket etmesi sağlanır.

**Şekil 9. Altı ve Sekiz Tasarımlar**

## 10. Kaynakça

- [1] Yılmaz, G., &Yılmaz,S.(2022). ‘Analysis of Depth and Speed-Dependent Variation of Hydrodynamic Drift and Lift Forces in Unmanned Underwater Vehicles (UUV) with CFD’, Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi, 14(1), 72-83.
- [2] Canlı,G.,A., &Kurtoğlu,İ.(2015). ‘Dünyada ve Ülkemizde İnsansız Sualtı Araçları (İSAA-AUV & ROV) Tasarım veUygulamaları’, Gıdb Dergisi, (4),43-75.
- [3] Neşeli S.,Yalçın G.,Terzioğlu H.,Ağaçayak A.C. (2019). Nano Yüzey Kalitesi Oluşturmak İçin Lepleme Makinesi Tasarımı. V Science Technology And Innovation Congress, 374-380.
- [4] Yalçın N. K., Neşeli S., Terzioğlu H., “Prototip Ürün Üretmek İçin 3 Eksenli Masa Üstü Cnc Router Tasarımı”, Mühendislikte Yeni Araştırmalar, (2022)., Tablet Kitapevi, Editör:Öğr. Gör. Gökhan Yalçın, Öğr. Gör. Abdullah Cem Ağaçayak, Basım Sayısı:1, Ss 305, Isbn:978-605-5447-75-5.
- [5] Binali R., Yalçın G., Ağaçayak A.C., “Modern İmalat Yöntemlerine Genel Bakış “, Mühendislik Alanında Akademikçalışmalar-1, (2021). İksad, Editör:Dr. Öğr. Üy. Hakan Terzioğlu, Öğr. Gör. Gökhan Yalçın, Basım Sayısı:1, Ss 200, Isbn:978-625-8423-15-0.
- [6] Gonzalez,L.,A.(2004).‘Design Modelling and Control of an Autonomous Underwater Vehicle’. <https://www.kimerius.com/app/download/5785518080/Design,+modeling+and+control+of+an+autonomous+underwater+vehicle.pdf>
- [7] Hyakudome,T.(2011).‘Design of Autonomous Underwater Vehicle’, International Journal of Advanced Robotic Systems,8(1), 122-130.
- [8] Wadoo,s.,&Kachroo,P.(2011). ‘Autonomous Underwater Vehicles’,Taylor & Francis Group
- [9] Terzioğlu, H., Kazan, F. A. and Selek, M. "The Use of dsPIC in the Identification of Inertia Moment and Friction Coefficient of PMS and DC Motors," presented at the 3rd International Conference on Electrical Engineering and Applications (ICEEA 2013), Konya, Turkey, October 24-25, 2013, 2013.
- [10] Kazan, F. A. and Akkaya, R. "The Effect of Increases in User Weight and Road Slope on Energy Consumption in Disabled Vehicle Driven with PMSM," Balkan Journal of Electrical and Computer Engineering, vol. 9, no. 1, pp. 1-7, 2021.
- [11] Mirjafarlı S., Ağaçayak A.C. (2022). Domestic Control Board Design For Underwater Vehicle. Selçuk University International Technology And Innovation Student Symposium .
- [12] Lee,M.,R., &Chen,Y.(2022).‘AnInnovative Pose Control Mechanism for a Small Rudderless Underwater Vehicle’. <https://doi.org/10.3390/machines10050352>
- [13] TEKNOFEST.(2020, June 10).İnsansız Sualtı Sistemleri Yarışması Sualtı Sistemleri Mekanik Tasarımı.[Video]. YouTube.

[https://youtu.be/I-ZndZd6khw?list=PLCxhoYT7fQpW-d39\\_8KtYM6ExrL6i3CuK](https://youtu.be/I-ZndZd6khw?list=PLCxhoYT7fQpW-d39_8KtYM6ExrL6i3CuK)

- [14] Ağaayak A. C., Terzioğlu, H., Özdeş B., "Bölüm 3: Elektrikli Araçlarda Telemetri", Elektrikli Araçlara Genel Bakış 2 , (2020)., İksad, Editör:H. Terzioğlu, G. Yalçın, Basım Sayısı:1, Ss 132, Isbn:978-625-7687-48-5.
- [15] Mırjafarlı S., Ağaayak, A.C. (2022). Domestic Control Board Design For Underwater Vehicle. Selçuk University International Technology And Innovation Student Symposium .
- [16] Muljowidodo, K., Adi N, S., Prayogo, N., & Budiyo, A. (2009). Design and testing of underwater thruster for SHRIMP ROV-ITB.
- [17] Ross, C.T.F., (2005). 'A conceptual design of an underwater missile launcher'. Ocean Engineering January (1), 85–99
- [18] Gülgün, T., Alankaya, G., Duran, M. E., Erdoğan, M., Yalçinkaya, İ., Durdu, A., & Terzioğlu, H. (2020). 'Low-Cost Unmanned Underwater Vehicle Design'. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 363-367.
- [19] Tangorra, J. L., Davidson, S. N., Hunter, I. W., Madden, P. G., Lauder, G. V., Dong, H., . . . Mittal, R. (2007). 'The development of a biologically inspired propulsor for unmanned underwater vehicles'. IEEE Journal of Oceanic Engineering, 32(3), 533-550.
- [20] Terzioğlu, H., Kazan, F. A. and Selek, M. "The Use of dsPIC in the Identification of Inertia Moment and Friction Coefficient of PMS and DC Motors," Applied Mechanics and Materials, vol. 446-447, pp. 1197-1201, 2014, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.446-447.1197.
- [21] Kazan, F. A. and Solak, H. "Improvement of ultrasonic sensor-based obstacle avoidance system in drones," International Journal of Aeronautics and Astronautics, vol. 4, no. 1, pp. 9-35, 2023.
- [22] Alam, K., Ray, T., & Anavatti, S., G. (2017). 'Design Optimization of an Unmanned Underwater Vehicle Using Low- and High-Fidelity Models', IEE Transactions On Systems, 47(11), 2794-2808.
- [23] Bozoklu, B. (2021). 'Otonom Su Altı Araçlarının (AUV) Temel Dizayn Prensipleri ve Konsept Dizayn'. Otonom Su Altı Araçlarının (AUV) Temel Dizayn Prensipleri ve Konsept Dizayn
- [24] Ross, T., F., R. (2006). 'A Conceptual Design of an Underwater Vehicle', Ocean Engineering, 33, 2087-2104.

---

## **BÖLÜM-6**

# **PYTHON'UN SUALTI ARAÇLARININ YÜZEY İSTASYONLARI İLE İLETİŞİM KURMASI İÇİN KULLANILMASI**

*Alime Hülya Öğüt<sup>1</sup>  
Fatih Alpaslan KAZAN<sup>2</sup>*

<sup>1</sup><https://orcid.org/0009-0005-1258-7405>

<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-5461-0117>

## PYTHON'UN SUALTI ARAÇLARININ YÜZEY İSTASYONLARI İLE İLETİŞİM KURMASI İÇİN KULLANILMASI

### 1. Giriş

İnsansız sualtı araçları (İSA), modern teknolojinin sağladığı imkanlarla, okyanus diplerinin izlenmesi, su sıcaklık haritalarının oluşturulması ve tuzlu su katmanlarının tespiti gibi önemli çevresel görevleri yerine getirmekte büyük bir rol oynamaktadır. Bunun yanı sıra, kayıp arama-kurtarma, mayın temizleme, gemi altı bakımı ve hasar incelemesi gibi zorlu operasyonlarda da etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca, derin denizlerden görüntü alma, batıkların incelenmesi, sahil güvenliğinin sağlanması ve çeşitli askeri görevlerin yerine getirilmesi gibi kritik uygulamalar için de tercih edilmektedir. Çevresel sürdürülebilirlik açısından, baraj tabanlarının temizlenmesi, tatlı su kaynaklarının izlenmesi ve kirlilik analizleri gibi görevlerde önemli bir katkı sunmaktadır [1].

Son yıllarda, insansız araç teknolojilerindeki ilerlemeler, telekomünikasyon, sualtı araştırmaları ve savunma gibi farklı alanlarda kullanım potansiyelini artırmıştır. Bu araçlar, veri aktarımında yaşanabilecek kayıpları minimize etme hedefiyle tasarlanmış ve yüksek hareket kabiliyetleri sayesinde baz istasyonu olarak alternatif çözümler sunmaktadır [2]. İnsansız araçlar, genel olarak kullanım alanlarına göre sualtı, kara ve hava araçları olarak sınıflandırılabilirken; kontrol yöntemlerine göre ise otonom veya uzaktan kontrollü olarak iki kategoriye ayrılmaktadır. Özellikle otonom araçlar, sensörlerden aldıkları verilerle bağımsız hareket kabiliyeti ve görevleri yerine getirme yeteneği ile öne çıkmaktadır.

### 2. Sualtı Cihazlar

İnsansız sualtı araçları, modern teknolojinin gelişimiyle birlikte, hem sivil hem de askeri alanlarda çeşitli görevlerde kullanılmaktadır. Bu araçların tarihine baktığımızda, 1864 yılında Avusturya'da Luppis-Whitehead Automobile tarafından geliştirilen ve torpido şekline sahip olan "PUV Programmed Underwater Vehicle" isimli uzaktan kumandalı araç dikkat çekmektedir. Daha modern



tasarımlara ise, 1953 yılında Dimitri Rebikoff'un geliştirdiği "Poodle" adlı model örnek verilebilir. İnsansız sualtı araçlarının gelişimi, özellikle Britanya Kraliyet Donanması ve ABD Donanması tarafından yapılan çalışmalarla ivme kazanmıştır [3, 4]. Geliştirilen cihazlardan biri de sualtı kablosuz sensör ağlarıdır, deniz trafiği risklerini azaltmak ve deniz ortamını sürekli olarak izlemek amacıyla geliştirilmiş sistemlerdir. Bu ağlar, sualtındaki çeşitli parametreleri izleyerek, deniz ekosistemlerinin korunmasına ve güvenliğinin sağlanmasına katkıda bulunur [5].

Son yıllarda, Nesnelerin İnterneti (IoT) teknolojilerinin sualtı uygulamalarına entegre edilmesiyle, Sualtı Nesnelerin İnterneti (IoUT) ve Deniz Nesnelerin İnterneti (MIoT) gibi kavramlar ortaya çıkmıştır. Bu platformlar, otonom sualtı araçları (AUV'ler), uzaktan kumandalı araçlar (ROV'ler), deniz sensörleri, sonar istasyonları ve şamandıralar gibi birçok bileşenin koordinasyonunu sağlamayı hedeflemektedir. Böylece bu sistemler, sualtı görevlerinde veri alışverişini standartlaştırmak ve farklı robotik ajanların ortak çalışmasını kolaylaştırmak için kullanılmaktadır. Özellikle deniz kuvvetleri ve savunma sanayisi, bu teknolojileri çevresel araştırmalar, kıyı güvenliği, ulusal kaynakların korunması ve inşaat faaliyetleri gibi çok çeşitli amaçlarla benimsemiştir [6].

MIoT ve IoUT platformları, yapay zeka destekli algoritmaların entegre edilmesiyle daha işlevsel hale gelmektedir. Bu bağlamda, Maritime IoT (Denizcilik Nesnelerin İnterneti), sualtı ve su üstü nesneleri arasında veri ve kontrol komutlarının değişimini sağlayan bir donanım-yazılım sistemi olarak tanımlanmaktadır. Bu sistemler, gerçek zamanlı veri iletimi, ölçüm sonuçları ve video aktarımı gibi uygulamalarda kritik rol oynar. Ayrıca, Uluslararası Denizcilik Örgütü'nün (IMO) geliştirdiği "e-Navigation" konsepti, bu teknolojilerin gelişimini hızlandırmıştır.

Sualtı araçlarının operasyonel başarısını artırmak için görüntü işleme ve derin öğrenme teknikleri kullanılmaktadır. Raspberry Pi 3 mikroişlemcisi ve kamera modülü gibi ekipmanlar, bu sistemlerin otonom görevleri yerine getirebilmesi için temel donanımlardır. Yazılım tarafında ise Python dili, nesne tanıma ve takip gibi görevlerde OpenCV ve TensorFlow gibi kütüphanelerle birlikte kullanılmaktadır. Bu araçlar, görüntü işleme sürecinde nesne tespiti,

konum belirleme ve gerçek zamanlı analiz yapılmasını sağlamaktadır [7].

Bu kapsamda, Python'un gücü ve esnekliği, sualtı araçlarının tasarımı ve görevleri üzerindeki etkisini önemli ölçüde artırmış, bu alanda yeni ufuklar açmıştır. Söz konusu teknolojiler, hem akademik hem de endüstriyel araştırmalara katkı sağlayarak denizcilik sektörünün modernizasyonuna öncülük etmektedir.

İnsansız Sualtı Araçları (İSAA), günümüzde askeri ve sivil alanlarda geniş bir kullanım yelpazesine sahiptir. Sivil kullanım alanları ise şu şekilde sıralanabilir:

- Arama ve kurtarma operasyonları
- Sualtı boru hattı ve kablo döşeme ile bunların bakımı ve denetimi
- Köprü ayakları kontrolleri
- Sualtı durum farkındalığı sağlama
- Sualtı inşaatı ve bakım/onarım çalışmaları
- Sualtı örneklerinin toplanması
- Batıkların kurtarılması
- Sualtı naaş ve delil çıkarma işlemleri
- Çevresel araştırmalar ve çevre kirliliği izleme
- Oşinografik araştırmalar ve biyoçeşitlilik çalışmaları
- Batık objelerin araştırılması (gemi, uçak vb.)
- Sualtı güç istasyonları, hidroelektrik ve nükleer santrallerin denetimi
- Su rezervuarları, baraj kapakları ve su setlerinin incelenmesi
- Sualtı boru hattı kaynaklarının incelenmesi
- Balık, yengeç ve su yüzeyi araştırmaları
- Zebra midyeleri ve temizlik işlemleri
- Arkeolojik çalışmalar
- Sualtı haritalama ve döşeme
- Belgesel çekimleri
- Su parkları ile ilgili çalışmalar
- Korozyon ve katodik ölçümler
- Sualtı olay yeri incelemeleri
- Gemi teknesi, pervane ve yönlendirme ekipmanlarının incelenmesi
- Dalgıç gözlemleri ve destek elemanı olarak görev yapma

Bu şekilde, İSAA'lar, geniş bir yelpazede çok çeşitli sivil uygulamalarda etkin bir şekilde kullanılmaktadır [4].

### 3. Python Programlama Dili

Sualtın araçlarının yüzey ile iletişimde en yaygın kullanılan programlama dilinde biri ise python' dır. 1991 yılında Guido Van Rossum tarafından geliştirilen Python, popüler ve öğrenmesi kolay bir programlama dilidir. Sunucu taraflı web uygulamaları, sistem betikleri, matematiksel hesaplamalar, veritabanı işlemleri gibi geniş bir kullanım alanına sahiptir. Python, yazım kurallarının basit olması ve İngilizce'ye yakın yapısı ile programlamaya yeni başlayanların bile ilgisini çekmektedir. Nesneye Yönelik Programlama (NYP) ise veriyi ve ona uygulanabilen fonksiyonları bir araya getiren bir yaklaşımdır. Bu sayede, kod tekrarı azalır, yazılım daha modüler hale gelir ve bakım kolaylaşır.

Python, açık kaynaklı paketler ve kütüphaneler sunarak, basit uygulamalardan karmaşık yazılımlara kadar geniş bir yelpazede program geliştirmeyi mümkün kılar. Bu da Python'u en kolay öğrenilebilen dillerden biri haline getirir. Bu özellikleri nedeniyle, Python, sualtı araçlarının yüzey ile iletişimde en yaygın kullanılan programlama dillerinden biri olmuştur [8].

### 4. Python ile Görüntü İşleme

Kamera ve diğer ekipmanlar kullanılarak, sualtından elde edilen görüntülerin işlenmesi gerekmektedir. Çünkü işlenmeden bu veriler anlamsızdır. Bu verileri işleyebilmek için en yaygın kullanılan programlama dili ise python' dır. Python da görüntü işlemenin birçok farklı yöntemi vardır. Genel olarak aşamalardan ve işleyişten bahsetmemiz gerekirse şu şekildedir.

#### 4.1. Gerekli kütüphanelerin kurulması

İhtiyaca istinaden projede kullanılması gereken kütüphanelerin kurulumu yapılır [9].

#### 4.2. Görüntü Okuma ve Görüntüleme

Python'da görüntü işleme süreci genellikle bir resmi okumakla başlar. OpenCV'nin imread fonksiyonu, görüntüyü belleğe yükler.

Ardından, imshow fonksiyonu ile bu görüntü ekranda gösterilebilir. Bu adım, görsel verilerin işlenmesine başlamadan önce kullanıcıya görüntülerin nasıl görüldüğünü anlaması için yardımcı olur.

### **4.3. Görüntü Dönüşümleri**

Gri Tonlama (Grayscale): Renkli bir görüntü, çoğu zaman analiz için gri tonlamaya dönüştürülür. OpenCV'nin cvtColor fonksiyonu bu dönüşümü yapar. Gri tonlama, özellikle kenar tespiti ve nesne algılama gibi işlemler için faydalıdır.

### **4.4. Yeniden Boyutlandırma (Resizing)**

Görüntüler genellikle farklı boyutlarda gelir, bu nedenle belirli bir boyuta yeniden boyutlandırılması gerekebilir. OpenCV'nin resize fonksiyonu, bir görüntüyü istenilen boyutlarda yeniden boyutlandırır.

### **4.5. Görüntü Filtreleme**

Görüntüler üzerinde gürültüyü azaltmak veya belirli özellikleri vurgulamak için filtreler kullanılır. Örneğin, Gaussian Blur filtresi, görüntüyü bulanıklaştırarak gürültüyü azaltır ve kenarları daha belirgin hale getirir. OpenCV'de GaussianBlur fonksiyonu ile bu işlem yapılır.

### **4.6. Kenar Tespiti**

Kenar tespiti, görüntüdeki önemli yapıları veya sınırları belirlemek için kullanılır. OpenCV, Canny Edge Detection algoritması ile kenarları tespit etmek için Canny fonksiyonunu sağlar. Bu işlem, nesne tanıma ve segmentasyon için oldukça önemlidir [10].

### **4.7. Nesne Tespiti**

Nesne tespiti, bir görüntüdeki belirli nesnelere (örneğin, yüzler, arabalar, hayvanlar) tanımak için kullanılır. OpenCV, Haar Cascade Classifiers gibi sınıflandırıcıları kullanarak yüz tespiti gibi işlemleri gerçekleştirebilir. Bu sınıflandırıcılar, önceden eğitilmiş modelleri kullanarak görüntüdeki nesnelere tanıma yapar.

### **4.8. Görüntü Kaydetme**

İşlenen veya düzenlenen görüntü kaydedilmek istendiğinde, OpenCV'nin imwrite fonksiyonu kullanılır. Bu fonksiyon, üzerinde işlem yapılan görüntüyü bir dosya olarak kaydetmeye olanak tanır [10].

## 5. Python'un Sualtı İletişimindeki Rolü ve Kullanılan Cihazlar

Tasarlanan sualtı cihazlarda, genel olarak uzaktan kontrol, gelişmiş otonom seyir yetenekleri, görüntüleme sonarları ve kamera kullanarak keşif ve gözetleme, şüpheli cisimlerin otomatik tanımlanması ve uyarı verilmesi, veri ve görüntü aktarımı için yüzer bir ara birim sağlama, ayrıca insansız sistemlerle uyumlu bir birleşik mimari sunma özelliklerine sahiptir [11].

### 5.1.1. Tarama Sonarı

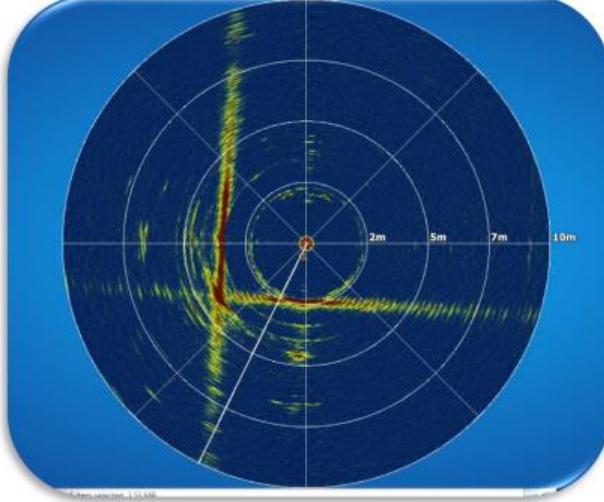
Sound Navigation And Ranging (SONAR) sistemleri, sualtındaki nesnelere tespit etmek için ses darbelerini kullanarak bu darbelerin yansımalarını kaydeder. Bu aktif sonar türü, çevresel akustik özellikleri belirlemek için geniş dikey bir huzmeye ve dar bir yatay huzmeye sahip bir "fan" şeklinde akustik huzme oluşturur. Tarama sonarları, çevredeki nesnelere bilgilerini toplar ve bunları bir izleyici üzerinde detaylı bir kesitte görselleştirir. Sualtı aracına takılacak bir Sonar ile; yörünge düzeltme, deniz dibi görüntüleme, obje tanıma, mayın tanımlama, hedef takibi gibi görevleri gerçekleştirmek mümkündür. Ayrıca sualtı aracına takılacak bir kamera ile; düşük derinliklerde yörünge takibi, çarpışma kontrolü, hedefi takip, deniz dibi haritalama görevleri yapılabilir [12].

Sonar, sesin hızını dikkate alarak taramadan geri dönen sesin zamanı ve kat ettiği mesafeyi hesaplamak için şu denklemi kullanır:

$$meafe = sesin\ sudaki\ hızı * (yankı\ için\ ölçülen\ süre)$$

Denizde sesin hızı yaklaşık 1500 m/s civarındadır. Ancak, bu hız denizin tuzluluk oranına, suyun sıcaklığına ve sonarın basınç altındaki hassasiyetine göre değişebilir. Çoğu sonar sisteminin sesin hızını otomatik olarak hesaplama özelliği yoktur, bu nedenle doğru sonuçlar almak için bu ayarların manuel olarak yapılması gerekir. Bu ayarları yapabilmek için Python yazılımı veya kullanılan ara yüz programı kullanılabilir.

Örneğin, Blue Robotics firmasının geliştirdiği PingViewer uygulaması ile kaydedilen bir tarama, bilgisayar üzerinden RS-485 USB dönüştürücü kullanılarak haberleşme bağlantısı sağlanarak elde edilmiştir. Tarama çıktısının doğru şekilde alınabilmesi için gerekli ayarların nasıl yapıldığı, Şekil 1’de gösterilmektedir [13].



Şekil 1. Havuz ortamında örnek bir tarama çıktısı

### 5.1.2. Drone

Drone'lar, sualtındaki balinaların görüntülerini almak için kullanılır ve bu görüntüler, Python ile işlenir. OpenCV gibi kütüphanelerle görüntüler önce temel işleme teknikleriyle (gri tonlama, kontrast artırma) işlenir. Ardından, Yolo veya SSD gibi nesne algılama algoritmalarıyla balinalar tanımlanır. Derin öğrenme kütüphaneleri (TensorFlow, PyTorch) kullanılarak tanıma doğruluğu artırılır. Bu süreç, balinaların tespiti ve sağlık analizi için önemli veriler sağlar [14].

### 5.1.3. Raspberry Pi 3

Raspberry Pi, küçük bir bilgisayar olup, sensörlerden alınan verileri toplar ve video akışı sağlar. Bu cihazda GPIO pinleri, I2C ve PWM özellikleri bulunur [15]. Raspberry Pi 3 mikroişlemcisi, insansız sualtı aracında otonom sürüş için kullanılmıştır. Raspberry Pi 3 ile uyumlu olan Raspberry Pi Kamera Modülü tercih edilmiştir.

Yazılım dili olarak Python tercih edilmiştir. Kameradan alınan görüntülerdeki nesnelere, OpenCV kütüphanesi ve derin öğrenme yöntemleri kullanılarak tespit edilmiştir. Derin öğrenme, öğrenme verilerini temsil etmeye dayalı olarak, görüntü işleme alanında yüksek başarıyla sonuçlar elde edilmesini sağlar ve karmaşık görüntü işleme problemlerini kolayca çözmeyi mümkün kılar [7]. Python 2.7, GUI geliştirme için Tk, Wx Widgets, GTK+ gibi kütüphaneleri sağlar. Raspberry Pi 2'de bu yazılım kullanılarak sensör verileri toplanır ve laptop operatörüne gönderilir. Aynı yazılım, laptopta GUI'yi oluşturmak için kullanılır [15].

## 6. Python'un Sualtı İletişimindeki Rolü ve Kullanılan Modeller

Nesne algılama ve görüntü işleme, yapay zeka ve derin öğrenme ile büyük bir önem kazanmıştır. Canlı davranışlarını taklit eden yapay zeka, makine öğrenimini daha ileri bir seviyeye taşımış ve birçok alanda avantaj sağlamıştır. Nesne algılama, görüntülerde veya videolarda nesnelere tanımlamak için kullanılan bir bilgisayarlı görme tekniğidir. Bu süreçte, önceden tanımlanmış nesnelere veya gerçek zamanlı görüntüler üzerinde nesne tespiti yapılır. Bu amaçla çeşitli yazılımlar ve kütüphaneler kullanılmaktadır [16]. Bu programlar şunlardır;

### 6.1. Yolo Algoritması

YOLO algoritması, 2017 yılında nesne tespiti ve gerçek zamanlı görüntü işleme için geliştirilmiştir [17]. Tek bir CNN (Convolutional Neural Network) kullanması sayesinde diğer algoritmalara kıyasla daha hızlı tahmin yapabilmekte ve yüksek doğruluk oranları sunmaktadır. Genellikle COCO veri setiyle kullanılan YOLO, büyük boyutlu nesnelere %98 başarı oranı sağlarken, küçük nesnelere bu oran %60'a düşmektedir [18].

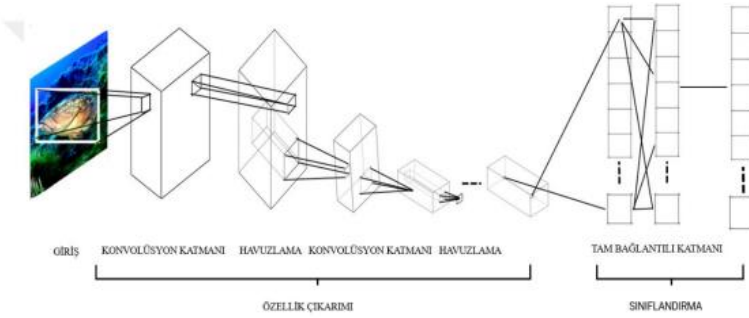
### 6.2. Open CV

OpenCV, 1999 yılında geliştirilmeye başlanmış açık kaynaklı bir görüntü işleme kütüphanesidir ve farklı platformlarda (Windows, Linux, Android, iOS vb.) çalışabilir. İçerisinde 2500'den fazla algoritma bulunduran kütüphane; yüz tanıma, nesne sınıflandırma, plaka tanıma, optik karakter tanıma ve üç boyutlu görüntü işleme

gibi işlemleri destekler. OpenCV, Google tarafından sokak haritalama ve NASA tarafından Mars keşif aracı projelerinde kullanılmıştır [9].

### 6.3. Tensorflow

Google tarafından geliştirilmiş açık kaynaklı bir derin öğrenme kütüphanesidir. Matematiksel hesaplamalar ve büyük veri işlemleri için kullanılır ve yapay zeka uygulamaları için yaygın olarak tercih edilir. TensorFlow, çok boyutlu diziler (tensorlar) üzerinde hesaplama yapar ve bu sayede derin öğrenme modellerinin eğitilmesini sağlar. TensorFlow, derin öğrenme, görüntü işleme, doğal dil işleme gibi alanlarda yaygın olarak kullanılır. TensorFlow, eğitimde GPU ve TPU gibi donanım birimlerinde çalışarak verimliliği artırır [19]. TensorFlow, Python ile kullanılarak model oluşturma, eğitim, test etme ve değerlendirme işlemleri kolaylıkla yapılabilir.



Şekil 2. Evrişimli sinir ağını oluşturan katmanlar

### 6.4. Bölgesel Evrişim Sinir Ağı (RCNN)

Bölgesel Evrişim Sinir Ağı (RCNN), görüntülerdeki nesnelere tespit etmek ve sınıflandırmak için kullanılan bir derin öğrenme modelidir. RCNN, bir görüntüyü önce potansiyel nesne bölgelerine böler ve bu bölgeler üzerinde Evrişimsel Sinir Ağları (CNN) kullanarak özellik çıkarımı yapar. Daha sonra, bu özellikler sınıflandırıcı bir model ile analiz edilerek nesnelerin türü ve konumu belirlenir. RCNN, nesne algılama alanında önemli bir yöntemdir, ancak yüksek hesaplama maliyeti nedeniyle geliştirilmiş sürümleri olan Fast RCNN ve Faster RCNN daha yaygın kullanılmaktadır [20].



### 6.5. Fast R-CNN

Fast R-CNN, nesne algılama için geliştirilen bir derin öğrenme modelidir ve RCNN modelinin daha hızlı ve verimli bir versiyonudur. Fast R-CNN, görüntüyü önceden bölgelere ayırmak yerine, tüm görüntüyü bir defada geçirip "Region of Interest" (ROI) havuzlama işlemi yaparak, her bir bölgeyi daha hızlı işler. Bu işlemde, Evrişimsel Sınır Ağı (CNN) özellik çıkarımı yapar ve ardından sınıflandırma ve nesne konumunu tahmin eder. Fast R-CNN, RCNN'ye göre daha hızlı çalışırken, daha düşük bellek kullanımı ve daha hızlı eğitim süreleri sunar. Bunun yanı sıra, daha doğru sonuçlar elde edebilmek için ROI havuzlama ve tam bağlantılı katmanlar kullanır [21].

### 6.6. SSD

SSD (Single Shot MultiBox Detector), nesne algılama için kullanılan bir derin öğrenme algoritmasıdır. SSD, bir görüntüdeki birden fazla nesneyi tek bir işlemde (single shot) tespit edebilme yeteneği sunar. Bu algoritma, tüm görüntüyü bir defada işler ve çeşitli nesnelere konumlarını (bounding box) ve sınıflarını (nesne türü) tahmin eder. SSD, her bir nesne için birden fazla boyutta "anchor" kutuları kullanarak, her kutunun olasılıklarını ve konumlarını tahmin eder. SSD'nin avantajı, hızlı işlem süresi ve yüksek doğruluk sağlamasıdır. Bu, özellikle gerçek zamanlı nesne algılama uygulamaları için önemli bir özelliktir. Ayrıca, SSD, farklı çözünürlüklerdeki nesnelere tespit edebilmek için birden fazla özelleşmiş evrişim katmanı (feature maps) kullanır. Bu, küçük nesnelere büyük nesnelere kadar geniş bir yelpazede nesne tespiti yapılmasını sağlar [21].

### 6.7. Bulanık Mantık

Bulanık kümeye dayalı modelleme, çoklu değerlikler ile değerlendirme yapması nedeniyle problemlerin çözümünde kolaylık ve gerçeğe yakınlık gibi üstünlüklere sahip olmaktadır. Buna karşın klasik kümede sadece iki değerlik (0 ve 1) söz konusudur. Bundan dolayı, ele alınan problemler kolaylıkla çözülememektedir [22].

## 6.8. DSP Tabanlı Sualtı Haberleşmesi

Sualtı haberleşmesinde genellikle ses dalgaları (akustik sinyaller) kullanılır. DSP, bu sinyalleri dijital sinyallere dönüştürüp, taşıyıcı dalgaların modülasyonunu ve demodülasyonunu yapabilir. Bu süreç, sinyalin daha verimli bir şekilde iletilmesini sağlar. DSP, yan bant modülasyonu, frekans kaydırmalı modülasyon gibi teknikler kullanarak verimli veri iletimine olanak tanır [23].

Bir DSP tabanlı sualtı haberleşme sisteminde temel bileşenler aşağıdaki gibi olabilir:

- Sinyal Toplama: Akustik sensörler, sualtı araçları tarafından gönderilen ses dalgalarını toplar. Bu sinyaller analogdan dijitale dönüştürülerek DSP işlemeye geçirilir.
- Sinyal İşleme (DSP): Toplanan dijital sinyaller, gürültü azaltma, modülasyon, hata düzeltme gibi işlemlerle işlenir.
- Veri İletimi: İşlenen veriler, veri iletimi için uygun formatlarda gönderilir. Bu, verilerin kablosuz bir şekilde veya kablolu sistemlerle iletilmesini sağlar.
- Alıcı ve Geri İşleme: Alıcı tarafta sinyaller alınır, DSP ile çözülür ve sonunda tekrar akustik sinyallere dönüştürülerek insan operatörlerine iletilir [24]. Daha sonra bu veriler python ile işlenerek anlamlı bir veri oluşturulur.

## 7. Python ile Sualtı Araçlarının İletişimi Çalışmaları

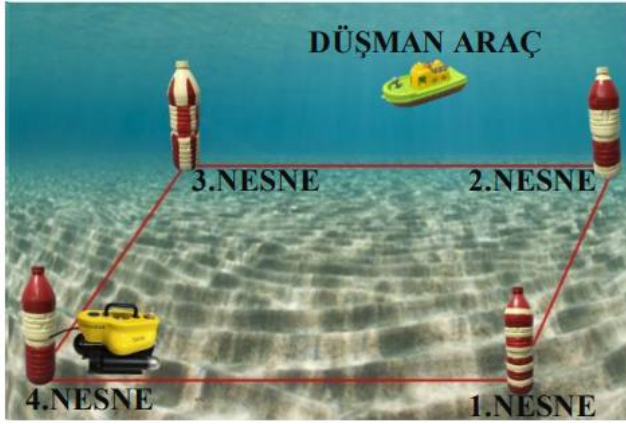
### 7.1. Çalışma 1:

Sualtı nesne tanımlama görüntüleri, uzaktan kumandalı insansız sualtı aracına entegre edilmiş ve 200 metre derinliğe kadar dalabilen bir kameradan elde edilmiştir. Yaklaşık 10 kg ağırlığındaki araç, sualtı gözlem, haritalama, veri toplama ve yüksek çözünürlüklü görüntü kaydı gibi görevlerde kullanılmaktadır. Kamera, 700 TVL çözünürlükte olup 128 derece dikey ve 96 derece yatay görüş açısına sahiptir.

Deneyler, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi yüzme havuzunda gerçekleştirilmiş ve araçtan gelen görüntüler fiber optik kablo ile bilgisayara aktarılmıştır. Python ile geliştirilen ESA algoritması, bu görüntüleri çevrimiçi olarak işlemiştir. Çalışmanın

amacı, araca otonom özellikler kazandırmak için çevresini tanıma yeteneği geliştirmektir [1, 25].

Bu çalışmada Python, insansız sualtı aracının otonom özelliklerini geliştirmek, verileri analiz etmek ve gerekli algoritmaları oluşturmak için farklı aşamalarda etkin bir şekilde kullanılmıştır. Şekil 3' te görüldüğü gibi sualtı aracına bağlanan bazı cihazlardan alınan veriler bilgisayara aktarılmaktadır. Böylece sualtından yüzeye veriler gelmeye başlar. Yüzeyle gelen bu veriler python dili ile işlenerek anlamlı sonuçlar elde edilir. Python'un kullanıldığı başlıca alanlar şunlardır:



Şekil 3. Güvenli bölge sınır nesneleri ve düşman araç



Şekil 4. Deney Ekipmanları

### **7.1.1. Haberleşme ve Kontrol**

Python, insansız sualtı aracının otonom olarak kontrol edilmesi için kullanılmıştır. Araç, Python programlama ile operatör konsolu ve bilgisayar arasında haberleştirilmiş, bu sayede araç hareketleri ve yönlendirme kararları otomatik olarak gerçekleştirilmiştir.

### **7.1.2. Algoritma Geliştirme**

Araç, çevresindeki güvenli bölgeyi taramak ve istenilen nesnelere tanımak için Python'da geliştirilen algoritmalarla donatılmıştır. Bu algoritmalar, araç testlerinden elde edilen veriler (hız, yön, sapma açısı gibi) doğrultusunda aracın nesne tanıma işlemleri sırasında yön değiştirmesini sağlayacak itici bilgilerini hesaplamak üzere tasarlanmıştır.

### **7.1.3. Veri Seti Oluşturma**

Güvenli bölge sınırlarını tanımlayan nesnelere sualtı görüntülerinden bir veri seti oluşturulmuştur. Python, bu veri setinin çoğaltılması sırasında kullanılan çeşitli veri artırma tekniklerini uygulamak için kullanılmıştır. Bu yöntemler şunlardır:

- a. Görüntülerin yatayda ve dikeyde döndürülmesi
- b. Görüntülerin belirli açılarla çevrilmesi
- c. Görüntülerin yatayda ve dikeyde kaydırılması
- d. Zoomlama, karartma ve aydınlatma gibi işlemler

### **7.1.4. ESA Model Eğitimi**

Python, derin öğrenme modeli olan ESA algoritmasının eğitimi için temel platform olarak kullanılmıştır. Eğitim sırasında, sınır noktası nesnelere görüntüleri işlenmiş ve model bu verilerle eğitilmiştir. Eğitim sürecinde, başlangıçta yeterli GPU gücü olmayan bir bilgisayar kullanılmış ancak Google Colab üzerinden Python tabanlı bir çalışma ortamı kullanılarak daha yüksek bir başarı elde edilmiştir.

### **7.1.5. Tahmini Konum Hesaplama**

Python, düşman araç algılandığında aracın zamana göre hız bilgisi ve tanımlanan sınır nesnesinin konum bilgisi ile düşman

aracın tahmini konumunu hesaplamak için kullanılmıştır. Bu, aracın otonom devriye görevi sırasında düşman aracın yerini tespit edebilmesi için geliştirilmiştir.

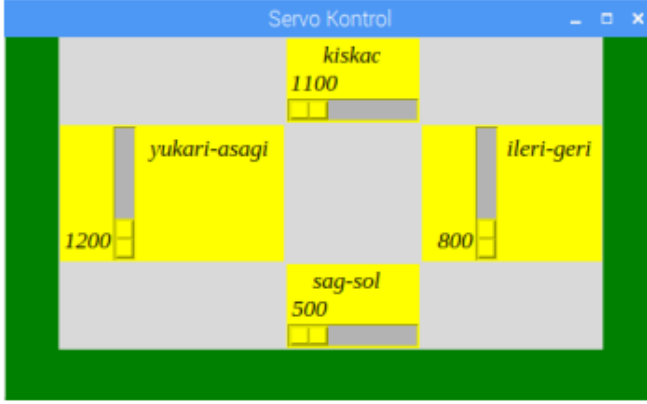
### **7.1.6. Video ve Görüntü İşleme**

Araç kamerasından alınan görüntüler, Python'da işlenerek aracın otonom nesne tanıma yetenekleri geliştirilmiştir. Çevrimiçi olarak işlenen bu görüntüler, aracın güvenli bölgeleri belirlemesine ve devriyesini tamamlamasına olanak sağlamıştır.

Bu kullanım alanları, Python'un hem veri işleme hem de otonom sistem geliştirme açısından ne kadar esnek ve güçlü bir araç olduğunu göstermektedir [1].

### **7.2. Çalışma 2**

Bu çalışmada, sualtı işlemleri için geliştirilen bir sualtı robotunun, insanın erişemeyeceği ya da erişim zorluğu yaşadığı alanlarda kullanılabilmesi amacıyla 2 eksenli bir robot kol (manipülatör) prototipi tasarlanmıştır. Prototip, Rotasyonel-Rotasyonel (RR) hareket kabiliyetine sahip olup, 4 serbestlik dereceli bir sualtı aracına entegre edilmiştir ve uç kısmında bulunan kısaç aracılığıyla cisimleri kavrayabilme özelliğine sahiptir. Manipülatörün hareketi, kavranacak nesne ile uç işlevci arasındaki mesafeyi kameradan alınan görsel geri bildirimle ölçerek gerçekleştirilmiştir. Görüntü işleme için gereken yazılım, Raspberry Pi 3 geliştirme kartı üzerinde C programlama dilinde ve OpenCV kütüphaneleri kullanılarak geliştirilmiştir. Kameradan alınan görüntüler, RGB-HSV dönüşümü ile işlenebilir formata dönüştürülerek analiz yapılmıştır. Robotun, kameradan aldığı gerçek zamanlı veriler doğrultusunda verilen görevleri otonom bir şekilde yerine getirmesi hedeflenmiştir. Nesne tespiti ve konumlandırma için geliştirilmiş algoritmalar, arama, bulma ve cisim kavrama süreçlerini kapsamaktadır. Su üstü testlerinde, kameradan alınan görüntülerle renk tabanlı nesne ve konum analizi yapılmış, manipülatör oransal denetim yöntemiyle kendisinden 20 cm uzaklıktaki bir nesneyi 20 saniye içinde başarılı bir şekilde kavrayabilmiştir [26].

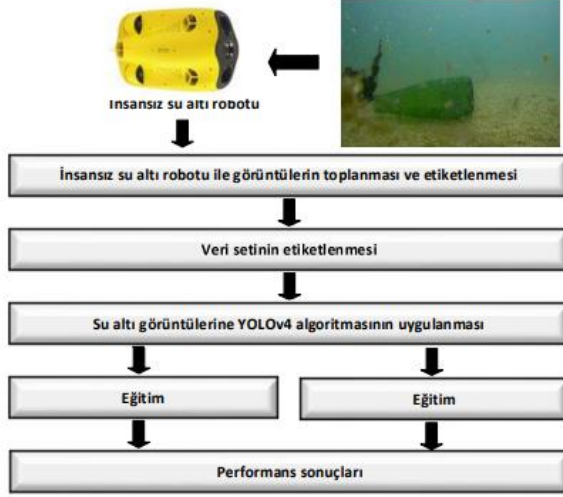


Şekil 5. Robot kolu için hazırlanan el ile denetim arayüzü

Yapılan bu çalışmalar ve toplanan veriler python ile işlenmiş ve yine python kullanılarak tasarlanan arayüze aktarılmıştır. Şekil 5' te görülen arayüz, Python dilinde Tkinter modülü kullanılarak geliştirilmiştir. Bu arayüzde, yukarı-aşağı, sağ-sol, ileri-geri hareketlerini kontrol edebilen motor işlevleri ile uç işlevcinin açılıp kapanmasını sağlayan fonksiyonlar eklenmiştir. Manuel kontrol sırasında, nesnenin yüksekliği gözle tespit edilebildiği için, otomatik kontrol sisteminde kullanılmayan yukarı-aşağı eksenini de entegre edilmiştir.

### 7.3. Çalışma 3

Bu çalışmada, GLADIUS MINI model kablolu sualtı robotu kullanılarak bir veri seti oluşturulmuştur. Robot, ön kısmında bulunan 4K Ultra HD kamera ve yanlarındaki LED ışıklarla donatılmış olup, 100 metre uzunluğundaki bir kabloyla kontrol cihazına bağlanmaktadır. Kontrol cihazı, kumanda aracılığıyla kablosuz iletişim sağlar ve görüntüler, gerçek zamanlı olarak telefon veya bilgisayara aktarılır. Sualtı robotu, telefon, tablet ya da bilgisayar aracılığıyla kontrol edilmektedir. Bu çalışma, Python programlama dili platformunda geliştirilmiş ve sonuçları hesaplanmıştır. Önerilen yöntemin blok şeması Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Önerilen yöntemin blok şeması

Tablo 1: Kullanılan kütüphaneler, paketler ve donanım özellikleri

Yazılım ve Kütüphaneler	Değerler
Python	3.9
OpenCv	4.4.0
Numpy	1.19.5
PyCharm	2021.2
Google Colab	-
System	Intel Core i5-7200U
CPU	2.50 GHz

Bu çalışma, YOLOv4 algoritması kullanılarak sualtındaki çöplerin tespitini amaçlamaktadır. Çalışma Python diliyle geliştirilmiş bir yöntemle gerçekleştirilmiştir. Eğitim süreci tamamlandıktan sonra, testler yapılmış ve video görüntüleri üzerinde nesne tanıma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Hızlı işlem yapılabilmesi amacıyla, Google'ın sağladığı bulut tabanlı bir platform olan Google Colab kullanılmış ve bu platformda Grafik İşleme Birimi (GPU) desteği ile daha hızlı sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca, proje geliştirme sürecinde PyCharm IDE'si tercih edilmiştir. Çalışmada kullanılan yazılım kütüphaneleri, paketler ve donanım özellikleri Tablo 1'de sunulmaktadır [18].



Şekil 7: EDUV Donanım Diyagramı

#### 7.4. Çalışma 4

Bu çalışmada, sualtı araçlarının yüzeyle olan iletişimini geliştirmek ve programlama öğretimi için kullanılan bir platform oluşturmak amacıyla geliştirilmiş bir sualtı aracını (EDUV) tanıtmaktadır. EDUV platformu, Python ve Blockly kullanılarak uzaktan kontrol edilen bir robotik sistem sunar. Araştırmanın temel amacı, Python ile sualtı araçlarının kontrolü ve yüzeyle iletişim kurma süreçlerini anlamaktır [27]. Aşağıda, bu bağlamda kritik bulgular özetlenmiştir:

- Donanım Yapısı: EDUV, Raspberry Pi 4 üzerine inşa edilmiştir. Bu cihaz, sualtı aracının motorlarını kontrol eder ve bir su geçirmez kamera ile yüzeydeki kullanıcıya görsel geri bildirim sağlar.
- İletişim Protokolleri: Raspberry Pi üzerinden Secure Shell (SSH) ve Güvenli Dosya Aktarım Protokolü (SFTP) ile yüzey cihazına bağlantı sağlanır. Python ile yazılan komutlar, bu protokoller kullanılarak cihaza aktarılır ve çalıştırılır. Python, sualtı aracının hareket kontrolünü sağlamak için temel programlama dili olarak kullanılmıştır. Platform, kullanıcıların Python veya Blockly ile program yazmasına olanak tanır.



Kodlar Raspberry Pi'de derlenir ve doğrudan sualtı aracının motorlarına uygulanır.

- Uzaktan Kontrol: Kullanıcılar, platform üzerinden programlama yaparak aracın hareketlerini (ileri, geri, dalma, dönüş gibi) kontrol edebilir. Bu komutlar Python fonksiyonları olarak tanımlanır ve Raspberry Pi üzerinden motorlara iletilir.

## 8. Sonuç

Bu raporda, sualtı araçlarının yüzeyle iletişimi ve Python'un bu süreçteki rolü ele alınmıştır. Python, esnek ve güçlü yapısıyla sualtı araçlarının veri toplama, analiz, kontrol ve görselleştirme gibi kritik işlevlerinde etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Kamera görüntülerinden nesne algılamaya, sensör verilerinin işlenmesinden araç kontrolüne kadar birçok alanda Python'un sağladığı avantajlar, özellikle derin öğrenme ve görüntü işleme teknikleriyle daha belirgin hale gelmiştir.

Yapılan çalışmalar, sualtı cihazlarının Python ve çeşitli kütüphaneler (OpenCV, TensorFlow, YOLO vb.) kullanılarak, hem otonom işlevsellik kazanmasını hem de veri iletişimini daha verimli hale getirdiğini göstermektedir. Özellikle Google Colab gibi bulut platformlarının GPU desteği, büyük veri işleme ve algoritma eğitim süreçlerini hızlandırarak bu araçların daha etkili çalışmasına katkı sağlamıştır. Bu süreçte kullanılan Python tabanlı algoritmalar, sualtı cihazlarının yalnızca veri toplamakla kalmayıp bu verileri anlamlı sonuçlara dönüştürmesini mümkün kılmıştır.

Sonuç olarak, Python'un sunduğu araçlar ve esnekliği, sualtı teknolojilerinin geliştirilmesinde kilit bir rol oynamaktadır. Python'un kullanımının yaygınlaşması, bu alandaki yeniliklerin hızlanmasını sağlamış ve sualtı iletişim sistemlerinde daha düşük maliyetli, daha etkili ve daha güvenilir çözümler geliştirilmesine olanak tanımıştır.

## 9. Kaynakça

- [1] Erol, B. (2022). "Bir insansız sualtı aracına otonom özellikler kazandırılması ve deneysel uygulaması."
- [2] Kahrıman, B. (2021). İnsansız hava aracı (İHA) ve insansız su aracı (İSA) baz istasyonlarının kara ve sualtı ağlarda maksimum kapsama sağlayacak şekilde yerleşimi, TOBB University of Economics and Technology, Graduate School of Engineering ....
- [3] Ofluoğlu, A. A. (2021). Sualtı araçlarında anfis yöntemi ile nesne takibi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [4] Canlı, G. A., et al. (2015). "Dünyada ve ülkemizde insansız sualtı araçları İSAA-AUV & ROV TASARIM VE UYGULAMALARI." *Gıdb Dergi*(04): 43-75.
- [5] Gül, Ö. M. and T. Acarer (2024). "Deniz Taşımacılığı İzlemek için Sualtı Kablosuz Sensör Ağlarında Otonom Sualtı Aracı ile Dayanıklı ve Enerji Farkında Yol Planlama." *EMO Bilimsel Dergi* 14(2): 71-85.
- [6] Kabanov, A. and V. Kramar (2022). "Marine internet of things platforms for interoperability of marine robotic agents: An overview of concepts and architectures." *Journal of Marine Science and Engineering* 10(9): 1279.
- [7] Ataner, E., et al. (2020). "Deep Learning Methods in Unmanned Underwater Vehicles." *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*: 345-350.
- [8] Mustafa, O. and İ. Kılıçaslan (2021). "Kolay Bir Programlama Dili Olan Python İle Nesneye Dayalı Programlama." *Premium e-Journal of Social Sciences (PEJOSS)* 5(17): 720-727.
- [9] Pişkin, M. (2016). OpenCV ile Görüntü İşleme.
- [10] Aksoy, Ö. Ü. B. (2024). "Python ile imgeden veriye görüntü işleme ve uygulamaları."
- [11] Yakut, M., et al. (2015). "Derinlik ve Yön Kontrol Uygulamaları için Sualtı Aracı Tasarımı." *Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology* 3(1): 343-355.
- [12] Akçakaya, H. (2014). Otonom Sualtı Aracının Modellenmesi Ve Kontrolü, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [13] Baydarakçı, M. (2023). Sualtı otonom araçlarda navigasyon ve yol planlama çözümleri.
- [14] Gürsel Dino, İ. (2020). "Gelecek, teknoloji ve mimarlık."
- [15] Aldino, Y. (2018). "Rancang Bangun Perangkat Kendali ROV Berbasis Joypad Dan Aplikasi Pemantauan Kondisi Bawah Air Berbasis Video Streaming."
- [16] Aydoslu, K. (2023). "Sualtı araçlarda görüntü işleme tekniği ile obje tanımlama."
- [17] Avcı, İ. and M. Yıldırım (2021). "Görme Engelli Bireyler İçin Derin Öğrenme Tabanlı Nesne Tanıma Modeli." *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*(28): 220-227.
- [18] Demir, K. and O. Yaman "Sualtı çöp tespiti için yolov4 tabanlı bir yöntem."

- [19] Srebrovic, R. and J. Yonamine (2020). "Leveraging the BERT algorithm for Patents with TensorFlow and BigQuery." White paper.
- [20] Aalami, N. (2020). "Derin öğrenme yöntemlerini kullanarak görüntülerin analizi." Eskişehir Türk Dünyası Uygulama ve Araştırma Merkezi Bilişim Dergisi 1(1): 17-20.
- [20] Li, X., et al. (2015). Fast accurate fish detection and recognition of underwater images with fast r-cnn. OCEANS 2015-MTS/IEEE Washington, IEEE.
- [21] Tan, F. G., et al. (2021). "Derin öğrenme teknikleri ile nesne tespiti ve takibi üzerine bir inceleme." Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi(25): 159-171.
- [22] Murat Sarı, Y. S. M., M Kirabili (2021). "Bulanık Modelleme ve Akıllı Denetim."
- [23] Yagnamurthy, N. and H. Jelinek (2003). A DSP based underwater communication solution. Oceans 2003. Celebrating the Past... Teaming Toward the Future (IEEE Cat. No. 03CH37492), IEEE.
- [24] Kuzlu, M. (2010). "DSP ile sualtı haberleşme uygulaması."
- [25] Leblebicioğlu, M. and E. Ege (2018). "Experimental test of the acoustic-based navigation and system identification of an unmanned underwater survey vehicle (SAGA)."
- [26] Yılmaz, S. and S. B. Kılıcı (2020). "6 Serbestlik Dereceli Sualtı Aracı ve Manipülatör Sistemi ile Görüntü İşleme Uygulamaları." İleri Mühendislik Çalışmaları ve Teknolojileri Dergisi 1(2): 63-79.
- [27] Rousouliotis, M., et al. (2024). "Employing an underwater vehicle in education as a learning tool for Python programming." Computer Applications in Engineering Education 32(1): e22693.
- [28] Güneş D., Servi S., Kaya O., "A Mobile Pharmacy Application: Sıfaap", Mühendislikte Yenilikçi Yaklaşımlar-3, (2023)., Eğitim Yayınevi, Editör:Dr. Öğr. Üyesi Fatih Alpaslan Kazan, Öğr. Gör. Gökhan Yalçın, Basım sayısı:1, Ss 113, ISBN:978-625-6613-96-6.



---

## **BÖLÜM-7**

# **SUALTI KAMERALARINDAN ELDE EDİLEN GÖRÜNTÜLERİN İŞLENMESİ VE ANALİZ EDİLMESİ İÇİN PYTHON KÜTÜPHANELERİ**

*Kürşad Buğrahan YAPAR<sup>1</sup>  
Abdullah Cem AĞAÇAYAK<sup>2</sup>*

<sup>1</sup><https://orcid.org/0009-0006-7666-6177>

<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-9285-5764>

# SUALTI KAMERALARINDAN ELDE EDİLEN GÖRÜNTÜLERİN İŞLENMESİ VE ANALİZ EDİLMESİ İÇİN PYTHON KÜTÜPHANELERİ

## 1. Giriş

Sualtı dünyasının keşfi ve analizi, deniz ekosistemlerinin anlaşılması, güvenlik ve araştırma çalışmaları açısından büyük önem taşır. Ancak sualtı görüntüleri, yetersiz kontrast, bulanıklık ve gürültü gibi zorluklar nedeniyle işlenmesi zor veriler içerir [1].

Python, özellikle OpenCV, TensorFlow ve NumPy gibi güçlü kütüphaneleri ile görüntü işleme ve derin öğrenme uygulamaları için geniş imkanlar sunar [2]. Derin öğrenme yöntemlerinin Python kütüphanelerini kullanarak, sualtı koşullarına adaptasyonunu incelemektedir.

## 2. Teorik Bilgiler

### 2.1. Görüntü İşlemenin Temel Prensipleri

Görüntü işleme, bir görüntünün dijital ortamda analiz edilmesi, iyileştirilmesi ve belirli özelliklerinin çıkarılması sürecidir. Temel işlem adımları arasında filtreleme, kenar algılama, gürültü giderme ve segmentasyon gibi işlemler yer alır [3]. Görüntü işleme, sualtı görüntülerinde özellikle önemlidir çünkü sualtı ortamının fiziksel özellikleri görüntüde birçok bozulmaya yol açar.

#### 2.1.1. Sualtı Ortamının Görüntü Üzerindeki Etkileri

Sualtı görüntülemenin en büyük zorluklarından biri su ortamının fiziksel ve optik özellikleridir. Özellikle ışığın kırılması, saçılması ve emilmesi, sudaki görüntülerin kalitesini olumsuz etkiler. Bu faktörler doğrudan suyun yoğunluğu ve derinliğiyle ilgilidir. Örneğin, ışık su altında havada olduğu gibi doğrusal olarak yayılmadığından, burada kırılma ve sapma adı verilen olaylar meydana gelir. Bu sapmalar görüntülerde bulanıklığa, renk bozulmasına ve kontrast kaybına neden olur [4].

Ayrıca, su içinde asılı kalan partiküllerin ve moleküllerin yoğunluğu emilim ve saçılma etkilerini artırır. Bu da sualtı görüntülerinde gürültü ve bulanıklık oluşmasına neden olur [4].

Sualtı ortamındaki bu tür zorluklar, görüntü işleme tekniklerinin suyun optik özelliklerine uyum sağlamasını gerektirir. Örneğin, sualtında ışığın yayılmasını modelleyen denklemler kullanılarak renk düzeltme ve kontrast artırma teknikleri uygulanabilir. [1], sualtı görüntü işleme alanında optik özellikleri hesaba katan modellere dayalı restorasyon tekniklerini kullanarak görüntüleri iyileştirme yöntemleri geliştirmiştir.

### ***2.1.2. Görüntü İyileştirme Teknikleri***

Görüntü işleme teknikleri, sualtı görüntülerini iyileştirmek için genellikle filtreleme ve renk düzeltme yöntemlerine dayanır. Sualtı görüntülerindeki renk bozulması ve kontrast kaybı, histogram eşitleme ve her bir renk kanalının değerini genel renk tonu etkenine göre ayarlama gibi yöntemlerle düzeltilir. Bu teknikler, görüntüdeki renk dağılımını eşitler ve özellikle aşırı mavi-yeşil tonlardaki sualtı görüntülerinde renk dengesini sağlar. Ek olarak, görüntüyü iyileştirebilmek için Gaussian ve median filtreleme yöntemleri kullanılabilir [4, 5].

### ***2.1.3. Sualtı Ortamında Işık Ve Renk Bozulması***

Sualtı ortamındaki görüntü bozulmalarının en önemli nedenlerinden, ışık saçılması (ışığın yolunun değişmesi) ve ışık absorpsiyonu (ışık enerjisinin yok olması, bundan mütevellit renklerde bozukluk yaşanması) olarak bahsedilir. Suyun optik özellikleri, sualtı fotoğrafçılığında ışığın hem kırılmasına hem de zayıflamasına neden olur. Özellikle suyun altındaki farklı derinliklerde, ışık spektrumunun değişik dalga boyları farklı oranlarda absorbe edilir. Kırmızı ışık kısa dalga boyuna sahip olduğu için yüzeye yakın bölgelerde hızlı bir şekilde absorbe edilirken, mavi ve yeşil ışık daha uzun mesafeler boyunca su içinde yayılabilir. Bu nedenle, sualtında çekilen görüntüler derinliğe bağlı olarak genellikle mavi-yeşil tonlarda görünür. Bu renk sapmalarını düzeltmek için çeşitli renk eşitleme teknikleri ve filtreleme yöntemleri kullanılmaktadır [1].

Işık bozulmalarının yanı sıra, sualtındaki partiküller de görüntü kalitesini olumsuz etkiler. Partiküller ışığın dağılmasına ve bu dağılma sonucu bulanıklık ve düşük kontrast oluşmasına neden olur [6]. Özellikle derin deniz araştırmalarında veya bulanık su ortamlarında çekilen görüntülerde bu bozulmalar daha belirgin hale gelir.

Bu bozulmaları düzeltmek için görüntü restorasyonu ve dehazing (sis giderme) gibi teknikler kullanılmaktadır. Bu teknikler, özellikle sualtı ortamındaki bulanıklığı azaltmak ve renk dengesini yeniden sağlamak için yaygın olarak uygulanır. Örneğin, "iDehaze" gibi derin öğrenme tabanlı modeller, yapay olarak oluşturulmuş 3D sualtı ortamlarında eğitilerek, sualtı görüntülerini daha net ve doğal renklerle geri kazandırmayı hedefler [7].

## 2.2. Sualtı Görüntü İşlemede Python Kütüphaneleri

### 2.2.1. OpenCV

OpenCV (Open Source Computer Vision Library), görüntü işleme ve bilgisayarla görme (computer vision) projelerinde sıklıkla kullanılan, açık kaynak kodlu bir kütüphanedir [8]. 1999 yılında Intel tarafından geliştirilen OpenCV, geniş bir algoritma yelpazesine sahiptir ve C++, Python, Java gibi çeşitli programlama dillerinde kullanılabilir [9]. Sualtı görüntü işleme projelerinde, renk iyileştirme, bulanıklık giderme ve nesne tanıma gibi işlemler için geniş bir araç seti olarak kullanılır [10-12]

OpenCV iki tipte Python arayüzüne sahiptir, opencv-python ve cv2. En günceli cv2'dir. "import cv2" şeklinde çağrılabilir [13].

OpenCV, bulanık görüntülerin netleştirilmesi için çeşitli filtreler sunar. Özellikle Gaussian blur ve median blur gibi filtreler, görüntüdeki yüksek frekanslı gürültüyü azaltarak daha net sonuçlar elde etmeyi sağlar. Bu özellikler, bulanıklığı gidermede oldukça etkilidir [14].

Görüntülerdeki renkler soluk veya dengesiz olabilir. OpenCV, histogram eşitleme gibi araçlar sayesinde görüntülerin kontrastını ve parlaklığını düzenleyerek renk iyileştirmesi yapar. Bu özellikler, görüntülerde kaybolan detayları geri kazanmayı sağlar [14].

Görüntü işleme projelerinde kenarların ve nesnelerin doğru şekilde tespit edilmesi kritik öneme sahiptir. OpenCV'nin Canny



Edge Detection gibi sahip olduğu algoritmalar, bulanık ya da düşük kontrastlı sualıtı görüntülerinde bile net kenar ve nesne tespiti sağlar [14].

OpenCV sunmuş olduğu hız avantajıyla birlikte büyük çaplı veri setlerinde avantaj sağlar. Gerçek zamanlı görüntü işleme, analiz gibi hızın önemli olduğu uygulamalarda tercih edilir [15].

Python ile güçlü entegrasyon sağladığı için kullanımı kolaydır ve geniş bir topluluk desteğine sahiptir [16]. Bu kütüphane, daha az miktarda kodla proje geliştirilebilmesine olanak verir [17]. OpenCV, sualıtı görüntüleri üzerinde güçlü analiz araçları sunar.

### **2.2.2. Scikit-Learn (Scikit-Image)**

scikit-learn, Python dilinde yazılmış bir görüntü işleme kütüphanesidir ve özellikle bilimsel araştırmalar için uygundur [18]. Kütüphane, NumPy, SciPy ve Matplotlib üzerine inşa edilmiştir [19]. Sualıtı görüntülerinde gürültüyü azaltma, segmentasyon ve Canny kenar tespiti gibi işlemler için kullanılmaktadır [20-22]. Bu kütüphane, basit kullanıcı arayüzü, diğer kütüphaneler ile olan entegrasyonu, geniş işlevselliği ve sahip olduğu aktif komünite sayesinde özellikle araştırmacılar tarafından tercih edilmektedir [23].

Scikit-learn, açık kaynaklı ve ücretsizdir. Yüksek düzeyde optimize edilmiş algoritmalar içerir, bu sayede büyük veri setlerinde bile çalışabilir. Veri bilimi projeleri, sınıflandırma problemleri, regresyon problemleri ve boyut azaltma işlemleri yapılabilir [24].

Scikit-image, “pip install -U scikit-image” şeklinde pip’i kullanarak yüklenebilir. Scikit-learn, “!pip install -U scikit-learn” şeklinde pip’i kullanarak yüklenebilir [25, 26].

### **2.2.3. TensorFlow ve Keras**

TensorFlow, Google tarafından geliştirilen, büyük ölçekli makine öğrenimi ve derin öğrenme modellerinin oluşturulmasını sağlayan açık kaynak bir kütüphanedir [27]. TensorFlow, sualıtı görüntü işleme projelerinde nesne tespiti ve sınıflandırma gibi görevlerde yaygın olarak kullanılmaktadır [10, 28]. Model oluşturma sürecinde Keras adı verilen yüksek seviyeli bir API ile kullanılmaktadır. Keras, TensorFlow 2.0 sürümünden itibaren TensorFlow içinde yerleşik olarak bulunmakta ve kullanıcıların daha kolay ve hızlı bir şekilde derin öğrenme modelleri geliştirmesine olanak sağlamaktadır [29].

TensorFlow ve Keras, derin öğrenme modelleri sayesinde bu zorlukların üstesinden gelmek için güçlü araçlar sunar. Özellikle convolutional neural networks (CNN), sualtı nesne tespiti ve sınıflandırma gibi işlemlerde yaygın olarak kullanılır. TensorFlow, bu tür derin öğrenme modellerini veri kümeleri üzerinde eğitmek için optimize edilmiş bir altyapı imkânı sunar [10].

TensorFlow ve Keras, transfer learning desteği ile daha önce eğitilmiş modellerin (örneğin, ImageNet veri seti üzerinde eğitilen bir CNN modeli) yeniden kullanılarak sualtı görüntüleri gibi daha küçük ve özel veri kümelerinde yeniden eğitilmesini sağlar. Bu yöntem, eğitim sürecini hızlandırırken doğruluğu artırır [30].

TensorFlow ve Keras, Mask R-CNN gibi görüntü segmentasyonu modellerinin sualtı görüntülerindeki nesnelere tespit etmede kullanılmasını sağlar. Bu, sualtı kablo hatları, deniz canlıları veya batıklar gibi spesifik nesnelere tespit edilmesinde etkilidir [30].

“pip install tensorflow” şeklinde TensorFlow kütüphanesi indirilebilir. Keras’da bu kütüphaneye dahildir. Örnek bir kullanım olarak “from tensorflow.keras import layers, models” şeklinde Keras kullanılabilir [31].

Keras, kullanıcı dostu arayüzü ile karmaşık derin öğrenme modellerinin hızla geliştirilmesini sağlar. Keras, model katmanlarının basitçe eklenip çıkarılabildiği modüler bir yapı sunduğundan, farklı ağ yapılarının test edilmesi ve optimize edilmesi oldukça kolaydır [31].

Keras, birden fazla backendi destekler. TensorFlow ile kullanılsa da Theano ve Microsoft Cognitive Toolkit gibi diğer backendlerle de kullanılabilir. Keras, VGG16, ResNet ve InceptionV3 gibi önceden eğitilmiş modellere erişim sağlayabilir. Keras, birden fazla veri tipinin girdi olarak kullanımına izin verir [31].

TensorFlow’un sunduğu GPU ve TPU desteği, gerçek zamanlı görüntü işleme projelerinde büyük bir avantaj sağlar. Özellikle otonom sualtı araçları (AUV), gerçek zamanlı nesne algılama ve sınıflandırma için TensorFlow modellerini kullanabilir. Bu sayede, sualtı görüntüleri büyük bir hızla işlenebilir [30, 32].

#### **2.2.4. NumPy**

NumPy, Python’da matematiksel işlemleri gerçekleştirmek için kullanılan temel bir kütüphanedir ve görüntü işleme projelerinde

özellikle görüntü verilerinin işlenmesinde etkilidir [33]. Numpy, Numerical Python (Sayısal Python)'un kısaltmasıdır [34]. Sualtı görüntülerini sonradan işlem görmek üzere “NumPy array” formatında saklamak için kullanılır [35]. NumPy dizileri üzerinde yapılan hızlı ve optimize işlemler, görüntü işleme süreçlerini hızlandırır [36]. Veri bilimcileri tarafından sıklıkla tercih edilen bir kütüphanedir [37].

NumPy kütüphanesini, “import numpy as np” diyerek çağırabilir ve onun fonksiyonlarını kullanabiliriz [34].

NumPy, birçok donanım ve bilgi işlem platformlarını destekler. NumPy, iyi optimize edilmiş C kodudur. Kullanımı kolaydır. Açık kaynaklıdır, bundan dolayı sürekli kullanan topluluk tarafından desteklenir [38].

OpenCV kütüphanesi, görüntüleri genellikle NumPy dizileri olarak temsil eder. Görüntü işleme sırasında bu iki kütüphane sık sık birlikte kullanılır [39]. Örneğin, nesnelerin tespiti için OpenCV ile alınan görüntüler, NumPy kullanılarak matris formunda işlemler için kullanılabilir [40].

Tamamlayıcı NumPy paketleri de bulunmaktadır. Bunlar; SciPy, MATLAB'a benzer işlevsellik ekler. Matplotlib, çizim fonksiyonu sağlayan bir çizim paketidir. Lineer cebir için matematiksel hesaplamaları gerçekleştirebilmek adına BLAS ve LAPACK kullanılmaktadır [41].

ndarray adı verilen N boyutlu dizi türü, homojen olarak yazılmaktadır. Her bir dizinin tüm eleman tipleri aynı tipte olmak zorundadır [37].

### 2.2.5. Matplotlib

Matplotlib, Python programlama dili için geliştirilen ve veri görselleştirme amacıyla yaygın olarak kullanılan bir kütüphanedir. Kullanımda kolaylık sağladığından ve öğrenilmesi kolay olduğundan dolayı tercih edilir [42]. Sualtı görüntü işleme projelerinde, görüntülerin işleme sonrasındaki durumlarının görselleştirilmesi ve sonuçların analiz edilmesi için tercih edilir [43]. Matplotlib, özellikle 2D grafiklerde güçlü özellikler sunmakta olup histogram, çizgi grafikleri ve nokta grafikleri gibi çeşitli görselleştirme türlerini destekler [44].

Matplotlib'deki grafik oluşturma hiyerarşisi, her grafik ögesini bir nesne olarak temsil eden bir yapıya dayanır. Bir grafik, Figure nesnesi üzerine kurulur ve verilerin çizildiği Axes nesnelere içerir. Ayrıca, etiketler ve başlıklar gibi detaylar kullanıcı tarafından kolayca ayarlanabilir. Bu durum, görsel ve grafik oluşturmaya mümkün kılar [45].

Matplotlib, Numpy gibi kütüphaneler ile doğrudan entegrasyon sağlar ve bu sayede veri görselleştirme süreci hızlanır [46]. Örneğin, sualıtı görüntü işleme projelerinde, verilerin analizi ve görselleştirilmesi için kullanılabilir [47].

Kütüphaneyi kurmak için “pip install matplotlib” komutu kullanılabilir ve “import matplotlib.pyplot as plt” ile grafik oluşturma işlemlerine başlanabilir [48].

### 2.2.6. PyTorch

PyTorch, yeni bir makine öğrenme kütüphanesi olmasına karşın sürekli kullanılmakta ve geliştirilmektedir. Daha düşük seviyeli bir API'dir ve karmaşık bir mimariye sahiptir [49]. Kullanım kolaylığı ve esnekliği akademik çalışmalar için tercih edilmesini sağlar. Büyük ve aktif bir komüniteye sahiptir. Python'da yazılmış ve daha iyi bir performans gösterebilmesi için Python kütüphaneleri ile entegre edilmiştir. PyTorch, dinamik hesaplama grafiğini sağlar ve böylelikle ağların tavırlarını değiştirebilme imkânı tanır [50]. Generative Adversarial Networks (GANs) gibi modeller, sualıtı görüntülerinin iyileştirilmesi ve nesne tanıma gibi görevlerde sıkça kullanılmaktadır [51, 52].

Yakın zamanda yapılan bir çalışma olan GFRENet, sualıtı görüntü iyileştirmesi için hızlı Fourier dönüşümleri ve kapalı doğrusal birimler (GLUs) kullanan bir modeldir. Bu model, sualıtı ortamının neden olduğu bulanıklık ve renk sapmalarını ele alarak görüntü kalitesini önemli ölçüde artırır. PyTorch kullanılarak geliştirilen GFRENet, büyük boyutlu görüntülerde bile etkili ve hızlı işlem yaparak pratik uygulamalarda avantaj sağlar [53].

### 2.2.7. SciPy

SciPy, çeşitli bilim dallarında problemlerin çözümü için kullanılan açık kaynaklı bir kütüphanedir. Bilimsel hesaplamaları gerçekleştirir. Anlaşımı ve kullanımı kolaydır. NumPy üzerine inşa

edilmiştir. Python Linear Cebir'in tam fonksiyonlu bir versiyonudur. Kullanıcıların veriler üzerinde değişiklikler yapmasına ve verileri görselleştirebilmesine olanak tanır. SciPy, "Sigh Pi" olarak söylenir. Veri bilimcileri tarafından sıklıkla tercih edilir [54].

"Python3 -m pip install --user numpy scipy" şeklinde Windows işletim sistemine Windows pip aracılığıyla kurulumu gerçekleştirilebilir. "sudo apt-get install python-scipy python-numpy" komutuyla Linux'a ve "sudo port install py35-scipy py35-numpy" komutuyla Mac'e kurulumları gerçekleştirilebilir. "from scipy import special" şeklinde standart bir kullanım olarak SciPy modülleri içe aktarılabilir [54].

SciPy'nin ndimage modülü, görüntü işlemede önemli işlemlere sahiptir. Bu modül, gürültü ve bulanıklık azaltma gibi görevlerde kullanılabilir. Görüntülerde sık karşılaşılan bulanıklık ve düşük kontrast sorunlarını ele almak için median\_filter, gaussian\_filter ve sobel gibi işlemler kullanılabilir [55].

### 2.3. Sualtı Görüntü İşlemenin Karşılaştığı Zorluklar

Sualtı görüntü işleme, suyun kendine has optik özellikleri nedeniyle birçok zorlukla karşılaşır. Işığın su ortamında kırılması ve dağılması, görüntülerin netliğini ve renk doğruluğunu bozar. Özellikle sualtı ortamında ışık dalgaları su içinde farklı hızlarda emilir. Kırmızı ışık suyun üst katmanlarında hızla emilirken, mavi ve yeşil dalga boyları daha derinlere ulaşabilir, bu da görüntülerin mavi-yeşil tonlarda görünmesine yol açar. Görüntü bulanıklığı ve kontrast kaybı, bu bozulmaların en sık karşılaşılan etkilerindedir [1].

Ayrıca, yetersiz aydınlatma ve saçılma gibi doğal etkenler sebebiyle sualtı görüntü alım sürecinde bozulmuş veya düşük kalitede çekilmiş görüntüler yaygın sorunlardır. Düşük çözünürlüklü ve düşük kaliteli sualtı görüntüleri, görüntü işleme yöntemlerinin kullanımını zorlaştırmaktadır. Bu zorlukları aşmak için derin öğrenme yöntemleri kullanılarak, sualtı görüntülerinin kalitesini artırmak ve bozulmaları gidermek üzerine çalışmalar yürütülmektedir [56].

## 3. Son 5 Yılda Yapılan Akademik Çalışmaların İncelemesi

### **3.1. Dynamic Multiscale Feature Fusion Method for Underwater Target Recognition [57]**

Yazarlar: L. Cai, Y. Li, C. Chen, H. Chai

Yayın Yılı: 21 July 2022

Çalışmanın amacı genel hatlarıyla sualtı hedef tanıma alanındaki zorluklara yenilikçi bir çözüm sunmaktır. Düşük aydınlatma, karmaşık arka planlar, ışık kırılmaları ve küçük ölçekli hedeflerin alt örnekleme sırasında kaybolması gibi problemler, sualtı hedef tanımanın en büyük zorlukları olarak öne çıkmaktadır.

Çalışma sonuçlarına göre, önerilen algoritma mevcut yöntemlere kıyasla sualtı çarpık hedeflerinin tanınmasında %1.38 daha yüksek doğruluk sağlamıştır. Ayrıca, çok ölçekli önemli özellik çıkarma modülü tanıma doğruluğunu (mAP) %1.29 artırmış, uzamsal anlamsal özellikler ise tanıma doğruluğuna %1,98 ek katkı sağlamıştır.

Önerilen algoritma, ResNet ağı temel alınarak geliştirilmiştir. ResNet'in beş katmanlı yapısındaki 2-5. katmanlar, önemli özellikleri çıkarmak için kullanılmıştır. Elde edilen öznelikler doğrusal olmayan bir projeksiyon işlemine tabi tutulmuştur. Model, örnekler arasındaki kosinüs benzerliğini hesaplayan çok ölçekli InfoNCE kaybı ile eğitilmiştir. Negatif örneklerin sayısı, özellik kitaplığı kullanılarak artırılmış ve kodlayıcılar momentum tabanlı bir yöntemle dinamik olarak güncellenmiştir.

Deneyisel ortamda kullanılan donanım RTX 3090 GPU ve 64 GB RAM'dir. Testlerde, CADDY (Cognitive Autonomous Diving Buddy), UIEB (Underwater Image Enhancement Benchmark) ve UTD (Underwater Target Dataset) sualtı veri setleri kullanılmıştır.

Sonuçlar, algoritma, 13.000 etiketlenmemiş görüntü ile eğitilmiş ve 1.278 etiketli görüntü ile uzamsal anlamsal özellik çıkarma ve hedef tanıma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Veri kümesi %70 eğitim ve %30 test olarak bölünmüştür.

### **3.2. Deep Learning for Enhanced Marine Vision: Object Detection in Underwater Environments [58]**

Yazarlar: R.A. Dakhil & A.R.H. Khayeat

Yayın Yılı: 26/12/2023

Çalışmanın amacı, derin öğrenme teknikleri kullanılarak sualtı nesne tespiti ve anlamsal segmentasyon üzerine odaklanmaktır.

SUIM (Semantic Segmentation of Underwater Imagery) veri seti temel alınarak geliştirilmiş olan bu model, 1.500'den fazla etiketlenmiş görüntüden oluşan bir veri seti ile sekiz farklı nesne kategorisini kapsamaktadır. Bu çalışma, otonom sualtı robotları için kritik bir kaynak olarak sunulmaktadır.

Model, okyanus keşiflerinden elde edilen verilerle geliştirilmiş olup tam konvolüsyonlu kodlayıcı-çözücü mimarisi ile %88 doğruluk oranı elde etmiştir. Gerçek zamanlı uygulamalar için tasarlanan bu model, görsel yönlendirme, belirginlik tahmini ve sahne anlama gibi alanlarda kullanılabilir.

Modelde yöntem olarak Enhanced Super-Resolution Generative Adversarial Network (ESRGAN) kullanılmıştır. ESRGAN modeli, görüntü çözünürlüğünü artırırken tam konvolüsyonlu model pikselleme bazlı segmentasyon işlemi gerçekleştirmektedir. Aynı zamanda ışık sönümlenmesi ve saçılma gibi sualtı görüntü bozulmalarını düzeltir. Yüksek çözünürlüklü görüntüler, nesne tespiti ve sınıflandırmada önemli başarılar elde etmiştir. Bu sayede, otonom hareket ve gerçek zamanlı karar verme yetenekleri desteklenmektedir.

Sonuç olarak bu modelin başarısının yeterli olduğu ve deniz araştırmaları için değerli bir araç olarak kullanılmaya uygun olduğu kanısına varmaktayız.

### **3.3.Small Object Detection Algorithm for Underwater Organisms based on Improved Transformer [59]**

Yazarlar: N. Cao

Yayın Yılı: 2023

Önerilen yöntem, sualtı hedef tespiti için geliştirilen transformatör tabanlı bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım, özellikle küçük nesnelerin kaçırılmasını ve özellik çıkarma problemlerini çözmeye odaklanmaktadır. Transformer'ın doğrusal yerleştirme modülü sayesinde tespit performansı önemli ölçüde artmakta ve saniyede 7 kare hızında %77,4 doğruluk oranına ulaşmaktadır. Ayrıca, Swim Transformer'a kıyasla "Starfish" dışında tüm ölçeklerde daha iyi performans göstermektedir.

Yöntemin amacı, su kütlelerinin ve su altı aktivitelerinin tespiti ve yerini belirlemektir. Su altı ortamlarının karmaşıklığı ve düşük veri erişimi gibi zorluklara dikkat çeken bu çalışma, su altı ekipmanlarını

daha akıllı hale getirmeyi ve kaynakların keşfini hızlandırmayı hedeflemektedir.

Mevcut su altı tespit sistemleri çalışmaları genellikle kayan pencerelerle aday bölgeleri çıkarır ve manuel özellik çıkarma teknikleri (HOG, SIFT, Haar) kullanır. Ancak, bu eski algoritmalar verimsizdir çünkü düşük seviyeli özelliklerle sınırlıdır. Son yıllarda sinir ağı algoritmalarının gelişmesiyle birlikte tespit süreçleri daha karmaşık ve etkili hale gelmiştir.

Sonuç olarak bulunan bulgulara bakarsak, önerilen yeni algoritma URPU sualtı veri kümesi üzerinde test edilmiş ve mevcut yöntemlerle karşılaştırıldığında daha doğru ve hızlı sonuçlar verdiği görülmüştür. Algoritmanın boyutu 30,4 MB olup sıkıştırma oranı %84,1'dir. Bu özellikleriyle hem hafif hem de etkili bir tespit sistemi sunmaktadır.

### **3.4. An Effective Method for Underwater Biological Multi-Target Detection Using Mask Region-Based Convolutional Neural Network [60]**

Yazarlar: Z. Yue, B. Yan, H. Liu, Z. Chen

Yayın Yılı: 8 October 2023

Özet, okyanusun ekolojik dengesini korumak için su altı canlılarını tanımanın önemini vurgulamaktadır. Ancak, nadir ve düşük kaliteli su altı görüntüleri gibi zorluklar biyolojik hedef tanımayı zorlaştırmaktadır. Bu sorunu ele almak için çalışma, görüntü artırma ve kalite iyileştirmedeki iyileştirmeleri içeren çoklu hedef tanıma için bir topluluk yöntemi önermektedir. Yaklaşım, değiştirilmiş bir CutMix yöntemi ve birleştirilmiş görüntü iyileştirme algoritmaları (beyaz dengesi, çok ölçekli retinal ve karanlık kanal önceliği) kullanır. Yumuşak maksimum olmayan baskılama (Soft-NMS) ve dikkat yönlendirmeli bir bağlam özelliği piramit ağı (AC-FPN) içeren geliştirilmiş bir Mask-RCNN modeli geliştirilmiştir.

Önerilen yöntemin amacı gelişmiş görüntü iyileştirme ve optimize edilmiş bir tespit modeli aracılığıyla su altı biyolojik tanımayı iyileştirerek, görüntü kalitesi ve hedef karmaşıklığı gibi temel zorlukları ele almaktır.

Sonuçlar, yöntemin saniyede 4,97 kare (FPS) ve 0,828 ortalama hassasiyet (mAP) elde ettiğini ve orijinal Mask-RCNN mAP'yi %3,2 oranında iyileştirdiğini göstermektedir. Yöntem, mAP açısından



YOLOv5'ten daha iyi performans göstermektedir. Çalışma, görüntü bozulması, veri dengesizliği ve tıkanıklığın tespit sürecini zorlaştırdığı zorlu su altı koşullarında deniz yıldızlarını, deniz kestanelerini ve deniz hıyarlarını tanımaya odaklanmaktadır.

### **3.5.Deep Learning for On-board AUV Automatic Target Recognition [61]**

Yazarlar: L. Zacchini, A. Ridolfi, A. Topini, N. Secciani, A. Bucci, E. Topini, B. Allotta

Yayın Yılı: 2020

Çalışma, çevrelerini anlayabilen Otonom Sualtı Araçlarının (AUV) geliştirilmesine odaklanmaktadır. Projede var olan giriş kısmı su altı robotlarının evrimini, önceden programlanmış görevlerden otonom karar alma gerektiren etkileşimli görevlere geçişini vurgular. AUV'lerin karmaşık görevleri yerine getirebilmesi için ATR, çevrelerini anlamak için çok önemlidir. Derin Öğrenme, zorlu senaryolarda nesne tespiti için önemli bir hale geldi ve su altı görüntülerdeki büyüme, su altı ortamlarının izlenmesine büyük katkı sağladı.

Projenin amacı, NATO CMRE'de simüle edilmiş bir yat kazasını ele almak. Burada görev, AUV'lerin birden fazla boru hattı arasında kırmızı bir işaretleyici ile hasarlı sarı bir boru hattını tanıması. Veri toplama için, SSD modelini eğitmek için 704×576 piksel çözünürlüğe sahip 500 optik görüntü ve Faster R-CNN modelini eğitmek için 894×477 piksel çözünürlüğe sahip 200 akustik görüntü kullanıldı.

Train için 32 GB RAM'li bir PC, bir Intel Core i7-8750H işlemci ve bir Nvidia GeForce GTX 1070 Ti GPU'dan oluşturuldu. Modellerin performansı, sınıflandırma ve yerleştirme kayıplarını birleştiren bir kayıp fonksiyonunu en aza indirerek ölçüldü. Ortalama Hassasiyet (mAP) ve saniye başına kare (FPS) gibi değerlendirme ölçütleri, doğrulama veri setini değerlendirmek için kullanıldı.

Sonuç, Faster R-CNN Inception v2, 1.0-1.14 FPS ile 0.851'lik ortalama bir Ortalama Hassasiyet (mAP) elde ederken, SSDMobileNet v2, 5.0 FPS ile 0.831'lik bir mAP elde etti. Faster R-CNN, hassasiyet açısından SSD'yi biraz geride bıraksa da SSD daha hızlıydı. Akustik görüntü çıkarımı, optik görüntü işlemeyle karşılaştırıldığında önemli ölçüde daha yavaştı.

Validation için optik çerçeveler ELP 720p MINI IP kamerayla yakalandı, akustik görüntüler ise Teledyne BlueView M900 2D FLS'den elde edildi. Optik görüntüleri iyileştirmek ve görünürlüklerini artırmak için CLAHE algoritması kullanıldı. Son işlem Intel Neural Compute Stick 2'de optimize edilmiş SSD modelleriyle gerçekleştirildi ve Faster R-CNN tahminleri NVIDIA Jetson Nano'da işlendi.

Sonuçlar beklentileri karşıladı ve strateji hem optik hem de akustik görüntü setlerini kullanarak %90'ın üzerinde doğruluk elde etti. Sonuçlara eşlik eden şekiller arasında son işlem analizleri, optik görüntülerde boru ve işaretleyici tanıma örnekleri ve 2D FLS akustik görüntülerinde yapı tanıma yer almaktadır.

### **3.6. Underwater Target Recognition Based on Improved YOLOv4 Neural Network [12]**

Yazarlar: L. Chen, M. Zheng, S. Duan, W. Luo, L. Yao

Yayın Yılı: 9 July 2021

Veri seti, 3.805 görüntünün (%80) eğitim için ve 952 görüntünün (%20) test için kullanıldığı toplam 4.757 görüntüden oluşmaktadır. Veri setindeki hedef kategorileri arasında Echinus, Denizyıldızı, Holothurian ve Tarak bulunmaktadır.

Eğitim ortamı, Intel® Core™ i5-10600KF işlemci ve NVIDIA GeForce RTX 3080 grafik kartına sahip Windows 10 çalıştıran bir sistemi içeriyordu. Programlama, CUDA Sürüm 11.0, Cudnn Sürüm 8.0.4 ve TensorFlow GPU Sürüm 2.4.0 ile Python 3.7 kullanılarak yapıldı.

Yöntem olarak, su altı hedef tanıma için geliştirilmiş performans sunan YOLOv4-uw adlı geliştirilmiş bir YOLOv4 versiyonunun geliştirilmesi vurgulanmaktadır. Doğruluğu daha da artırmak için değiştirilmiş bir veri artırma tekniği de önerilmiştir. Karşılaştırmalı analiz, YOLOv4-uw'nin orijinal YOLOv4 ve diğer ağlardan daha iyi performans gösterdiğini göstermektedir. YOLOv4-uw'nin bir diğer avantajı da azaltılmış donanım performans gereksinimleridir. Bu çalışmada görüntü iyileştirme için yalnızca gri dünya algoritması kullanılmış olsa da gelecekteki çalışmalar ek yöntemleri araştıracaktır. Tanıma yeteneklerini geliştirmek için YOLOv4-uw'nin daha fazla optimizasyonu da planlanmaktadır. Mevcut veri seti orta

ve küçük hedeflere odaklanmaktadır ve modelin büyük ölçekli nesnelere için etkinliğini test edilmemiştir.

Geliştirilmiş YOLOv4-uw ağının performansı, tespit hızında önemli bir artış gösteriyor. SPP yapısı kaldırıldıktan sonra YOLOv4-uw, orijinal YOLOv4'ten 9 FPS daha hızlı olan 44 FPS'lik bir tespit hızına ulaştı. Doğruluk ölçütleri açısından YOLOv4-uw, YOLOv4'ten yaklaşık %12 daha yüksek olan %75,34'lük ortalama bir Ortalama Hassasiyet (mAP) elde etti. YOLOv4-uw için tespit süresi, orijinal YOLOv4'ten 0,5 milisaniye daha hızlı olan 2,3 milisaniyedir.

### **3.7. Application of Target Detection Method Based on Convolutional Neural Network in Sustainable Outdoor Education [62]**

Yazarlar: X. Yang, S. Samsudin, Y. Wang, Y. Yuan, T.F.T. Kamalden, S.S.N. Yaakob

Yayın Yılı: 31 January 2023

Bu çalışma, su altı hedef tespiti için nöro robotik kullanan bir su altı görüş sistemi önermektedir. Yöntem, su altı kamera verilerinden hedef bilgilerini çıkarmak için bir evrimsel sinir ağına (CNN) dayanmaktadır. Belirli nesnelere ve özellikleri tanımlamak için insanlı dalgıçların su altı işlevlerinin bir analizi yürütülmektedir. Su altı hedef görüntülerinden oluşan bir veri kümesi oluşturulmuştur ve veri toplama için Tek Atış-Çoklu Kutu Algılayıcı algoritması kullanılmıştır. CNN, bu su altı hedef görüntülerini sınıflandırmak için kullanılır ve akıllı tespit ve sınıflandırma sağlar. Deneysel sonuçlar, modelin su altı organizmalarının yerel, küresel ve görsel özelliklerini tanıma yeteneğini göstermektedir.

Veriler, biri geleneksel kameralardan ve diğeri lazer kapılı kameralardan olmak üzere oluşturuldu. Bu veri kümeleri dört görüntü türünden oluşur: insan, balık, Otonom Sualtı Aracı (AUV) ve diğere nesnelere. Geleneksel veri kümesi, arama motorlarından, açık veri kümelerinden ve bir laboratuvar havuzundan alınan 1.073 görüntüyü içerirken, lazer kapılı veri kümesi, döndürme ve çevirme yoluyla geliştirilen 992 görüntü içerir. Görüntüler %70 eğitim, %20 doğrulama ve %10 test için ayrıldı.

Deneyler yapılırken, CNN tarafından desteklenen özellik çıkarma teknolojisiyle makine öğrenimine dayalı bir su altı kamera modeli

kullanılır. Softmax katmanı, özellik olasılıklarını hesaplayarak çoklu sınıflandırma yapmaya yardımcı olurken, Softmax regresyonu hedefleri etkili bir şekilde sınıflandırır. Regresör, parametre regresyonu için kullanılır. Deneylerin birincil odak noktası, su altı görüntülerindeki hedeflerin tanınmasıdır.

Deney ortamı için, NVIDIA 960M grafik kartı ve 4 GB RAM'e sahip bir Lenovo Ideapad Y700'e kurulan TensorFlow çerçevesi kullanılır. Bu çalışmada kullanılan TensorFlow'un belirli sürümü 1.11'dir.

Model sonuç olarak, özellikle büyük su altı organizmalarını tespit ederken %99'luk bir hedef tespit doğruluğu elde eder. Kıyas yapıldığında, Lei ve ark. (2022) tarafından yapılan araştırma, su altı biyolojik tespitinde %96'lık bir doğruluk oranı elde etmiştir. %99'luk bir oran %96'lık bir orana kıyasla başarılı bir ilerleme olarak kabul edilebilir.

### **3.8. Fast and Accurate Fish Detection Design with Improved YOLO-v3 Model and Transfer Learning [63]**

Yazarlar: K. Raza, S. Hong

Yayın Yılı: 2 November 2020

Bu çalışma, balık tespiti için Geliştirilmiş YOLOv3 kullanan gerçek zamanlı bir nesne tespit algoritması önermektedir. Mevcut YOLOv3 modelini geliştirerek deniz ekosistemlerini izleme konusundaki artan talebi ele almaktadır. İyileştirmeler arasında tespit ölçeğini 3'ten 4'e çıkarmak, daha verimli çapa kutuları için K-ortalama kümelemesi kullanmak, yeni transfer öğrenme tekniklerini tanıtmak ve kayıp fonksiyonunu iyileştirmek yer almaktadır. Bu iyileştirmeler, özel veri kümelerinde %87,56'lık bir ortalama Hassasiyet (mAP) ile sonuçlanmıştır ve model, mAP'yi %87,17'den %91,30'a çıkararak orijinal YOLOv3'ü geride bırakmıştır.

Veri seti, model MS-COCO ile başlatıldı ve özel bir balık algılama veri seti kullanılarak eğitildi. Veri setindeki sınıflar; dört sınıf Anemon balığı, deniz yıldızı, deniz anası ve köpek balığıdır.

Deney ortamı, TensorFlow 1.11 ve OpenCV 4.1.1 kullanılarak yürütüldü ve programlama Ubuntu 18.04 üzerinde Python 3.5'te yapıldı. Model için kullanılan donanım Intel Core i7-7700 işlemci ve 12 GB belleğe sahip GTX 1080 GPU'yu içeriyor. MS-COCO veri kümesi Darknet-53 omurga mimarisini başlatmak için kullanıldı.

Yazılım ve kütüphaneler TensorFlow 1.12, OpenCV 4.1.1, Python 3.6.5, Matplotlib 3.1.2 ve Numpy 1.16.4'ü içeriyordu.

Model performansı, Geliştirilmiş YOLOv3 modeli, temel YOLOv3'e göre mAP'de %4,13'lük bir artış gösterdi. Algılama hızı 39 FPS idi ve bu da onu gerçek zamanlı algılama uygulamaları için uygun hale getirdi.

### **3.9. Detection of Underwater Objects in Images and Videos Using Deep Learning [64]**

Yazarlar: R. Parikh, N. Mehendale

Yayın Yılı: 2023

Sualtı nesne tespiti, Otonom Sualtı Araçları (AUV'ler) için kritik bir yetenektir ve bu araçların su altı ortamlarında otonom olarak gezinmesini ve engellerden kaçınmasını sağlar. Verimli ve doğru nesne tespiti, yol planlama, engel önleme ve otonom navigasyon gibi görevlerin başarılı bir şekilde yürütülmesi için hayati önem taşır.

Veri seti, havuz içindeki "gate" ve "flair" nesnelere yaklaşan BlueROV2'nin videoları kaydedildi. Bu videolardan, OpenCV kullanılarak 6.241 kare çıkarıldı. Kareler daha sonra LabelImg ve Roboflow'dan çevrimiçi araçlar kullanılarak açıklandı. Açıklamalar, sınıf numaralarını ve sınırlayıcı kutu koordinatlarını içeren metin dosyalarına kaydedildi.

Bu çalışma, su altı nesne tespiti için özel bir YOLOv4 Tiny modeli önermektedir. Model, iki özel nesne sınıfını "gate" ve "flare" olmak üzere, yüksek doğrulukla tespit etmek için tasarlanmıştır. Daha az evrişimli katman kullanımı nedeniyle hesaplama maliyetlerini ve eğitim süresini azaltmaktadır. Model, özel bir veri kümesinde yüksek ortalama hassasiyet (mAP) elde eder ve düşük çıkarım süreleri için optimize edilmiştir, bu da onu özellikle AUV'ler gibi düşük güçteki cihazlarda gerçek zamanlı uygulamalar için uygun hale getirir.

Model performans olarak 0,50'lik Birleşim Üzerindeki Kesişim (IoU) eşliğinde etkileyici bir ortalama Ortalama Hassasiyet (mAP) olan 0,9727'ye ulaştı. Model çıktıları, algılanan nesnelerin etrafındaki sınırlayıcı kutuları, sınıf adlarını ve algılama doğruluğunu içerir. Bu yüksek mAP puanları, modelin zorlu yönelimlerde ve koşullarda bile su altı nesnelerini doğru bir şekilde algılama yeteneğini gösterir.

### **3.10. Research on fish identification in tropical waters under unconstrained environment based on transfer learning [65]**

Yazarlar: S. Zhang, W. Liu, Y. Zhu, W. Han, Y. Huang, J. Li  
Yayın Yılı: 2 April 2022

Çalışma, değişken arka planlar, karmaşık ışık koşulları ve değişen çevresel faktörler nedeniyle zorlaşan bir görev olan kontrolsüz tropikal deniz ortamlarında balık tanımlamasına odaklanmaktadır. Balık tanımlama, deniz kaynaklarının yönetimi ve biyolojik çeşitlilik değerlendirmesinde önemli bir rol oynar.

Metodoloji, tanıma performansını iyileştirmek için transfer öğrenimini kullanan bir balık tanımlama yöntemi önermektedir. Eğitim verilerini geliştirmek için görüntü ön işleme afin dönüşümler yoluyla gerçekleştirilir. Sualtı görüntülerinden balık türlerini tanımda daha iyi doğruluk elde etmek için derin bir evrimsel sinir ağı, özellikle ResNet50 uygulanır. Kullanıcı ihtiyaçlarına göre OpenCV kütüphanesi kullanılır. Daha fazla görüntü örneği elde etmek, orijinal eğitim verilerini geliştirmek amacıyla Keras tabanlı ImageDataGenerator kullanılmıştır.

Veri seti, LifeCLEF 2015 balık görevinden türetilen Fish4Knowledge su altı video kütüphanesidir. Bu kütüphane, 30 Eylül 2013 ile 1 Ekim 2019 tarihleri arasında Tayvan'daki çeşitli su altı platformlarından kaydedilen 700.000'den fazla videoyu içerir. Bu büyük video koleksiyonundan, 42.778 işaretli video karesinden oluşan LCF-15 veri kümesi geliştirildi. Ek olarak, Wuzhizhou Adası'ndan 3.100 kare seçildi ve toplam 45.878 işaretli video karesine ulaşıldı; bunların 32.290'ı eğitim için ve 13.588'i test için kullanıldı.

Deney ortamı, hem LCF-15 veri kümesi hem de Wuzhizhou Adası veri kümesi üzerinde deneyler yürütüldü. Bu deneyler için kullanılan donanım, bir Intel Xeon X5675 işlemci, 32 GB RAM ve bir NVIDIA GeForce GTX 1050 Ti GPU'yu içeriyordu.

Sonuç olarak model, değişen koşullarla ilgili zorlukların üstesinden gelerek deniz ortamlarındaki tropikal balıkları başarıyla sınıflandırmayı başardı. Transfer öğreniminin uygulanması, özellikle sınırlı etiketli veriye sahip senaryolarda modelin performansını önemli ölçüde artırdığı gözlemlendi.

### 3.11. Fish Tracking Based on Improved TLD Algorithm in Real-World Underwater Environment [66]

Yazarlar: J. Wang, M. Zhao, L. Zou, Y. Hu, X. Cheng, X. Liu

Yayın Yılı: 2019

Önerilen yöntem, bu çalışma, TLD çerçevesine dayalı yeni bir balık izleme algoritması sunar. TLD'deki medyan akış izleyicisi, değişen balık duruşları ve aydınlatma gibi değişen koşullar altında izleme performansını iyileştiren bir adaptif ölçek ortalama kayması (ASMS) algoritmasıyla değiştirilir. Yöntem ayrıca gelişmiş algılama doğruluğu için renk histogramı özelliklerini ve Hu değişmez anlarını entegre eder. Bu özellikler, algoritmanın çevresel koşullar önemli ölçüde değiştiğinde bile doğru izlemeyi sürdürmesine yardımcı olur.

Algoritma, TLD çerçevesi üç ana modülden oluşur: izleme, algılama ve öğrenme. İzleme modülü nesnenin konumunu korumaktan sorumludur, algılama modülü ise nesneyi her karede tanımlar. Öğrenme modülü, izleme güvenilirliğini artırmak için nesnenin görünüm modelini sürekli olarak günceller. Bu değiştirilmiş TLD çerçevesinde, izleme modülü medyan akış izlemesine dayalı arıza algılamayı içerir ve izleme sırasında ölçek değişikliklerini işlemek için ASMS algoritması kullanılır.

Deneyler, sabit kameralar tarafından çekilen su altı video görüntülerini içeren Fish4Knowledge veri kümesi kullanılarak yürütüldü. İzleme algoritmaları, Intel® Core™ i7-6700HQ CPU ve 16 GB RAM'e sahip bir sistemde çalışan C++ ve OpenCV'de uygulandı.

Sonuçlar, geliştirilen metot, üretken bir model kullanan ASMS izleyicisi ve ayırt edici bir model kullanan standart TLD izleyicisi olmak üzere iki başka izleyiciyle karşılaştırıldı. Önerilen algoritmanın performansı üç farklı veri kümesi üzerinde saniye başına kare (FPS) ve izleme doğruluğu (TA) açısından değerlendirildi: Normal1: TLD: 20.23 fps, 100% TA, ASMS: 10.48 fps, 100% TA, Our Algorithm: 25.14 fps, 100% TA; Deform1: TLD: 23.26 fps, 85.93% TA, ASMS: 15.23 fps, 44.22% TA, Our Algorithm: 24.12 fps, 78.89% TA; Deform2: TLD: 23.99 fps, 89.42% TA, ASMS: 14.56 fps, 55.51% TA, Our Algorithm: 28.12 fps, 68.28% TA.

### 3.12. Abnormal Behavior Recognition of Underwater Fish Body Based on C3D Model [67]

Yazarlar: Z. Hu, X. Li, X. Xie, Y. Zhao

Yayın Yılı: 20 September 2022

Veri seti, balık davranışlarını iki kategoriye ayırmak için bir video veri seti oluşturuldu: normal ve anormal. Veri seti, 100 videonun anormal balık davranışını ve 100 videonun normal davranışı gösterdiği 200 videodan oluşuyor. Bunlardan 150 video derin öğrenme modelini eğitmek için kullanılırken, 50 video model performansını test etmek için ayrıldı.

Metodoloji, anormal balık davranışlarını tanımak için Evrimsel 3B (C3B) derin ağ modeli kullanıldı. C3B modeli, birden fazla karede hem mekânsal hem de zamansal bilgileri yakalayabildiği için video tabanlı görevler için özellikle uygundur. Modelin kaybı, softmax çapraz entropi kullanılarak hesaplandı ve aşırı uyumu azaltmak için L2 düzenlemesi uygulandı. Modelin performansını daha fazla analiz etmek ve değerlendirmek için sonuçlar bir Alıcı İşletim Karakteristiği (ROC) eğrisi kullanılarak görselleştirildi ve daha iyi yorumlana bilirlilik için yüksek boyutlu verileri 2B bir alana yansıtmak için t-SNE boyutsallık azaltma kullanıldı.

Deney ortamı, anormal balık davranışlarını tanımak için C3D-tensorflow ağı kullanıldı. Eğitim 150 videoda yürütülürken, kalan 50 video test için kullanıldı. Deneyler, Intel I7 7800X CPU ve NVIDIA Titan RTX GPU ile Ubuntu 18.04.3 LTS işletim sisteminde yürütüldü.

Model eğitimi, Adam optimizatörü, çapraz entropi kaybıyla softmax sınıflandırması ve L2 düzenlemesi kullanılarak 5000 yinelemede yaklaşık 12 saat sürdü. Öğrenme sürecini stabilize etmek için 0,999'luk bir Üstel Hareketli Ortalama (EMA) bozulma oranı ayarlandı.

Model performansı, C3D modelinin genel tahmin doğruluğu %92 ile %97 arasında değişiklik gösterdi. Ek olarak, tahminleri doğrudan orijinal videolar üzerinde görselleştirmek için OpenCV kütüphanesi kullanıldı ve modelin çıktıları (normal veya anormal davranış) ekranda görüntülendi.

### 3.13. Underwater and airborne monitoring of marine ecosystems and debris [68]



Yazarlar: J.I. Watanabe, Y. Shao, N. Miura

Yayın Yılı: Oct. 24, 2019

Veri seti, deniz yaşamı tespiti için OpenImages veri kümesinden toplam 8036 görüntü alındı, bunlardan 6908 görüntü (%86) eğitim için kullanıldı ve 1128 görüntü (%14) değerlendirme amaçları için ayrıldı. Enkaz tespiti modeli için 189 görüntü toplandı, 152 görüntü (%80) eğitim için kullanıldı ve 37 görüntü (%20) değerlendirme için ayrıldı.

Model olarak, görüntü işleme için 53 evrişimsel katmandan oluşan YOLO v3 nesne algılama algoritması kullanıldı. Giriş görüntüleri, modelle uyumluluğu sağlamak için  $608 \times 608$  piksele yeniden boyutlandırıldı

Deney ortamı için kullanılan ekipmanlar, Intel Core i7-7800X CPU, 40 GB RAM ve Nvidia GTX 1080 GPU şeklindedir. YOLO v3 modelinin uygulanması Python 3.5 ve OpenCV 3.4 kütüphaneleri kullanılarak yapıldı.

YOLO v3 modelinin performansı, 0,5 IoU eşliğinde deniz yaşamı tespiti için %69,6'lık ortalama hassasiyet (mAP) ve döküntü tespiti için %77,2'lik bir ortalama hassasiyet (mAP) elde ederek güçlü bir performans gösterdi. Bu sonuçlar, COCO veri setinde orijinal YOLO v3'ün %57,9'luk performansına kıyasla bir gelişmeyi işaret ediyor. Ancak, IoU eşiği 0,75'e çıkarıldığında, mAP değerleri azaldı ve deniz yaşamı tespiti %50,8'e ve döküntü tespiti %62,6'ya düştü.

### **3.14. Underwater Image Processing using Graphics Processing Unit (GPU) [69]**

Yazarlar: S. Ottapura, R. Mistry, J. Keni, C. Jage

Yayın Yılı: 2020

Konu, Grafik İşleme Birimleri (GPU'lar), esas olarak oyun ve bilgisayar destekli tasarım (CAD) gibi uygulamalarda gerçek zamanlı grafik oluşturmadaki rolleriyle yaygın olarak bilinir. Ancak son yıllarda GPU'lar bilimsel hesaplamalar ve genel amaçlı görevler için giderek daha popüler hale gelmiştir. Genel amaçlı GPU'lar, yüksek paralel işleme yetenekleri nedeniyle artık video ve görüntü işlemede yaygın olarak kullanılmaktadır.

Dil ve kütüphaneler, bu çalışma için Python, basitliği ve kullanıcı dostu sözdizimi nedeniyle seçilmiştir ve bu da onu karmaşık hesaplama görevleri için uygun bir seçim haline getirir. Kullanılan

Python sürümü 3.5'tir ve temel modüller arasında NumPy, math, sys ve time bulunur.

Deney, En Basit Renk Dengesi (SCB) Algoritması bir NVIDIA Tesla K80 GPU'da uygulandı. Bu algoritma, su altı görüntülerinde mavi hakimiyetini azaltmak için RGB tonlarını dengeler. Bu algoritmanın optimizasyonu, CPU ve GPU uygulamaları arasındaki performans farklılıklarını gösterdi. GPU işleme için Python ve OpenCV kullanıldı. GPU kullanımını da görüntü işleme için sunduğu avantajları görmeyi sağladı.

Sonuçlar, özellikle yüksek çözünürlüklü görüntüler için GPU kullanılırken önemli bir hızlanma görüldü. GPU'nun daha yüksek çekirdek sayısı, bu performans artışında önemli bir faktör olarak belirtildi.

### **3.15. Underwater Object Detection using Tensorflow [10]**

Yazarlar: A. Mahavarkar, R. Kadwadkar, S. Maurya, S. Raveendran

Yayın Yılı: 2020

Projenin amacı, TensorFlow ve Faster R-CNN modeli kullanılarak su altı nesne tespittir. Faster R-CNN algoritması, su altı ortamları gibi karmaşık koşullara sahip ortamlar için oldukça uygundur. Bu model, tanıma yüzdesini görüntüleyen sınırlayıcı kutular oluşturarak nesnelere tespit eder ve kullanıcıların tespit edilen nesnenin güven düzeyini anlamalarına yardımcı olur.

Veri seti, 80'den fazla nesne sınıfı içeren COCO (Common Objects in Context) veri setidir. Nesne algılama görevlerinde çeşitlilik ve doğruluğu sağlamak için sürekli güncellemelerle 80.000 eğitim görüntüsü ve 40.000 doğrulama görüntüsü içerir. COCO veri setinin çeşitliliği, modelin su altı ortamlarında farklı nesnelere tanımadaki doğruluğunu artırmaya yardımcı olur.

Deneyler, Super Hi Vision 2 Milyon Piksel CMOS kamerayla donatılmış bir su altı tankı kullanılarak kontrollü bir su altı ortamında gerçekleştirildi. 8,5 mm çapında, su geçirmez ve esnek olan kamera, nesne algılama için gerçek zamanlı görüntüler yakaladı. Sistem, yakalanan görüntülerde makine öğrenimi modelleri çalıştırmak için yeterli hesaplama gücü sağlayan bir Intel i5-8265U işlemci, 8 GB RAM ve bir NVIDIA GEFORCE MX250 GPU şeklinde oluşturuldu.

Sonuçlar, TensorFlow ve Faster R-CNN'in su altı nesne tespiti için yüksek etkisini göstermektedir. Su altı ortamlarının getirdiği zorluklara rağmen, model nesnelere gerçek zamanlı olarak yüksek doğrulukla başarıyla tanımlamıştır. Bu yaklaşım, deniz keşfi ve koruma uygulamaları için çok önemli olabilecek su altı tespit sistemlerinde daha fazla ilerlemenin önünü açmaktadır.

### **3.16. YOLOv7-based land and underwater target detection and recognition [70]**

Yazarlar: J. Li, L. Shi, S. Guo

Yayın Yılı: 2023

Öz, nesne algılama eğitimi, yaygın olarak kullanılan VOC2007 veri seti kullanılarak gerçekleştirildi. Faster R-CNN, SSD, CenterNet ve YOLOv7 dahil olmak üzere çeşitli algoritmalar karşılaştırıldı. Dikkatli bir değerlendirmeden sonra, üstün performansı nedeniyle YOLOv7 seçildi.

Model, YOLOv7, su altı hedef tespiti için uygulandı. Bu uygulama için ortam şunları içeriyordu; İşletim Sistemi: Windows 11, Programlama Ortamı: Sanal ortamda Python 3.9, Derin Öğrenme Framework'ü: PyTorch 2.0.0, GPU Hızlandırma Platformu: CUDA 11.7, Donanım: NVIDIA RTX 3060 (12 GB).

Veri seti, tahminler için VOC2007 veri seti kullanıldı. Bu veri seti şunları içeriyor; Açıklamalar: Görüntüler için açıklama bilgilerini içerir, Ana: Tespit görevleri için veri kümelerinin bir listesi, JPEGImages: Eğitim için kullanılan orijinal görüntüleri içeren bir klasör.

Sonuçlar, diğer algoritmalar ile kıyas yapıldıktan sonra, YOLOv7'nin özellikle amfibi robot içeren uygulamalarda su altı hedef tespiti için en uygun algoritma olduğu belirlendi.

### **3.17. Optimization of Underwater Marker Detection Based on YOLOv3 [71]**

Yazarlar: N. Jiang, J. Wang, L. Kong, S. Zhang, J. Dong

Yayın Yılı: 2021

Deney ortamı, sistem olarak Linux Ubuntu 16.04 ve iki tane 2080Ti GPU kullanıldı. Geliştirme için PyCharm ide'si kullanıldı. OpenCV kütüphanesinin komutlarından yararlanıldı.

Veri seti, 4372 eğitim görüntüsünden oluşuyor; Havada çekilen 2480 görüntü, su altında çekilen 1892 görüntü, ek olarak 407 test görüntüsü şeklinde.

Yöntem, Birinci aşama: Hava Görüntüleriyle Ön Eğitim, ön eğitim için 2480 hava görüntüsü kullanıldı. Bu görüntüler eğitim amaçlı filtrelendi ve etiketlendi. Model 50 epochs eğitildi. İkinci Aşama: Sualtı Görüntüleriyle Fine-tuning, ek 1892 su altı görüntüsü fine-tuning işlemi gerçekleştirilebilmek için eklendi. Bu su altı görüntüleri önceden işlendi, filtrelendi ve elle etiketlendi. Model 50 epochs daha eğitildi.

Sonuçlar, YOLOv3'ün özellikle su altı ortamlarında geleneksel yöntemlerden önemli ölçüde daha iyi performans gösterdiğini gösterdi; Karanlık su altı ortamları: Geleneksel yöntem doğruluğu %75,4 iken YOLOv3 %92,9'a ulaştı, ek ışıkla karanlık su altı: Geleneksel yöntemler %79,2'ye ulaştı, ancak YOLOv3 %99,5'e ulaştı, aydınlık su altı ortamları: Geleneksel yöntemler %89'a ulaşırken YOLOv3 %99'a ulaştı, havada: Hem geleneksel yöntemler hem de YOLOv3 %99,5 doğruluk elde etti. Böylelikle, su altı tespiti için YOLOv3'ün etkinliği görülmüş oldu.

### **3.17. Real-time reef fishes identification using deep learning [72]**

Yazarlar: I.M. Yusup, M. Iqbal, I. Jaya

Yayın yılı: 2020

Deney ortamı ve Veri seti, belgeleme ve veri analizi için Microsoft Office 365, programlama ve model geliştirme için Python 3.7 ile Anaconda Navigator şeklinde deney ortamı oluşturuldu. Python'da şu modüller kullanıldı: TensorFlow, NumPy, OpenCV. Veri seti, eğitim ve test için resif balıklarının görüntülerinden ve videolarından oluşuyordu.

Yöntem, YOLO Algoritmasının Oluşturulması: YOLO (You Only Look Once) algoritması, gerçek zamanlı nesne tanımlamasındaki verimliliği nedeniyle kullanıldı. Resif balıklarının görüntüleri ve videoları toplandı, etiketlendi ve eğitim için hazırlandı. Etiketlenen veriler, YOLO modelini eğitmek için kullanıldı. Eğitimden sonra, model performansını değerlendirmek için yeni görüntüler üzerinde test edildi.

Sonuç, YOLO algoritmasının kullanımı, balık türlerini karakterize etmede başarılı oldu. Balık türlerine göre başarı oranları şu şekilde gerçekleşti; Model, 100 görüntü kullanılarak 24 farklı balık türü üzerinde test edildi: En yüksek doğruluk %90,70 ile Pomacanthus imperator için elde edildi, en düşük doğruluk %68,18 tespit doğruluğu ile Forcipiger flavissimus için elde edildi, Chaetodon semilarvatus, %14,00 ile en yüksek yanlış tanımlama oranına sahipti, Birkaç balık türünün %0,0 yanlış tanımlama oranı vardı, bunlar arasında şunlar vardı: Pomacanthus paru (Juvenil), Centropyge loriculus, Amphiprion ocellaris, Pterois volitans, Acanthurus achilles, Acanthurus leucosternon, Heniochus acuminatus. Genel model tanımlama doğruluğu %82,82 oldu.

### **3.18. Underwater Mines Detection using Neural Network [73]**

Yazarlar: Shantanu, A. Saraf, A. Tiwari, M. Kumar, S. Manonmani

Yayın Yılı: April-2020

Öz, Sualtı mayınları deniz savaşlarında önemli güvenlik riskleri oluşturur ve yan taramalı sonar görüntülerini kullanan mevcut tespit yöntemleri sıklıkla doğruluk sorunları ve yanlış alarmlar yaşar. Bu çalışma, Mask RCNN modelini kullanarak doğru ve zamanında mayın tespiti için bir sistem sunar. ResNet-50 mimarisi ve Özellik Piramidi Ağı (FPN) aracılığıyla özellik çıkarımını kullanan sistem yüksek tespit doğruluğu elde eder. Bu yaklaşımı, Faster RCNN kullanarak diğer deniz nesnelerini tespit etmek için genişletme potansiyeli vardır.

Veri seti, sualtı mayınlarının görüntüleri çeşitli web sitelerinden alınıp toplanmıştır. Veri seti, eğitim ve doğrulama setlerine ayrılmıştır. Görüntülerin %70'i eğitim için, %30'u ise doğrulama için kullanılmıştır.

Sonuçlar, modelin performansı, veri kümesi üzerinde eğitimden sonra 0,740'lık bir mAP değerine ulaştı.

### **3.19. Object Detection And Recognition Using Webcam With Voice Using Yolo Algorithm [74]**

Yazarlar: B. Dhanalaxmi, D. Saivarshitha, E.V. Madhav, G. Chiranjeevi, A. Arthi

Yayın Yılı: 4 Dec 2023

Projenin amacı, görme engelli bireylerin nesnelere tanımlarına ve çevrelerinde gezinmelerine yardımcı olmak için tasarlanmıştır. İnsan yüzleri ve kâğıt paralar dahil olmak üzere nesnelere bulmak ve sınıflandırmayı amaçlar.

Model, özellikle para banknotu tespiti için daha geniş bir katman ekleyerek ilk SSD300'ü geliştiriyor. Orijinal SSD modeli para banknotlarını etkili bir şekilde tanıyamıyordu, ancak Inception v3 ile yapılan iyileştirmeler, INDIAN OLD NOTES veri setini kullanarak tespit doğruluğunu geliştirdi. Geliştirilmiş model artık çeşitli para banknotları da dahil olmak üzere 22 farklı sınıfı tespit edebiliyor.

Nesne tanıma, YOLOv3, OpenCV ve Python kullanılarak uygulandı. Önceden eğitilmiş model, doğru algılama için görüntülere benzersiz sınıf adları atar. Görüntüler, özellikleri çıkarmak ve ağırlıkları atamak için katmanlarda işlenir.

Sonuçlar, gerçekleştirilen proje, görme engelli bireylerin nesne tanıma ve yüz tanıma yoluyla hareket etmelerine yardımcı oluyor. Geliştirilmiş modelin doğruluk oranı INDIAN OLD NOTES veri seti üzerinde %97'nin üzerine çıkmayı başarıyor.

### **3.20. Autonomous Underwater Vehicle: Electronics and Software Implementation of the Proton AUV [75]**

Yazarlar: V. Mange, P. Shah, V. Kothari

Yayın Yılı: 2019

Model, Nesne tespiti için iki model, Faster R-CNN v2 ve SSD Mobilenet v2 kullanıldı. İlk eğitim, binlerce sınıf içeren COCO veri kümesi üzerinde gerçekleştirildi. Ancak, modeller daha sonra iki yeni su altı nesne sınıfına odaklanmak üzere yeniden eğitildi. Bu yeniden eğitim süreci için büyük bir su altı görüntü veri kümesi kullanıldı ve modeller sonuçları iyileştirmek için daha önce kaydedilmiş kontrol noktalarından eğitime devam etti.

Veri seti, Eğitim veri seti, eğitim ve test için 80:20 oranında bölünmüş yaklaşık 5.800 su altı görüntüsünden oluşuyordu. Bu, 4.640 eğitim görüntüsü ve 1.160 test görüntüsü içeriyordu ve hepsi kapı, parlama veya her ikisi olarak etiketlenmişti. Görüntüler, 60 FPS'de bir GoPro Hero 3 kullanılarak çekildi.

Deney ortamı, Model eğitimi, COCO veri setini TensorFlow nesne algılama koduyla birlikte kullanarak NVIDIA GTX 1050 Ti

grafik kartıyla donatılmış bir dizüstü bilgisayarda gerçekleştirildi. Eğitim aşaması için sistem kurulumu birden fazla donanım bileşeni içeriyordu: Ana işlemci olarak Odroid Xu4 kullanıldı, UART0 üzerinden bağlanan Pixhawk iletişimi ve manevraları yönetti, oCam 5MP kamera sahip olduğu 65 derecelik görüş alanıyla 1280×720@30fps çözünürlükte görüntü ve video çekimi için Odroid'e bağlandı, iletişim için hem kablolu (Fathom X) hem de kablosuz (Putty) yöntemler kullanıldı.

Uygulama, Video çekimi, bir oCam kamera ile OpenCV kütüphanesi kullanılarak gerçekleştirildi. Nesne tespiti, kapıları ve parlamaları tanımlamak için %75'lik bir tespit eşiği ayarlayarak TensorFlow ile gerçekleştirildi. Tespit üzerine, sistem tanımlanan nesnelerin etrafında bir sınırlayıcı kutu oluşturdu ve bunları tespit puanlarıyla etiketledi. İletişim için, AUV'nin hareketlerini kontrol etmek üzere gerekli PWM darbeleri Pixhawk aracılığıyla ESC'ye gönderildi. Arm/Disarm, dalgalanma, sallanma, yükselme ve sapma/yuvarlanma gibi belirli görevleri ele almak için fonksiyon kodları geliştirildi.

Sonuçlar, SSD Mobilenet v2 modeli, Odroid'de yaklaşık 0,5 saniyelik bir işlem süresine ulaştı. Daha Hızlı R-CNN modeli, %80'i aşarak daha yüksek doğruluk gösterdi, ancak yaklaşık 2 saniyelik daha uzun bir işlem süresine sahip oldu.

### **3.21. Faster R-CNN Based Deep Learning for Seagrass Detection from Underwater Digital Images [76]**

Yazarlar: M.D. Moniruzzaman, S.M.S. Islam, P. Lavery, M. Bennamoun

Yayın Yılı: December 2019

Veri seti, Eğitim ve test için toplam 499 görüntü seçilirken, laboratuvar koşullarından ek 2.200 görüntü toplandı. ECU Halophila ovalis-1 (ECUHO-1) adlı son veri kümesi son tahlilde toplam 2.699 görüntü içerir.

Model, R-CNN ve Hızlı R-CNN'den daha gelişmiş olan Faster R-CNN, gerçek zamanlı algılama için tasarlanmıştır. İki ana bileşenden oluşur: İlgi alanlarını önermek için bir Bölge Öneri Ağı (RPN) ve nesne algılama için bir sınıflandırıcı.

Sonuçlar, Faster R-CNN yüksek doğruluk oranı elde etmiştir. Inception V2 ağıyla birleştirilen Faster R-CNN modeli, laboratuvar

görüntülerinde 0,3464 ve karışık bir test setinde 0,261 ortalama hassasiyet (mAP) elde etti.

### **3.22. Detecting Underwater Discrete Scatterers in Echograms with Deep Learning-Based Semantic Segmentation [77]**

Yazarlar: R. Vohra, F. Senjaliya, M. Cote, A. Dash, A.B. Albu, J. Chawarski, S. Pearce, K. Ersahin

Yayın Yılı: 2023

Öz, OCUDS veri kümesinde son teknoloji derin öğrenme mimarileri karşılaştırıldı (özellikle denizanası tespiti için). Geç füzyon stratejilerinin hassasiyet, geri çağırma ve IoU açısından erken füzyondan daha iyi performans gösterdiği ortaya konuldu.

Veri seti ve Deney ortamı, Okisollo Kanalı Sualtı Ayrık Saçılımcıları (OCUDS) veri seti 125 bir saatlik çok frekanslı ekogramdan oluşur. Veri seti eğitim için %80 ve test için %20 olmak üzere bölünmüştür ve eğitim için 100 çok frekanslı ekogram ve test için 25 ekogram elde edilmiştir. Python dili, PyTorch framework'ü kullanılarak uygulanmıştır.

Sonuçlar ve Değerlendirme, Sualtı saçıcı tespiti görevinde Attention U-Net, geri çağırma açısından hem U-Net'i hem de DeepLabV3+'ı geride bırakırken, DeepLabV3+ en yüksek hassasiyeti elde etti. Attention U-Net daha küçük ve daha hassas tespitlerle daha fazla piksel tespit etti. Hem U-Net hem de DeepLabV3+ tespitlerinde daha az netlik gösterdi. Late fusion Attention U-Net gürültülü bölgelerde bile ek ayrık saçıcıları etkili bir şekilde tespit etti.

### **3.23. Fish Detection Using Deep Learning [78]**

Yazarlar: S. Cui, Y. Zhou, Y. Wang, L. Zhai

Yayın Yılı: 23 January 2020

Konu, Okyanusun keşfi, tıpkı uzayın keşfi gibi, tehlikeli görevler üstlenmek üzere tasarlanmış robotların geliştirilmesini sağlamıştır. Otonom Sualtı Araçları (AUV'ler), özellikle okyanus keşfi için bu ilerlemenin ön saflarında yer almıştır. Bu makale, su altı ortamlarında balık tespitine odaklanan önceki bir AUV tasarım projesinden elde edilenleri sunmaktadır.

Model ve Veri Seti, bu araştırmanın bir parçası olarak balık tespiti için evrişimli sinir ağı (CNN) tabanlı bir yöntem geliştirilmiştir. Ağ



için eğitim verileri, dijital bir kamera kullanılarak Meksika Körfezi'nden toplanmıştır. Çeşitli balık türleri kullanılarak eğitim ve test veri kümeleri oluşturuldu. Karşılaşılan temel zorluklar arasında, özellikle Meksika Körfezi'nde bulanık okyanus suyunda balıkları tanımlamak ve balık, kaplumbağa gibi birden fazla tür içeren karmaşık ortamlarda balıkları tespit etmek oldu. Orijinal görüntülerin sınırlı kullanılabilirliği nedeniyle daha fazla öğrenme kaynağı oluşturmak için veri artırma teknikleri kullanıldı.

Deney ortamı, deneyler, TensorFlow ve Python kullanılarak gerçekleştirildi. Deneyler için donanım, CNN modelinin hesaplama gereksinimlerini destekleyen bir GeForce GTX 745 grafik kartıydı.

Sonuçlar ve Performans, Model, eğitim kaybı ve test kaybı karşılaştırılarak değerlendirildi. Veri artırmanın etkili olduğu, görüntü sayısını iki katına çıkardığı ve modelin özellik öğrenme yeteneklerini iyileştirdiği görüldü. Balık tespiti için güven düzeyleri, veri artırma ile artarak sırasıyla 0,629, 0,685 ve 0,723'e ulaştı. Son eğitim kaybı 0,18 olarak iyi bir sonuçla hesaplandı.

### **3.24. Underwater fish image enhancement method based on color correction [79]**

Yazarlar: X. Wang, L. Mao, J. Wang

Yayın Yılı: 2022

Amaç, su altı balık görüntülerini geliştirmek ve balık tanımlamasının doğruluğunu önemli ölçüde iyileştirmek için tasarlanmış bir renk düzeltme yöntemini tanıtmaktır. Özel olarak oluşturulmuş bir balık görüntü veri kümesi üzerinde yürütülen deneyler, önerilen yöntemin görüntü geliştirmede mevcut tekniklerden daha iyi performans gösterdiğini göstermiştir.

Yöntem, Sualtı görüntülerindeki düşük parlaklık, zayıf kontrast ve dengesiz renk dağılımı sorunlarını ele almak için şu adımlar uygulandı: CIE-Lab renk uzayındaki L, a ve b bileşenlerini görüntü keskinliğini iyileştirmek için germek, Uygun kazanç faktörlerini hesaplayarak RGB kanallarını eşitleme, böylece renk bozulmasını azaltma, Balıklar ile arka planları arasındaki farklılaşmayı artıran kontrast germe.

Deney ortamı, Donanım olarak Intel Core i7-9700 CPU, 16 GB RAM ve GeForce RTX 2070 GPU kullanılmıştır. Windows 10

işletim sistemi, Python 3.7 programlama dili ve Pytorch 1.4 derin öğrenme framework'ü yazılım platformu olarak tercih edilmiştir.

Sonuçlar, YOLOv5 ağı kullanılarak hedef tanıma, metrikleride önemli bir iyileşme gösterdi. Görüntü iyileştirme tekniklerinin uygulanmasından sonra, hedef tanıma doğruluğu %99,9'a yükseldi; bu da diğer projelere kıyasla 1,3 yüzde puanı iyileştirme anlamına geliyor. Geri çağırma da %99,9'a yükseldi; bu da diğer projeler göz önüne alındığında 1,8 yüzde puanı artış anlamına geliyor; mAP ise başlangıç seviyesine kıyasla %94,5'e yükseldi; bu da diğer projeler düşünüldüğünde 5,6 yüzde puanı artış anlamına geliyor.

### **3.25. BG-YOLO: A Bidirectional-Guided Method For Underwater Object Detection [80]**

Yazarlar: J. Zhang, R. Zhang, X. Yan, X. Zhuang, R. Cao  
Yayın Yılı: 13 Apr 2024

Amaç, Mevcut iyileştirme yöntemleri görsel kaliteyi iyileştirmeye öncelik verirken, genellikle nesne algılama performansını artırmazlar. Bu boşluğu gidermek için BG-YOLO, bozulmuş su altı koşullarında algılama doğruluğunu artırmak için özel olarak tasarlanmış çift yönlü bir yaklaşım sunar.

URPC2019 Veri Seti: Bu veri seti, beş nesne sınıfında 3765 eğitim görüntüsü ve 942 test görüntüsü içerir: echinus, deniz yıldızı, holothurian, tarak ve su yosunları. Bu görüntüler, renk bozulması ve bulanıklık gibi zorlu özelliklere sahiptir.

URPC2020 Veri Seti: Daha ileri değerlendirme için kullanılan bu veri seti, aynı beş nesne sınıfını kapsayan 4200 eğitim görüntüsü ve 800 test görüntüsünden oluşur. Bu veri setindeki görüntüler ayriyeten renk sapması, düşük kontrast, nesne tıkanıklığı ve kümelenmiş sahneler gibi olumsuz özelliklere sahiptir.

Deney ortamı, BG-YOLO, Python 3.8.10 ve Torch 1.10.0 kullanılarak uygulanması yapıldı ve Nvidia GeForce RTX 3090 GPU üzerinde eğitildi.

Yöntem, BG-YOLO, paralel olarak çalışan iki ana dal etrafında yapılandırılmıştır: iyileştirme ve algılama dalı. İyileştirme dalı hem bir görüntü iyileştirme alt ağını hem de bir nesne algılama alt ağını içerirken, algılama dalı yalnızca bir algılama alt ağından oluşur. Özellik kılavuzlu bir modül, her iki dalın sığ evrimsel katmanlarını

birbirine bağlayarak iki yönlü bir bilgi akışı sağlar. Görüntü iyileştirme CycleGAN modeline dayanarak gerçekleştirildi.

Performans, Renk sapması ve bulanıklık gibi olumsuz özelliklere sahip çeşitli su altı görüntüleri içeren URPC2019 ve URPC2020 veri kümeleri kullanılarak kapsamlı deneyler gerçekleştirildi. BG-YOLO, mevcut yöntemlerle karşılaştırıldığında nesne algılama performansında önemli iyileştirmeler gösterdi. Özellikle, echinus, denizyıldızı, holothurian, tarak ve su yosunları gibi su altı nesnelерini algılamada daha iyi doğruluk gösterdi.

Sonuçlar, URPC2020 veri kümesinde, BG-YOLO %80,2'lik bir mAP@0,5 elde etti. YOLOv5'leri %0,7 oranında geçti ve ayrı ile paralel yöntemleri sırasıyla %5,4 ve %4,3 oranında geride bıraktı. BG-YOLO'nun performansı, kademeli yaklaşımdan %0,2 oranında biraz düşük olsa da üç kat daha hızlıydı. Bu durum, onu gerçek zamanlı uygulamalar için daha verimli bir çözüm olarak yansıttı.

### **3.26. Fish Detecting Using YOLOv4 and CVAE in Aquaculture Ponds with a Non-Uniform Strong Reflection Background [81]**

Yazarlar: M. Zhao, J. Wu, H. Yu, H. Li, J. Xu, S. Cheng, L. Gu, J. Meng

Yayın Yılı: 5 May 2023

Deney ortamı ve Deney şu şekildedir; İşletim sistemi: Linux, Grafik kartı: 6 GB RAM'li Tesla K20cs, NVIDIA CUDA Sürümü: 6.0, Makine Öğrenme Framework'ü: PyTorch, Python Sürümü: 3.6, Eğitim Süresi: 80 epochs, Öğrenme Oranı: 0,001. YOLOv4 ve CVAE kombinasyonu, en iyi sonuçları elde etmek için 0,001'lik bir öğrenme oranıyla 80 dönem boyunca eğitildi. Nicel ve nitel değerlendirmeler, yöntemin güçlü yansımalar olduğunda balık tespit doğruluğunu iyileştirdiğini kanıtladı.

Veri seti, Önerilen yöntemi eğitmek ve doğrulamak için yeni bir veri seti oluşturuldu: Gölet Kültürü Takifugu Rubripes Veri Seti: Bu veri seti, gölet kültürü Takifugu rubripes'in (bir balon balığı türü) 1000 adet elle ek açıklamalı görüntüsünü içerir. Sentetik Veri Seti: Güçlü yansımaları içerecek şekilde 2000 görüntüden oluşan sentetik bir veri seti oluşturuldu. Bu veri seti hem yansıma giderme hem de balık tespiti için sağlam eğitim verileri sağlamak üzere gerçek veri

setiyle birleştirildi. Veriler eğitim ve test olmak üzere iki sınıfa ayrıldı ve uygulandı.

Yöntem, nesne tespit algoritması olan YOLOv4 ve yansıma giderme için CVAE üzerine kuruludur. Metodolojinin temel bileşenleri şunlardır; YOLOv4: Görüntülerdeki güçlü yansıma alanlarını tespit eder ve maskeler, sorunlu bölgeleri izole eder. CVAE Entegrasyonu: Yansıma bölgesinin dağılımını çıkarır ve yeniden yapılandırır, yansımayı etkili bir şekilde kaldırır ve görüntü kalitesini restore eder. Yansıma giderildikten sonra, daha yüksek kaliteli görüntülerde balıkları tespit etmek için YOLOv4 tekrar uygulanır ve bu da performansı geliştirir.

Sonuçlar, Yansıma gidermeyi içermeyen balık tespit yöntemleriyle karşılaştırıldığında, önerilen yöntem ilerlemeler gösterdi: Hassasiyet: Balık tespit hassasiyeti %2,7 oranında iyileştirildi. Recall: Recall %2,4 oranında arttı. Bu iyileştirmeler, hedef tespiti algoritmalarını uygulamadan önce yansımaları gidermek için su altı görüntülerinin ön işlenmesinin önemini vurgular.

### **3.27. A High Performance Ultrasonic System for Flaw Detection [82]**

Yazarlar: B. Wang, J. Saniie

Yayın Yılı: October 2019

Öz, Ultrasonik Tahribatsız Muayene (NDE), malzemelerin bütünlüğünü değerlendirmek için yüksek frekanslı ses dalgalarını kullanır. Bu süreçte, mikro yapıdaki gürültülerin arasından hata yankılarını tespit etmek zorluk yaratır. Bu çalışma, Xilinx ZYNQ SoC kullanılarak yeniden yapılandırılabilir, yüksek performanslı ve düşük maliyetli bir NDE platformu geliştirmeyi sunar. Sistem, yüksek voltajlı darbeler üretir, düşük voltajlı yankıları alır, verileri işler ve ana bilgisayara aktarır. Hata yankılarının tespitinde Makine Öğrenimi (MLPNN) kullanılmıştır. Deneysel sonuçlar, hata yankılarını yüksek doğrulukla tespit ettiğini göstermektedir.

Deney Ortamı, Sistem, Ultrasonik Analog Ön Uç (AFE), yüksek frekanslı ADC ve veri işleme için bir işlemci içerir. Doğru dönüştürücü seçimi, test örneklerinin değerlendirilmesinde kritik öneme sahiptir. Arduino tabanlı motor kontrolüyle transdüserin hassas hareketi sağlanır. Ana sistem olarak bir masaüstü bilgisayar, veri yönetimini ve işlenmesini gerçekleştirir.

Yöntem, MLPNN, zaman tabanlı ultrasonik yankı sinyalleri ve Split Spectrum Processing (SSP) 2D temsili ile eğitilir. Deneysel sonuçlar, MLPNN'nin hata yankılarını doğru tespit edebildiğini göstermektedir.

Sonuçlar, MLPNN, TensorFlow kullanılarak eğitilmiş ve 50 eğitim dönemi sonunda zaman segmentleriyle %99,86, SSP işlenmiş verilerle %99,96 eğitim doğruluğuna ulaşmıştır. Zaman segmentleriyle %99,27, SSP işlenmiş verilerle %99,31 test doğruluk oranına ulaşmıştır. Her iki model de hata yankılarını etkili bir şekilde tespit edebilmiştir.

### **3.28. Image pre-processing and segmentation for realtime subsea corrosion inspection [83]**

Yazarlar: C. Pirie, C.F. Moreno-Garcia

Yayın Yılı: 2021

Amaç, Petrol ve Gaz sektöründe varlık sağlığını değerlendirmek için açık deniz denetimi hayati önem taşır. Kimyasal reaksiyonların neden olduğu korozyon, küresel ekonomiye yıllık 2,5 trilyon dolara mal olur. Sektördeki gerilemelerle birlikte, verimli korozyon yönetimi olmazsa olmaz hale gelmiştir. Bu makale, gelişmiş bilgisayarla görüş ve derin öğrenme tekniklerini kullanarak gerçek zamanlı denetimi otomatikleştirmeyi araştırmaktadır.

Yöntem ve Veri Seti, Çeşitli ön işleme yöntemleri (CLAHE, Gray World, Retinex) ve segmentasyon algoritmaları (YOLO, Mask R-CNN, CNN) test edildi. Herhangi bir genel veri seti mevcut olmadığından, 1.272 görüntüden oluşan özel bir veri seti oluşturuldu ve %70'i eğitim için ve %30'u test için ayrıldı. Korozyon görüntüleri her algoritma için farklı araçlar kullanılarak manuel olarak etiketlendi.

Ön işleme tekniklerinin karışık sonuçları oldu. Gray World, genel hassasiyeti iyileştirdi ancak Mask R-CNN'nin etkinliğini azalttı. Retinex görüntü kalitesini düşürdü ve tüm ağları olumsuz etkiledi. CLAHE görüntü kontrastını iyileştirdi ancak tahmin doğruluğu üzerinde minimum etkisi oldu.

Segmentasyon algoritmaları olan CNN, YOLO ve Mask R-CNN, en iyi performansı sağlamak için boyut, filtreler ve sınıf sayısı gibi belirli ayarlarla yapılandırıldı. Mask R-CNN modeli iki sınıf (arka plan ve pas) içeriyordu ve dönem başına 14 adım için eğitildi.

Sonuçlar, CNN yüzey veri kümelerinde yüksek hassasiyete (90,9%) ulaştı ancak su altında zorlandı (75%). YOLO, özellikle küçük, kümelenebilir nesnelere tespit etmede yüzey veri kümelerinde %7,1 ve su altında %9,0 hassasiyetle yetersiz performans gösterdi. Mask R-CNN, yüzey görüntülerinde %57,0 mAP ve su altında %77,1 ile en iyi performansı gösterdi.

Değerlendirme, CNN temel korozyon tespiti için verimli olsa da mekânsal bilgiden yoksundur. YOLO, hızlı olmasına rağmen doğrulukla mücadele eder ve otomasyon için uygun değildir. Mask R-CNN en iyi hassasiyeti ve ayrıntılı analizi sunar ancak gerçek zamanlı uygulamalar için hızda iyileştirmeler gerektirir.

### **3.29. Semantic Segmentation of Underwater Images using UNet architecture based Deep Convolutional Encoder Decoder Model [84]**

Yazarlar: N.A. Nezla, T.P.M. Haridas, M.H. Supriya

Yayın Yılı: Mar 2021

Amaç, Çalışma, özellikle semantik segmentasyon olmak üzere su altı görüntü işleme için derin sinir ağlarının uygulanmasına odaklanmaktadır. Dinamik çevre koşulları nedeniyle su altı segmentasyonu özellikle zordur. Deniz ekosistemlerini anlamak sürdürülebilir kalkınma için çok önemlidir ve derin öğrenme gibi gelişmiş teknikler segmentasyon doğruluğunu artırmada kullanılır.

Deney ortamı, Eğitim ve test için Fish4Knowledge veri kümesi kullanıldı. Görüntüler U-Net mimarisine aktarılmadan önce ön işleme tabi tutuldu. Modelin performansını optimize etmek için Python ve TensorFlow kullandı.

Yöntem, N-cut ve Graph Cuts gibi geleneksel yöntemler karmaşık su altı görüntüleri için daha az etkilidir. Bu çalışma, daha iyi segmentasyon için Tam Evrişimli Ağlar (FCN) ve Kodlayıcı-Kod Çözücü mimarisi olan U-Net'i kullanmıştır. U-Net modeli, farklı boyutlardaki görüntüleri işleyerek ayrıntılı mekânsal bilgilerle hassas segmentasyona olanak tanır.

Kullanılan kütüphaneler ve paketler modelleme ve eğitim için Tensorflow ve Keras, çizim için Matplotlib ve çeşitli sayısal işlemler için Numpy'dir. Eğitim performansını görselleştirmek için Tensorflow ekosisteminde bulunan Tensorboard kullanılır.

Sonuçlar, U-Net mimarisini kullanarak, Fish4Knowledge veri kümesi yüksek doğrulukla segmentlere ayrılmış ve *Acanthurus nigrofuscus* türü için ortalama 0,8583'lük Intersection over Union (IoU) puanı elde edilmiştir.

Değerlendirme, U-Net modeli, ekolojik çalışmalar için potansiyelini göstererek su altı görüntü segmentasyonu için etkili olduğunu kanıtladı.

#### 4. İlerde Yapılacak Çalışmalara Atıflar

Sualtı görüntü işleme alanında yapılan mevcut çalışmalar, nesne tespiti ve renk iyileştirme gibi temel konularda önemli ilerlemeler kaydetmiştir [53, 79]. Bununla birlikte, derin deniz görüntülerinde karşılaşılan zorluklar, özellikle düşük ışık ve yüksek bulanıklık gibi durumlar, çözülmeyi bekleyen sorunlar olup bunlar üzerinde çalışmalar yürütülmektedir [61, 71, 80].

Gelecekteki çalışmalar için, Mevcut veri setleri yeterli olmadığından veri setlerinin miktarı artırılabilir. Farklı kaynaklardan verilerin birleştirilip bir veri setinin meydana gelmesi modelin öğrenme sürecinin daha iyi geçmesini sağlayabilir. Sualtı görüntü işleme için derin öğrenme tabanlı yöntemlerin gelişimi sağlanabilir. Bu sayede model, görüntü iyileştirme ve nesne tespiti gibi alanlarda daha iyi sonuçlara ulaşılabilir. Bulanık ve düşük aydınlatmalı sualtı görüntüleri, optik ve sensör sistemler ile iyileştirilebilir. Sualtı aydınlatma sistemleri görüntünün kalitesini artırıp görüntü işleme algoritmalarının performansını artırabilir.

#### 5. Kaynakça

- [1] Schettini, R. and S. Corchs, Underwater image processing: state of the art of restoration and image enhancement methods. EURASIP journal on advances in signal processing, 2010. 2010: p. 1-14.
- [2] Bozkurt, A., Yapay Zeka Meraklıları İçin Araç Kiti. Oct 16, 2023.
- [3] Gonzalez, R.C., Digital image processing. 2009: Pearson education india.
- [4] Li, C.Y., R. Mazzon, and A. Cavallaro, Underwater image filtering: methods, datasets and evaluation. arXiv preprint arXiv:2012.12258, 2020.
- [5] Vasamsetti, S., et al., Wavelet based perspective on variational enhancement technique for underwater imagery. Ocean Engineering, 2017. 141: p. 88-100.

- [6] Gould Jr, R.W., R.A. Arnone, and P.M. Martinolich, Spectral dependence of the scattering coefficient in case 1 and case 2 waters. *Applied Optics*, 1999. 38(12): p. 2377-2383.
- [7] Mousavi, M., R. Estrada, and A. Ashok, iDehaze: Supervised Underwater Image Enhancement and Dehazing via Physically Accurate Photorealistic Simulations. *Electronics*, 2023. 12(11): p. 2352.
- [8] Bradski, G. and A. Kaehler, *Learning OpenCV: Computer vision with the OpenCV library*. 2008: " O'Reilly Media, Inc."
- [9] Pişkin, M., *OpenCV Nedir?* 2023.
- [10] Mahavarkar, A., et al. Underwater object detection using tensorflow. in *ITM web of conferences*. 2020. EDP Sciences.
- [11] Wang, Y., et al., UIEC<sup>2</sup>-Net: CNN-based underwater image enhancement using two color space. *Signal Processing: Image Communication*, 2021. 96: p. 116250.
- [12] Chen, L., et al., Underwater target recognition based on improved YOLOv4 neural network. *Electronics*, 2021. 10(14): p. 1634.
- [13] andrey.senyaev, et al. *opencv-python 4.10.0.84*. Jun 17, 2024 [cited Nov 17, 2024; Available from: <https://pypi.org/project/opencv-python/>].
- [14] Mahato, A., *Getting started with Image Processing Using OpenCV*. Mar 14, 2023.
- [15] Yapay Zeka Platformu. *OpenCV*. [cited Nov 17, 2024; Available from: <https://www.yapayzekaplatformu.com/goruntu-isleme/opencv>].
- [16] Alvi, F., *Why You Need To Start Learning OpenCV in 2024!* October 11, 2023.
- [17] Demirkol, Z., *OpenCv Yüz Tanıma*. Oct 16, 2019.
- [18] Van der Walt, S., et al., *scikit-image: image processing in Python*. *PeerJ*, 2014. 2: p. e453.
- [19] Herholz, P. *MRI analysis in python using NIPYPE, Nilearn and more. Introduction to scikit-learn & scikit-image*. 2021 [cited Nov 17, 2024; Available from: [https://peerherholz.github.io/workshop\\_weizmann/prerequisites/python\\_scikit.html](https://peerherholz.github.io/workshop_weizmann/prerequisites/python_scikit.html)].
- [20] Doğan, Ç., G. Yüçetürk, and U. Acar. *Seaweed Growth Detection in Aquaculture Environment Using Simple Linear Iterative Clustering Method*. in *Proceeding of*. 2020.
- [21] Plotnikov, V., et al. *Classical and neural network approaches to object detection in underwater robotics competitions*. in *AIP conference proceedings*. 2022. AIP Publishing.
- [22] Mohanty, D. and V. Jain. *Underwater Photography Noise Cancellation*. in *Proceedings of the 5th International Conference on Information Management & Machine Intelligence*. 2023.
- [23] PySquad, *Scikit-image with Python: Image Processing is Fun*. Aug 29, 2024.
- [24] Coderspace, *En Popüler Python Kütüphaneleri*. Oct 30, 2023.



- [25] Ansari, A. Image processing with Scikit-image in Python. Jan 19, 2023 [cited Nov 17, 2024; Available from: <https://www.geeksforgeeks.org/getting-started-scikit-image-image-processing-python/>.
- [26] Kumar, N. Learning Model Building in Scikit-learn. Sep 4, 2024 [cited Nov 17, 2024; Available from: [https://www.geeksforgeeks.org/learning-model-building-scikit-learn-python-machine-learning-library/?ref=header\\_outind](https://www.geeksforgeeks.org/learning-model-building-scikit-learn-python-machine-learning-library/?ref=header_outind).
- [27] Abadi, M., et al. {TensorFlow}: a system for {Large-Scale} machine learning. in 12th USENIX symposium on operating systems design and implementation (OSDI 16). 2016.
- [28] Bosse, S. and P. Kasundra, Robust Underwater Image Classification Using Image Segmentation, CNN, and Dynamic ROI Approximation. Engineering Proceedings, 2022. 27(1): p. 82.
- [29] Chollet, F., Deep learning with Python. 2021: Simon and Schuster.
- [30] Thum, G.W., et al., Toward a highly accurate classification of underwater cable images via deep convolutional neural network. Journal of Marine Science and Engineering, 2020. 8(11): p. 924.
- [31] Kaul, S., Building Deep Learning Models with Keras: A Step-by-Step Guide with Code Examples. Aug 18, 2024.
- [32] AnalytixLabs, Pytorch vs. TensorFlow: Which Framework to Choose? Feb 5, 2024.
- [33] Oliphant, T.E., Guide to numpy. Vol. 1. 2006: Trelgol Publishing USA.
- [34] Minnet, A., Numpy. Jun 6, 2022.
- [35] Natarajan, P. and A. Nambiar, Underwater SONAR Image Classification and Analysis using LIME-based Explainable Artificial Intelligence. arXiv preprint arXiv:2408.12837, 2024.
- [36] Karadağ, H., Veri Bilimi İçin Python Kütüphaneleri-1: NumPy. May 15, 2023.
- [37] Topkara, N., Veri Bilimi için Temel Python Kütüphanesi: NumPy. Aug 7, 2022.
- [38] NumPy. NumPy. 2024 [cited Nov 17, 2024; Available from: <https://numpy.org/>.
- [39] Miscellaneous, Converting Numpy Arrays to Images using CV2 and PIL. Jan 18, 2024.
- [40] Sameer, Image Flipping and Mirroring with NumPy and OpenCV. Nov 20, 2020.
- [41] Wikipedia. NumPy. Jun 21, 2024 [cited Nov 17, 2024; Available from: <https://tr.wikipedia.org/wiki/NumPy>.
- [42] Kahya, A.N., Wikipedia'daki Verilere Metin Madenciliği Yöntemlerinin Uygulanması. Eskişehir Türk Dünyası Uygulama ve Araştırma Merkezi Bilişim Dergisi, 2021. 2(1): p. 11-14.
- [43] Rodriguez Molinuevo, J., Right whales up-call detection using deep classifiers over underwater noisy recordings. 2019, Universitat Politècnica de Catalunya.
- [44] Eren, E., Python Matplotlib ile Grafik Çizme. Mar 19, 2023.

- [45] Mathur, K., Matplotlib: An Introduction To Its Object Oriented Interface. Mar 6, 2019.
- [46] Davis, S., Exploring Python's Data Science Stack: Pandas, NumPy, and Matplotlib. Jul 21, 2023.
- [47] Overrein, M.M., et al., Biomass estimations of cultivated kelp using underwater RGB images from a mini-ROV and computer vision approaches. *Frontiers in Marine Science*, 2024. 11: p. 1324075.
- [48] Rishi, R.K. How to import Matplotlib in Python? Aug 23, 2023 [cited Nov 17, 2024; Available from: <https://www.tutorialspoint.com/how-to-import-matplotlib-in-python>].
- [49] Bilgin, A., PyTorch Nedir? May 7, 2021.
- [50] NVIDIA. PyTorch. 2024 [cited Nov 17, 2024; Available from: <https://www.nvidia.com/en-us/glossary/pytorch/>].
- [51] Liu, C., et al., A new dataset, Poisson GAN and AquaNet for underwater object grabbing. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 2021. 32(5): p. 2831-2844.
- [52] Cong, R., et al., Pugan: Physical model-guided underwater image enhancement using gan with dual-discriminators. *IEEE Transactions on Image Processing*, 2023. 32: p. 4472-4485.
- [53] Zhang, B., et al., GFRENet: An Efficient Network for Underwater Image Enhancement with Gated Linear Units and Fast Fourier Convolution. *Journal of Marine Science and Engineering*, 2024. 12(7): p. 1175.
- [54] Blake, A. SciPy'de Python Öğretici: Nedir, Kütüphane, İşlev ve Örnekler. Aug 12, 2024 [cited Nov 17, 2024; Available from: <https://www.guru99.com/tr/scipy-tutorial.html>].
- [55] SciPy. Multidimensional image processing (scipy.ndimage). 2024 [cited Nov 17, 2024; Available from: <https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/ndimage.html>].
- [56] Menon, A. and R. Aarthi, A Hybrid Approach for Underwater Image Enhancement using CNN and GAN. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 2023. 14(6).
- [57] Cai, L., et al., Dynamic multiscale feature fusion method for underwater target recognition. *Journal of Sensors*, 2022. 2022(1): p. 8110695.
- [58] Dakhil, R.A. and A.R.H. Khayeat, Deep Learning for Enhanced Marine Vision: Object Detection in Underwater Environments. *International Journal of Electrical and Electronics Research*, 2023. 11(4): p. 1209-1218.
- [59] Cao, N. Small Object Detection Algorithm for Underwater Organisms based on Improved Transformer. in *Journal of Physics: Conference Series*. 2023. IOP Publishing.
- [60] Yue, Z., et al., An Effective Method for Underwater Biological Multi-Target Detection Using Mask Region-Based Convolutional Neural Network. *Water*, 2023. 15(19): p. 3507.

- [61] Zacchini, L., et al., Deep learning for on-board AUV automatic target recognition for optical and acoustic imagery. IFAC-PapersOnLine, 2020. 53(2): p. 14589-14594.
- [62] Yang, X., et al., Application of Target Detection Method Based on Convolutional Neural Network in Sustainable Outdoor Education. Sustainability, 2023. 15(3): p. 2542.
- [63] Raza, K. and H. Song, Fast and accurate fish detection design with improved YOLO-v3 model and transfer learning. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 2020. 11(2).
- [64] Parikh, R. and N. Mehendale, Detection of Underwater Objects in Images and Videos Using Deep Learning. Available at SSRN 4605676, 2023.
- [65] Zhang, S., et al., Research on fish identification in tropical waters under unconstrained environment based on transfer learning. Earth Science Informatics, 2022. 15(2): p. 1155-1166.
- [66] Wang, J., et al., Fish tracking based on improved TLD algorithm in real-world underwater environment. Marine Technology Society Journal, 2019. 53(3): p. 80-89.
- [67] Hu, Z., et al. Abnormal Behavior Recognition of Underwater Fish Body Based on C3D Model. in Proceedings of the 2022 6th International Conference on Machine Learning and Soft Computing. 2022.
- [68] Watanabe, J.-I., Y. Shao, and N. Miura, Underwater and airborne monitoring of marine ecosystems and debris. Journal of Applied Remote Sensing, 2019. 13(4): p. 044509.
- [69] Ottapura, S., et al. Underwater Image Processing using Graphics Processing Unit (GPU). in ITM Web of Conferences. 2020. EDP Sciences.
- [70] Li, J., L. Shi, and S. Guo. YOLOv7-based land and underwater target detection and recognition. in 2023 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA). 2023. IEEE.
- [71] Jiang, N., et al., Optimization of underwater marker detection based on YOLOv3. Procedia Computer Science, 2021. 187: p. 52-59.
- [72] Yusup, I., M. Iqbal, and I. Jaya. Real-time reef fishes identification using deep learning. in IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. IOP Publishing.
- [73] Saraf, A., et al., Underwater Mines Detection using Neural Network. International journal of engineering research & technology (IJERT), 2020. 9(04).
- [74] DHANALAXMI, B., et al., OBJECT DETECTION AND RECOGNITION USING WEBCAM WITH VOICE USING YOLO ALOGRITHM. International Journal of Information Technology and Computer Engineering, 2023. 11(4): p. 81-88.
- [75] Mange, V., P. Shah, and V. Kothari, Autonomous Underwater Vehicle: Electronics and Software Implementation of the Proton AUV. arXiv preprint arXiv:1909.03472, 2019.

- [76] Moniruzzaman, M., et al. Faster R-CNN based deep learning for seagrass detection from underwater digital images. in 2019 digital image computing: techniques and applications (DICTA). 2019. IEEE.
- [77] Gülgün T., Alankaya G., Duran M.E., Erdoğan M., Yalçınkaya İ., Durdu A., Terzioğlu H. (2020). Low Cost Unmanned Underwater Vehicle Design. European Journal Of Science And Technology, 363-367., Doi: 10.31590/Ejosat.804610.
- [78] Gülgün T., Alankaya G., Duran M.E., Erdoğan M., Yalçınkaya İ., Durdu A., Terzioğlu H. (2020). Analysis Of The Impact Of Different Angles Of Thrusters İn Underwater Vehicles On Thrust Force İn CAD Environment. European Journal Of Science And Technology, 357-362., Doi: 10.31590/Ejosat.804592.
- [79] Ataner E., Özdeş B., Öztürk G., Çelik T.Y.C., Durdu A., Terzioğlu H., (2020). Deep Learning Methods İn Unmanned Underwater Vehicles. European Journal Of Science And Technology, 345-350., Doi: 10.31590/Ejosat.804599.
- [80] Ataner E., Özdeş B., Öztürk G., Çelik T.Y.C., Durdu A., Terzioğlu H. (2020). Design Of Communication And Power Systems İn Unmanned Underwater Vehicle. European Journal Of Science And Technology, 262-267., Doi: 10.31590/Ejosat.803213
- [81] Ataner E., Özdeş B., Durdu A., Terzioğlu H., (2020). STM32 Based Underwater Control Card Design. European Journal Of Science And Technology, 351-356., Doi: 10.31590/Ejosat.804609.
- [82] Topçul E., Terzioğlu H., Özden M., “:(Bölüm 23 Otonom Araçlar Ve Python Kullanımı “, *Mühendislikte Yeni Araştırmalar*, (2022)., *Tablet Kitapevi*, Editör: Öğr. Gör. Gökhan Yalçın, Öğr. Gör. Abdullah Cem Ağaçayak, Basım Sayısı:1, Ss 305, ISBN:978-605-5447-75-5.
- [83] Vohra, R., et al. Detecting underwater discrete scatterers in echograms with deep learning-based semantic segmentation. in Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2023.
- [84] Cui, S., et al., Fish detection using deep learning. Applied Computational Intelligence and Soft Computing, 2020. 2020(1): p. 3738108.
- [85] Wang, X., L. Mao, and J. Wang, Underwater fish image enhancement method based on color correction. Highlights in Science, Engineering and Technology, 2022. 1: p. 415-425.
- [86] Zhang, J., et al., BG-YOLO: A Bidirectional-Guided Method for Underwater Object Detection. arXiv preprint arXiv:2404.08979, 2024.
- [87] Zhao, M., et al., Fish Detecting Using YOLOv4 and CVAE in Aquaculture Ponds with a Non-Uniform Strong Reflection Background. IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems, 2023. 106(5): p. 715-725.
- [88] Wang, B. and J. Saniie. A high performance ultrasonic system for flaw detection. in 2019 IEEE International Ultrasonics Symposium (IUS). 2019. IEEE.

- [89] Pirie, C. and C.F. Moreno-Garcia. Image pre-processing and segmentation for real-time subsea corrosion inspection. in International Conference on Engineering Applications of Neural Networks. 2021. Springer.
- [90] Nezla, N., T.M. Haridas, and M. Supriya. Semantic segmentation of underwater images using unet architecture based deep convolutional encoder decoder model. in 2021 7th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS). 2021. IEEE.
- [91] Keskin Y.,Karaoğlu O.,Servi S.,Oturanç G. (2011). The Approximate Solution Of High Order Linear Fractional Differential Equations With Variable Coefficients İn Terms Of Generalized Taylor Polynomials. Mathematical And Computational Applications.
- [92] Tas S.,Gurel A.,Eren M.,Acar Ö.D.,Servi S.,Inan O. (2024). Detection Of Plant Diseases With Deep Learning For Productivity And Sustainability İn Agriculture. International Conference On Engineering Technologies (Icente'24)
- [93] Servi S.,Inan O.,Yılmaz F.,Arsel I.,Pekgör A.,Genç A.,Oturanç G. (2024). A Performance Comparison Of Different Machine Learning Algorithms To Forecast Wind Energy İn Türkiye. International Conference on Engineering Technologies (ICENTE'24).