

# İNSANSIZ DENİZ ARAÇLARININ GELECEĞİ VE KULLANIM KONSEPTLERİ II Teknoloji ve Gelecek Öngörüsü



İşbu eserde yer alan veriler/bilgiler, yalnızca bilgi amaçlı olup, bu eserde bulunan veriler/bilgiler tavsiye, reklam ya da iş geliştirme amacına yönelik değildir. STM Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret A.Ş. işbu eserde sunulan verilerin/bilgilerin içeriği, güncelliği ya da doğruluğu konusunda herhangi bir taahhüde girmemekte, kullanıcı veya üçüncü kişilerin bu eserde yer alan verilere/bilgilere dayanarak gerçekleştirecekleri eylemlerden ötürü sorumluluk kabul etmemektedir. Bu eserde yer alan bilgilerin her türlü hakkı STM Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret A.Ş.'ye aittir. Yazılı izin olmaksızın işbu eserde yer alan bilgi, yazı, ifadenin bir kısmı veya tamamı, herhangi bir ortamda hiçbir şekilde yayımlanamaz, çoğaltılamaz, işlenemez.



## 1. GİRİŞ

İnsansız Deniz Araçları (İDA) insanların güvenliğinin sağlandığı yeni nesil uzaktan yönetilen ve otonom operasyonlarda, hem askeri hem sivil alanda vazgeçilmez bir yer edinmeyi başarmıştır. Artan teknolojik gelişmelerin de eklenmesiyle geleceğin donanmalarında daha fazla yer alacaklarına kesin gözüyle bakılan bu araçlar insanların yaralanma veya hayatını kaybetme riskini sıfıra indirerek araştırma çalışmaları, keşif, gözlem ve askeri operasyonlarda benzersiz olanaklar sağlamaktadır.

İnsansız araç teknolojisinin deniz araçlarına en doğru şekilde uygulanması için kullanılacak teknolojilerin, destek sistemlerinin ve filo uygulamalarının derinlemesine incelenmesi gerekmektedir. Modüler özellikleriyle birçok alanda kullanım imkânı olduğu gibi spesifik konfigürasyonlarla donatılan araçların hedeflenen ölçüde operasyonel faaliyetlere destek vermesi veya otonom çalışması en büyük avantajlarıdır.

Öngörülmesi çok zor olan deniz şartlarında personel güvenliğinin en üst düzeyde sağlandığı İDA'lar denizlerin hâkimiyetinde kilit bir rol oynamaktadır<sup>[1]</sup>.

“İnsansız Deniz Araçlarının Geleceği ve Kullanım Konseptleri” ana başlıklı Araştırma Raporumuzun ikinci bölümünde, İDA'larda teknolojik gelişim safhalarına ve yeni teknolojilerle büyük bir gelişim yakalayan sistemlere detaylıca bakılarak, İDA'lar için gelecek öngörülere üzerinde durulacaktır. Rapor kapsamında geleceğe damga vurabilecek bu araçların potansiyeli konusunda geniş bir perspektif sunmak amaçlanmaktadır.

## 2. İNSANSIZ DENİZ ARAÇLARININ TEKNOLOJİK GELİŞİMİ

İnsansız deniz araçlarında ilk çalışmalar öncelikle sualtı araçlarında gerçekleştirilmiştir. Her ne kadar zaman içinde insansız suüstü araçları için çalışmalar yapılmış olsa da başlangıçta teknolojik gelişmelerde ağırlıklı olarak sualtı araçlarına odaklanılmıştır.

Otonom deniz araçları içinde ilklerden biri olan SPURV (Special Purpose Underwater Research Vehicle) 1957 yılında ABD'nin Washington Üniversitesi Uygulamalı Fizik Laboratuvarı araştırmacılarınca tasarlanmıştır. Akustik iletişim yöntemleriyle kullanılan SPURV oşinografi araştırmalarında 1979 yılına kadar kullanılmıştır.

İlk insansız suüstü aracının gelişimi Massachusetts Institute of Technology'de (MIT) ARTEMIS adı ile gerçekleşmiştir. Basit batimetri çalışmaları için donatılan ARTEMIS navigasyon ve kontrol sistemlerinin testleri için iyi bir örnek olmuştur. Ancak bu insansız suüstü aracının boyutunun küçük olması genel anlamda kullanımı sınırlandırmıştır.

ABD donanması da insansız deniz araçlarının ilk evrelerinde suüstü araçlarından çok sualtı araçlarına odaklanmıştır. Sualtında akustik iletişim ve denizaltı izleme operasyonlarında sıklıkla kullanılan insansız sualtı araçları zamanla daha da gelişmiştir. Teknoloji geliştikçe liman güvenliği ve mayın tarama gibi operasyonlarda insansız suüstü araçlarının da tercih edilmesiyle yeni teknolojilere yatırımlar artmıştır<sup>[2]</sup>.

Kendi enerjisini sağlayabilen İDA'ların araştırılmaya başlanmasıyla denizlerde otonom olarak görev yapabilen araçların sağladığı avantajlar bu araçlara yapılan yatırımların artmasına neden olmuştur. Ocius teknoloji firmasının tasarımlarından olan Bluebottle İDA teknolojisi dalga, rüzgâr ve güneş enerjisini kullanarak çalışabilmektedir<sup>[3]</sup>.

İnsanlık tarih boyunca birçok insansız araca imzasını atmıştır. Günümüze yaklaştıkça gelişen teknolojilerin ışığında insansız araçlar ile ilgili teknolojiler de giderek artmıştır. Son yıllarda yapay zekâ teknolojisinde yaşanan gelişmeler insansız deniz araçlarında da çok büyük gelişmelere imkân vermiştir<sup>[4]</sup>.

### 3. İNSANSIZ DENİZ ARAÇLARINDA EN SIK KULLANILAN TEKNOLOJİLER

İDA'larda pek çok farklı teknoloji bir arada kullanılmaktadır. Navigasyon, iletişim sistemleri, uzaktan kontrol ve otonomi, keşif-gözlem sistemleri, elektronik harp ve silah sistemleri gibi teknoloji ve sistemler öne çıkmaktadır.

#### 3.1 Navigasyon (Seyrüsefer) Sistemleri

Deniz araçlarında kullanılan çok çeşitli navigasyon sistemleri bulunmaktadır. Geminin tam konumunun belirlenmesinde kullanılan ana navigasyon aracı Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri'dir (Global Navigation Satellite Systems -GNSS). Konum belirleme sistemi birçok uydudan zaman sinyallerini alarak uydudan gelen verilerdeki zaman gecikmeleri ile deniz aracının tam konumunu bulmayı hedefler. Bu sistemler içinde en bilinen Küresel Konumlandırma Sistemi (Global Positioning System -GPS) ve Diferansiyel Küresel Konumlandırma Sistemi'dir (Differential Global Positioning System -DGPS)<sup>[5]</sup>.

İDA'larda ise Otomatik Navigasyon Sistemi (Automated Navigation System -ANS), Rota Planlama Alt Sistemi (Path Planning Subsystem -PPS) ve Çatışmadan Kaçınma Alt Sistemi (Collision Avoidance Subsystem -CAS) birlikte kullanılarak güvenli bir navigasyon uygulaması sağlanabilmektedir<sup>[6]</sup>.

Ataletsel Navigasyon Sistemleri (Inertial Navigation Systems -INS) yüksek hassaslıkta çalışan bir sistemdir. Çift GNSS antenli bir INS, santimetre seviyesinde hassaslıkta konum bilgisi sağlayabilmektedir. INS ayrıca dalma-çıkma verisi (Heave Data) ile dalga sıklığını da ölçebilmektedir. Bu sayede GNSS verilerinde kesintiler yaşanan bölgelerde İDA için navigasyon sağlarken, iskandil gibi ekipmanların stabilizasyonuna da katkı sağlamaktadır<sup>[7]</sup>.

#### 3.2 İletişim Sistemleri

Otonom sistemler ve iletişim teknolojilerinde yaşanan önemli gelişmeler İDA'ların daha kapsamlı kullanımına imkân tanımıştır. Yeni bilgi ve iletişim teknolojileri desteğiyle güçlenen otonom insansız sualtı ve suüstü araçları deniz operasyonlarında çok büyük avantajlar sunmaktadır<sup>[8]</sup>.

İDA'lar için güvenilir telsiz iletişim sistemleri çok önemlidir. 3G, 4G ve yakın gelecekte kullanımı artacak olan 5G mobil iletişim teknolojileri kalabalık alanlarda kolaylık sunmaktadır. Ancak İDA'lar genellikle bu iletişim frekanslarının kapsama alanı dışında kalabilmektedir. Benzer bir problem nedeniyle Wi-Fi sistemler de İDA'lar için uzun mesafe iletişimde çok uygun olmamaktadır. Denizlerde kullanılacak acil durum alıcı ve verici iletişim ekipmanlarının özellikleri IMO'nun SOLAS kuralları (Safety of Life at Sea -SOLAS) tarafından belirlenmektedir. Bu regülasyon Küresel Deniz Aciliyeti ve Güvenlik Sistemi (Global Maritime Distress and Safety System -GMDSS) olarak adlandırılmaktadır. Ayrıca karadan uzaklaşan her deniz aracında uydu iletişim sistemi bulunması tavsiye edilmektedir<sup>[5]</sup>.

#### 3.2.1 Suüstünde İletişim Nasıl Sağlanıyor?

İletişimin hayatın merkezinde olduğu bir çağda İDA'ların otonom veya uzaktan kontrolle sistem verilerinin izlenmesi için veri transferi çok önemlidir. 5G teknolojisinin de gelişimiyle Makine Tipi İletişim (Machine-Type Communications -MTC) yakın mesafede komuta gemileriyle iletişim için otonom araçlar açısından yeni iletişim yöntemleri ortaya çıkarmıştır. 3GPP, LTE ve yönlendirilmiş IEEE 802.11 (Wi-Fi) radyo bağlantıları bu amaçla en sık kullanılan iletişim yöntemleridir<sup>[9]</sup>.

İDA'lar için kıyı şeridinden uzaklaşarak daha uzun menzilde iletişim sağlanması gerektiğinde ise tele operasyon sistemleri özellikle gelecek uygulamalarında umut vadetmektedir. İDA'ların giderek akıllanan sistemleri insan müdahalesini azaltsa da verilerin transferi ve özel komutların iletilmesi hâlen önem arz etmektedir. Ancak uydu iletişim sistemleri küçük İDA'larda boyutları nedeniyle sorun yaratabilmektedir. Ayrıca genel bütçe ve kullanım standartları açısından da pahalı ekipmanlardır. Uydu sistemlerine alternatif olarak VHF bandında yayın yapabilen radyo ekipmanları da bir çözüm sunabilmektedir. Uzun yıllardır kullanılan bu olgun teknoloji uzun menzilde avantaj sunsa da düşük bant genişliği nedeniyle veri transferini sınırlamaktadır<sup>[5]</sup>.

#### 3.2.2 Sualtında İletişim Nasıl Sağlanıyor?

İDA'larda kullanılan iletişim sistemleri sualtında veya suüstünde olması fark etmeksizin analizlerin izlenmesi, aracın genel bilgileri ve kritik operasyon iletişimlerinde aracı olması açısından çok önemlidir. Sualtı araçlarının iletişimi suüstü araçlarından daha farklı planlanmak zorundadır.

Klasik WLAN ve radyo iletişim sistemleri elektromanyetik dalgaların suda ilerleyememesinden ötürü sualtında işe yaramamaktadır. Ancak akustik dalgalar sualtında iletişime imkân vermektedir. Akustik dalgalar, çevredeki malzemelerin mekanik olarak sıkıştırılması ve genişlemesinden kaynaklanır. Malzeme sıkıştırmaya daha dirençli olduğunda dalganın yayılması daha da etkilidir. Sıkıştırılmaz bir malzeme bir akustik dalgaya maruz kaldığında, molekülleri ekstra enerjiyi hemen diğer malzemelere aktararak sıkıştırma dalgalarını etkili bir şekilde yayar. Bu nedenle, su havadan çok daha az sıkıştırılabilir özellikte

olduğundan, sesin havadaki yaklaşık 340 m/s'ye varan hızına kıyasla sualtında 1.500 m/s'lik bir hızla, yani daha hızlı ve daha fazla yayılır. Akustik modemler bu prensiple İDA'larda iletişimi sağlamaktadır.

Akustik iletişimde en büyük zorluk sesin sualtında ışık hızına oranla 200.000 kat daha yavaş olmasıdır. Bu nedenle bağlantılarda gecikmeler yaşanabilmektedir. Ayrıca sualtı iletişimine uygun olan bant genişliğinin veri kayıpları nedeniyle sınırlanması akustik bağlantıyla iletilecek bilgilerin boyutunda da ciddi sınırlamalara neden olmaktadır<sup>[10]</sup>.

Kablosuz yöntemin yanında kısa mesafelerde kullanım için kablolü iletişim sistemleri de bulunmaktadır. Ana gemiye bağlı olarak faaliyet gösteren İDA'lar iletişimde daha büyük bir güvenlik imkânı sunmaktadır. Ana gemi dışında bir suüstü şamandırasına bağlı çalışan İDA'lar ise suüstü şamandırasında bulunan iletişim sistemlerinden faydalanmaktadır<sup>[11]</sup>.

Hem sualtında hem de suüstünde iletişim bütün İDA'lar için vazgeçilmez bir unsurdur. İletişim sistemleri özellikle gözlem, casusluk ve keşif operasyonlarında kilit bir rol oynamaktadır. Günümüz teknolojileri bazı alanlarda yetersiz kalsa da gelişmekte olan teleoperasyon gibi teknolojiler artırılmış gerçeklik (AG) ve başlığa entegre ekran (Head Mounted Display -HMD) gibi diğer yeni teknolojilerle buluştukça İDA'lar için daha kullanışlı iletişim sistemleri de ortaya çıkacaktır<sup>[5]</sup>.

### 3.3 İnsansız Deniz Araçlarında Uzaktan Kontrol ve Otonomi

Kablosuz iletişim yöntemlerinin yetersiz olduğu geçmişte ilk insansız deniz araçları bir ana gemiye bağlı şekilde çalışan Uzaktan Kontrollü İnsansız Araçlar (Remotely Operated Unmanned Vehicles -ROUV) olarak tanımlanmaktaydı. Bu araçlar öncelikli olarak sualtı mayın tarama, denizaltı izleme ve eğitim amaçlı kullanılmıştır. Uzaktan kontrollü deniz araçlarının sualtında kullanılan modelleri açık veya kutu formu gövdeli ve torpido şeklinde olmak üzere iki çeşittir. Açık veya kutu formu gövdeye sahip insansız sualtı araçları hafif akıntılı denizlerde kurtarma, araştırma veya inşa işlerinde tercih edilmektedir. Torpido şeklinde gövdeli insansız sualtı araçları ise veri toplama ve gözlem görevlerinde kullanılmaktadır<sup>[12]</sup>.

Uzaktan kontrollü insansız deniz araçları hava ve deniz şartları ana gemi için elverdiği ölçüde çalışmaya devam edebilirler. Standart denizaltı operasyonları azami 1.000 metrede gerçekleşmektedir. Ancak uzaktan kontrollü insansız sualtı araçları doğru donanımla 7.000 metreye kadar inebilmektedir. Uzaktan kontrollü sualtı araçları yedi kategoride sınıflandırılmıştır<sup>[13]</sup>.

- **Mikro Uzaktan Kontrollü Deniz Araçları:** Azami 3 kg ağırlığındadırlar bir dalgıcın giremeyeceği alanlarda, boru hattı çatlakları gibi operasyonlarda kullanılmaktadırlar.
- **Mini Uzaktan Kontrollü Deniz Araçları:** Azami 15 kg ağırlığındadırlar ve bir mürettebatın uzaktan kontrolüyle özellikle gözlem ve inceleme görevlerinde tercih edilmektedirler.

- **Genel Uzaktan Kontrollü Deniz Araçları:** 5 hp gücün altında çalışan ve üç parmaklı kol sistemi ile inceleme, numune alma gibi operasyonlarda kullanılan araçlardır.
- **İnceleme Sınıfı Uzaktan Kontrollü Deniz Araçları:** Geniş alanlı keşif ve gözlem operasyonlarında farklı derinliklerde tercih edilmektedirler.
- **Hafif İşçi Sınıfı Uzaktan Kontrollü Deniz Araçları:** 50 hp gücünde ve 2.000 metre derinlikte çalışabilen araçlardır.
- **Ağır İşçi Sınıfı Uzaktan Kontrollü Deniz Araçları:** 220 hp'den az güçte ve 3.500 metre derinlikte operasyonlara destek verebilen araçlardır.
- **Trenç veya Gömme Sınıfı Uzaktan Kontrollü Deniz Araçları:** 200-500 hp güçte 6.000-7.000 metre derinlikte kablo döşeme, derin deniz araştırmaları ve demirleme (gömme) operasyonlarında tercih edilen araçlardır.

Askeri alanda mayın arama-tarama ve temizleme operasyonlarında kullanılan uzaktan kontrollü İDA'lar da bulunmaktadır. Bu araçlar Değişken Derinlik Sensörü (Variable Depth Sensor -VDS) ile yaydığı akustik dalgaların yardımıyla mayın olan ve mayın olmayan nesnelere tespit ederek çalışmaktadır. Bu araçların ilk kullanımı AEGIS Destroyer sınıfı savaş gemilerinde destek amaçlı olarak planlanmıştır<sup>[14]</sup>.

Uzaktan kontrollü suüstü araçlarında ise kablosuz bağlantı yöntemi ile de çalışma imkânı bulunmaktadır. Kablolü veya kablosuz uzaktan kontrol edilebilen insansız suüstü araçları liman güvenliği, filo güvenliği ve çevre operasyonlarında sıklıkla tercih edilmektedir. Pandemiyle birlikte askeri hastane gemilerinin sivil limanlarda demirleyerek destek vermeye başlaması çok değerli teçhizata sahip bu gemilerin güvenliği için bir risk oluşturmuştur. Her gün yüzlerce geminin giriş-çıkış yaptığı mega limanların güvenliği için uzaktan kontrollü İDA'lar çok büyük bir avantaj sağlamıştır. Bu suüstü araçları suüstü ve sualtı sensörleriyle sürekli devriye gezerek gerektiğinde otonom kullanım imkânı ile geniş kapsamlı bir güvenlik devriyesi görevi görmektedir<sup>[15]</sup>.

Kongsberg'in Sounder İDA'sı çoklu kullanım imkânı ve modüler operasyonel donanımları ile geleceğin uzaktan kontrollü İDA'larına iyi bir örnek teşkil etmektedir. Sounder direkt kontrollü, yönetici gözlemlen ve tamamen otonom olarak modifiye edilebilir özelliktedir. Ayrıca operasyon sistemlerinin de ihtiyaca göre değiştirilebilmesi deniz araştırmalarından gözlem ve keşif operasyonlarına kadar birçok görevde çalışmalarına imkân vermektedir. Kendi güç kaynağı ile bütün sistemlerine denizde 20 gün faaliyet gösterecek enerjiyi sağlayabilmektedir<sup>[16]</sup>.

Kablosuz iletişim teknolojileri geliştikçe deniz araçları dünyasında otonomi daha fazla uygulanmaya başlamıştır. Otonomi deniz araçlarına daha sıklıkla uygulanırken deniz robotlarının gelişmesiyle birlikte okyanus araştırmalarında da önemli gelişmeler ortaya çıkmıştır. Ancak zorlu okyanus koşulları dayanıklı robot platformlarının geliştirilmesinin önemini artırmaktadır.

Otonomi ve yeni teknolojiler olgunlaştıkça daha dayanıklı ve verimli otonom deniz araçlarının kullanımı da mümkün olacaktır. Yüksek dayanımlı otonom robotlar geniş deniz tabanlarını birçok açıdan izleyerek araştırmalara destek olurken, sualtı planörleri ve dalga planörleri gibi diğer insansız araçlarla ortaklaşa çalışmalara da imkân vermektedir. Hibrit platformlar ise spesifik versiyonlarına göre daha çeşitli işler yapabildiğinden çoklu operasyonlarda tercih edilmektedir<sup>[4]</sup>.

### 3.4 Keşif ve Gözlem Sistemleri

İDA'lar uzun yıllardır oşinografi çalışmalarında kullanılmaktadır. Otonom veya uzaktan kontrollü çeşitleriyle insanları tehlikeye atmadan her deniz şartında faaliyet gösterebilen araştırma ve gözlem araçları, düşmanla temas riski yaratmadan keşif/gözlem görevlerinde de tercih edilmektedir<sup>[17]</sup>.

İstihbarat, Gözlem ve Keşif (Intelligence, Surveillance and Reconnaissance -ISR) sistemleri askeri ve sivil operasyonların belkemiğini oluşturmaktadır. Bu operasyonlarda insansız araçlar kilit bir roledir. İnsansız sualtı ve suüstü araçlarının sensörleri yardımıyla merkezde toplanan veriler yapay zekâ destekli kompleks algoritmalar veya operatörlerce yorumlanarak görev birliklerine aktarılmaktadır. İDA'larda kullanılan manyetik ve akustik sensörler çevre yapısı, düşman araçları veya diğer tehlikeler hakkında veri toplayarak bu verileri merkezi komuta sistemine aktarmaktadır. İletişim teknolojileri yardımıyla aktarılan veriler otonom sistemler için yapay zekâ tarafından yorumlanarak belirlenen kriterler çerçevesinde kendi kendine karar alabilmekte veya daha riskli kararlar için kumanda merkezine talep iletebilmektedir<sup>[18]</sup>.

### 3.5 Elektronik Harp Sistemleri

Yeni teknoloji İDA'lar savaş alanlarında yer edinmeye başlayan Elektronik Harp (EH) unsurlarında da kullanılmaktadır. Elektronik destek sistemleriyle donatılmış insansız suüstü araçları filo operasyonlarına büyük fayda sağlamaktadır<sup>[19]</sup>. EH sistemlerinin askeri kullanımları öncelikli olarak erken uyarı, destek ve koruma amaçlıdır.

İDA'ların taşıdığı ve istenilen sahada üzerinden bırakılabilen gözetleme sensörleri ve ağırları, Sinyal İstihbaratı (SIGINT), Elektronik İstihbarat (ELINT), Görüntü İstihbaratı (IMINT), Ölçme ve Tanımlama İstihbaratı (MASINT) alanlarında da kullanımına imkân vermektedir. Geride bırakılabilir bu sensörler çalıştıkları süre boyunca topladıkları verileri İDA üzerinden komuta merkezine iletebilmekte ve fark edilmeleri neredeyse imkânsız şekilde görevlerini tamamlayabilmektedirler<sup>[20]</sup>.

### 3.6 Silah Sistemleri

İDA'ların temel saldırı silahları ağırlıklı olarak uzaktan kontrol mekanizması sayesinde bir operatör desteğiyle sağlanmaktadır. Makineli tüfek, roket veya torpidolarla donatılabilen suüstü araçları savunma ve taarruz operasyonlarında personel riski yaratmadan faaliyet gösterebilmektedir<sup>[19]</sup>.

Türkiye'nin İlk Silahlı İnsansız Deniz Aracı ULAQ, milli füze sistemleri üreticisi Roketsan ürünleri olan 4'lü podu



Şekil 1: Lazer Güdümlü Füze L-UMTAS<sup>[23]</sup>.

ile 2,75" Lazer Güdümlü Füze CİRİT ve 2'li lançeri ile Lazer Güdümlü Uzun Menzilli Tanksavar Füze Sistemi (L-UMTAS) ile donatılmıştır<sup>[21]</sup>. Yerli İDA'ların EH kullanımı için modüler özelliklerinin olacağı da düşünülmektedir<sup>[22]</sup>.

Türkiye'de faaliyet gösteren Ares Tersanesi ve Meteksan Savunma'nın işbirliği ile üretilen ULAQ kısa menzilli otonom silahlı İDA, UMTAS antitank füzelerinin kullandığı tamamen yerli tasarım bir deniz aracıdır. Ayrıca dört adet lazer güdümlü Cirit antitank/antipersonel füzelerini de taşıyabilen ULAQ gözlem, keşif, yangın söndürme ve mayın tarama operasyonlarında kullanılabilir şekilde modüler sistemlere sahiptir<sup>[24]</sup>.

İDA'lar denizaltı karşıtı harp uygulamalarında da sıklıkla tercih edilmektedir. Sığ sularda gösterdikleri başarılı sonar uygulamaları denizaltı, mini denizaltı ve drone sistemlerin tespitinde kıyı emniyetine avantaj sağlamaktadır. Otonom özellikleriyle hedef tespiti sonrası hedefin takibi ve engellenmesi gibi operasyonlarda yer almalarını sağlayan modüler özellikleri donanmalarda daha fazla tercih edilmelerini sağlamaktadır<sup>[25]</sup>.

## 4. İNSANSIZ DENİZ ARAÇLARININ GENEL ÖZELLİKLERİ VE GELİŞİMİNE DESTEK OLAN YENİ TEKNOLOJİLER

İnsansız Deniz Araçları kullanım alanları ve operasyonel ihtiyaçları doğrultusunda çok farklı boyut ve şekillerde olabilmektedir. Bazı İDA'lar bir metreden başlayan boyutlara varan küçüklükte olabilmektedir.

### 4.1 İDA'ların Genel Özellikleri

İDA'lar sualtı ve suüstü olarak sınıflandırıldığından öncelikle suüstü araçların boyutları değerlendirildiğinde hâlihazırda mevcut en büyük suüstü İDA, 91 metre uzunluğundadır. Bu araçların tam dolu ağırlıkları ise yaklaşık 2.000 ton civarındadır. Büyük İnsansız Suüstü Aracı (Large Unmanned Surface Vehicle -LUSV) olarak adlandırılan bu araçlar çeşitli operasyonlarda yüksek

mühimmat ve kargo kapasiteleri, modüler operasyonel değişikliklere izin veren özellikleri ve açık denizlerde gösterdikleri dayanıklılıkları ile tercih edilmektedir. LSUV'ların bazı operasyonlarda kullanım kolaylığı sağlaması açısından yarı otonom olması da beklenmektedir. ABD donanması 2020 mali yılında LSUV araştırma ve üretimleri için farklı firmalara toplamda yaklaşık 42 milyon dolarlık kaynak sağlamıştır.

Orta ölçekli İDA'lar (Medium Unmanned Surface Vehicles -MUSV's) 57 metreye varan boyutlarda ve ortalama 500 ton ağırlıktadır. Otonom özelliklerle donatılan modeller keşif ve gözlem amacıyla kullanılabilir. Modüler konfigürasyonları elektronik harp sistemlerinin de kullanılmasına imkân vermektedir. Orta ölçekli İDA'lar için ilk prototip çalışması ABD'nin Savunma İleri Araştırma Projeleri Ajansı (Defense Advanced Research Projects Agency -DARPA) tarafından 2019 yılında başlatılmıştır. İkinci prototip çalışmasının 2023 yılında başlaması planlanmaktadır. Yapılan araştırmalar neticesinde 40 metre uzunluğunda ve 140 ton ağırlığında olan "Sea Hunter" orta deplansman İDA'nın üretimi ve testleri için de imkân sağlanmıştır. ABD donanması L3 (Harris) Technologies firmasına bir MUSV prototipi ve sekiz farklı versiyonu için 35 milyon dolarlık bir bütçe sağlamıştır. Ayrıca ismi açıklanmayan dört firmaya da rekabet imkânı tanıyan donanma prototipi başarılı olan katılımcılar için gelecekte 281.435.446 dolar bütçe sağlanacağı belirtilmiştir.

Ektra geniş sualtı İDA'lar (XLUUVs) ABD donanması desteğiyle Orca (Orca) adı verilen programda geliştirilmektedir. Bu araçlar boyutlarının büyüklükleri nedeniyle çalışacakları alana nakliye edilerek bir limandan denize indirilmesi şeklinde kullanılabilir. Sualtı İDA'ları kategorisinde geliştirilen bu araçlar yüksek taşıma kapasitesiyle sualtından askeri teslimatları gizli bir şekilde yapabilmektedir. ABD donanması 2023 yılından itibaren yılda iki XLUUV üretimi için bütçe çalışması yapmaktadır. Planlanan takvimle 50 adet XLUUV üretimi öngörülmektedir<sup>[26]</sup>.

Araştırma alanında da çok çeşitli İDA'lar bulunmaktadır. Ulusal Oşinografi Merkezinin (National Oceanography Centre -NOC) Ulusal Deniz Ekipmanları Havuzu (National Marine Equipment Pool -NMEP) en büyük merkezîyetçi bilimsel ekipman havuzuna sahiptir. NOC araştırma çalışmaları için aktif olarak üç tip İDA kullanılmaktadır.

● **Dalga Planörü (Waveglider)** adı verilen İDA iki kısımdan oluşmaktadır. Yüzen bir birim ile bir planör veya sualtı biriminden oluşan ABD tasarımı İDA parçaları birbirine yedi metrelik bir kabloyla bağlıdır. Hawaii'de tasarlanan ve bir sörf tahtasını andıran yüzen birim (2,6 metre) veya dalga hareketlerine göre iniş-çıkış yapabilen sualtı birimi (2,2 metre) üç fotovoltik panelle şarj olabilen bir pille çalışmaktadır. Çalışma şartları 24 saati geçmediği sürece kendi kendine şarj olarak faaliyetine devam edebilen İDA deniz araştırmaları için Seabird CTD (İletkenlik, Sıcaklık, Derinlik ölçer), Sonardyne akustik modem ve Airmax WX150 hava

istasyonu ile donatılmıştır. Ayrıca SeaMe X-Band radar vericisi ve AIS'de (Otomotik Tanıma Sistemi) donanımları arasındadır.

- **AutoNaut** İngiltere'de geliştirilmiş 3.5 metre uzunluğunda ve 100 kg ağırlığında bir İDA'dır. 125W litium iyon sülfür pillerle donatılmış Autonaut iridyum veya kısa dalga radyo frekansları üzerinden iletişim sağlamaktadır. İki fotovoltik panelle pillerini şarj eden İDA ayrıca 25W metanol yakıt hücresiyle de donatılabilir.
- **C-Enduro** bir diğer İngiltere tasarımı İDA'dır. 4,2 metre uzunluk ve 2,4 metre genişlikle bir katamaran tasarımı olan İDA denizde en fazla 60-90 gün kalabileceğinden deniz şartları değerlendirildiğinde NOC'ta kullanılan diğer İDA'lara oranla en dayanıksız olanıdır. 500 kg ağırlığındaki katamaran İDA'nın iletişimi iridyum veya Wi-Fi ile sağlanmaktadır. Ayrıca GoPro kameralarla donatılan C-Enduro gözlem ve deniz araştırmalarında kullanılmaktadır<sup>[27]</sup>.

## 4.2 İnsansız Deniz Araçlarında Kullanılan Yeni Teknolojiler

İDA'ların gelişimini destekleyen teknolojiler, yenilikçi fikirler ve gelişmiş Ar-Ge çalışmaları sayesinde her geçen gün ilerlemektedir. Bu teknolojilerin başında, robotik teknolojileri, yapay zekâ ve nesnelerin interneti gelmektedir.

### 4.2.1 Robotik Teknolojileri

Robotik teknolojilerinde yaşanan gelişmeler deniz araçlarının her geçen gün güçlenmesini sağlamıştır. Gelişmiş robotik teknolojilerinin iletişim ve navigasyon teknolojileriyle birlikte kullanımı geniş menzilli ve zorlu şartlarda güvenli İDA'lar tasarlanmasını kolaylaştırmaktadır.

Robotik sistemler geliştikçe insansız araçlar içinde yeni kullanım olasılıkları ortaya çıkmaya başlamıştır. Geçmişte gözlem ve analiz işlerinde kullanılabilen insansız sualtı araçları robotik sistemlerin dahil olmasıyla kurtarma, araştırma ve onarım operasyonlarında sıklıkla tercih edilmektedir. Uzaktan kullanım kolaylığıyla insanların inemeyeceği derinliklerden numune alma veya boru hatlarının onarımı gibi operasyonlarda yer edinen robotik İDA'lar askeri alanda da kullanım imkânı bulmaktadır<sup>[28]</sup>.

Örneğin, Lockheed Martin'in gelişmiş bir beyne benzeyen özellikleriyle tasarlanmış "Marlin İnsansız Sualtı Aracı" gelişmiş sensörlerle donatılmış yapısıyla deniz tabanının 3D modellemesini yapabilen bir teknolojiye sahiptir. Marlin operatörleri riske atmadan sualtı boru hatlarını, batıkları ve sualtı operasyonlarının kontrolünü gerçekleştirebilmektedir.

Lockheed Martin'in bir diğer çalışma alanı da denizaltı torpidolarının gelişimidir. ABD donanmasının güçlü denizaltı silahı olan Mark 48 Mod 7 torpidosu için kullanılan gelişmiş güdüm ve kontrol sistemleri bu silahın bir İDA gibi kullanılmasını mümkün kılmaktadır. Bu silahlar çoklu görev özellikleriyle fark yaratmaktadır. Kullanımları sırasında topladığı bilgileri de ana gemiye iletebilen torpidolar filoların savunma ve manevra kabiliyetlerinde avantajlar sunmaktadır<sup>[30]</sup>.



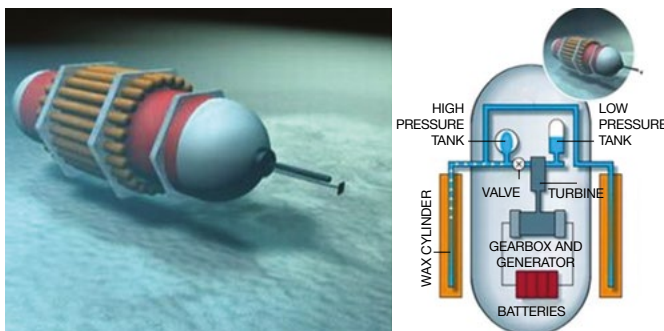
**Şekil 2:** Lockheed Martin'in "Marlin" insansız sualtı aracı<sup>[29]</sup>.

Otonom deniz araçları için kullanılan otomatik güdüm sistemleri belirli bir hedefi sürekli takibe ve rota değişikliklerini analiz etmeye yardımcı olabilmektedir. Otomatik takiple en ekonomik ve verimli güzergâh hesaplamaları yapılarak hedefler gizli bir şekilde izlenebilir veya kesişme rotalarıyla hedefe ulaşılabilir çözümler ortaya çıkmaktadır.

Yeni nesil otonom deniz araçlarında yenilenebilir enerji teknolojisinin de kullanılmasıyla çevreyle daha uyumlu araçlar tasarlamak mümkündür. Bu yaklaşımla yüzde 100 doğal yollarla çalışabilen ve yenilenebilir okyanus-termal enerjisini kullanan bir sualtı robotik aracın tasarımı NASA ve ABD donanma araştırmacıları tarafından yapılmıştır. Sondaj Oşinografik Lagrangrin Gözlemcisi Termal Şarjlı (Sounding Oceanographic Lagrangrin Observer Thermal RECharging -SOLO-TREC) otonom sualtı aracı enerjisini farklı derinliklerde keşfettiği termal alanlarla sağlayabilmektedir.

Enerjinin aracın bulunduğu doğal ortamdan sağlanabilmesi otonom deniz araçlarının kullanımlarında birçok yeni ufuklar açma potansiyeli taşımaktadır<sup>[32]</sup>.

Uzun yıllardır havacılık sektöründe motor üretiminde öncü firmalardan olan Rolls-Royce otonom araç sektöründe sadece kullanılacak sistemlerin üretimi konusunda bir vizyon geliştirmektedir. Rolls-Royce kendi gemilerini yapmaktan çok uzaktan kontrol ve otonomi ile ilgili teknolojiler ve sistemler üzerinde yoğunlaşmaktadır. Sistemlerin entegre edileceği ilk gemilerin ise kıyı şeridinde kullanılması beklenmektedir.



**Şekil 3:** NASA'nın SOLO-TREC İDA'sı<sup>[31]</sup>.

İDA'larda kullanılacak birtakım farkındalık sistemleri de çatışma (denizdeki çarpışmaya çatışma denilmektedir) veya engelleri aşma durumlarında fayda sağlayacaktır. Bu sistemlerin yardımıyla İDA'ların kendi sefer programlarını oluşturarak otonom bir şekilde faaliyet göstermesi mümkündür. Ses yakalama ve algılama sensörleri, gündüz kameraları, kızıl ötesi ve termal kameralar veya kötü hava şartlarında kullanılabilen S ve X bandı radarlar bu farkındalık sistemlerine örnektir. KA ve W bandı radarları da yakın mesafe objelerin tespiti için fayda sunmaktadır. Yeni lazer tarama sistemi olan LIDAR ise çok keskin mesafe ölçümleri yapabilmektedir. Bütün bu sistemlerden toplanan verilerin işlenmesi ve kullanılabilir kaynaklara dönüşmesi işlemi farkındalık sistemlerinin temelini oluşturmaktadır. Bu sistemler ile otonom rota planlamanın önü açılmaktadır<sup>[33]</sup>.

Robotik sistemlerin avantaj sağladığı bir diğer alanda mayın temizliğidir. Sualtında geçmişten kalan ve unutulmuş sualtı mayınlarının gemiler için tehlike yarattığı birçok yer bulunmaktadır. Bunun yanında günümüz şartlarında hasım ülkelerin birbirine zarar vermek için oluşturduğu mayın sahaları da askeri operasyonlarda ve sivil deniz trafiği için risk yaratmaktadır. Robotik otonom sistemli İDA'lar mayınların etkisiz hâle getirilmesi ve tespitinde çok büyük fayda sağlamaktadır. Özellikle patlama ve hasar verme riski yüksek olan bu silahların otonom veya uzaktan kontrollü İDA'lar yardımıyla belirlenmesi ve etkisiz hâle getirilmesi büyük can kayıplarının gerçekleşmesini engellemiştir<sup>[34]</sup>.

#### 4.2.2 Yapay Zekâ

Yapay zekâ otonom İDA'lar için vazgeçilmez bir teknolojidir. Modern bilişim sistemleri olan GPU'lar (Graphic Processing Units) ve Caffe, Theano TensorFlow gibi bilgisayar sistemleri tasarımcılara sağlam donanımlı insansız otonom sistemler tasarlamada büyük fayda sağlamıştır.

Makine öğrenmesinin de desteklediği otonom sistemler sensör verileri, görsel içerikler, akustikler ve farklı kaynaklardan sağlanan taktik verilerin yardımıyla çevre etkilerini modellemekte ve karşılık vermektedir<sup>[4]</sup>.

Yapay zekâ sistemleri ilk olarak otonom araçlarda obje tanıma ve kompleks yol durumlarında karar verme aşamasında kullanılmıştır. Ancak deniz araçları ve rotaları kara araçlarına göre farklılık göstermektedir. Bu noktada yapılacak araştırmalar ve yapay zekâyâ destek amacıyla kullanılacak sensörlerin doğru seçilmesi önem kazanmaktadır<sup>[35]</sup>.

#### 4.2.3 Nesnelerin İnterneti

Nesnelerin İnterneti (IoT), insansız araçlarda kullanılan ve çok çeşitli sensör verilerinden faydalanan sistemler için kullanılmaktadır. Gözlem ve keşif sistemlerinin temelinde sensörler bulunduğundan toplanan verilerin sistemler arasında iletimi ve ana sisteme transferi, bu süreç içinde yaşanan analizler ve karar aşamaları için sağlanan veri geçişlerinin tamamı IoT kapsamında bağlantılarla sağlanabilmektedir<sup>[36]</sup>.



## 5. İNSANSIZ DENİZ ARAÇLARI İÇİN GELECEK ÖNGÖRÜLERİ

İnsansız araçlar her alanda olduğu gibi denizlerde de vazgeçilmez bir gelişim alanı olmaya devam etmektedir. Geleceğin İDA'ları için otonomi çok önemlidir. Bu nedenle otonom komuta ve güzergâh sistemleriyle ilgili birçok çalışma yapılmaktadır. Otonom komuta sistemleri, genel durumlarda karar alarak uygulamaya geçebilirken çok riskli durumlarda bir operatör desteğine ihtiyaç duyabilmektedir.

Otonom sistemlerin en büyük destekçisi ise gelişmiş yapay zekâ yazılımlarıdır. Yapay zekâ yüksek işlem kapasitesi ve makine öğrenmesinden gelen birikimiyle öngörülerde bulunabilir. Hataları, sapmaları veya çevresel değişkenleri çok hızlı bir şekilde tespit ederek önlem alabilen yapay zekâ, otonom sistemlerin geleceğinde vazgeçilmez bir unsur hâline gelmiştir<sup>[37]</sup>.

Yapay zekâ teknolojisi, deniz araçlarında nükleer enerji kullanımından sonra sivil ve askeri alanda en büyük değişimi sağlayan ve yatırım yapılan alanlardan biri hâline gelmiştir. Karmaşık işlemleri çözebilen ve başarılı sonuçlar sağlayabilen yapay zekâ uygulamaları geliştikçe daha az personel kullanılarak kayıp riski ciddi anlamda azaltılabilmektedir. İDA'lara otonomi özellikleri kazandıran yapay zekâ mayın döşeme, otomatik hedef tespit ve izleme, savunma ve saldırı gibi askeri kullanımların yanında enerji hatlarının döşenmesi, sualtı inşaatları ve kontrolleri, bilimsel araştırma numuneleri ve çevre gözetimi gibi sivil alanlarda da kullanım imkânı yaratmaktadır.

Çin askeri alanda yapay zekâ destekli otonom sualtı robotlara yatırım yapan ülkelerden biridir. 2021 yılı içinde geliştirme aşamasının tamamlanması planlanan Gizli 912 Projesinde sualtı robotik İDA'ların yapay zekâ karar mekanizmalarıyla gözlem, mayın döşeme ve saldırı amaçlı kullanımı hedeflenmektedir<sup>[38]</sup>.

ABD'nin yaptığı yapay zekâ destekli otonom insansız sualtı silah sistemi çalışması olan "CLAWS" ise sualtı İDA'lara yerleştirilerek kullanımı planlanan bir teknolojidir. Bu sistem İDA'lara otonom hareket imkânı yanında gerektiğinde kendi karar mekanizmasıyla hedefi yok etme ve öldürme yetkisi de sağlamaktadır. Ancak otonom silah teknolojilerinin yasaklanması için birçok ülke çağrı yapmaktadır<sup>[39]</sup>.

ABD donanması tarafından Raytheon firmasına verilen bir ihalede ise insansız denizaltı ve suüstü araçlarından fırlatılabilecek sürü İHA kullanımına yönelik bir çalışma yapılmaktadır. Bu çalışma insansız araçların çoklu ortam ve görev kullanımalarının yanında birbirleriyle etkileşimlerinin ne kadar önemli olduğunun göstergesidir<sup>[40]</sup>.

Türkiye'nin casus denizaltılarla mücadele için geliştirdiği İSATAR sualtı İDA'sı da TSK envanterine kazandırılmak üzere test edilmektedir. 2.2 milyon avro bütçeli İSATAR suüstünde kablosuz uzaktan kontrolle hareket ederken sualtında otonom hale geçebilmektedir. 5.5 metre boyunda ve 1 metre çapında olan İSATAR 4 ton ağırlığa sahiptir. 4 kW motoruyla saatte 18 km hızla ilerleyebilmektedir. İSATAR entegre izleme ve

keşif sistemleriyle casus denizaltıları tespit ederek takibe almaktadır. Karasularının savunmasında önemli bir rol oynayacak İDA'nın uluslararası alanda da ilgi görmesi beklenmektedir<sup>[41]</sup>.

Rusya da karasularının savunması ve mayın avlama operasyonları için geliştirilmiş suüstü ve sualtı İDA'larını tatbikatlarda test etmektedir. Elmas Sistemi (Diamond System) adı verilen ve İHA'lar ile İDA'ların koordineli kullanımına imkân veren donanma sistemi havadan geniş alan keşfi yaparken ana gemiye bağlı suüstü İDA'ları ile 10 km çapta bir alanı kontrol altında tutabilmektedir. Ayrıca 10 metreden 100 metreye kadar dalış yeteneğine sahip sualtı İDA'ları ile de mayınların tespiti ve imhasında kullanılabilmektedir. Suüstü İDA'larında kullanılan hidroakustik istasyon ve manyetometreler su içinde bulunan metal objeleri tespit edebilmektedir. Entegre diğer sistemlerin de yardımıyla bu objelerin mayın olup olmadığının ayırımı yapılabilmektedir. Rusya Elmas Sistem ile denizlerde filo koruması yapmayı ve güvenlik önlemlerini artırmayı planlamaktadır<sup>[42]</sup>.



**Şekil 4:** Rusya'nın Elmas Sistemi'nde kullandığı Inspector Mk 2 suüstü İDA'sı bir fırkateyn üzerinde<sup>[42]</sup>.

Çin ise geliştirdiği JARI adlı suüstü silahlı İDA'larla denizaltı karşıtı ve suüstü savunma operasyonlarında başarı sağlamayı hedeflemektedir. Bazı askeri kaynaklar



**Şekil 5:** Çin'in JARI adlı çok amaçlı İDA'sı<sup>[43]</sup>.

bu İDA'yı taşıdığı radar ve füze sistemleri nedeniyle mini bir Aegis sınıfı destroyer olarak da görmektedir. JARI İDA'nın en önemli özelliklerinden biri de tek başına kullanımı yanında diğer İDA'larla sürü şeklinde koordineli çalışarak tehlikeli bir güç oluşturabilmesidir<sup>[43]</sup>.

## 6. İNSANSIZ DENİZ ARAÇLARININ HUKUKİ BOYUTU

Otonom deniz araçları yaygınlaştıkça uluslararası ve ulusal deniz kanunlarının da güncellenmesi gerekmektedir. Denizlerin güvenliği, deniz ticareti ve deniz savaşları için uzun yıllardır kabul görmüş olan kanunlar otonom sistemlerle beraber yetersiz kalmaya başlamıştır<sup>[44]</sup>.

Uluslararası deniz hukukunun uygulandığı araçlar "gemiler" olarak geçmektedir. Bu nedenle hukuksal olarak zararsız geçiş veya açık deniz özgürlüğü gibi dolaşım haklarına sadece gemiler tabidir. İDA'ların bu haklardan yararlanabilmeleri için öncelikle gemi statüsünde değerlendirilmeleriyle ilgili çalışmalar yapılmalıdır. Uzaktan kontrollü araçlar ana gemiyle bağlı şekilde hareket icra ettiğinden bu aracın bir uzantısı olarak değerlendirilebilmektedir. Ancak bu değerlendirme sadece Çin ve Almanya tarafından tanınmaktadır. ABD bu yaklaşımı kabul etmemektedir. Otonom deniz araçları için ise bu durum daha da karmaşık bir hâl almaktadır. Bazı uluslararası sözleşmeler taşıma kabiliyeti olan her deniz aracının insanlı olmasını şart koşarken bazı sözleşmeler ise denizde ilerleme yeteneği olan her aracı gemi olarak tanımlamaktadır. Bu nedenle günümüz teknolojileri de dikkate alınarak "gemi" tanımının yeniden değerlendirilmesi ve İDA'ların net bir şekilde hangi kategoriye girdiğinin tespiti önem kazanmıştır. İDA'ların büyük çoğunluğunun ise donanma filolarında faaliyet gösterdiği düşünüldüğünde askeri alanda da kullanımla ilgili tanımlamalar daha net ve hukuka uygun olmalıdır.

Milletler Deniz Hukuku Sözleşmesi'ne göre savaş gemisi tanımı, "İşbu sözleşme uyarınca "savaş gemisi"nden, bir devletin silahlı kuvvetlerine ait olan ve kendi tabiiyetindeki askeri gemilerin açık dış işaretlerini taşıyan, bu devletin hizmetinde ve adı subaylar listesinde veya eşit bir belgede kayıtlı bulunan bir deniz subayının komandası altında bulunan ve mürettebatı askeri disiplin kurallarına tabi olan gemi anlaşılır." şeklindedir. Bu tanıma istinaden savaş gemilerinin de mürettebat barındırması ve ayırt edici işaretlere sahip olması gerekmektedir. İDA'lar savaş gemisi sayılabilmek için ayırt edici işaretlerle donatılmalı da mürettebatı olmayacağından bu tanım

içinde değerlendirilememektedir. Bu kanunlar kapsamında İDA'ların askeri savaş gemisinden çok "gemi" statüsü ile hukuka uygun tanımlanması daha olası görülmektedir.

Türk Hukuk Sistemi bakımından da 6102 sayılı Türk Ticaret Kanunu 931. Maddesi gereğince "Tahsis edildiği amaç, suda hareket etmesini gerektiren, yüzmeye özelliği bulunan ve pek küçük olmayan her araç, kendiliğinden hareket etmesi imkânı bulunmasa da, bu Kanun bakımından "gemi" sayılır." ifadesi İDA'lar için daha uygulanabilir bir zemin oluşturmaktadır<sup>[45]</sup>.

Askeri alanda kullanılan İDA'lar için çatışma konusu da bir başka hukuksal boyut olarak öne çıkmaktadır. Özellikle askeri alanda belirlenmiş olan "çatışma kuralları" insansız araçların varlığıyla yeniden şekillenmektedir. Teknik hatalar veya kesinliği olmayan durumlarda otonom sistemlerin vereceği kararların yaratabileceği uzun vadeli ağır sonuçlar büyük bir risk oluşturabilmektedir. İDA'ların gelişiminin dengeli bir şekilde ve her boyutta düşünülerek planlanması büyük öneme sahiptir.

Ayrıca ülkelerin donanmalarınca çeşitli yatırım alanları yaratan otonom deniz araçları birçok araştırmayla desteklendiğinden çok büyük bütçe ve yatırıma da ihtiyaç duymaktadır<sup>[46]</sup>.

## 7. SONUÇ

Denizcilik sektöründe yaşanan kazaların büyük çoğunluğu insan hatasından kaynaklanmaktadır. Yıllık ortalama 900 kayıpla denizcilik sektöründe görülen ölüm oranı eşdeğer kara endüstrileriyle kıyaslandığında yüzde 90 oranında daha fazladır. Bu nedenle denizcilikte İDA'ların kullanımı insan sağlığı ve güvenliği açısından önem teşkil etmektedir<sup>[36]</sup>.

İDA'lar gerek sivil, gerekse askeri alanda çok çeşitli kullanım alanları bulunması açısından denizciliğin geleceğinde önemli bir potansiyel oluşturmaktadır. İDA'lar hızlı konuşlandırılmaları, kolay ölçeklenebilmeleri ve yeniden yapılandırılabilirlikleri sayesinde mevcut deniz yeteneklerini geliştirme potansiyellerini giderek daha fazla göstererek, hem operasyon süresinde hem de operasyon maliyetinde azalma sağlamaktadır. En büyük faydaları ise tehlikeli alanlarda insanların zarar görme olasılığını ortadan kaldırmalarıdır. Kısa vadede, bu insansız sistemlerin tasarımlarının teknolojinin hızlı gelişiminin de etkisiyle fark yaratması beklenmektedir. ABD, Çin, İngiltere, Singapur, Hindistan ve İsrail deniz kuvvetlerinin en yetenekli insansız deniz aracını üretmek için kıyasıya bir rekabet yaşadığı çağımızda ileri teknolojilerin etkisiyle bu sektördeki filo marisinin değişimi de kaçınılmaz olacaktır.

## KAYNAKÇA

- [1] U.S. Department of Navy, (2021), "Unmanned", (16 Mart 2021), [https://www.navy.mil/Portals/1/Strategic/20210315%20Unmanned%20Campaign\\_Final\\_LowRes.pdf?ver=LtCZ-BPIWki6vCBTdgtdMA%3D%3D](https://www.navy.mil/Portals/1/Strategic/20210315%20Unmanned%20Campaign_Final_LowRes.pdf?ver=LtCZ-BPIWki6vCBTdgtdMA%3D%3D). (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [2] E. Manley, Justin; "Unmanned Surface Vehicles, 15 Years of Development", Battelle Applied Coastal and Environmental Services, <https://www.ieeeoes.org/history/080515-175.pdf>. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [3] Dane, Robert; Greene, William; Mathew, Ninan; (2015), "Launch of Next-generation Wind-powered USV", Hydro-International, (6 Ağustos 2015), <https://www.hydro-international.com/content/article/launch-of-next-generation-wind-powered-usv>. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [4] Zhang, Tao; (2017), "Current trends in the development of intelligent unmanned autonomous systems", Springer Link, (4 Şubat 2017), <https://link.springer.com/article/10.1631/FITEE.1601650>. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [5] Lager, Mårten; (2019), "Smart Technologies for Unmanned Surface Vessels On the Path Towards Full Automation", Lund University, [https://portal.research.lu.se/portal/files/57510323/Lic\\_Marten\\_Lund\\_Final.pdf](https://portal.research.lu.se/portal/files/57510323/Lic_Marten_Lund_Final.pdf). (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [6] Sun, X.; (2018), "An Automatic Navigation System for Unmanned Surface Vehicles in Realistic Sea Environments", Research Gate, (Ocak 2018), [https://www.researchgate.net/publication/323079826\\_An\\_Automatic\\_Navigation\\_System\\_for\\_Unmanned\\_Surface\\_Vehicles\\_in\\_Realistic\\_Sea\\_Environments](https://www.researchgate.net/publication/323079826_An_Automatic_Navigation_System_for_Unmanned_Surface_Vehicles_in_Realistic_Sea_Environments). (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [7] SBG-Systems, "Compact Inertial Navigation Systems for Unmanned Surface Vessel", <https://www.sbg-systems.com/applications/unmanned-sea-vehicle-usv/>. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [8] Zolich, Artur; (2018), "Survey on Communication and Networks for Autonomous Marine Systems", Springer Link, (21 Nisan 2018), <https://link.springer.com/article/10.1007/s10846-018-0833-5>. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [9] Tampere University, "Collaborations and top research areas from the last five years", [https://tutcris.tut.fi/portal/files/22669422/Designing\\_High\\_Speed\\_Directional\\_Communication\\_Capabilities\\_for\\_Unmanned\\_Surface\\_Vehicles.pdf](https://tutcris.tut.fi/portal/files/22669422/Designing_High_Speed_Directional_Communication_Capabilities_for_Unmanned_Surface_Vehicles.pdf). (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [10] Giodini, Stefania; van der Spek, Ernest; Dol, Henry; (2015), "Underwater Communications and the Level of Autonomy of AUVs", Hydro-International, (6 Ağustos 2015), <https://www.hydro-international.com/content/article/underwater-communications-and-the-level-of-autonomy-of-auvs>. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [11] Guzman, Martin; (2020), "Underwater Drone 101 All you need to know", Deep Trekker, (3 Haziran 2020), <https://www.deeptrekker.com/news/underwater-drone-101>. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [12] Wikipedia, "Remotely operated underwater vehicle", [https://en.wikipedia.org/wiki/Remotely\\_operated\\_underwater\\_vehicle](https://en.wikipedia.org/wiki/Remotely_operated_underwater_vehicle). (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [13] Menon, Ajay; (2020), "What is Remotely Operated Underwater Vehicle (ROV)?", Marine Insight, (30 Aralık 2020), <https://www.marineinsight.com/tech/what-is-remotely-operated-underwater-vehicle-rov/>. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [14] National Academies of Science Engineering Medicine, (2005), "Autonomous Vehicles in Support of Naval Operations", <https://www.nap.edu/read/11379/chapter/7#123>. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [15] SLInfo, (2020), "Employing Unmanned Surface Vehicles to Enhance Port and Harbor Security", (4 Mat 2020), <https://sldinfo.com/2020/04/employing-unmanned-surface-vehicles-to-enhance-port-and-harbor-security/>. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [16] Kongsberg Maritime, "Unmanned Surface Vehicle, Sounder", <https://www.kongsberg.com/maritime/products/marine-robotics/autonomous-surface-vehicles/sounder-unmanned-surface-vehicle/>. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [17] Unmanned Systems Technology, "Specialist Unmanned Surface Vehicles / Vessels / Unmanned Boats for Hydrographic Marine Surveys", <https://www.unmannedsystemstechnology.com/company/sea-floor-systems/>. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [18] Fletcher, Barbara; "New Roles For Uuvs In Intelligence, Surveillance, And Reconnaissance", Space and Naval Warfare Systems Center, <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a422137.pdf>. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [19] Naval Technology, "Seagull Unmanned Surface Vessel (USV)", <https://www.naval-technology.com/projects/seagull-unmanned-surface-vessel-usv/>. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [20] Allard, Yannick; Shahbazian, Elisa; (2014), "Unmanned Underwater Vehicle (UUV) Information Study", OODA Technologies, (28 Kasım 2014), [https://cradpdf.drdc-rddc.gc.ca/PDFS/unc199/p800838\\_A1b.pdf](https://cradpdf.drdc-rddc.gc.ca/PDFS/unc199/p800838_A1b.pdf). (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [21] METEKSAN, "Türkiye'nin İlk Silahlı İnsansız Deniz Aracı "ULAQ" Mavi Vatan ile Buluştu", <https://www.meteksan.com/tr/haberler/ulaq-mavi-vatan-ile-bulustu>. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [22] Kasapoğlu, Can; (2021), "ANALYSIS - Turkey's robotic warfare efforts set sail to high-seas", Anadolu Ajansı, (2 Mart 2021), <https://www.aa.com.tr/en/analysis/analysis-turkey-s-robotic-warfare-efforts-set-sail-to-high-seas/2161762>. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [23] Milli Savunma, (2017), "Lazer Güdümlü Füze L-UMTAS", (3 Nisan 2017), <http://www.millisansunma.com/lazer-gudumlu-fuze-l-umtas/>. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [24] The Maritime Executive, (2020), "Turkish Shipbuilder Develops New Armed, Unmanned Surface Vessel", (29 Ekim 2020), <https://www.maritime-executive.com/article/turkish-shipbuilder-develops-new-armed-unmanned-surface-vessel>. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [25] ATLAS ELEKTRONİK, "ARCIMS", <https://www.atlas-elektronik.com/solutions/unmanned-naval-systems/arcims.html>. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [26] Congressional Research Service, (2021), "Navy Large Unmanned Surface and Undersea Vehicles: Background and Issues for Congress", (17 Mart 2021), <https://fas.org/spp/crs/weapons/R45757.pdf>. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [27] National Oceanography Centre, "Autonomous Surface Vehicles", <https://noc.ac.uk/facilities/marine-autonomous-robotic-systems/asv>. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [28] Schmidt Ocean, "AUTONOMOUS UNDERWATER VEHICLE (AUV)", <https://schmidtocan.org/technology/robotic-platforms/autonomous-underwater-vehicle-auv/>. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [29] Lockheed Martin, "Marlin", <https://www.lockheedmartin.com/en-us/products/marlin.html>. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [30] Lockheed Martin, "The Smartest Unmanned Vehicles You'll Never See", <https://www.lockheedmartin.com/en-us/news/features/2016/webt-smart-unmanned-underwater-vehicles.html>. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [31] EcoFriend, "Nasa's Solo-Trec Robotic Diver Gets Powered By Changing Ocean Temperatures", <https://ecofriend.com/nasas-solo-trec-robotic-diver-gets-powered-by-changing-ocean-temperatures.html>. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [32] Energy Digital, (2020), "Top Oil and Gas Logistics Companies Worldwide", (17 Mayıs 2020), <https://www.energydigital.com/utilities/top-oil-and-gas-logistics-companies-worldwide>. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [33] Aro, Tommi; Heiskari, Lauri; (2017), "Challenges of unmanned vessels", Core, <https://core.ac.uk/download/pdf/161422456.pdf>. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [34] ECA Group, "Underwater Mines Disposal", <https://www.ecagroup.com/media-file/2234-b872b26746366dd22c0cd54db3463f9.pdf>. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [35] Kwon, Yongwon; (2019), "Korean Technical Innovation: toward Autonomous Ship and Smart Shipbuilding to Ensure Safety", Research Gate, (Eylül 2019), [https://www.researchgate.net/publication/337210582\\_Korean\\_Technical\\_Innovation\\_toward\\_Autonomous\\_Ship\\_and\\_Smart\\_Shipbuilding\\_to\\_Ensure\\_Safety](https://www.researchgate.net/publication/337210582_Korean_Technical_Innovation_toward_Autonomous_Ship_and_Smart_Shipbuilding_to_Ensure_Safety). (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [36] Whitt, Christopher; (2020), "Future Vision for Autonomous Ocean Observations", Frontiers in Maritime, (8 Eylül 2020), <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2020.00697/full>. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [37] Smith, Amelia; (2020), "Steering the Future with Autonomous Control and Intelligent Perception Systems", Sea Machines, (29 Ocak 2020), <https://sea-machines.com/steering-the-future-with-autonomous-control-and-intelligent-perception-systems>. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [38] Wilson, JR; (2019), "Unmanned submarines seen as key to dominating the world's oceans", Military & Aerospace Electronics, (15 Ekim 2019), <https://www.militaryaerospace.com/unmanned/article/14068665/unmanned-underwater-vehicles-uuv-artificial-intelligence>. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [39] Macaulay, Thomas; (2020), "The US Navy is developing AI-powered submarines that could kill autonomously", The Next Web, (10 Mart 2020), <https://thenextweb.com/neural/2020/03/10/the-us-navy-is-developing-ai-powered-submarines-that-could-kill-autonomously/>. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [40] Trevithick, Joseph; (2021), "The Navy Plans To Launch Swarms Of Aerial Drones From Unmanned Submarines And Ships", The Drive, (1 Mart 2021), <https://bit.ly/3w0Aqyp>. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [41] Savunma Sanayii Dergilik, (2019), "Türkiye, İSATAR'la denizin altında casus avlayacak", (19 Temmuz 2019), <https://www.savunmasanayiidergilik.com/tr/HaberDergilik/Turkiye-ISATAR-la-denizin-altinda-casus-avlayacak>. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [42] Vavasseur, Xavier; (2019), "Russian Navy Testing Project 22350 Frigate As Drone Mother Ship For Mine Warfare", Naval News, (3 Temmuz 2019), <https://www.navalnews.com/naval-news/2019/07/russian-navy-testing-project-22350-frigate-as-drone-mother-ship-for-mine-warfare/>. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [43] Xuanzhen, Liu; (2019), "China launches world-leading unmanned warship", Global Times, (22 Ağustos 2019), <https://www.globaltimes.cn/content/1162320.shtml>. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [44] Klein, Natalie; (2020), "Maritime Autonomous Vehicles: New Frontiers In The Law Of The Sea", Cambridge University Press, (3 Temmuz 2020), <https://bit.ly/3y0osGL>. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [45] Arslan, Berkay; (2018), "İnsansız Deniz Araçlarının Hukuki Rejimi (The Legal Regime Governing Unmanned Underwater Vehicles)", Research Gate, (Mayıs 2018), [https://www.researchgate.net/publication/341113345\\_Insansiz\\_Deniz\\_Araclarinin\\_Hukuki\\_Rejimi\\_The\\_Legal\\_Regime\\_Governing\\_Unmanned\\_Underwater\\_Vehicles](https://www.researchgate.net/publication/341113345_Insansiz_Deniz_Araclarinin_Hukuki_Rejimi_The_Legal_Regime_Governing_Unmanned_Underwater_Vehicles). (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [46] Martin, Bradley; (2019), "Advancing Autonomous Systems: An Analysis of Current and Future Technology for Unmanned Maritime Vehicles", Rand Corporation, (2019), [https://www.rand.org/pubs/research\\_reports/RR2751.html](https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR2751.html). (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)



**thinktech**  
**STM** Teknolojik Düşünce Merkezi  
<http://thinktech.stm.com.tr>

