

T.C.
BANDIRMA ONYEDİ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**OTONOM GEMİLERİN ASKERİ ALANDA
KULLANIMI VE POTANSİYEL ETKİLERİ**

BEKİR CAN KALYONCU

Denizcilik Mühendisliği ve İşletmeleri Yönetimi Anabilim Dalı

Denizcilik Mühendisliği ve İşletmeleri Yönetimi Programı

AĞUSTOS 2022

T.C.
BANDIRMA ONYEDİ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**OTONOM GEMİLERİN ASKERİ ALANDA
KULLANIMI VE POTANSİYEL ETKİLERİ**

BEKİR CAN KALYONCU

DANIŞMAN
Doç. Dr. Levent BİLGİLİ

Denizcilik Mühendisliği ve İşletmeleri Yönetimi Anabilim Dalı

Denizcilik Mühendisliği ve İşletmeleri Yönetimi Programı

AĞUSTOS 2022

ONAY

Bekir Can Kalyoncu tarafından hazırlanan “**Otonom Gemilerin Askeri Alanda Kullanımı ve Potansiyel Etkileri**” adlı tez çalışması .../.../... tarihinde yapılan sınavla aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile Bandırma Onyedli Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Denizcilik Mühendisliği ve İşletmeleri Yönetimi Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Doç. Dr. Levent BİLGİLİ

(Danışman)

Doç. Dr. Alper KILIÇ

(Üye)

Dr.Öğr.Üyesi Volkan ŞAHİN

(Üye)

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun .../.../...gün ve .../... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Doç. Dr. Abdullah YEŞİL

Enstitü Müdürü

BANDIRMA ONYEDİ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI
ETİK BEYANI

Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre hazırlamış olduğum “**Otonom Gemilerin Askeri Alanda Kullanımı ve Potansiyel Etkileri**” adlı tezimin özgün bir çalışma olduğunu, tez hazırlanırken tüm aşamalarda bilimsel etik ilkelerine uygun davrandığımı, tez kapsamında sunulan tüm verileri bilimsel etik ilkelerine uygun elde ettiğimi, tezde faydalandığım tüm eserlere atıf yaptığımı ve kaynaklar kısmında bu eserleri gösterdiğimi beyan ederim. / / 20...

Bekir Can KALYONCU

İmza

ÖNSÖZ

Zamanımızda insan işlerini kolaylaştırmak üzere tasarlanan makineler, giderek akıllı sistemlere dönüşmekte ve insanoğlu, hayatını giderek kolaylaştıran bu teknolojik cihazların daha akıllı hale gelmesi için çalışmaktadır. Antik çağdan günümüze dek gelen savaş tehditleri dâhil olmak üzere, teknolojiden yararlanan insanoğlu, otonom sistemleri savunma mekanizması olarak geliştirmeyi ihmal etmemiştir.

Günümüz teknolojisi dikkate alındığında, insansız hava araçları gibi bir teknolojinin üretildiği ülkemizde, insansız deniz araçlarının önem kazandığı da yadsınamaz bir gerçektir. Bu nedenle, bu tez kapsamında insansız deniz araçlarının ülkemizde inşası için bir inceleme sunulması planlanmaktadır.

Bu tez çalışması sırasında, tez konusunun belirlenmesinden başlayarak son aşamaya kadar her konuda benden yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Levent Bilgili'ye şükranlarımı sunarım.

Bu günlere gelmemde büyük emekleri olan annem Aysun, babam Mustafa'ya, yoğun çalışma temposunda benden maddi ve manevi desteğini esirgemeyen eşim Selin'e, varlıkları ile birer motivasyon kaynağı olan kızım Nehir ve oğlum Rüzgar'a teşekkür ederim.

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

OTONOM GEMİLERİN ASKERİ ALANDA KULLANIMI VE POTANSİYEL ETKİLERİ

Bekir Can KALYONCU

Bandırma Onyedli Eylül Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Denizcilik Mühendisliği ve İşletmeleri Yönetimi Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Levent BİLGİLİ

Ağustos 2022, 75 sayfa

Günümüz teknolojisinde insansız araçların kullanımı hemen hemen her sektörde artış gösterirken deniz dünyasında da insansız ve otonom kontrollü araçların kullanımı giderek önem kazanmaktadır. Otonomi kavramı temel olarak insan beyni gibi değişen ve gelişen, tecrübe kazanan, üretilirken tanımlanmamış durumlarla karşılaştığında dahi zekice kararlar alabilen sistemleri niteler. Otonom deniz araçları sivil ve askeri alanlarda kullanım alanı bulmaktadırlar. Denizcilik gibi zor bir sektörde otonom araçların kullanılması insan hayatının kolaylaştırılması açısından artık bir zorunluluk halini almıştır.

Çalışma kapsamında öncelikle dünyada ve ülkemizde insansız deniz araçları hakkında yapılan araştırmalara yer verilmiştir. İnsansız (robotik) akıllı araçlar diye tanımlanan otonomlar ve çalışma prensipleri ile ISPS kod uygulamalarına uyumu ise literatür kapsamında inceleme konusu olarak seçilmiştir.

Anahtar kelimeler: Otonomi, İnsansız Deniz Aracı, Derin Öğrenme, Deniz Güvenliği

ABSTRACT

M.Sc. THESIS

AUTONOMOUS SHIPS IN THE MILITARY AREA USAGE AND POTENTIAL EFFECTS

Bekir Can KALYONCU

**Bandırma Onyedi Eylül University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Marine Engineering and Business Management**

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Levent BİLGİLİ

August 2022, 75 pages

While the use of unmanned vehicles in today's technology is increasing in almost every sector, the use of unmanned and autonomously controlled vehicles is becoming increasingly important in the maritime world. The concept of autonomy basically describes systems that change and develop like the human brain, gain experience, and can make intelligent decisions even when faced with undefined situations during production. Autonomous marine vehicles find use in civil and military fields. The use of autonomous vehicles in a difficult sector such as maritime has now become a necessity in terms of facilitating human life.

Within the scope of the study, first of all, researches on unmanned sea vehicles in the world and in our country are included. Autonomous, defined as unmanned (robotic) smart vehicles, and their working principles and compliance with ISPS code applications have been chosen as the subject of review within the scope of the literature.

Keywords: Autonomy, Human Watercraft, Deep Learning, Maritime Safety

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
1. GİRİŞ	1
2. MATERYAL ve YÖNTEM	4
3. YAPAY SİNİR AĞLARI	4
4. OTONOMLAR İÇİN MAKİNE ÖĞRENMESİ ve YAKLAŞIMLAR.....	9
4.1 Denetimli Öğrenme	11
4.2 Denetimsiz Öğrenme	12
4.3 Yarı Denetimli Öğrenme.....	12
4.4 Makine Öğrenmesinde Büyük Verinin Önemi	13
5. İNSANSIZ DENİZ ARAÇLARI	14
5.1 Otonom Gemiler.....	14
5.2 Otonom Gemilerin Önemi	17
5.3 İnsansız Deniz Araçlarının Gelişim Süreci	18
5.4 İnsansız Gemilerin Pozitif ve Negatif Yönleri (GZFT) Analizi;	22
5.5 Otonom Deniz Araçlarının Sağladığı Avantajlar	25
5.6 Otonom Deniz Araçlarının Sağladığı Dezavantajlar	26
5.7 İnsansız Deniz Araçlarında Otonom Teknolojilerin Literatürdeki Yeri	27
6. ASKERİ ALANDA KULLANILAN OTONOM ARAÇLAR	33
6.1 Otonom Deniz Araçlarının Askeri Alanda Kullanımı	34
6.2 Askeri Alanda Kullanılacak İnsansız Deniz Araçlarının Karar Mekanizması	43
6.3 İnsansız Deniz Aracının Karar Verme Mekanizması Üzerindeki İnsan Faktörü ..	45
7. TARTIŞMA VE SONUÇ	47
8. KAYNAKLAR	53
ÖZGEÇMİŞ	63

ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 3-1: Biyolojik beyin nöronu yapısı [13]	5
Şekil 3-2: Çok katmanlı algılayıcı modeli [13]	6
Şekil 3-3: LeNet Ağı Yapısı [26]	7
Şekil 3-4: DESA mimarisi Örnek Tahminlemesi [30]	8
Şekil 3-5: Evrişim katmanındaki filtreleme işlemi [32]	9
Şekil 4-1: Denetimli Makine Öğrenmesi [42]	11
Şekil 4-2: Denetimsiz Makine Öğrenmesi [42]	12
Şekil 4-3: Yarı Denetimli Makine Öğrenmesi [42]	13
Şekil 6-1: Dragon Runner Keşif Robotu[91]	33
Şekil 6-2: Türkiyenin ilk Silahlı İnsansız Deniz Aracı ULAQ [110]	38
Şekil 6-3: Su Altı Gözlem Aracı SAGA [114]	39
Şekil 6-4: İnsansız deniz araçları için rota seçimi[127]	46

TABLO LİSTESİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
Tablo 5-1: Otonom deniz araçlarını oluşturan teknolojiler diyagramı [52]	16
Tablo 5-2: Otonom Gemilerin Pozitif ve Negatif Yönleri (GZTF) analizi[67].....	22
Tablo 5-3: İnsansız Gemilere İlişkin Yapılması Gereken Çalışmalar ve Riskler[68].....	24
Tablo 6-4: Deniz Emniyeti Açısından Otonom Gemilerle İlgili Oluşabilecek Risk Faktörleri ve Örnekleri [116]	42

KISALTMA LİSTESİ

Kısaltmalar	Açıklama
İDA	:İnsansız Deniz Aracı
M.Ö.	:Milattan Önce
YY.	:Yüzyıl
YSA.	:Yapay Sinir Ağları
IMO	:(International Maritime Organization)Uluslararası Denizcilik Kurumu
AUV	:(Autonomous underwater vehicle) Otonom Sualtı Araçları
VLSI	:(Very large scale integration) Çok Büyük Ölçekli Entegrasyon
UWSN	:(Underwater Wireless Sensor Networks) Sualtı Kablosuz Sensör Ağları
ISPS	:(International Ship and Port Security) Uluslararası Gemi ve Liman Tesisleri Güvenlik Kodu
USV	: (Unmanned Surface Vessel) İnsansız Deniz Yüzey Taşıtı
ASV	: (Autonomous Surface Vehicle) Otomatik Deniz Yüzey Taşıtı
SWOT	: (Strengths Weaknesses Opportunities Threats)Güçlü Zayıf İç Ve Dış Çevreden Kaynaklanan Fırsat Ve Tehditleri Listeleyen Analiz Tekniği
MOOS-IvP	:(Mission Oriented Operating Suite Interval Programming) Görev Odaklı Operasyon Paketi
AIV	:(Autonomous Inspection Vehicle)Otonom Muayene Aracı
ROV	:Uzaktan Kumandalı Kablolu İnsansız Araçlar
İDAT	:İnsansız Deniz Aracı Teknolojileri
İDS	:İnsansız Deniz Sistemi
DÖESA	:Derin Öğrenme Evrişimli Sinir Ağları
DÖ	: (Deep Learning Mechanism)Derin Öğrenme
MDO	: Çoklu Etki Alanı Operasyonları
DOF	: (Degrees of Freedom) Bağımsız Otonom Kontrol Kademeli Manevra Hareket Modeli
FNTSM	: (Non-stop Terminal Shift Mode) Hızlı ve Duraksamasız Terminal Kayma Modu

RBF	: Radyal Temelli Fonksiyon Ağı
MEMS/DVL	: (Micro Electro Mechanical Systems)Mikroelektro-mekanik sistemler
CKF	: (Cubic Layer Filter)Kübik Katman Filtre
UMV	: (Unmanned Marine Vehicles)İnsansız Deniz Araçları
AMV	: Otonom Deniz Aracı
JAM	: (Jupiter Autonomous Microscope) Jüpiter Otonom Mikroskobu
AIV	: (Autonomous Inspection Vehicle)Otonom Muayene Aracı
ONR	:(The Office of Naval Research)ABD Deniz Kuvvetleri Araştırma Merkezi
İYA	:İnsansız Yüzey Araçları



1. GİRİŞ

Zamanımızda insan işlerini kolaylaştırmak üzere tasarlanan makineler, giderek akıllı sistemlere dönüşmekte ve insanoğlu, hayatını giderek kolaylaştıran bu teknolojik cihazların daha akıllı hale gelmesi için çalışmaktadır.

Dünya, Helenistik dönemden bu yana fen ve teknolojiye ilerleme isteğinin yanı sıra savaş ve doğal afet gibi yıkıcı sahnelerle de şahit olmuştur. II. Dünya Savaşı'nda kullanılan atom bombasının çalışma prensiplerini kuramsal olarak bulan kişilerden birisi olan Albert Einstein'ın "III. Dünya Savaşı'nda hangi silahlar kullanılacak bilmiyorum, lakin IV. Dünya Savaşı'nın taş ve baltalarla yapılacağına eminim" sözü dünyamızın birçok defa teknolojiye ilerleyip savaşlarla yıkıldığını ifade edebilecek netliktedir.

Bilinen ilk akıllı sistemlere ait bilgilerden bir derleme, insanoğlunun teknolojiye olan ilgisinin tarihin ilk çağlarından bu yana devam ettiğini gösterecektir. Örneğin; El-Cezeri, "Maharetli Mekanik Cihazların Bilgisini İçeren Kitap" adını verdiği eseriyle günümüz bilgisayarlarının temelini atan fen ve teknik adamlarından biridir.

El-Cezeri; saatler, şifreli kasalar ve kilitler, robot, su makineleri, termos ve son olarak kendiliğinden hareketli çocuk oyuncakları gibi 50 adeti geçkin buluşun buluşunu yapan kişi olup aynı zamanda dünyadaki ilk sibernetik âlimdir [1].

Diğer bir örnekte ise, "otomatik robotlu hizmetçi" Helenistik dönemin ileri gelen dijital yeniliklerinden biri olarak bilinmekte olup bu hizmetçinin M.Ö. 3. yüzyılda yaşamış olan Bizanslı Philon tarafından icat edildiği kabul edilmektedir. Bu komplike cihaz, gerçek boyutlara sahip bir kadın olarak tasarlanmış olup bu çerçevede tarihsel süreçte çalışan ilk dijital cihazdır. "Robotlu hizmetçi" adıyla anılan bu girift cihaz, sol elinin içine bir camdan ya da porselenden yapılmış küçük kap konduğunda ve bunun yanında sağ elinde bir şarap sürahisi olduğunda kendiliğinden sırayla şarabı ve doğru karışımı oluşturmak amacıyla buzu kadehe koymaktadır [2].

Bizanslı Philon'un yazdığı, otomatların inşası hakkındaki en eski metin olan ve Helenistik hükümdarlar tarafından inşa edilen bir dizi otomata yer verilen eser "Automatopoiika" bu döneme ait önemli bir kaynaktır [3]. M.Ö. 3. yüzyılda bilim ve sanata önem veren ve Philon'un önemli eserleri kaleme almasını destekleyen Ptolemaios hanedanı tarafından kurulan ve eski kaynaklarda, 150 bin cilt el yazması eserin yer aldığı iddia edilen

İskenderiye Kütüphanesi, Roma İmparatoru Sezar tarafından, İskenderiye'nin kuşatılması esnasında büyük zarar görmüştür [4].

Savaşlarla şekillenen dünyamızda I. Dünya Savaşı'nda İngiltere'nin donanma bakanlığını üstlenen Churchill'in "Zimmerman Telgrafi" ile yaptığı haberleşmeleri deşifre olduğunda karşılaştığı krizle dünyada askeri haberleşmenin önemi daha da anlaşılmıştır [5]. Daha önceleri bu telgrafın güvenli olduğu varsayılmaktaydı ancak, I. Dünya Savaşı'nda, Alman ordusu "güvenli kodlarının" İngiltere tarafından kırıldığını anladıktan sonra, güvenliği artırmak için daha önce üst düzey güvenli makine olarak kendilerine sunulan, ancak pahalı olduğu için reddettikleri Enigma'yı satın aldı.

Enigma, Almanların güvenli bir şekilde mesaj göndermek için kullandıkları bir kod makinesiydi. Alman ordusu, güvenliği artırmak için Enigma'ya, özellikle de ana kartına ekstra özellikler ekledi [6].

Alan Turing, doğa ve makineler arasındaki dengeyi ve ilişkiyi araştıran bir bilim insanı olarak yapay zekâ konusunda önemli bir çalışma alanı ortaya koymuştur. İletişim departmanı çerçevesinde geçirmiş olduğu zaman dâhilinde Turing, üzerinde çalışmalar yürütmüş olduğu colossus adındaki araştırmalarını sürdürmüş olup bu cihazın en etkili ve çabuk şekilde Enigma tarafından ortaya konulan kodları deşifre edebildiği bilinmektedir [7]. Marian Rejewski, bu Enigma mesajlarını okumanın yollarını bulup 1940'ta, ekstra güvenlik prosedürleri getirilinceye kadar bunu yapmaya devam etmiştir [8].

Bir insanın saniyede milyon adet kelimeyi analiz etmesi mümkün değildi. Gece yarısı kombinasyon değişmeden önce kısıtlı zamanda çözümlemenin yapılabilmesi için elektromekanik makineler ihtiyacı vardı. Elektromekanik makinelerde beşlik kelimedeki kodlanmış halde geçen her harf karşılığını bulmalıydı. İşte bu harfler "ateşleyiciler" olarak isimlendirildi [9].

Mesajların ilk çözümlemesinde İngiltere ve ABD'nin işaret edildiği, bombalama emri içeren askeri planlar ele geçirildi. Bu bilgi kritik bir öneme sahipti ve bu Bletchley Park'tan transatlantik kabloları yardımıyla ABD'ye gönderildi. Enigma'ya ilişkin olası ayarlar ile birlikte ateşleyici harf bilgileri de beraberinde İngiltere ve ABD ile paylaşıldı [10].

Uzaktan kumandalı araçları kontrol etmek için akustik sistemler son yıllarda başarı ile kullanılmaktadır. Otonom Sualtı Araçları (Autonomous Underwater Vehicle-AUV), akustik kullanarak yüzeyde bulunan gemiye, okyanusun dibinden yani takribi 6500m derinlikten, video aktarımı gönderebilen teknolojiyi sunmaktadır [11]. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte, Sualtı Kablosuz Sensör Ağları (Underwater Wireless Sensor Networks-UWSN) ve AUV sürümleri

giderek gelişme göstermektedir. Mevcut araştırmalar genellikle, verimli sinyal işlemenin geliştirilmesine odaklanmıştır ve iletişim algoritmaları, verimli kodlama ve modülasyon şemaları insansız deniz araçlarında kullanılan bazı bütünleşik sistemleri kapsamaktadır. Sualtı iletişim ağlarında, protokol tasarımında çalışmalar günümüzde halen devam etmektedir. Denizlerde daha uzun mesafe alabilen ve sınırlı güç için optimize edilmiş sualtı ortamında hareket kabiliyeti geliştirilmiş cihazların kullanımı gün geçtikçe daha fazla ilgi çekmektedir [12].

Diğer taraftan güncel bir konu olan ve uzun süredir dünya gündeminde bulunan Doğu Akdeniz enerji yataklarının keşfiyle dünyanın yeniden şekillendirilmesine yön verecek gelişmelerin varlığı söz konusudur. Jeopolitik konumumuzun stratejik önemi ülkemizde bir deniz teknolojisinin de mevcut olmasını ve bu teknolojinin sürekli gelişmesini gerekli kılmaktadır.

Günümüz teknolojisi dikkate alındığında insansız hava araçları gibi bir teknolojinin üretildiği ülkemizde, insansız deniz araçlarının önem kazandığı da yadsınamaz bir gerçektir. Bu nedenle, bu tez kapsamında insansız deniz araçlarının ülkemizde inşası için bir inceleme yapılması planlanmaktadır. Bu amaçla dünya denizcilik kanunu olarak kabul gören ve Uluslararası Denizcilik Örgütü (International Maritime Organization-IMO) tarafından tüm dünyada uygulanması istenen Uluslararası Gemi ve Liman Tesisi Güvenlik Kodu (International Ship and Port Facility Security-ISPS) uygulamasını da kapsamı kaçınılmaz olacaktır. Bu bağlamda otonom gemilerin ticari faaliyetler ile savaş ve diğer olağanüstü hallerde kullanımı bu çalışmanın odak noktası olarak belirlenmiştir.

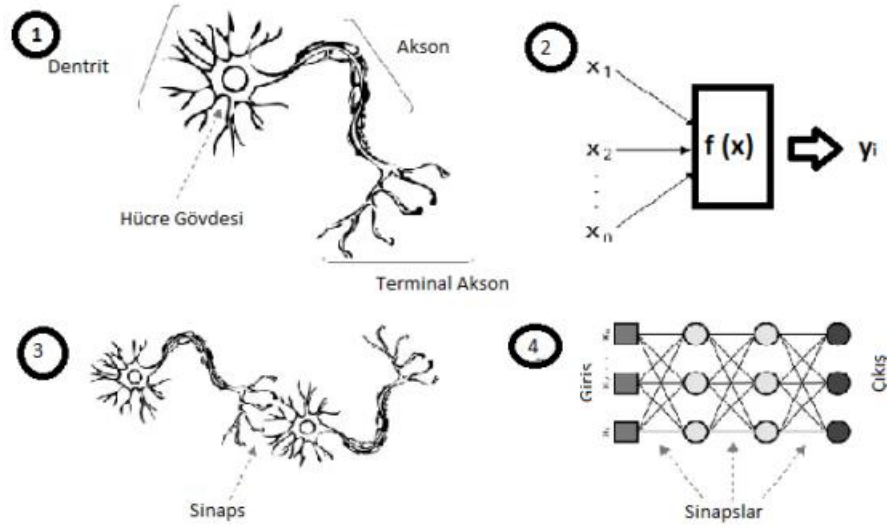
2. MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma kapsamında öncelikle dünyada ve ülkemizde insansız deniz araçları hakkında yapılan araştırmalara yer verilmiştir. İnsansız (robotik) akıllı araçlar diye tanımlanan otonomlar ve çalışma prensipleri ile ISPS kod uygulamalarına uyumu ise, literatür kapsamında inceleme konusu olarak seçilmiştir. Bu odak noktasından hareketle, uygulamalardan elde edilen kazanımlar ve risklerin değerlendirilmesi planlanmış ve bu sebeple bu çalışmada literatür taraması yöntemi kullanılmıştır.

Bu açıdan otonomların programlanmasında kullanılan yapay sinir ağları (YSA) ve çalışma prensiplerine de bu tez çalışmasının ikinci kısmında yer verilmesi planlanmıştır. Üçüncü bölümde ise büyük yük gemileri ve ticari faaliyetler kapsamında insansız deniz araçlarının gelişim süreci, otonomların kullanılmasında avantaj ve dezavantajları ele alınmıştır. Dördüncü bölümde, otonom gemilerin savaş sırasında üstlenebilecekleri görevler üzerinde literatüre dayalı bir olasılık değerlendirilmesi planlanmıştır. Tez çalışmasının beşinci ve son bölümünde ise sonuç ve önerilere yer verilmiş ve sonuç olarak, bu çalışmanın araştırmacılar için bir başvuru kılavuzu olması amaçlanmıştır. Çalışma ayrıca dünya denizciliği ile Türkiye'nin sahip olduğu denizcilik faaliyetlerini kapsamı yönüyle de önemli görülmektedir.

3. YAPAY SİNİR AĞLARI

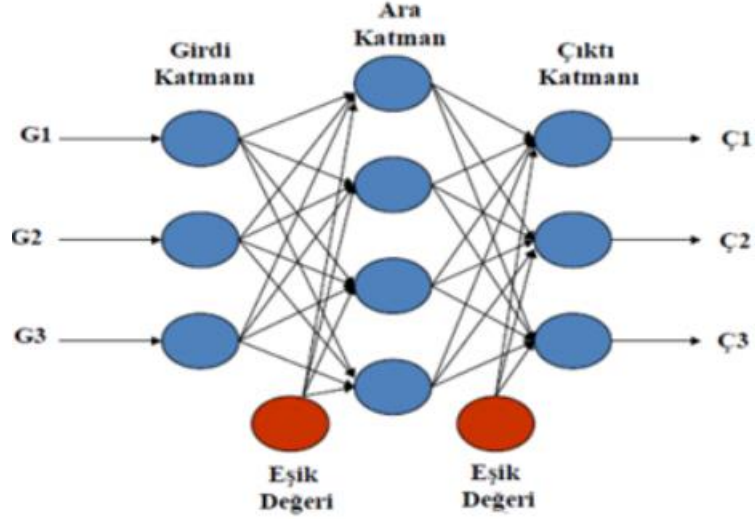
YSA, insan öğrenme biçimini örnek alarak zihnin araştırma, anımsama ve tümevarım yöntemi ile oluşturduğu verilerden yeni veriler elde etme gibi işlemlerin yapıldığı yazılımlardır. YSA; insan zihnini örnek alarak, öğrenme yollarının taklit edilip modellenmesi sonucu ortaya çıkmıştır [13] ve paralel dağıtılmış ağlar, bağlantılı ağlar, nuromorfik ağlar gibi çeşitli isimlerle anılmaktadır [14]. Sinir hücresi ve yapay sinir ağları yapısı Şekil 3-1'de gösterilmiştir. Burada sinir uçlarından (dendrit) alınan uyarılar çekirdekte ağırlıklandırılıp anlamlandırıldıktan sonra gövde ve akson boyunca ilerleyerek yine diğer taraftaki sinir uçlarından başka sinir hücrelerine aktarım yapılır.



Şekil 3-1: Biyolojik beyin nöronu yapısı[13]

YSA, teknolojinin gelişmesiyle gündelik yaşamımızı da etkilemeye başlamıştır. Sağlık, otomotiv, elektronik, enerji, uzay bilimleri, bankacılık, finans ve askeri alanlarda kullanılmaktadır [15]. Karmaşık yapıda olan birçok nöronun belli bir hiyerarşik düzende bir araya geldiği yapıya Çok Katmanlı Algılayıcılar (Multi Layer Perceptron-MLP) denir. İleri beslemeli yapay sinir ağlarında nöronlar başlangıçtan sona doğru düzenli bir yapıya sahiptir. Bir katmandan sadece kendinden sonraki katmanlara bağ bulunmaktadır. Girdi katmanına gelen bilgiler herhangi bir değişime uğramadan orta katmana iletilir. Sonrasında işlenerek son katmandan dışarıya aktarılır [16].

Çok Katmanlı Algılayıcı (ÇKA), öğrenim sırasında girdilerin ve anlamlandırılmaları sonucunda oluşturulan çıktıların gösterildiği modeldir. Meydana getirilen modelin amacı verilen uyarıya göre çıktıyı oluşturmaktır. Bu model ise Şekil 3-2’de gösterildiği gibi 3 bölümden oluşmaktadır. Dışarıdan alınan bilgilerin ilk kaşışlaştığı katman girdi katmanıdır. Ara katman ise birden fazla sayıda olabilir. İlk katmandan sonraki katman olduğu için bilgiler burada işlenir. Son katman olan çıktı katmanında ise her bir bilgiye karşılık bir çıktı oluşturulur.



Şekil 3-2: Çok katmanlı algılayıcı modeli [13]

Geri beslemeli yapay sinir ağlarında, ileri beslemeli ağlardan farklı olarak bir nöronun çıktısı herhangi bir katmanda bulunan herhangi bir nörona aktarılabilir. Bu nedenle geri beslemeli yapay sinir ağları dinamik bir yapıya sahiptir. Nöronlar arasındaki bağlantı şekline göre farklı yapıya sahip yapay sinir ağları elde edilebilir [17].

Makine öğrenme biçimlerinden biri olan derin öğrenme, birbiri ardına gelen ardışık bölümlerde her bir bölümden çıkan bilgiyi diğerine girdi olarak kullanılıp bu bilgileri işleyip sonuca ulaşır [18]. Öğrenme birden fazla katmanın birbirleriyle ilişkilendirilmesi sonucu her bir katmandan türetilen bilginin genelleme yöntemiyle hiyerarşik bir yapı oluşturularak sonuca bağlanması ile olur [19].

Derin öğrenme çoklu katman yapısıyla verinin yapısına göre bir araya getirilmiş birden fazla işleme katmanından oluşur [20]. Kaliteli sonuçların elde edilmesi hangi makine öğrenmesi metodunun seçileceğine bağlıdır [21]. Bu seçimi yapabilmek için de bazı ön işlemler planlanmalı ve bazı özellikler aranmalıdır. Çalışmanın sonunda sebep olacak zararların önüne geçebilmek için yapay zekâ ile işimize yarayacak yararlı bilgiyi süzerek gereksiz bilgilerden ayırtmak gerekir [22].

MLP'nin bir çeşidi olan Konvolüsyonel Sinir Ağları (Convolution Neural Network-CNN)'nda ana merkezdeki hücreler bütün resmi kapsayacak şekilde bölümlere ayrılmıştır. Sinir ağlarının basit hücreleri kıyıdaki özelliklere daha karmaşık hücrelerin ise daha geniş reseptörlerle bütün resme yoğunlaştığı kabul edilmektedir. CNN algoritması, hayvanların

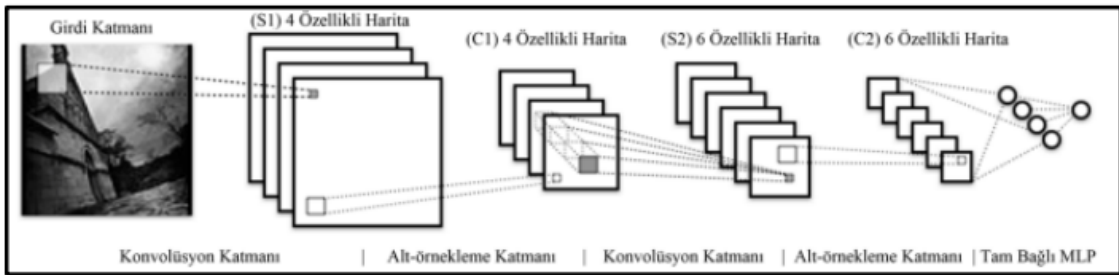
görme merkezlerinin yapısının bir benzeri olarak ortaya atılmıştır. Bir nöronun işlediği bilgiyi etrafındaki diğer nöronlara aktarması olarak özetlenebilir [23]. Bugün dünyada gelinen noktada birçok parametrenin hesaplanıp sonuca ulaştırılması için verilerden değişik sonuçlar çıkarmak gerektiği anlaşılmıştır. Görüntü Sınıflandırma (Image Classification), Nesne Bulma (Object Detection), Nesne Takip Etme (Object Tracking), Doğal Dil İşleme (Natural Language Processing), Stil Transferi (Style Transferring) gibi sorunların çözümünde yine YSA kullanılmaktadır [24]

Bir YSA modeli, ağlar arasındaki bağlantılar ile girdiler ve çıktılar arasında hesaplaması zor olan parametreler oluşturmaktadır. Kullanılacak olan verinin büyüklüğü anlamlı sonuçlara ulaşmayı zorlaştırmaktadır. Yani kullanılacak veri kümesi büyüdükçe anlamlı sonuçlar ortaya çıkarmak zorlaşabilmektedir [24].

Doğru ve nitelikli bilgiye ulaşmak için doğru modellemenin seçilmesi çok önemlidir. Bu noktada büyük verilerden, daha derinlemesine ve daha küçük boyutlarda ayrıca daha doğru sonuçları elde etmemizi sağlayacak derin öğrenme yöntemleri son yıllarda kullanılmaya başlanmıştır.

YSA ile bir işlem yapacağımız zaman belirli bir veriyi YSA'ya tanıtmamız gerekir. İnsan gücüyle her verinin doğru özelliklerinin seçilip sisteme tanıtılması zor bir iş olacağından bu alanda kolaylık sağlayacak CNN ağları geliştirilmiştir. Bu ağlar evrişim katmanları arasında veriyi otomatik gruplandırarak doğrudan giriş katmanına kendisi vermektedir [25].

CNN ağlarının ortaya çıkan ilk örneği 1988 yılında Yann LeCun tarafından geliştirilmiş ve 1998 yılına kadar geliştirilmeye devam edilmiş olan Şekil 3-3'te gösterilen LeNet'tir [26].

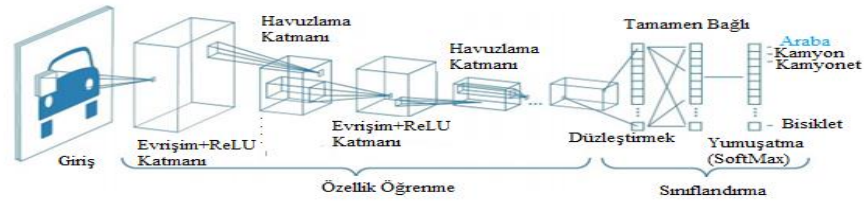


Şekil 3-3: LeNet Ağı Yapısı [26]

LeNet ağı alt bölümlerinde birbiri ardına konumlandırılmış konvolüsyon ve havuzlama katmanlarından meydana gelmiştir. Üst katmanlarında ise MLP bulunmaktadır. CNN ağları ilk olarak ses ve görüntü inceleme olmak üzere biyomedikal alanı gibi çok farklı alanlarda kullanılmaktadır [27].

Bugün dünyada Evrişimsel Sinir Ağları (ESA) uygulamalarının revaçta olmasının nedeni AlexNet'in ImageNet yarışmasında başarılı olmasından kaynaklanmaktadır. ESA uygulamaları daha sonraki yıllarda da bu yarışmaya katılmışlardır. Mevcut mimarilerde popüler olan ve başlangıç seviyesinde evrişimsel bir sinir ağı olan çok derin evrişimli ağlar (Very Deep Convolutional Networks-VGGNet), bir görüntünün ayrıntılarını birbirinden bağımsız olarak kullandıran bir modeldir [28] ve 2014 yılında % 11,7 hata payı göstererek ikinci olmuştur. 2014 yılında yine ana kategoride % 6,7' lik hata payı ile GoogLeNet birinci olmuştur [29].

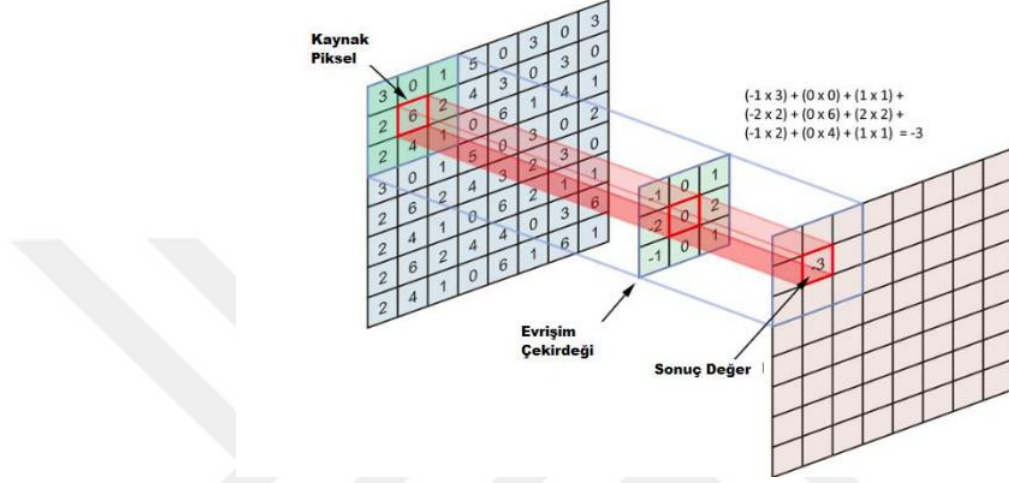
ESA nöron yapıları sık bir yapıya sahip değildir. Bu, çekirdeği girişten itibaren küçültürük oluşturulur. Örneğin bir görüntüyü işlerken, giriş görüntüsünde binlerce veya milyonlarca piksel olabilir. Ancak yalnızca onlarca veya yüzlerce pikseli kaplayan çekirdekli kenarlar gibi küçük, anlamlı özellikler tespit edebiliriz. Bu hem daha az bellek gereksinimi sağlar hem de istatistiksel verimliliği artırır. Şekil 3-4'te otonom sistemlerde kullanılan Derin Evrişimsel Sinir Ağları (DESA)'lar için örnek bir öğrenme ve sınıflandırma biçimine yer verilmektedir [30].



Şekil 3-1 DESA mimarisi Örnek Tahminlemesi [30]

Özellik öğrenimi ve sınıflandırma ESA mimarisini oluşturur. Sonuca bağlama bölümünde alçak ve orta düzeyde evrişimli katmanlar ve havuzlama katmanları olarak iki katman bulunur. Her katman kendinden önceki katmandan türettiği bilgileri içerir. Bilgi sırasıyla en yüksek dereceli katmana ulaşana kadar boyut olarak çekirdeğin boyutuna bağlı olarak azalır. ESA'nın son katmanından çıkan bilgi sınıflandırma katmanının girdisi olarak kabul edilir [32].

Girdinin evrilmesi evrişimsel katmanın ilkidir. Evrişimsel katmanları anlamının en iyi yolu görüntünün üzerinde kayan bir fenerin kapladığı alanı hayal etmektir. Derin Öğrenme (DÖ)'de bu fenerlere çekirdek, fener ışığının aydınlattığı alana da alıcı alanlar denir. Giriş bölümünde çekirdeğin bulunması gerekir. Şekil 3-5'te de gösterildiği gibi evrişim çekirdeği ile kaynak piksel değerleri birbirleri ile hücresele olarak çarpılır ortaya çıkan değerler toplanarak tek bir görüntü elde edilir [32].



Şekil 3-2: Evrişim katmanındaki filtreleme işlemi [32]

Günümüze kadar süregelen çalışmalarda YSA gibi yöntemler çok ilgi uyandırmaktadır. Bunun ana sebebi DÖ yöntemlerinin farklı dallarda bilimin her alanında yeni sorulara cevap bulması yolunda ciddi katkıda bulunmasıdır. DÖ'nin geçmişine bakıldığında bilgisayar teknolojisindeki gelişimin yetersiz kalması nedeniyle geçmişteki DÖ çalışmaları yetersiz kalmıştır. Halihazırda günümüzde yaşanan teknolojik gelişmeler DÖ'nin tekrar gündeme gelmesine ve çalışmalarda kullanılmasına sebep olmuştur. DÖ'nin temelinde belli başlı kalıplara bağlı kalmadan kendini geliştirmek olduğu için kendini sürekli geliştirmesiyle daha iyi sonuçlar elde edebilmeye olanak sağlar [33].

4. OTONOMLAR İÇİN MAKİNE ÖĞRENMESİ ve YAKLAŞIMLAR

Günümüzdeki teknolojik gelişmelerin elektrikli araçlara doğru kaymasının en önemli nedeni onların doğa dostu sonuçlarıdır. Yeryüzündeki araç sayısındaki artış atmosfere bırakılan zararlı gazların da artmasına neden olduğundan doğaya daha az zararı olacak araç geliştirme çalışmaları hız kazanmıştır. Son yıllarda ise bu yöndeki teknolojik gelişmeler insansız araçların da geliştirilmeye başlanmasıyla bir üst mertebeye erişmiştir. Emisyon oranı olarak doğa dostu

geliştirilen elektrikli araçların insansız araçlar için daha uygun olduğu da tespit edilmiştir. Çünkü elektrikli aracın neredeyse bütün kontrolleri yazılımsal olarak kodlanabilmektedir.

Teknolojinin ve dolayısıyla akıllı sistemlerin ilerlemesiyle araçlarda sensörlerden gelen verilerin kullanımı daha fazla önem kazanmıştır. Bu verileri alıp işleyip öğrenebilen zaman geçtikçe kendini geliştirebilen sistemler otonom araçlarda kullanılır olmuşlardır. Fakat bütün bu gelişmelerin bir yandan da standartlaşması ihtiyacı hasıl olmuştur. Bu nedenle de Uluslararası Otomotiv Mühendisleri Derneği (Omd-Society Of Automotive Engineers-SAE) bir makale yayınlamıştır. Yayımlanan bu makalede sürücünün oluşturulan otomasyon sisteme müdahale yetkisi baz alınarak çeşitli sınıflandırmalar yapılmıştır.

Kullanıma sunulmuş olan araçlarda bu sınıflandırma içerisine alındığında kısmi otomasyon ve koşullu otomasyon sınıflarında olduğu görülür [35]. İnsansız araçlar için düşünülen seviye yüksek otomasyon ve tam otomasyon seviyesidir. Bu otonom araçların insanlığa sağladığı yarar düşünüldüğünde kullanım alanlarının giderek artacağı yadsınamaz bir gerçekliktir [36].

Otonom bir aracın gözü kulağı etrafına monte edilmiş sensörleridir. Sensör teknolojisindeki gelişmelerle ulaştığı seviye de otonom araç teknolojisinin gelişmesine katkı sağlamaktadır. Sensörlerde kullanılan yazılımlardan en çok kullanılanı nesne tanıma algoritmalarıdır [37].

YSA'nın bilgidan sonuç çıkarma sistemi insanoğlunun sinir sistemiyle benzer yapıdadır. Nasıl ki insan yapacağı bir eylemi yapmadan önce öğrenmeye ihtiyaç duyarsa YSA da kendisinden istenen bir eylemi gerçekleştirmeden önce öğrenmeye ihtiyaç duyar. Bunu da üzerindeki sensörler yardımıyla aldığı sinyalleri değerlendirip bir sonuca bağlaması yoluyla gerçekleştirir. Elde ettiği sonuçlardan aldığı geri beslemelerle kendisini sürekli daha doğru sonuçlar çıkarmaya zorlar ve bu sayede kendi kendisini sürekli eğitmiş olur [38].

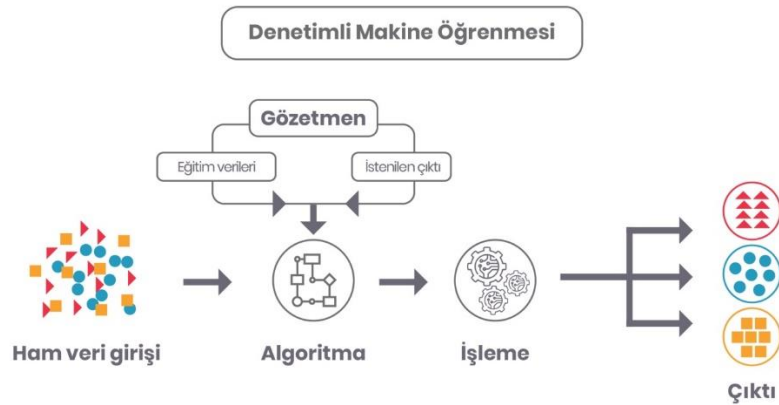
Makine öğrenmesi, öğrenme konusunda sistemin yapı taşları olan sinyal ve geri besleme öğelerini merkeze alarak 3 bölümde incelenir. Makine öğrenmesi bir sisteme sunulan veri bulutu içerisinden anlamlı bir sonuç çıkarabilme özelliğidir. Makine öğrenirken genellikle daha önceden bilinmeyen konularda çalışma yaptığı için oluşabilecek yeni durumlarda doğru tahminler üretmesini sağlayacak algoritmalar geliştirilmelidir. Makine öğrenmesi tüm bunları yaparken hesaplamalı öğrenme teorisi olarak adlandırılan bir bilgisayar bilimini kullanır. Veri bulutları sonlu ve vereceği sonuç belirsiz olduğundan algoritmalar doğru sonuç verme garantisi vermezler. Bunun yerine performansı ölçerken belirli olasılık sınırları dahilinde genelleme hatasını da içeren bir yol kullanılmalıdır.

Sonuç çıkarma noktasında iyi bir performans ortaya koymak için ortaya atılmış yöntemin karmaşıklığı algoritmaların karmaşıklığı ile doğru orantılıdır. Eğer yöntem algoritmadan daha karmaşıksa sisteme tanıtılan veri miktarı az olabilir [39].

Makine öğrenmesi ile yapay zekâ birbiri ile içiçedir. Yapay zekâ kullanılarak problemlerin çözümlenmesinde makine sensörler yardımıyla etraftan aldığı verileri bir bulut haline getirerek geçmişten öğrendiği bilgilerle harmanlayıp doğru geçerli ve işe yarayan bir sonuç ortaya çıkarması beklenmektedir [40]. Makine öğrenmesi denetimli makine öğrenmesi, denetimsiz makine öğrenmesi ve yarı denetimli makine öğrenmesi gibi alt başlıklara ayrılmıştır [41].

4.1 Denetimli Öğrenme

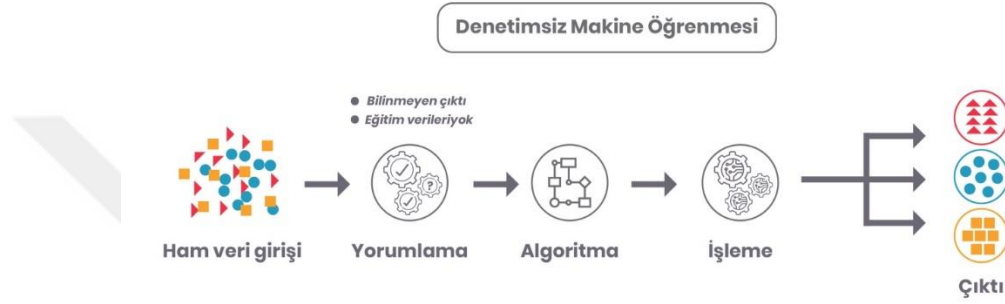
Sistem çalışmaya başladığında sistemin başındaki kişinin bilgisayara müdahale edebildiği öğrenme yöntemidir. Denetçi tarafından veriler sınıflandırılır. Bilgisayarın izleyeceği yollar kurallarla sınırlandırılır. Bu şekilde bilgisayardan geçmişteki verilerle elimizdeki verileri sentezleyip bir sonuç ortaya çıkarması beklenir. Şekil 4-1’de de görüldüğü üzere algoritmalar giriş verilerini ve ortaya çıkan sonuçları algılayarak çalışır. Eğer algıladığı sonuçlar beklenen sonuçlar ise başarılı sayılır. Aynı zamanda sonucunu aslında olması beklenen çıktıyla karşılaştırarak hataları bulup kendini geliştirebilir [42].



Şekil 4-1: Denetimli Makine Öğrenmesi [42]

4.2 Denetimsiz Öğrenme

Denetimsiz makine öğrenimi algoritmaları; denetimci tarafından makineye bilgi sınıflandırması noktasında herhangi bir müdahale yapılmadığı yöntemdir. Amaç makinenin karışık bir veri kümesinden çıkarılması istenen gizli bir sonucu anlamlandırırken nasıl bir yol izlediğini takip etmektir. Aşağıdaki Şekil 4-2’de de görüldüğü üzere algoritma doğru sonucu bulamadığı zaman doğru çıktıyı bulmaya çalışır. Bu da tekrar tekrar veri bulutunu kontrol edip yeni sonuçlar elde etmeye çalışır [42].



Şekil 4-2: Denetimsiz Makine Öğrenmesi [42]

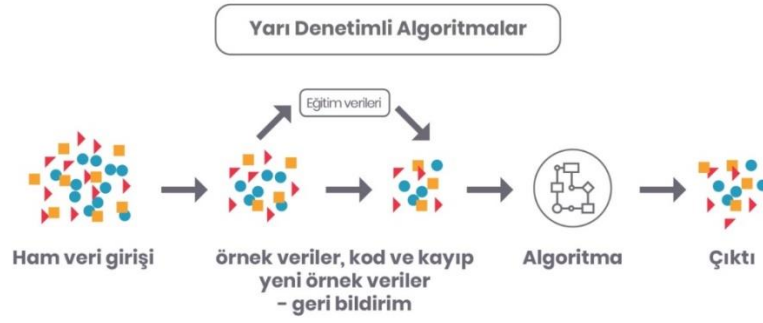
Makine doğru çıktıyı bulana kadar veriler üzerinden çalışmaya devam eder. Bunu da veri kümelerinden anlamlı sonuçlar elde etmeye çalışarak yapar.

4.3 Yarı Denetimli Öğrenme

Bu yöntemde makine denetçi tarafından hem denetlenir hem de denetlenmez. Yani makine öğrenirken denetçi tarafından tüm veriler sınıflandırılmamış ve algoritmanın izleyeceği yol tümüyle sınırlandırılmamış olabilir.

Yarı denetimli makine öğrenimi makinenin çalışması sırasında hem sınıflandırılmış hem de sınıflandırılmamış veri setlerini kullandığı anlamına gelmektedir. Verilerin başlangıçta denetçi tarafından ne kadar sınıflandırıldığı öğrenmenin doğruluğunu önemli ölçüde etkiler [42].

Aşağıda Şekil 4-3’te de gösterildiği üzere az miktarda gruplanmış veri ve daha fazla miktarda karışık veri bulunur. Algoritmanın yaptığı ise bu ayrıştırılarak gruplanmış verileri baz alarak gruplanmamış verileri gruplayıp analiz ederek anlamlı bir sonuca ulaşmaya çalışmaktadır.



Şekil 4-3: Yarı Denetimli Makine Öğrenmesi [42]

4.4 Makine Öğrenmesinde Büyük Verinin Önemi

Tarihten bugüne ulaşılan veri miktarı giderek artmaktadır. Bu da doğal olarak veriler toplanırken büyük veri (big data) terimini literatüre kazandırmıştır. Bu daha çok karmaşık yapıda olan ve sonuca bağlanması zor görünen veri setleri için kullanılan bir kavramdır [43]. Büyük veri setlerinin kullanımının tercih edilmesinin sebebi makineye bir eğitim verileceği zaman öncesinde ne kadar bilgi sunulursa makine öğrenmesinin o kadar verimli olacağı gerçeğidir. Verinin bileşenleri arasındaki karışık ilişkilerin saklı kalmış yanlarını ortaya çıkarmak birbirleri arasındaki ortak özellikleri ortaya çıkarmak doğru bir sonuca ulaşılması için makine öğrenmesi açısından çok önemlidir [44]. Büyük veri herbiri birbirinden ayrı olarak farklı kaynaklardan elde edilmelidir. Bilim tabanlı veriler, sensörlerden elde edilen veriler, belirli bir olaya ilişkin fotoğraf ve video kayıtları veri olarak değerlendirilebileceği gibi sosyal medya verileri bile makine öğrenmesi için bir veri kaynağı olabilir [45].

Büyük veri; hem kelime olarak hem de verilerin kapsadığı alan olarak büyük anlamına gelmektedir. Birden fazla değişkene ve çok sayıda sensörden alınmış gerçek gözlemlere dayalı veriler olarak tanımlanır. Büyük veri farklı veri kaynaklarından elde edilmiş yapılandırılmış veri (structured data), yapılandırılmamış veri (unstructured data) ve yarı yapılandırılmış veri (semi-structured data) olarak üç bölüme ayrılmıştır [46].

Yapılandırılmış veriler daha önceden düzenli bir şekilde oluşturulmuş bir şemaya uygun olarak kayıt altına alınmış verileri ifade eder. Bu tip verileri sorgulamak için genellikle yapısal soru dili (Structured) kullanılır [47]. Yapılandırılmamış veriler alışlagelmışin dışında elde edilmiş veriler anlamına gelmektedir. Belirli bir formları yoktur. Bu veriler resim, sosyal medya verileri, mail, video, metin dosyaları olabilir. Yarı yapılandırılmış veriler ise aralarında

belirli bir ilişkinin olmadığı verileri ifade etmektedir. Bu verilerin işlenmesi diğerlerine göre daha zordur. Bu verilerin işlenmesi için özel tasarlanmış yazılımlar kullanılmaktadır[48].

5. İNSANSIZ DENİZ ARAÇLARI

5.1 Otonom Gemiler

Çağımız gelişen teknolojilere ayak uydulmaya çalışılan bir çağ olduğu için yeni teknolojiler önem arz etmektedir. Bu noktoda otonom gemilerin kullanımı ve yapılacak çalışmalar ön plana çıkmaktadır. Bu gemilerin askeri alanda kullanımının ise kullanıcılara sağlayacağı faydalar düşünüldüğünde çok önemli olacağı da yadsınamaz bir gerçektir. İnsansız deniz aracının askeri alanlarda kullanmanın maddi ve manevi avantajları oldukça fazladır. Bununla birlikte asıl önemli olan insanlı gemilerin kullanılmasında alınamayacak risklerin otonom gemilerin kullanılmasında rahatlıkla alınacak olmasıdır. Aynı zamanda insan kullanmanın gerekliliği olarak yan dallarda oluşacak olan ekstra maliyetlerin otonom gemiler kullanıldığında olmayacak olması devletleri bu alanda geliştirme yapmaya ve yatırım yapmaya yöneltmektedir.

Örneğin; insanlı bir uçak geliştirildiğinde eğer insansız uçak geliştirmiş olsaydınız fırlatma koltuğu ve ekstra oksijen sistemi koymak zorunda olmayacaktınız. Aynı zamanda insanın maruz kalabileceği maksimum “G” seviyesi otonomunki kadar olamayacağı için insanlı uçağın insansız uçağa nazaran daha dezavantajlı bir konumda olduğu rahatça görülebilir.

Aynı şekilde insansız bir gemi oluşturmak istenildiğinde de insanlı bir gemiye nazaran daha fazla avantajlı konumda olunacağı aşikardır. Uzun süreli seyirlerde insanlı geminin ihtiyaç duyacağı ikmal ihtiyacı için aranacak limanın insansız deniz aracında aranmasına gerek kalmayacaktır. Seyir kabiliyeti insansız araca uygulandığında çok efektif sonuçlar verecektir. Çünkü otonom mantığının temelinde sensörlerden aldığı bilgiye göre hareket etmek yatar. Seyir sistemleri de sensörler üzerinden işlediği için gemicilik doğası gereği otonom yapıya daha uygundur. Dünyaya baktığımızda ABD ve Çin gibi büyük ülkeler de bu durumun farkına varmış olup büyük insansız deniz aracı filolarını kurmak için çalışmalarını hızlandırmışlardır [49].

Genel olarak, insan etkisi ve gücü ile yapılan işlemleri uzaktan kontrol mekanizması ile gerçekleştiren ve gelişmiş teknolojilerle desteklenmiş olan insansız deniz araçları hem sivil hem de askeri deniz operasyonlarda kullanım alanı edinmiştir. İnsansız araçlar, sivil hayatta kullanım alanları göz önüne alındığı zaman, bilimsel çalışmalar, ulaştırma ve ekonomiyi

destekleyen uygulamalarda yer almaktadır. İnsansız araçlar, sivil hayatta kullanımının yanı sıra askeri alanlarda da yaygın olarak kullanılmakta, askerler için daha güvenli bir ortam oluşturmaktadır. İnsansız araçlar sistemi dâhilinde önemli bir yere sahip olmaya başlayan insansız deniz araçları su altı ve su üstü alanlarında kullanımlarına göre iki grupta değerlendirilmektedir.

Otonom sistemlerin hemen hepsinin tabanını yapay zekâ oluşturur. Otonom sistemler kullanım alanlarına göre insanlığa çok fayda sağladıklarından zaman zaman insanın yerini alması bile düşünülmektedir. Bu yönleriyle otonom sistemlerin insanın kullanılmasının uygun olmadığı düşünülen alanlarda kullanılmasının uygun olacağı düşünülmektedir. Risk seviyesi yüksek, uzun süreli görevlerde ya da insan sağlığına olumsuz etki edebilecek sebeplerin mevcut olduğu ortamda kullanılabileceklerdir. Karar vermede algılayıcılarıyla dış ortamdaki aldığı bilgileri sentezleyip doğru bir sonuca varması insan kapasitesinin çok üstündedir. İnsanların dayanamayacağı uzunluktaki görevlerde rahatlıkla sonuca ulaşabilir. Girdi maliyetinin düşük olması sebebiyle kar-zarar olarak bakıldığında da her zaman avantajlı konumda bulunurlar. Tek başına bir F-35'in operasyonda sağlayacağı fayda sürü halinde görev yapan otonom hava araçlarının olduğu bir filodan çok daha azdır [50].

Otonom teknolojiler açısından ticari gemilerde olduğu gibi askeri gemiler tarafında da gelişmeler yaşanmaktadır. Yapay zekanın dünyada hızla gelişmesi bu alanlara da olumlu yansıdı. Derin öğrenme ve makine öğrenmesi kavramları artık düşünme tarafından çıkış yapıp büyük önemli şirketler tarafından uygulamaya aktararak ortaya çarpıcı çalışmalar çıkarmalarına neden oldu. Çeşitli alanlarda geliştirilen sistemler farklı yapıda sensörler yardımıyla farklı veri tipleri elde ederek farklı alanlarda kullanım olanağı sunmuştur [51].

Otonom deniz araçları sivil ve askeri alanlarda kullanım alanı bulmaktadırlar. Denizcilik gibi zor bir sektörde otonom araçların kullanılması insan hayatının kolaylaştırılması açısından artık bir zorunluluk halini almıştır.

Otonom deniz araçları sivil ve askeri alanlarda kullanım alanı bulmaktadırlar. Denizcilik gibi zor bir sektörde otonom araçların kullanılması insan hayatının kolaylaştırılması açısından artık bir zorunluluk halini almıştır.

Otonom deniz araçlarının yaygın olarak kullanılmasıyla birlikte;

- Denizde meydana gelen kazaların sayısı azaltılabilir,
- Gelişmiş sensörlerin ve sensör verilerinin işlenmesi neticesinde insan kaynaklı hatalar en aza indirilebilir,

- İnsansız deniz araçlarının kendi aralarında çatışması durumunda, kazaya insan müdahil olmayacağı için insan sağlığı ve güvenliği korunabilir,
- Sensör verilerinin etkili bir şekilde işlenmesi sonucunda performans artışı sağlanabilir,
- Çeşitli optimizasyon teknikleriyle deniz araçlarının yakıt tüketimi azaltılabilir,
- İnsan kaynağı, yakıt tüketiminde azalma, kazaların azalması, yiyecek ve içecek giderlerinin azalması vb. nedeniyle maliyetlerde genel anlamda bir azalma meydana gelebilir [52].

Otonom deniz araçları için rota planlama ve engelden sakınma, karadaki veya havadaki insansız araçlarınkine göre daha zor bir problemdir. Bu nedenle denizde çatışmayı önlemek için deniz üzerinde hareket eden diğer araçların takip edilmesi ve değişen çevre koşullarına adapte olunması büyük önem taşımaktadır. Otonom deniz araçları, son yıllarda gelişmekte olan yapay zekâ, robotik, sürü zekâsı, nesnelerin interneti, sensör ve büyük veri işleme kabiliyetlerinin artması ile birlikte büyük bir gelişim göstermekte ve farklı teknolojilerin aynı anda kullanılabileceği platform olma özelliğini taşımaktadır, bu durum Tablo 1’de belirtilmiştir [52].

Tablo 5-1: Otonom deniz araçlarını oluşturan teknolojiler diyagramı [52]



Denizdeki araçların uyması gereken kuralların belirlendiği ve 1972 yılında IMO tarafından kabul edilen Uluslararası Denizde Çatışmayı Önleme Tüzüğü’nde [53] insansız deniz araçlarıyla ilgili herhangi bir madde bulunmamaktadır. Bu nedenle tasarlanacak insansız deniz

araçlarının mevcut kurallara uygun olarak tasarlanması ve üretilmesi gerekmektedir. Uluslararası deniz kurallarının insansız deniz aracında uygulanabilmesi için algı ve sakın prensibinin uygulanması gerekmektedir. Bu prensibe göre insansız deniz aracının üzerinde bulunan kamera, lidar, sonar vb. sensörlerden elde edilen verilerin işlenerek algılama işlemlerinin gerçekleştirilmesi ve denizde çatışmayı önlemek için uygun reaksiyonun gösterilmesi hedeflenmelidir [52].

5.2 Otonom Gemilerin Önemi

Gemicilik hayatında insan faktörü IMO'nun kararında da belirttiği üzere insan emniyeti, güvenlik ve doğanın korunması noktasında çok büyük bir etkiye sahiptir. Denize açılan bir geminin icra edeceği tüm faaliyetlerde insan etkisi çok önemlidir. Bir geminin emniyetli seyir edebilmesi için lojistik, teknik, idari ve denetim gibi çok farklı alanlarda faaliyet gösteren toplulukların bir arada çalışması ile olur. Bu nedenle sağlıklı bir seyrüsefer için tüm bu unsurların etkili bir işbirliği içerisinde olmaları gerekir [54].

Denizlerimizde faaliyet gösteren gemilerin karışıkları kazalar incelendiğinde sebebinin yaklaşık %60-%80 oranla insan kaynaklı olduğu görülmüştür. Bu kazalar incelendiğinde ise özellikle karaya oturma ve başka bir gemiyle ya da deniz aracıyla çarpışmanın başı çektiği görülmüştür [55].

Yu Eun Won hazırladığı raporda; 2000 ve 2004 yılları arasında Güney Kore Cumhuriyeti'nde meydana gelen 3.316 adet incelediğinde, deniz kazasına neden olan ana sebeplerin, insan kaynaklı olduğunu ortaya koymuştur. Bahse konu çalışmanın diğer bir sonucu ise insan faktörlü meydana gelen kazalarda gözcülük hatasının en fazla seviyede olduğudur [56].

Rolls-Royce'un "Blue Ocean" isimli araştırma grubu ile birlikte yürütmüş olduğu çalışmalar sayesinde kaptanların öncelikle sanal bir köprü üzerinden gemileri teknolojik imkanlar kullanarak kumanda edebilmelerine imkân tanıyan bir sistem ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu da insansız gemi araştırmalarının denizcilik alanında yeniden ön plana çıkmasını sağlamıştır. Rolls-Royce şirketi Avrupa Birliği fonlarından aldığı 425 milyar dolarlık ekonomik destekle denizcilik sektöründe önemli yenilikçi faaliyetler planlanmaya çalışmaktadır. Şirket 4,8 milyon dolara denk gelen bir tutara geliştirdiği insansız gemilerde 20 denizcinin gerçekleştirdiği faaliyeti bütünüyle sanal ortamdan kontrol edebilir duruma

gelmiştir. Söz konusu dijital yeniliğin ticari amaçla kullanılan gemilere de entegre edilmesi ile deniz taşımacılığının temelden bir değişim yaşayacağı düşünülmektedir. Bu projeye insansız gemilerin farklı alanlarda kullanılması neticesinde işletme maliyetlerinin %50 oranında düşeceği ortaya konulurken, sanal köprüüstünde var olan bir kaptanın bir değil birden çok gemiyi yönlendirebileceği de öngörüler arasında bulunmaktadır Diğer taraftan Rolls-Royce tarafından geliştirildiği bilinen otonom yük gemisi, içerisinde bir insan olmadığı için köprüüstüne, kameralara ve buna benzer şekilde filikalara gerek duyulmayacağı için sahip olmayacaktır. Bu şekilde gemide yük taşınabilmesi adına daha çok alan ortaya çıkarılmış olacak bunun yanında yeni sahip olduğu düz yüzeyi sayesinde bir balina gibi görünecektir. Bu şekilde tasarlanan gemilerin aynı zamanda çevre dostu makinaları bulunacağından otonom yük gemilerinin oldukça sessiz bir şekilde seyahat edeceği de öngörüler arasındadır [57].

Denizlerde kullanılan otonom gemilerin artmasıyla denizcilerin hayatı hem olumlu hem de olumsuz yönlerde etkilenecektir. En başında otomatik sistemler denizlerde çalışan insan sayısını azaltacağı için istihdam sayısı azalacaktır. Lakin denizde çalışamayacak denizciler deniz şirketlerinin otonom gemileri idare edecekleri kara tesislerinde iş bulabilecekleri de değerlendirilmektedir. Denizde görev yapan otonom gemilerin denizcilerin yaşam standartlarını arttıracığı da belirtilen diğer bir konudur. Gemiler kıyıda inşa edilen tesislerden idare edileceği için gemicilerin uzun süre denizde kalmayacakları ve bunun sebep olduğu birçok sayıda zorluk ve oluşabilecek deniz kazalarının önüne geçileceği de düşünülmektedir. Denizcilikte kullanılacak otonom sistemlere geçiş günün birinde elbet olacaktır. Bu durumda esas önemli olan insanın buna ne denli uyum sağlayabileceğidir. Zira gerekli teknolojik alt yapıya ulaşılsa bile geçiş için sosyal anlamda ve teknik anlamda zorluklarla başa çıkılması gerektiği düşünülmektedir [58].

5.3 İnsansız Deniz Araçlarının Gelişim Süreci

Yakın geçmişte, askeri savunma, gözetleme, çevresel algılama vb. gibi çeşitli zorlu görevleri yerine getirmek için İnsansız Hava Araçları (İHA) geliştirilmesine büyük ilgi duyulmasından sonra otonom bir deniz aracının da inşa edilmesi gündeme gelmiştir. Savaş teknolojilerinin geliştirilmesine yönelik bu fikir hava araçlarını izlemek ve otonom iniş yapabilmek üzere algoritmalar geliştirilmesini gerektirmektedir.

Teknolojinin gelişmesiyle son yıllarda insansız deniz aracı sistemleri artık askeri alanda da kullanılmaya başlanmıştır. Kullanım alanları belirlendikten sonra teknolojik gelişmeler o yönde

ilerlediği için her gün bir öncekinden daha gelişmiş olarak süreç hızlı bir şekilde ilerlemektedir. Bu süreç sonunda Türk Deniz Kuvvetleri'ne düşman teşhis etmekten deniz angajman kuralları çerçevesinde tanımlanmış deniz resminin oluşturulmasına kadar harp zamanında alacağı kararların hem daha hızlı hem daha doğru olmasını sağlayacaktır. Ayrıca dünya üzerindeki bütün devletler de bu husus üzerinde bir rekabet halinde bulunmaktadır [59].

Dünya üzerindeki ülkelerin otonom gemiler konusunda rekabetçi bir tutum takınmaları üzerine BM 2019 yılında 25 ülkeyi bir araya getirerek bir tartışma platformu kurmuştur. Bu platformda en çok ses çıkaran ülkeler aynı zamanda da bu düşünceye en çok yatırım yapan ABD, Güney Kore ve Rusya olmuştur [60].

5.3.1 Amerika'da Yapay Zekâ Gelişimi

ABD Deniz Kuvvetleri'nde otonom alanında yapılan çalışmalar neticesinde mayın aramasında kullanılan akustik tarama özelliğine sahip R/C DYADS isimli insansız su aracı ortaya çıkarılmıştır. Mayın harbinde insansız sistemlerin kullanılmasına 1997 yılında geliştirilen ve Basra Körfezi'nde test edilerek başarılı sonuçlar veren Remote Mine Hunting Operational Prototype (RMOP) ile devam edilmiştir [59].

Otonom araçların öncüsü olan Special Purpose Underwater Research Vehicle (SPURV) Washington Üniversitesi tarafından 1957 yılında geliştirilmiştir. Akustik sensörleri vasıtasıyla aldığı verileri değerlendirip sonuca bağlayan SPURV oşinografi alanında 1979 yılına kadar görev yapmıştır. Amerika'da geliştirilen ilk otonom deniz aracı Massachusetts Institute of Technology (MIT)'de geliştirilmiştir. Derinlik ölçümü alanında kullanılan ve ARTEMİS adı verilen otonom araç boyutu çok küçük tasarlandığı için çok faydalı olamamıştır. Görüldüğü üzere ABD otonom deniz araçlarının geliştirilmesinde başlarda sualtı kullanım alanlarında yoğunlaşmıştır. Su altında iletişimin kaynağı olan akustik hareketlerin otonomun sensörlerine veri sunmasıyla yeni sonuçlar elde edilmiş ve teknoloji bu alanda gün geçtikçe ilerlemiştir. İlerleyen zamanlarda da gelişen teknoloji paralelinde otonom gemiler su altında su yüzüne çıkmış ve mayın avlama tesis güvenliği konularında çalışmalara konu olmuştur [60].

ABD otonom deniz araçlarının araştırma ve geliştirilmesine çok önem vermektedir. Bu alanda yapılacak olan çalışmalara kaynak olarak ABD Savunma Departmanı ajanslarından olan The Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) çok büyük destek sağlamıştır. DARPA'nın geliştirmiş olduğu Sanal Makine Gerçekliği (Virtual Machine Reality-VMR) ABD İstihbarat Başkanlığı tarafından istihbarat alanında kullanılmaktadır. Bilgisayar üzerinde

internet tabanlı bütün dünyada çok büyük bir veri bulutu üzerinden arama yaparak seçme, süzme ve değerlendirme metodlarıyla bilgi toplamaktadır [61].

ABD ordusunda kara araçlarını bomba tehdidine karşı korumak amaçlı geliştirilen TALON ismiyle kullanıma sunulan robot, Foster Miller tarafından geliştirilmiştir. TALON ABD ordusunda hâlihazırda kullanılmaktadır. Şirketle ABD arasında yeni yapılan protokolle de yeni TALON siparişlerine devam edilmiştir [62].

5.3.2 Çin’de Yapay Zekâ Gelişimi

Dünyada teknolojik alanda en gelişmiş ülkelerden biri Çin’dir. Günümüz teknolojilerinin geldiği nokta baz alındığında otonom teknolojisi alanında Çin önemli bir yol katetti. Bu alandaki çalışmaları dünyada çok fazla dile gelmese de yakın gelecekte isimleri çok daha fazla duyulacaktır [62].

Çin 2017 yılında oluşturduğu geliştirme planı çerçevesinde otonom gemileri geliştirilmesi gereken stratejik bir plan olarak benimsemiştir. Bu plan doğrultusunda kaynak planlamasını da yapmış olup 2020 yılında bu alanda araştırma yapmak için yaklaşık 20 milyon \$ ayırmıştır. 2030 yılında ise bu alanda lider olmayı planlamaktadır. Çin’in tekli otonom teknolojilerden daha çok sürü ile hareket eden otonomlar üzerinde çalıştığı ulusal medyasından takip edilmektedir. Nitekim 2017 yılında yaptıkları ve alanındaki rekoru elinde bulunduran tam 119 adet otonom hava aracının bir arada kullanıldığı sürü hava aracı testlerini başarıyla tamamlamaları da bunu göstermektedir. Çin sürü ile hareket eden otonom araçların daha efektif sonuçlar doğuracağını öngörmektedir [63].

5.3.3 Rusya’da Yapay Zekâ Gelişimi

Dünyanın bir diğer büyük devi olan Rusya da askeri alanlarında makine öğrenmesi ve yapay zekâ kavramını kullanmak için yatırımlarını planlamaktadır. Ancak bu alanda yaptığı çalışmalarda rakiplerinden geride kaldığı belirtilmektedir. 2017 yılında otonom teknolojiler için ayırdığı bütçesinin yaklaşık 12 milyon \$ olduğu belirtilmiştir. Bir sonraki yıl bu miktar biraz daha artsa da yine de rakiplerinden geri kalmıştır. Ancak 2025 yılında ordusunun büyük bir çoğunluğunu otonomlaştırma düşüncesine sahiptir. Kara, hava ve deniz alanlarında robotlaşmaya önem vermeyi öngörmektedirler. Ek olarak elektronik harp alanında da

çalışmalarda bulunmaktadır. Yapılan literatür çalışmasında otonom gemiler alanında Rus kaynaklı yazılan makalelerin az olması da dikkat çekmiştir [63].

5.3.4 Hindistan’da Yapay Zekâ Gelişimi

Dünyanın en kalabalık toplumlarından olan Hindistan endüstrisinin büyüklüğü itibariyle otonom alanında da gelişmelerin gerisinde kalmamak niyetindedir. Gelecekte meydana gelebilecek güvenlik endişeleri nedeniyle otonom destekli silah sistemlerine ihtiyaç duyulacağından geleceğe ilişkin yatırım planlamalarında bu hususu da dikkate almaktadırlar. Hindistanın sahip olduğı kilometrelerce uzunluktaki sınırların korunması için bu sınırların korunması için insansız sistemler büyük bir öneme sahip olacaktır. Sonuç olarak Hindistan’da otonom sistemlerin geliştirilmesi için 180 milyon \$ bütçe ayrılmıştır [62].

Otonom deniz araçlarının geliştirilmesi esnasında birden fazla teknoloji kullanılmıştır. Dünyada sürekli gelişmekte olan teknolojilerden bu uğurda öne çıkanları navigasyon, silah sistemleri, uzaktan kontrol, keşif sistemleri ve elektronik harp sistemleri olmuştur [64].

Otonom araçlardan deniz için kullanılacak olan otonom deniz araçlarında kullanılmak üzere deniz teknolojisinin sahip olduğı birden fazla navigasyon seçeneğı bulunmaktadır. Bu kadar seçenek arasından geminin yeryüzündeki konumunun en doğru olarak gösterdiğine inanılan Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri (Global Navigation Satellite Systems-GNSS) seçilmiştir. Geminin yeryüzündeki konumu belirlenirken uydu sistemleri birden fazla uydudan veri alıp bunların keşişimlerinden en doğru konumu ortaya çıkarmaya çalışır. Bu uydu sistemlerinin en güvenilir ve dünyada en kabul görmüş olanı da Diferansiyel Küresel Konumlandırma Sistemi (Differential Global Positioning System)’dir. Su altı muhaberelelerinde gerek insanlı gerek insansız olsun iletişim en önemli unsurdur. Özellikle haber alma gözlem yapma ve gözetleme faaliyetlerinde ana üsse gönderilecek geri bildirimler çok önemlidir. Bu noktada dünya üzerinde halen daha teknoloji gelişmekte olsa da arttırılmış gerçeklik teknolojisinin faydası oldukça fazladır [64].

Otonom deniz aracı teknolojisi araştırılırken insanoğlunun kullandığı giyilebilir teknolojilerdeki gelişmeler de otonom teknolojisinin gelişmesine yardımcı olmaktadır. Başlığa entegre olarak arttırılmış gerçeklik imkânı tanıyan teknolojiler otonom gemilere entegre edildiğinde katma değeri daha fazla olacağı değeriendirilmektedir [65].

Önceki insansız deniz araçları kablolu olarak ana gemiye iştirakli olarak Uzaktan Kontrollü İnsansız Araçlar (Remotely Operated Unmanned Vehicles-ROUV) olarak

isimlendirilmekteydi. Bu araçlar su altında mayın savunma harbinde ve denizaltı harekâtında kullanılmışlardır [66].

5.4 İnsansız Gemilerin Pozitif ve Negatif Yönleri (GZFT) Analizi;

Otonom gemilere ait GZFT analizinin bulunduğu Deketelaere (2017)'e ait çalışma kapsamında; insan hatalarından kaynaklanan deniz kazalarında azalma oluşacağı, gemi işletme maliyetinin düşeceği, gemilerin daha güvenli ve verimli çalıştırılacağı otonom gemilerin enerji verimliliğinin yüksek olacağı ve gemilerde bulunan üst yapı ve hayat alanlarında kazanç olması sebebiyle daha aerodinamik olacağı gibi durumlar otonom gemilere ait güçlü yönler kapsamında bulunmaktadır. Bilişim teknolojilerine dair riskler ise otonom gemilere ait zayıf yönler kapsamında bulunmaktadır [67].

İnsansız gemilerin avantajları ve dezavantajları ile fırsat ve tehditleri ortaya koymak için Pozitif ve Negatif yönlerini ortaya koyan SWOT analizi (GZFT) aşağıda Tablo 2’de yer almaktadır [67].

Tablo 5-2: Otonom Gemilerin Pozitif ve Negatif Yönleri (GZTF) analizi [67].



5.4.1 İnsansız Gemilerin Güçlü Yönleri

İnsansız deniz araçlarının kullanım konseptlerine bakıldığında insanın hatasından uzakta olacağı için olabilecek en yüksek verimde kullanılacağı değerlendirilmektedir. Mevcut giderlerinin de azalacağı öngörüldüğünden işletme maliyetleri, yakıt maliyetleri ve personel giderleri gibi giderlerin azalacağı düşünülmektedir. Daha çevreci motorlar geliştirileceği için emisyon oranları da azalacaktır.

Gemilerde kullanılacak sistemlerin tamamının otonom olmasından dolayı insan kaynaklı kazaların önüne geçecek yer kontrol istasyonlarında otonom gemilerin hareketlerini takip edecek personelin daha ayrıntılı konulara dikkat etmesi için gerekli zamanın da ortaya çıkacağı düşünülmektedir. Kıyı kontrol istasyonu kullanılacak olması nedeniyle oluşabilecek bir gemi kazasında insan kaybının olmayacağı büyük bir avantajdır.

5.4.2 İnsansız Gemilerin Zayıf Yönleri

Otonom araçlar geliştirilirken insandan arındırılmış olması baz alındığından bu durum onların güvenlik açısından zayıf duruma düşürmektedir. Birçok tehdit vardır ancak en önemlisi siber korsanlar ve deniz korsanlarıdır. Öyle ki elektronik olarak yönlendirilecek ve bütün veri sağlayıcılarının elektronik olduğu bir aracın siber korsanların saldırısına maruz kalmayacağı düşünülemez. Yine deniz haydutları tarafından kolay bir hedef olması da kaçınılmazdır. Bütün bu unsurların da göz önüne alınacağı bir simülasyon veya benzeri detaylı analizlerin yapılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

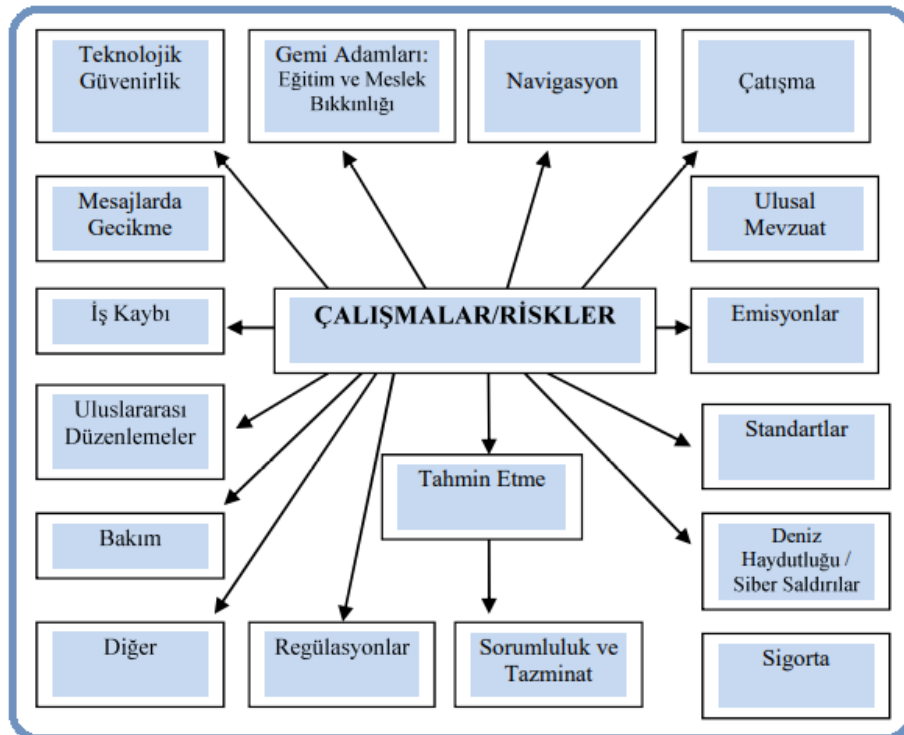
5.4.3 İnsansız Gemilerin Sağladığı Fırsatlar

İnsansız deniz araçları doğaları gereği insana ihtiyaç duymayacağı için şirketlerin gemi adamları maliyetleri düşecek ve kıyı kontrol merkezlerinde görev alacak insanların da çalışma süreleri azalacaktır. Düşen gemi adamı maliyetleri nedeniyle açığa çıkan kaynakları şirketler yeni teknolojilerin araştırılması için kullanabileceklerdir. Tasarım olarak insanın barınma ihtiyacı olmayacağı için kullanılmayan bu alanlar daha fazla yük taşımaları için kullanılabilir. İş kolu olarak ise insanlara daha farklı alanlarda uzmanlaşma ve iş olanağı sağlayacaktır.

5.4.4 İnsansız Gemilere İlişkin Tehditler

İnsansız deniz araçları esasen insan kontrolünde olsalarda bulundukları konum olarak insanların fiziki korumalarından uzakta olacaklardır. Bu durum onların tehditlere karşı savunmasız olması anlamına gelmektedir. Bu tehditlerin neler olabileceği düşünüldüğünde tehdit oluşturabilecek bütün tehlikeler düşünölmeye çalışılmış amadaha akla gelmeyen ve meydana gelebilecek birçok tehditin olduğu düşünölmektedir. Bu tehditlerin en önemlileri arasında fidye amaçlı kaçırılmalar sonucunda hem gemiyi hem de yükü kaybetme tehlikesi bulunmaktadır. Bu konuyu engellemek maksadıyla çeşitli çalışmalar yapılsa da insanın olmadığı yerde kullanılabilecek yöntemler sınırlıdır. Gemi uzaktan kontrol edildiğı için oluşabilecek bir sistem arızası veya aynı zamanda planlanan bir siber saldırıyla geminin kontrolü kaybedilebilir. İnsansız gemilere ilişkin yapılan çalışmalar henüz gelişim aşamasında olduğu için birçok açıdan farklı konulara ayrı ayrı yoğunlaşmak gerekir. Bunlardan en önemlisi hukuki ve teknik konulardır. Bu konulara ilişkin yapılacak düzenlemeler risk tespitleri ve çözüm yollarını da hesaplamalıdır. Hesaplanması gereken riskler ve yapılması gereken çalışmalar Tablo3'te gösterilmiştir. [68]

Tablo 5- 3: İnsansız Gemilere İlişkin Yapılması Gereken Çalışmalar ve Riskler
[68]



5.5 Otonom Deniz Araçlarının Sağladığı Avantajlar

Denizcilik şirketleri, gemicilikte insandan dolayı meydana gelen kusurları ve maliyetleri en az seviyeye indirmeyi amaçlayarak akıllı otonom gemi faaliyetlerini hızlandırmışlardır. Örneğin, Japon taşımacılık devi olan Nippon Yusen Kaisha (NYK) bir süre önce IMO'nun otonom gemilere ilişkin rehberini takip ederek ilk otonom gemi denemesini yaptığını iddia etmektedir. İnsansız deniz aracı türleri arasında bulunan tüm otonom deniz araçları türleri askeri ve sivil alanlarda büyük avantajlar sağlamaktadırlar [69].

Otonom deniz araçları, personel ihtiyacının ortadan kalktığı bir sistem oluşturmakta ve aynı zamanda araçların küçük boyutlara sahip olması ve dengeli tasarımları kıvrak manevra yapabilme özelliğine sahip olması nedeniyle en zorlu koşullar altında dahi kullanım kolaylığı sunmaktadır. Otonom deniz araçları sisteminin, insan gücünden ve yönlendirmesinden bağımsız olması neticesinde ise operatörler farklı alanlara yönelip verimlilik ve odaklanma kolaylığı sağlamaktadır. Gelişen teknoloji ve yapılan araştırmalar sonucunda düşen üretim masrafları da büyük tasarruflar yapılmasını sağlamaktadır. Sistem kapsamında, navigasyon yetenekleri yapay zekâ desteği çok hızlı ve verimli olarak gelişmekte ayrıca bu yetenek sayesinde daha önceden belirlenen güzergâhta uygulanan parametrelerle sorunsuz hareket etme imkânı vermektedir [69].

Otonom insansız deniz araçları mürettebat bulunduran deniz araçlarına kıyasla çok daha küçük tasarıma sahiptir ve bu özelliği tespit edilme olasılıklarını en aza indirmektedir. İnsan bulundurmadıkları için taşıma kapasiteleri daha fazla mühimmat, silah ve kargo odaklı olarak kullanılabilir. Her çeşit deniz koşulunda ve derinliğinde faaliyet gösterebilme niteliklerini taşımaktadır. Bunun yanında en temel nitelikleri arasında insanları tehlikeye sokmayan operasyonların gerçekleştirilebilmesine olanak tanınması yer almaktadır. Diğer taraftan uluslararası alanda gerçekleştirilen çalışmalarının ortak birtakım hedeflerinin bulunması sayesinde insansız deniz araçlarının sivil ve askeri hizmetlerde yaygın şekilde kullanılabilirdiği bilinmektedir. Ek olarak insansız deniz araçlarının yakın gelecekte sağlanan gelişmeler neticesinde yeni bir aşamaya geleceği öngörülmektedir. İnsansız deniz araçlarının bu çerçevede kullanım alanlarının işleyeceği ve yapılan bilimsel çalışmalar neticesinde özellikle arama kurtarma görevleri, ticari faaliyetler ve askeri uygulamaların bu alanlarda ön plana çıktığı ortaya konmaktadır [70].

5.6 Otonom Deniz Araçlarının Sağladığı Dezavantajlar

Şenol vd. (2017)'nin otonom gemilerin küresel deniz taşımacılığına etkilerini incelediği çalışmada; yapılan GZFT analizine göre; otonomların doğadostu olan yeşil diye tabir edilen gemiler olması, denizdeki çatışmaların nispeten azalması, kullanıcının gemiyi doğrudan kontrol edebilmesi gibi durumlar sistemin öngörülen fırsatları olarak kabul edilir, çalışma günlerinin azalması, siber saldırılar, hukuki anlaşmazlıklar, deniz sigortacılığındaki belirsizlikler, otonom gemilerin insanlı gemilerle karşılaşması, yasal sorumluluklar, liman yatırım maliyetleri, gemi adamı istihdamında azalma gibi durumlar ise sistemin öngörülen tehditleri olarak kabul edilmektedir [71].

Ahvenjärvi (2016) yaptığı çalışma kapsamında; insan faktörü ile otonom gemi ilişkisini inceleyerek insansız çalışan bir geminin emniyetini, insanlı çalışan bir geminin emniyetinden daha iyi bir duruma getirdiğini belirtmiştir. Tamamen insansız gemilerin kullanım sistemi içerisinde bile insan unsurunun devam ettiği ve gemilerin kıyıdan kontrolünün yeni emniyet unsurlarını gerektireceğini tanımlamıştır. Bu durum kapsamında, gemiadamı eğitimleri esnasında otonom gemi teknolojisi eğitiminin de gemicilere verilmesinin daha doğru olacağı açıklanmıştır [72].

Tirado vd.(2019) denizcilik sektöründe otomasyon sistemlerine dair risk ve emniyet yönetimine yönelik yaptıkları araştırmada; denizcilik endüstrisinde otomasyon sistemine dair risk ve emniyet yönetimi konusu kapsamında birçok büyük sorun olduğunu belirlemiştir. Otonom gemilerle birlikte oluşan yenilikler beraberinde getirdiği, büyük gemilerin karmaşıklığı ve yüksek maliyet karşısında, emniyet uzmanlarının ve mühendislerin gelecekte yapılacak tasarımları ve yönetim sistemlerine yaklaşımlarına dair örnek alabilecekleri deneysel veri ve tecrübenin çok az sayıda olduğunu belirlemişlerdir. Buna bağlı olarak, sistemin başarılı olması, risk ve emniyet yönetimi kapsamı zorluklarla karşılaşabilecektir. En önemli durum ise, denizcilik kapsamında maliyet ve durumlar arasında oluşacak dengeyi en uygun şekilde sağlamak için yapılacak çalışmaları belirlemenin zorluğudur [73].

Otonom gemiler, gemicilerin deneyim odaklı olan denizcilik alışkanlıklarının aksine, veri ve yazılım üzerinde yoğunlaşarak çok daha farklı beceri sistemi odaklıdır. Bu durum, uzun yıllar aynı şeyleri yaptıktan sonra bu önemli farklılaşmaları kabul edemeyen denizciler için alışılması zor olan bir süreç başlatacaktır. Termal stres, titreşim, tuzlu su korozyonu, büyük şişmelere ve bunun yanında kalıntı birikimine bağlı gövde esnemesi, gemi için çok zordur ve gemide hiçbir mühendis bulunmadığı için önemli bir zarar oluştuğunda problemleri çözmek

çok eziyetli olacaktır. Zorlu hava şartlarında veya uzak denizlerde bakım ekiplerini gemilere ulaştırmak kolay olmayacağı için ekipde bulunan kişilerin botlarla ve aynı zamanda helikopter le otonom gemilere ulaştırmak maliyetli ve bunun yanında tehlikeli olacaktır [74].

Bilgisayar korsanlarının güvenlik duvarlarını etkisi hale getirerek uydu sistemlerine müdahale etmesi bilindiği gibi siber tehdit oluşturmakta olup siber güvenlik riskleri açısından önemli bir problemdir. Otonom sistemler tamamıyla elektronik sistemler olduğu için bu araçlara yapılacak olan siber saldırılar sistemin kara ile bağlantısı üzerinden yapılmaktadır. Bu saldırıların ana nedeni sistemin kontrolünü ele geçirmek ve kullanıcının otonom araç üzerindeki kontrolünü kaybettirmektir. Saldırıları sadece sistemin durdurulması üzerine değil sistemin bir daha hiç çalışmaması ya da sistemin çalışmasına müdahale edilmeyerek sadece dinleme üzerine yapılabilir [75].

5.7 İnsansız Deniz Araçlarında Otonom Teknolojilerin Literatürdeki Yeri

Busquets vd, (2012), AUV’larda insan kontrolünün azaltılması için bir sistem önermiştir. Önerdiği bu sistem ile oşinografik araştırmalarda otonomun uzun süre konuşlandırılarak daha çok bilgi edinebilmeyi sağlayacak AUV şarj performansının arttırılabileceğini tespit etmiştir. Yapılan araştırma sonucunda, 7 km maksimum derinliğe ve 20 mil uzunluğunda tuzlu bir lagün olan Mar Menor’un okyanus özelliği gösterdiğini belirlemişlerdir. Bu çalışma akarsuların değerlendirilmesi ve potansiyelinin açığa çıkarılması yönüyle önemli bir çalışmadır [76].

Grenestedt vd., (2015) yaptığı çalışmada, gözetleme ve izleme görevlerine yönelik uygulamaları olan yüksek performanslı USV olan Otonom Okyanus Araştırma Gemisi (Lehigh Ocean Research Craft Autonomous-LORCA)’ni tanıtmışlardır. Kompakt (1,2 m), hafif (5 kg) ve sağlam (tek parça karbon fiber tasarım) olan LORCA, 80 km/s hıza ulaşabilir. Araştırmacıların sundukları bilgilere göre; tüm deniz eyaletlerinde kendi kendini düzeltme yeteneği ile okyanus dalgalarında çalışabilecek şekilde tasarlanmıştır. Araştırmacılar çalışmalarında, ilk olarak LORCA tasarımını ve teknik özelliklerini incelemişler ve gelecekte yapılacak planlı çalışmalar için otonom yapının güçlü yanlarını ve geliştirilmesi gereken zayıf yanlarını değerlendirmişlerdir [77].

Campbell, S., Naeem, W. & Irwin, G.W., (2012), akıllı çarpışmadan kaçınma manevraları ile insansız yüzey araçlarının özerkliğinin geliştirilmesi üzerine yaptığı çalışmada, insansız deniz araçlarının özerklik düzeyini artırmak için ortaya çıkan zorluklar, engellerden

otomatik kaçınma ve deniz trafiğinin varlığında seyrederken kurallara uyma yönünden otonom deniz araçlarını değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar çalışmalarında, ABD Deniz Kuvvetleri için oluşturulan USV Master Planı çerçevesinde, görev çeşitliliğini artırmak ve denetleyici müdahale miktarını azaltmak amacıyla özerkliği geliştirmek için ortaya konmuş olan hedefler listesini odak noktası olarak benimsemişlerdir. Bu master plan çerçevesinde, başta navigasyon, rehberlik, kontrol ve hareket planlaması olmak üzere bugüne kadar yapılan dikkate değer araştırmalara dayanan özel geliştirme ihtiyaçlarını ele almışlardır. Uluslararası Denizde Çatışmaları Önleme Tüzüğü'nde yer alan engellerden kaçınma protokolleri ile entegrasyonu, insan hatasına bağlı deniz kazalarının önlenmesinde otonomların rolü ve kritik güvenlik önlemlerinin eklenmesini önermişler ve insansız deniz araçları için yasal politikaların oluşturulması gerekliliğini vurgulamışlardır. Araştırmacılar böylelikle USV'lere yönelik gelecekteki talep artışının da yeni pazarlar oluşturacağını vurgulamışlardır [78].

Liu, Luo, Cui & Peng (2016) tarafından yapılan bir araştırmada USV'nin yörünge takip problemi ele alınmış ve araştırmacılar geliştirdikleri geri adım atma algoritması ile izleme kontrolörünü tasarlamışlardır. Sunulan algoritma için sudan kuvvet alarak jet motoru ile çalışan USV'lerde bağımsız otonom kontrol kademeli (Degrees of Freedom-DOF) manevra hareket modeli oluşturarak uygulamışlardır. Araştırmacılar geliştirdikleri algoritma ile tasarladıkları sistemde kontrolörün hem düz çizgi yörüngesini hem de eğri yörüngesini nispeten yüksek doğrulukla izleyebildiğini gözlemlemişlerdir. Araştırmacılar çalışmalarında, USV sistemi kararlılığını kanıtladıklarını ileri sürmüşler ve daha sonra kontrolörün sağlamlığı ile hassas kontrol performansını göstermek için simülasyon deneyleri yaparak ispatlamışlardır [79].

Zhao, Yan, Gao, & Shi, (2010) çalışmasında USV'lerin güvenilirliğini ve gerçek zaman uyumunu artırmak için USV'nin sistem tasarımı ve uygulaması üzerine yöntem geliştirmişlerdir. VxWorks gerçek zamanlı işletim sistemine göre tasarladıkları kontrol sisteminin donanım mimarisini tanıtarak, tüm parçaların işlevini netleştirmiş, USV'lerin kontrol sistemi için üç katmanlı hiyerarşik mimaride gerçek zamanlı koordineyi sağlamak için iş birliği katmanı, kontrol katmanı ve işletim katmanını geliştirmeye çalışmışlardır. Araştırmacılar tasarım sırasında yazılım mimarilerini kullanarak USV modellemesi yapmışlardır. Araştırmacılar ayrıca, gelişmiş kontrol sistemi tasarımında kullanılacak yararlı verileri elde etmek için yön kontrolü ve basit yol takip testleri gibi deneyleri de gerçekleştirmişler ve deney sonucunda gerçek zamana eş olarak başarı elde etmişlerdir [80].

Mu, Wang, Fan, & Zhao, (2017) çalışmalarında, bölmeli itiş gücü insansız yüzey aracı USV müdahale modeli oluşturarak tanımlamışlardır. USV hızlarının yükseltilmesi için hızlı

yakınsamalara ihtiyaç duyulduğunu bunun sağlanabilmesi için ise bir hız kontrolörü kullanılması gerektiğini önermişlerdir. Araştırmacıların önerdikleri kontrolörde Mechanomyography (MMG) ayrı modelleme fikri, itme kuvveti ile USV'nin üç DOF düzlemsel hareket modelini oluşturmak için kullanılmış bunun üzerine yapılan çalışma ile USV yanıt alma şekli model üzerinde basitleştirilmiştir. Daha sonra saha deneylerine dayanarak, yanıt modelinin parametreleri sistem tanımlama yöntemi ile elde edilmiştir. Sıradan gemilerin aksine, USV hız kabiliyeti ve küçük boyut avantajlarını da kullanarak arttırılmıştır. Araştırmacılar USV'deki hız kabiliyeti artışında kontrolörün denetimi için de hızlı yakınsama özelliğini güçlendirmek için çok seçmeli kontrol teorisine dayanarak, hızlı ve duraksamasız terminal kayma modu (Non-stop Terminal Shift Mode-FNTSM) ile oluşturulan seyir kontrolörü önermişlerdir. Sistemin hızından kaynaklanan sesi azaltmak için ise, prototip model üzerinde Radyal Temelli Fonksiyon Ağı (Radial Basis Network-RBF) sinir ağı ile kontrol uygulamasını entegre etmişlerdir. Geliştirilen bu model üzerinde aynı zamanda, kademeli geçişleri yumuşak hale getirmek için bulanık algoritma kullanmışlardır. Araştırmacılar çalışmaları sonucunda uyguladıkları bulanık algoritmanın ise kademe değiştirildiğinde gereksiz enerji sarfını önlediğini ileri sürmüşlerdir. Son olarak, önerilen kontrol yaklaşımının hızlılığı ve sağlamlığı simülasyon çalışmaları ile benzer ürünlerin karşılaştırmasını sunmuşlar ve güçlendirdikleri alanları karşılaştırma tablosunda göstermişlerdir [81].

Xu Vd.(2014), çoklu USV kooperatif ağında kullanılmayan ağlar için Mikroelektromekanik sistemler (Micro Electro Mechanical Systems-MEMS/DVL) algoritmalarını değerlendirmişler tüm otonom sürecinde aktif olan, bağlantı ilişkilerini kontrol edip kesme kabiliyetine sahip olan MEMS sistem hatalarının gözlemlenebilirliğini artırmayı iki alt bölüme ayırarak incelemişlerdir. Bu inceleme için önce büyük yanlış hizalama açısını tahmin ederek ardından jiroskop sapmasını hesaplamışlardır. Çalışmada yüksek doğruluk ve göreceli küçük hesaplamaya erişimi olan kübik katman filtre (Cubic Layer Filter-CLF) algoritmasına dayanarak, çift model filtreleme şemasını kullanılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda navigasyon ve rotalama becerisinin iyileştirildiği saptanmıştır. Yakınsama hızını etkili bir şekilde artırmak için ise otonomun su yüzeyinde ileri ve geri hareket kabiliyeti gözlemlenmiştir. Araştırmacılar simülasyon analizi ve deneysel doğrulama yaparak doğruluğunu teyit etmişlerdir. Simülasyon ve deneysel sonuçlardan, araştırmacıların önerdikleri algoritma ile navigasyon performansının etkili bir şekilde iyileştirebileceğini göstermişlerdir [82].

Alkan, (2012) elektrik tahrikli itiş sistemlerinde oto denetleyiciler üzerine bir araştırma yapmıştır. Bu çalışmada, her çeşit dinamik debi akış şartında, sistemin itme kuvveti talebinin kabul edilebilir bir ayarda meydana gelmesi hedeflenmektedir. Bu hedefle aksenal su hızını fiyatlandırabilen yeni bir geri beslemeli itici denetleyicisi tasarlamıştır. Araştırmacı, çalışması sırasında, deniz aracı pervanelerinin dört çeyreklik zaman dilimindeki akış şartlarında verdikleri açık su karakteristiklerini hesaplamıştır. Araştırmacı, daha sonra açık deniz testlerinde elde ettiği verileri boyutlarından bağımsız olarak denetleyicinin itme kuvveti modeline eklemiştir. Dört çeyrekli pervane formu kullanılarak talep edilen itme kuvveti ve olması gereken koşullarda pervane şaft hızı arasında bir denklem türetmiştir. Araştırmacı çalışmasında açık su koşullarını gerçekleyebilmek için bir deney düzeneği tasarlamıştır. Araştırmacı çalışması sonucunda, önerdiği itişe dayalı sistem denetleyicisinin tüm dört çeyrek akış ortamında kabul edilebilir neticeler verdiğini savunmuştur [83].

Beşer, (2018) çalışmasında; denizde can ve mal emniyetine öncelik vererek, çoklu otonom insansız deniz araçları için kara parçası gibi sabit ve seyir halindeki gemi gibi hareketli engellerin bulunduğu ortamda rota planlanması ve engelden sakınma maksadıyla çeşitli benzetimler gerçekleştirmeyi amaçlamıştır. Çoklu otonom insansız deniz araçlarına ilişkin benzetimler ile Türk karasuları içerisinde yer alan İstanbul'da bulunan Prens Adaları'nın çevresinde ve İstanbul Boğazı'nda gözlem yapmıştır. Yapılan gözlemlere dayanılarak, rota planlama ve engelden sakınma algoritmalarının yanında ayrıca yapay zekâ teknolojileri kullanılarak insansız otonom deniz araçlarının sensörden bağımsız görsel seyrine ilişkin yöntemi önermiştir. Ayrıca elektronik sensörlerin arızalanması veya elektronik aksamalar ile yaratılabilecek suni karıştırmaya maruz kaldığı durumlarda, insansız deniz araçlarının içinde bulunduğu ortamdan etkilenmeden otonom seyrine devam edebilmesini sağlamak üzere European Ship Simulator isimli simülasyon ortamından elden edilen görüntüler ve gerçek gemi görüntülerini kullanarak bir simülasyon çalışması sunmuştur. Araştırmacı çalışmasında ayrıca, uluslararası denizcilik kurallarında insansız araçlarla ilgili herhangi bir hüküm bulunmaması nedeniyle çalışmasında insansız deniz araçlarının mevcut hukuk kurallarına uygun olarak tasarlanmasını önermiştir [84].

Altuntaş, (2017), İnsansız Deniz Aracı Teknolojileri (İDAT), patent bilgilerini kullanarak incelemiştir. Regresyon denklemleri aracılığıyla dijitalleşme sayesinde ortaya çıkan yeni teknolojik gelişmelerin ait oldukları kodu tanımlayan International Patent Classification (IPC) kodları arasında var olan alaka ortaya konmuştur. Okuyucunun sonuçları daha net şekilde anlamasını sağlamak hedefiyle, bu analiz neticelerini, "Gephi" ismi verilen sosyal ağ analiz

yazılımından faydalanılarak, IPC kodlarının stratejik teknoloji kod ağı yanında bir de İDAT'nın teknoloji ağı oluşturmuştur. Araştırmacı çalışması sonucunda, İDAT'ın son yıllarda gelişmekte olan bir teknoloji olduğu çalışması kapsamında savunmuştur [85].

Costanzi vd. (2020), bu çalışmada karmaşık denizcilik görevlerini hem su üstünde hem de altında geleneksel olarak insanlı su üstü gemileri ve gelişmiş sensör sistemleriyle donatılmış denizaltılar tarafından gerçekleştirmektedir. İnsansız Deniz Araçları (Unmanned Marine Vehicles-UMV), hızlı konuşlanmaları ve kolay ölçeklenebilmeleri ile sahip oldukları yeteneklerini geliştirdiklerini daha fazla göstererek hem operasyonel sürede hem de maliyette azalma sağlar. Ek olarak, personeli riskten uzak karar verme döngüsünün içinde bırakarak personel üzerindeki riski azaltırlar. Uzun vadede, insansız sistemler, insan olan operatörler ve eski platformlar arasında net bir birlikte çalışabilirlik çerçevesi, etkili ortak operasyon planlaması ve uygulaması için çok önemli olacaktır. Ancak, çok alanlı İDA faaliyetlerindeki mevcut çoklu protokol çözümlerinin ortak görev kontrol arayüzleri ve iletişim protokol şemaları olmadan birlikte çalıştırılması zordur. Ayrıca su altı alanı, karasal ağlar için geliştirilen çözümlerle tatmin edilemeyecek önemli zorluklar sunmaktadır [86].

Hu, Fu ve Yang, (2018) insansız platformun ve yapay zekanın hızla gelişmesiyle birlikte, artan karmaşıklık ve uzun süreli dayanıklılığa sahip daha fazla deniz hizmeti için AMV'lerin kullanımına olan ilgi artmaktadır. Çoklu AMV'lerin temel teknolojilerinden biri iş birliğine dayalı gezinme ve kontroldür, ancak ağ karmaşıklığı, iletişim gecikmesi ve algoritma geliştirme gibi problemlerden muzdarip olabilir. Deniz operasyonlarının performansını iyileştirmek için su altı AMV'leri önerilmektedir. İlk, AMV'lerin su yüzeyinde ve su altında seyrüsefer ve kontrol performanslarını iyileştirmek için, yüzey-su altı iletişim ağını kurmak için akustik iletişim ve konumlandırma sistemi kullanılmaktadır. Daha sonra, tek AUV'nin seyrüsefer performansını iyileştirmek için, yeni bir iş birliğine dayalı seyrüsefer algoritması önerilmektedir. Deneysel sonuçlar, önerilen işbirlikçi navigasyon ve kontrol yöntemimizin, mevcut AUV ile karşılaştırıldığında, AUV'nin konum ve yörünge izleme sonucu açısından daha doğru çözümler elde edebileceğini göstermektedir [87].

Zicarelli vd, (2016) gelişmekte olan deniz gözlem teknolojileri, fitoplankton toplulukları hakkında daha fazla uzay-zamansal çözünürlükle bilgi edinmek için yeni fırsatlar sağlamıştır. Otonom araçlar, farklı deniz durumlarında ve mürettebatlı gemilerden daha düşük maliyetle uzun süreler boyunca okyanus verilerinin gerçek zamanlı toplanmasını ve iletişimini sağlayabilir. Jüpiter Araştırma Vakfı, mobil insansız bir platformdan gerçek zamanlıya yakın fitoplankton gözlemleri elde etmek için yeni bir cihaz geliştirmektedirler. Jüpiter Otonom

Mikroskobu (Jupiter Autonomous Microscope-JAM), fitoplankton görüntülerini alan ve coğrafi olarak etiketleyip bunları cep telefonu veya uydu ağları aracılığıyla kıyı tabanlı bir sunucuya gönderen otonom bir mikroskop görüntüleme sistemidir. Karada işleme, otomatik nesne ölçümleri ve sınıflandırmasının yanı sıra istatistiksel hesaplamaları da içerir. Görüntüler ve ilgili veriler, filtreleme, açıklama ve paylaşımına izin veren özel bir web sitesinde erişilebilir hale getirilir. Wave Gliders'da bir seferde birkaç hafta başarıyla konuşlandırılan JAM, fitoplankton topluluğu yapısının benzersiz bir görünümünü sağlamıştır [88].

Jamieson vd. (2012), açık deniz petrol ve gaz endüstrisinde kullanılmak üzere yeni bir araç geliştirmiş olup şu an performans ve yeterlilik testlerinden geçirmektedir. Otonom Muayene Aracı (Autonomous Inspection Vehicle-AIV), su üstü operasyonlarına olumlu katkıda bulunabilecek nitelikte değerli bir araç sağlamak için tasarlanıp üretilmiştir. Otonom araçlar geleneksel yöntemlere göre geliştirilmiş veri kalitesi ve verimlilikleri ile değerini zaten göstermiştir. İlk ticari AIV, şu anda Uzaktan Kumandalı Araçlar (Remotely Underwater Operating Vehicle-ROV) tarafından yürütülen denetim görevlerinin çoğunu gerçekleştirebilmektedir. Geliştiriciler için düzenli toplanan veriler, boru hatlarının bakımı deniz dibi ekipmanlarıyla doğrudan açık deniz tesisinde çalışan tek bir AIV kullanılarak yapılabilir. Tek bir destek teknesinden birlikte çalışan birden çok sistem kullanılarak bir alanın daha hızlı kaplanması sağlanabilir. Bu daha önce ticari bir araçta yapılmamıştır ve bu nedenle gerçekten büyük bir öneme sahiptir. Otonom aracın yaratılmasındaki bazı teknik zorlukları ve sistemin performansını sağlamak için pratik testlerle bağlantılı gelişmiş simülasyon kullanımının nasıl kullanıldığını ve otonom teknolojinin tanıtılmasının nasıl güvenle ele alınması gerektiğini gösteren bir çalışmadır. Bu çalışmada öncelikle açık deniz petrol ve gaz endüstrisine bir dizi hizmet ve teknoloji sağlayan büyük bir mühendislik ve inşaat şirketi adına yapılan bir şirket incelenmektedir. Çalışmada incelenen şirket, 100'den fazla ROV ile birlikte dünya çapında yüksek özellikli deniz altı inşaatı ve bakım gemilerinden oluşan bir filoya sahiptir. Otonom su altı araçlarının geliştirilmesi için insansız ve uzaktan yönetilebilen varlıkların yönetimi incelenmiştir [89].

Literatür taramasından da görüleceği üzere; İDA'lar hakkında yapılan araştırmaların çoğu, algoritmaların geliştirilmesine odaklanmıştır. Bu bir elektronik beyin geliştirme alanıdır. Otonom deniz araçlarının kullanım alanlarına odaklanan çalışmaların ise daha çok okyanus aşırı alanlarda yapılan bilimsel araştırmalar için kullanımı, yangın söndürme alanında kullanımı, askeri savunma alanlarında kullanımının söz konusu olduğu görülmektedir.

6. ASKERİ ALANDA KULLANILAN OTONOM ARAÇLAR

Otonom araçların savunma sistemlerinde kullanımına odaklanmış olan bu çalışma kapsamında, askeri ve savunma sistemlerini tanıtmak yerinde olacaktır. Robotik çalışmalar ile askeri kullanım olarak savaş alanlarında ve gerisinde meydana gelen lojistik ve teknik konulardaki ihtiyaçların karşılanması için geliştirilen robotlar ile bu alandaki hizmetler sürekli hale getirilmiştir. Sahada sağlanan bu hız avantajı saldırı kapasitesini arttırıcı bir etkiye neden olmaktadır. Robotların insan sağlığını tehdit edecek görevlerde kullanılması fikri savaş alanında verilen kayıpların bir miktar önüne geçilmesine neden olmuştur. Afganistan’da el yapımı patlayıcıların imha edilmesi için kullanılan ve İngiltere tarafından geliştirilen “Dragon Drunner” isimli robot bu yöndeki kullanıma örnek gösterilebilir. Bahse konu robotun büyüklüğü ergonomik boyutlarda olup 9 kg ağırlığındadır. İnsan kullanımının son derece riskli olduğu durumlarda kullanılabilecek ve nispeten maliyeti düşük hızlı bir tehdit unsuru olarak üretilmiştir [90].



Şekil 6-1: Dragon Runner Keşif Robotu [91]

Türkiye’de askeri alanlarda kullanılmak üzere robot tasarımları da yapılmıştır. Savunma Sanayii Başkanlığı uhdesinde araştırma ve geliştirme faaliyetleri icra edilen El Yapımı Patlayıcı Tespit Robotu, Ertuğrul Bomba İmha Robotu ve Kaplan Bomba İmha Robotu olarak isimlendirilen bu projelerde muharebe sahasında insanın kullanılmasının tehlikeli olduğu değerlendirilen alanlarda kullanılmak üzere tasarlanmışlardır. [92]

Yine benzer ihtiyaçlar çerçevesinde farklı bir konsept olarak minik boyutlarda bir robot üretme fikrine istinaden 68.6 cm genişliğinde ve 52.1 cm uzunluğunda üretilen PackBot ile keşif-karakol biyolojik harp, kimyasal harp, nükleer silah teşhisi gibi alanlarda ve ek olarak savaş alanında tıbbi yardım çalışmaları gerçekleştirmek hedeflenmiştir [93].

6.1 Otonom Deniz Araçlarının Askeri Alanda Kullanımı

Otonom gemilerin temelini oluşturan yapay zekâ bir ülkenin savaş sırasında ihtiyaç duyacağı bütün unsurları bir araya getirerek tek bir yerden koordine edilmesini sağlayabilir. Bu özelliğin devletlere sağlayacağı fayda görmezden gelinemeyecek kadar büyüktür. Ancak buradaki en büyük problem büyük veri ağacından doğru meyveleri toplayıp doğru sepete koymaktır [94]. Yapay zekâ muhabere sistemlerinde kullanılırken ana fikir izle-adapte ol-karar ver-harekete geç (Observe-Orient-Decide-Act-ODA) olmaktadır. Bu döngüyü yerine getirme hızı ne kadar fazlaysa diğer devletlerden o kadar ne çıkılmaktadır. Bu çalışmaların en önemlisi yine ABD tarafından yapılmaktadır. Çoklu Alan Komuta Kontrol (Multi Domain Command and Control-MDC2) adı verilen bu çalışmada sahip olduğu sensörlerden gelen bilgiyi harmanlayıp karar verecek istasyona bir Ortak Harekât Resmi (Common Operating Picture-COP) ortaya çıkarması hedeflenmektedir. Hâlihazırda yapılan çalışmaların geldiği noktada bilgiler oldukça karışık bir vaziyette gelmektedir. Yapay zekâ ile bu karışıklığın giderilmesi amaçlanmaktadır [95].

Elektronik harp sistemlerinin tespit ve teşhis etmekte zorlandığı adaptif radar sistemleri gibi tehlikeler elektronik harp teknolojisini geliştirme isteğini ortaya çıkarmıştır. Günümüzde bu alanda meydana gelen teknolojik gelişmeler makine öğrenmesi yollarını kullanarak insanlığın bu ihtiyaını karşılayacak gibi durmaktadır. Mevcut teknoloji gelecek olan tehditlerin niteliği bilindiği için onlara uygun karşı tedbirlerin işlendiği veri tabanına göre hareket eder. Teknolojinin gelişmesiyle bu tip tehditlere karşı uyum sağlayıp istenen tepkiyi vermek için sınırlı kapasiteye sahiptir [96].

DARPA'nın geliştirdiği elektronik harp alanında geliştirdiği teknolojilerin sistemlere destek sağlaması beklenmektedir. Bu amaçla geliştirdiği Adaptif Radar Karşı Tedbirleri (ARC), Adaptif EH için Davranışsal ğrenme (BLADE), AFRL'in Bilişsel EH için Hassas Referans Algılama (PRESENCE) isimli programlar bu alandaki ilk emsallerdir. Tehdit oluşturan unsurla eş zamanlı olarak karşı tedbir hazırlığı konusunda gelişme kaydedilmektedir [97].

Harp sahasında kritik zamanlarda makine öğrenmesinden elde edilen bilgilerin etkisini arttırmak karar verici istasyonların işlerini kolaylaştıracaktır. Elektronik harp ile ilgili karşı tedbirler ile alakalı özelliklerini arttırmak için yapay zekâ kullanılabilir. Savunma ve atak hareketleri için yapay zekâda kullanılan “Fuzzing” tekniği kullanılabilir. Yine bu tekniğe bağlı olarak zafiyet testi uygulanabilir. Ancak bu nokta da unutulmamalıdır ki yapay zekâ alanında geliştirilen bu yöntemler kötü amaçlı olan ve devlet harici kuvvetler tarafından ele geçirilebilir [98].

Mayın harbi seyrüsefer icra eden savaş gemileri ve sivil gemiler için özellikle belli başlı bölgelerde çok ciddi tehdit yaratmaktadır. Bu tehditi en aza indirmek için geliştirilen yöntemlerin genel adı olan Mayın Karşı Tedbirleri (Mine Countermeasures-MCM) gemilere seyir etmek için emniyetli alanlar sağlamayı hedeflemektedir. Su altındaki mayınların tespit edilmesi Sentetik Açıklıklı Sonar (Sythetic Aperture Sonar-SAS) bulunduran insansız deniz araçları tarafından yapılmaktadır. Bu noktada SAS’lar su altının hassas derecede akustik haritasını ortaya koyarlar. AUV’ler topladıkları yoğun veriyi sınıflandırmaya ihtiyaç duyar ve bunun için de yapay zekâ uygulamaları kullanırlar. Denizlerimizde elektronik haritalar üzerinde deniz trafiği takibi Otomatik Tanımlama Sistemi (Automatic Identification System-AIS) ile yapılmaktadır. Bu kaynak kullanılarak istihbari çalışmalar da yapılabilmektedir. Fakat bu sistemin sağladığı bilgi kümesi insanın ayrıştırabileceğinden çok fazladır. Bu kadar büyük bir bilgi bulutundan yapay zekâ ve makine öğrenmesi yaklaşımlarıyla anlamlı sonuçlar elde etmek düşüncesi ile gemi hareketlerinin modellenmesi yapılmıştır. Bu modelin sınırları dışına çıkan bir gemi tehlikeli olarak kabul edilir ve takip edilir [99].

Yapay zekâ, askeri alanda deniz, hava ve kara her türlü alanda akıllı silah sistemlerinin geliştirilmesinde kullanılmaktadır. Bu sistemlerin hedef takibi, teşhis etme, otomatik ateşleme gibi ihtiyaçlarında da yapay zekâ uygulamaları kullanılır [100].

ABD Hava Kuvvetleri Araştırma Laboratuvarı (Air Force Research Lab-AFRL)’nın yapmış olduğu “Loyal Wingman” programında insansız hava araçları üzerinde testler gerçekleştirilmiş fakat aracın daha önceden planlanmamış şekilde uçuş gerçekleştirdiği tespit edilmiştir.

DARPA su altı savunma harbi kapsamında geliştirdiği “Sea Hunter”ın testlerini tamamlamıştır. Seri üretime geçilip denizlerde göreve başladığında birden fazla görev opsiyonuyla açık denizde görev yapması planlanmaktadır [101].

Deniz üstü muharebede kullanılan en etkili yöntem su üstü hedeflere atılan güdümlü mermilerdir. Bilim insanları bu silahları hala en stratejik ve en etkili silah olarak

nitelendirmektedir. Bir devlet gelişmiş bir güdümlü mermi geliştirdiğinde diğer bir devlet de buna karşı tedbir silahlarını geliştirmektedir. Bu da deniz kuvvetleri literatüründe Güdümlü Mermilere Karşı Savunma Sistemi (GMKS) olarak nitelendirilmektedir. Güdümlü mermilerden kaçınmak adına gemilerde bazı sistemler kurulmuştur. Bu sistem mantığında kullanıcı sisteme belli verileri girer ve sistem bu verilere göre etrafında bir teması tespit ve teşhis eder. Şüpheli temas eğer düşmanca tavır sergiliyorsa otomatik olarak karşı tedbir uygulamalarını başlatır [102].

İnsansız su araçları (Unmanned Underwater Vehicles-UUVs); Uzaktan Kontrollü Sualtı Araçları (Remotely Operated Underwater Vehicles-ROUVs) ve Otonom Sualtı Araçları (Autonomous Underwater Vehicles -AUV) olarak iki ayrı isimle adlandırılırlar. Çok farklı kullanım alanları olmakla birlikte derin deniz araştırmaları, denizaltı savunma harbi ve sabotaj maksatlı kullanılmaktadır [103].

İnsansız deniz araçları sisteme kullanıcı tarafından daha önceden girilmiş veriler ve parametreler sayesinde denetimsiz hareket edebilen sistemlerdir. Kullanım alanlarına göre görevlerinin uzunluğuna göre önceden yüklenen programları değişkenlik göstermektedir. Su altında en küçük akustik bir hareketin bile kullanıcıya iletilmesini sağlayan bu sistemler sensörlerinden aldıkları verileri analiz edebilmektedir. Boyutlarına bakıldığında insanlığa olan etkilerinin çok daha büyük olduğu görülen insansız deniz araçlarının deniz altı deniz üstü insanın çok uzun zamanlarda ve çok maliyetli bir şekilde yerine getirebildiği görevleri çok daha kısa zamanda ve düşük maliyetlerle yerine getirmeleri mümkündür [104].

Otonom savaş platformlarının kapsadığı alan kısaca insanın kullanıldığı her alan olarak belirtilebilir. Uzay çalışma sahasından tasarım ve üretime, veri havuzundan uzay mühendisliğine kadar uzanan çok geniş bir çalışma alanı mevcuttur. Gelecekte devletlerarası savaşların belirleyici unsurları arasında gösterilmektedirler. Bu nedenle dünyanın büyük devletleri gelecek planlamalarını insansız teknolojiler üzerine kurmaktadır [105].

İnsansız gemiler, I. Dünya Savaşı esnasında deniz kuvvetlerinin saldırı ve savunma gücünü artırmak amacıyla tatbikatlarda hareketli hedefler olarak kullanılmıştır. Bu kapsamda ilerleyen süreçte İngiltere, Almanya, ABD, Japonya ve İtalya gibi birçok ülke işlevini yitiren gemilerini uzaktan kumanda sistemi ile yönetilen hedef savunma gemileri haline dönüştürüp, tatbikatlar esnasında kullanmaya başlamışlardır. Amerikan Donanması, insansız gemileri II. Dünya Savaşı esnasında ve devam eden süreçte mayın ve engel temizleme amacıyla kullanmıştır. Savaşların sona ermesiyle, insansız deniz araçlarının askeri alanda kullanımlarının yanı sıra bilimsel ve sivil kullanımları da yaygınlaşmaya başlamıştır. 1970 yılından itibaren

birçok ülkenin deniz kuvvetleri içerisinde mürettebat içeren kumanda gemisinin önünde seyir halinde olan birkaç adet insansız deniz aracını göndererek mayınlardan korunma yöntemini uygulamıştır. 1980 yılı sonrasında ise Alman Troika sistemi kullanılmaya başlanmıştır. 1991 yılından sonra Danimarka SAV sınıfı dronlar kullanmaya başlamıştır. 2003 yılında Japonya’da oşinografik veri toplama hedefiyle kullanılan okyanus tipi insansız deniz aracı ve yüksek hıza erişebilen insansız deniz aracı geliştirilmiştir. Türkiye’ de ise Türk Silahlı Kuvvetleri tarafından geliştirilmeye başlanan insansız deniz araçlarıyla dünyada meydana gelen gelişmelere uyum sağlama çalışmaları başlamıştır. Türk kıyılarının gözlenmesi için geliştirilen insansız deniz aracı geliştirilme ve test edilme aşamalarının tamamlanmasından sonra çalışmalara başlanmıştır. Bu bağlamda, otonom deniz araçlarının tarihsel anlamda gelişimi içerisinde, bu araçların askeri ve bunun yanında bilimsel çalışmalarda kullanım hedeflerinin yer aldığı anlaşılmaktadır. Otonom deniz araçlarının gelişimi bu araçların insanların hayatına daha çok dokunmasıyla başlamıştır. Bu nedenle Maritime Unmanned Navigation Through Intelligence in Networks (MUNIN), Ağustos 2015 tarihinde kaynağının büyük bir bölümü Avrupa Birliği tarafından sağlanan bu alanda çalışılmış ilk projedir. Projenin amacı, insansız bir ticari geminin işletilebilmesi, personel masraflarından kaçınmak ve yakıt tasarrufu sağlamak için uygulanan teknik anlayışların değiştirilerek ekonomik ve yasal altyapıların oluşturulup gelişiminin sağlanmasıdır [106].

Otonom sistemler incelendiğinde, ortam koşullarına uygun şekilde belirlenen hedefler doğrultusunda en doğru kararları verebilen ve bu kararlara uyumlu şekilde eyleme geçebilen, diğer sistemlerle de görevleri doğrultusunda devamlı etkileşim kuran sistemlerdir. Otonom teknolojilerin askeri alanda gelmiş olduğu noktaya bakıldığında, tarihsel süreç içerisinde öneminin zamanla daha da arttığı anlaşılmaktadır. Özellikle bu konuda yapılan çalışmalar ile komuta kontrol sistemlerinin ve siber sistemlerin varlığının bu artışta çok etkili olduğu görülmektedir. Otonom araçlar ile birlikte aynı zamanda gemi simülasyon sistemlerinin de gelişimini sağlamaktadır. Askeri alanda yaşanan değişim ve gelişimi doğru şekilde yönetebilmek devletlerarasındaki rekabetin yolunu açar ve dijital yenilikler dahilinde askeri alanda yaşanan gelişimin devam etmesini sağlar [107].

Kendiliğinden çalışan sistemlerden bir faaliyet planlaması gerçekleştiren ve bu faaliyeti yerine getiren yapının güçlü olması, iş akışını sağlaması gibi temsilde adaptifliği gerektiren çözüm ortaya konmasında esnekliği ve iş akışlarını alakalandırılmış faaliyetleri devam ettiren etmenler dâhilinde yine adaptif karar alma mekanizmalarının mevcudiyeti söz konusudur.

Türkiye otonom teknolojiler konusunda savunma sanayii kapsamında yaptığı yatırımlarla

dünyada dikkatleri üzerine çekmektedir. Ares Tersanesi ve Metekan işbirliği ile hayata geçirilmiş olan ULAQ projesi bu bağlamda gerçekleştirilen ilk projedir. Silahlı İnsansız Deniz Aracı (SİDA) kategorisinde sınıflandırılan ULAQ alanında ortaya çıkmış ilk yerli İDA'dır. Kısa menzilli silahlar taşıyan ULAQ'ın üzerindeki silahlar UMTAS tarafından yapılmıştır. Dört adet lazer güdümlü Cirit Antitank Füzesi, iki adet L-UMTAS füzesi taşıma kapasitesine sahiptir [108].

ULAQ'ın menzili teknik olarak 400 km olup azami sürati 65 km'dir. Kullanım alanı olarak çok geniş konseptli olup öncelikli olarak mayın tarama, keşif-karakol, yangın söndürme gibi alanlarda kullanılması hedeflenmektedir. Kuvvetli iletişim sistemleri monte edilmiş olan otonom gemi aynı zamanda elektronik harp kabiliyetine sahiptir. Bahse konu otonom aracın atış testleri başarıyla sonuçlanmış olup deniz kuvvetlerinin envanterine katılması beklenmektedir [109].

Prototip olarak üretilen ULAQ sınıfı ilk Silahlı İnsansız Deniz Aracı (SİDA) Şekil 6-2'de de görüldüğü üzere denize indirilmiş ve test atışlarına başlamıştır. Sanal ortamda simülasyonla yapılan atışlarının başarılı olmasının ardından önümüzdeki tarihlerde gerçek füzelerle test atışlarına başlayacaktır [110].



Şekil 6-2: Türkiye'nin ilk Silahlı İnsansız Deniz Aracı ULAQ [110]

İnsansız deniz araçları ilk olarak Türk Deniz Kuvvetleri envanterine girecek şekilde tasarlanmıştır. Savaş gemisi veya lojistik destek gemisi olarak kullanımı planlanmaktadır. Çeşitli farklı konseptler düşünülmektedir. Bu konseptler arasında silahlı olanının, hızlı etkili istihbari faaliyetlerde de kullanılabilecek bir platform olması hedeflenmektedir. Mayın Savunma Harbi kapsamında olması düşünülen bir diğer konseptinde de mayın avlama hareketi

için gerekli silah ve cihazlarla donatılması hedeflenmiřtir. Kullanılması dūřunūlen bir dięer konsept de yangın sōndürme alanında olmuřtur. Yangına dayanıklı aletler ve sistemlerle donatılan İDA yüksek sūratle yangın alanına mūdahaleye gidebilecek kapasitede olacaktır [111].

Savunma Sanayii Başkanlığı (SSB) tarafından otonom projelere ağrılık verildiği ve bu amaçla yapılan çeşitli projelerin de bulunduğu belirtilmektedir. Őlke genelinde yapılan proje yarışmaları sırasında çeşitli İDA tasarımları ortaya çıkmıştır. Őzellikle 2018 yılında yapılan bir proje yarışmasında ortaya çıkan tasarımlar dikkat çekmiştir. Hızlı İnsansız Deniz Aracı (HİDA) bu çalışmaların en dikkat ekicisi olmuştur. Sūrekli denizde kalıp devriye atacak olarak tasarlanmış olan HİDA enerji ihtiyacını doğal kaynaklardan elde ederek yüksek hızda intikal kabiliyetine sahiptir. Rūzgar ve gūneř enerjisinden beslendiği için denizde uzun sūreler kalma kapasitesine sahiptir [112].

Bu çalışmaların yanında ayrıca Ortadoęu Teknik Őniversitesi (ODTŐ) 'nde de Sualtı Gōzetleme Aracı (SAGA) isimli bir Őrūn projelendirilerek teknoparkta sergilenmiştir [113]. KOVAN ve ALBATROS gibi gelecekte denizlerimizde gōreceęimiz projeler de bulunmaktadır. Bu sistemler denizlerimizde koruma, gōzetleme ve savunma gōrevleri icra etmeleri planlanmaktadır [114]. Aşağıda şekil 6-3'te bir prototipi gōsterilen SAGA tasarlanırken doęa dostu olması, inşaat alanında fayda sağlaması kıyı ve Őlke gūvenlięinin sağlanması fayda sağlaması amaçlanmıştır [114].



şekil 6-3: Su Altı Gōzlem Aracı SAGA [114]

Otonom silah sistemleri henūz tasarım ařamasında olsa da insancıl hukuk kurallarına uygunluęunun kontrolūnden de taviz verilmeden iřleyiřine devam edilmelidir. Otonom silah sistemlerinin bir bařka sorunlu Őzellięi ise bu silahların sosyal ve siyasi maliyeti

düşürmesidir. Çünkü yapılacak silahlı çatışmalarda can kaybının azalacağı beklentisi nedeniyle devletlerin silahlı çatışma opsiyonunu daha sık ve daha kolay düşünür hale geleceği düşünülmektedir. SSB da otonom yapıların yükselen değerini ortaya koyarak, son birkaç senedir milli yapıların değişimine ve gelişimine yardımcı olmaktadır. Prof. Dr. İsmail Demir, SSB Başkanı sıfatıyla konuyla alakalı bir sunumda gerçekleştirdiği konuşmada, toplumları bekleyen en ciddi ve çalışma yaşamı bakımından en etkili olgunun, kendiliğinden çalışan teknolojilerin kullanım alanının hızlı bir şekilde yayılması ve bu durumların birbiriyle etkileşiminin ise dijital çağda artacağı öngörülmüştür. Bu çerçevede Türkiye'nin askeri ve sivil teknolojilerle gelişmesi konusunda, Savunma Sanayii Başkanlığı katkı sağlama amacıyla 2017 senesinden beri robotik yarışmalar gerçekleştirmeye başlamıştır. ROBOİK çatısı altında 2018 senesi içerisinde ortaya çıkan ve devam ettirilen kendiliğinden yani otonom Deniz Sistemleri Endüstriyel Tasarım Yarışması da düzenlenmiştir [115].

Otonom sistemlerin, insan yaşamı dahilinde yer alması ile birlikte oluşan süreçte yeni bir teknoloji devriminin de ortaya çıktığı gözlemlenmiştir. Otonom sistemler, belirlenen hedefler doğrultusunda kararlarını uygulayabilen, aksiyon alabilen ve oluşan ortam şartlarına hızlı bir şekilde adaptasyon sağlayan aynı zamanda diğer sistemlerle sürekli etkileşim halinde olabilen bir sistemi tanımlamaktadır.

Birçok araştırma doğrultusunda, gelecekte makineler ve insanlar arasında oluşacak savaşın kaçınılmaz olduğu düşünülmektedir. Oluşacak bu korkunç senaryoya rağmen, teknolojik çalışmalar da son derece hızlı bir şekilde devam etmektedir. 1930'lu yıllarda uzaktan kontrol kapsamında düşünülen ve bu doğrultuda yoğunlaşan girişimler, 1940-1955 yıllarında programlanan konuma ulaşabilmesini sağlayan elektromekanik aygıt sistemleri konusunda ön plana çıkmıştır. 1955-1975 senelerinde ise sistem çalışmaları uydular üzerine yoğunlaşarak devam etmiştir. 1980-1990 senelerinde teknolojik gelişmeler kapsamında yazılımın değeri yükselmiştir. Bu dönem özellikle yapay zeka teknolojisi gelişmeleri için adım atılmasını sağlamıştır. 1990-2000 senelerinde, öğrenme, ağ sistemleri, nesne tanıma, temel çalışma konuları olarak düşünülmüş ardından 2000-2010 senelerinde ise otonomi sisteminin önemi farkedilerek üzerinde durulmuştur. Sonraki yıllardan itibaren otonom yargı durumu ve karar verebilme özellikleri oluşmaya başlamıştır.

Çağımızda, harp ve kriz yönetiminin temel unsurları arasında bulunan siber-fiziksel sistemleri, simülasyon sistemleri ve komuta kontrol sistemlerinin sayıları ve oluşturdukları etkileri hızla artış sağlamaktadır. Yakın gelecekte ise bu sistemlerin, keşif ve karakol görevi gibi birçok askeri kapsamda uygulanan görevin insansız araçlar ile yapılacağı düşünülmektedir.

Otonom teknolojilerin, askeri alan etkinliğine göre incelenmesi kapsamında zaman içerisinde önemi hızla artmış ve çalışmalar hızlıca sürdürülmüştür. Bu çalışmalarla, insansız araçlar, simülasyon sistemleri ve komuta kontrol sistemleri gibi alanlarda siber-fiziksel sistemlerin etkileri de artış göstermiştir. Otonom teknolojilerin sivil alanda kullanımında ise dev teknoloji markaları tarafından yapay zekâ teknolojileriyle bu alandaki gelişmeleri yönetmektedirler. Günümüzde, otonom sistemler gün geçtikçe insan yaşamı dahilinde daha da güçlü bir yer edinmekte, ayrıca hayatın vazgeçilmez sistemleri arasında güçlü bir konum haline gelmektedir. Otonom sistemlerin etkileri özellikle, tarımda, havacılıkta ve ulaşımda daha net şekilde gözlemlenebilmektedir.

Yüksek kapasiteli ilkel yapıları patlayıcılar artık kullanım ömürlerini bitirmişlerdir. Bunların yerine artık daha çok başlığa sahip hedef alacağı yapıya göre ayarlanabilen füze sistemleri hayata geçirilmişlerdir. Kara-kara sistemlerin yerine artık deniz-hava, deniz-kara ve hatta uzay merkezli sistemler hayata geçirilmiştir.

Rusya'nın soğuk savaşından bu yana dünyada kullanılan silah sistemleri artık miadını doldurduğundan yenilenmeleri gerekmektedir. Bu noktada silah sistemlerinin geliştirilmesinde Avrupa Amerika'ya göre geride kalmıştır. Savaşlarda kullanılan teçhizatların hepsi artık otonom bir hal almak zorundadır. Artık yeni çağda savaş teknolojileri kabuk değiştirerek bilgisayar teknolojileri üzerinde yoğunlaşmaktadır.

Kullanılan teknoloji ne kadar gelişse de rakibi altetmek o kadar zorlaşmaktadır. Mevcut savaş teknolojisinin yıkıcı gücünden farklı olarak gelişen teknoloji ile daha küçük boyutlarda daha kolay komuta edebilen ama daha çok zarar verebilen silah teknolojileri geliştirilmektedir.

Ağ merkezli savaş konseptinin ürünü olan şemsiye sistem gerçek zamanlı şekilde her tank, uçak, asker ve geminin yerini bilmekte, bunları dijital olarak oluşturulmuş bir harita sayesinde izlemekte ve istihbarat yapılarak elde edilen bilgilerle düşmanın konumu rahatlıkla ortaya çıkmaktadır. Bu yapı, savaş alanına yayılan otonom yani kendiliğinden görevleri gerçekleştiren hava araçlarından elde edilen videolar ile desteklenmiştir.

2018 yılında, Güney Kore Deniz Bilimleri ve Teknoloji Geliştirme Enstitüsü (KIMST) tarafından hazırlanan “Technology Assessment: Autonomous Ships” isimli rapora göre; deniz emniyeti açısından otonom gemilerle ilgili oluşabilecek risk faktörleri ve örnekleri Tablo 4'te belirtilmiştir [116].

Tablo 6-4: Deniz Emniyeti Açısından Otonom Gemilerle İlgili Oluşabilecek Risk Faktörleri ve Örnekleri [116]

No	Risk Faktörü	Örnek
1	Siber güvenlik tehditlerinin ortaya çıkması	- Gemiye veya kargoyu kaçırmaya yönelik hacker saldırıları - Yük ve müşteri ile ilgili hassas bilgilerin sızması
2	Ekipman veya cihazın arızası	- Tahrik sistemi de dahil olmak üzere kilit işletim sistemlerinin arızalanması nedeniyle geminin sıkıntıya düşmesi - Haberleşmenin arızalanması gibi otonom işletim için gerekli bilgi ve haberleşme sisteminin arızalanması
3	Hatalı veya eksik bilgi	Geminin işletimi ile ilgili bilgiler dahil, kıyı kontrol merkezi ile haberleşmede iletilen bilgilerin hatalı veya eksik olması
4	Kazayı farketme zorluğu	Kıyıdaki gemi operatörünün kazanın meydana geldiğini farketmemesi veya gecikmesi
5	Yük yönetimindeki güçlükler	İnsansız gemilerde yükün emniyeti ile ilgili problemler
6	Liman güvenliğine karşı tehdit	Otonom gemilerin silahlandırılması

Otonom gemiler sistem olarak kullanıldığı zaman, güvenlik riskleri azalacak ve denizde insan yaşamı daha güvenli olacaktır. Otonom gemilere erişimin güç olması ve gezinti köprüsüne benzer görünür bir denetim ve kontrol noktasını kullanamayacağı için deniz korsanlığı olaylarında bir düşüş yaşanacaktır. İnsansız gemiye bir korsan müdahalesi olması durumunda, bu insansız gemi uzaktan müdahale edilerek kilitlenebilir ya da olduğundan daha güvenli alanlara yönlendirilebilmektedir. İyi olmayan hava koşullarında, gemileri dümenlere, pervanelerine, ve iticilere göre kendiliğinden sonu olan ayarlamalar gerçekleştiren, dar boğazlı ya da derinlik farklılıkları bulunan sularda en güvenli şekilde yol tutuşunu sağlayan, bunun yanında, yanlış alınan kararlardan veya yorgunluktan dolayı meydana gelen insan hatalarını yok eden bir sistem olan Dinamik Konumlandırma ve Küresel Navigasyon Uydu sistemleri fayda sağlamaktadır. Mürettebatın otonom araçta karadan kullanıcılar tarafından uzaktan yönlendirilmesi ve yönetilmesi, uluslararası alanda var olan tedarik zincirinin işleyişinde önemli farklılıklar yaratacak ve farklı hizmet koşulları ve alanları doğuracaktır.

Gelecekte farklı sektörlerde kullanılacak olan insansız sistemlerin zamanla daha gelişmiş bir hal almasına dair birbiriyle ilişkili olan çeşitli zorlukların varlığı ortadadır. Bu çerçevede özellikle muharebe zamanında karmaşık bir takım durumların veya belirsizliklerin var olduğu bilindiğine göre insansız sistemlerin de bu durumlardan etkilenmesi kaçınılmazdır. Ek olarak öngörülen fakat meydana gelmesi istenmeyen bir takım durumların ve risklerin otonom araçların işlerliği üzerinde etkili olduğu imkan ve kabiliyeti etkilediği ve bu sistemlerin tedariğinde farklı yaklaşımlara neden olduğu ortaya konmuştur. Bunun yanında makine ve insan etkileşiminin zamanla daha iyi noktalara taşınması ve farklı stratejilerin geliştirilmesi otonom sistemlerin sürdürülebilirliği üzerinde etkili olmuştur. İnsansız sistemlerin güvenilirliğinin devamlı hale getirilebilmesi adına kullanılan yapay zeka teknolojisi burada önem kazanmakta, bu otonom sistemlerin davranışlarının denetim ve kontrol altına alınabilmesi adına farklı metodlar geliştirilmektedir. Geliştirilen bu yöntemlerin riskleri ve belirsizlikleri azaltılabileceği öngörüldüğü gibi aynı zamanda bu sistemler tasarlanırken gelecek adına mevcut olabilecek zorlukların da göz önünde bulundurulması gerektiği de ifade edilmektedir. Bu çerçevede geliştirilen deniz araçlarında dikkat edilen noktalar ileri düzey su alanları, sualtı için geliştirilen araçlar, elektromanyetik yetiler gibi farklı unsurlardan meydana gelmekte olup bu gibi unsurların farklı pek çok harp alanında eş zamanlı kullanılabilirliğine dikkat edilmektedir.

6.2 Askeri Alanda Kullanılacak İnsansız Deniz Araçlarının Karar Mekanizması

Yapay zekâ insan aklı örnek alınarak oluşturulsa da aralarında bariz farklılıklar vardır. Her otonom sistem kendi kendini sürekli geliştirme çabası içerisindedir. Bunun getireceği sonuç esasında insanlık için tehlikelidir. Çünkü bilgisayar başlangıçta reseptörleri sayesinde kendine şu anki dünyamızı başlangıç noktası olarak belirleyecek ve kendi yarattığı dünyasını sürekli geliştirecektir. Bu nedenle kullanıcı tarafından otonomlara koyulacak sınır çok önemlidir [117].

İDA'nın etrafına konulan sensörler yardımıyla toplanan veriler yapay zekâ tarafından gruplandırılıp çeşitli algoritmalar yardımıyla yorumlanıp sonuca bağlanarak operatöre gönderilir. Bu veriler toplanıp işlenirken kullanıcı tarafından daha önceden belirlenmiş sınırlar dâhilinde sonuca bağlanır. Bu kararlar alınırken otonom ya tamamen kendisi karar verir ya da

tanımlanmış risk haritasına göre daha riskli durumlarda hangi davranışlarda bulunacağını operatöre sorabilir [118].

Yapay zekâ ilk olarak otonomlarda karışık durumlarda bir sonuca varma, tespit ve teşhis etme aşamalarında kullanılmıştır. Ancak denizde durum karaya göre biraz daha karmaşıktır. Çünkü karadaki gibi bir yol yoktur. Bu yüzden insansız deniz araçlarına koyulacak sensörler kara araçlarından çok farklı olmak zorundadır [119].

Nesnelerin İnterneti (Internet of Things-IoT) otonomlarda birden fazla sensörden aldığı verileri kullanmak için geliştirilmişlerdir. Sensörlerden verilerin alınması ve ana bilgisayara bu verilerin aktarılması IoT sistemine ait bağlantılar sayesinde yapılmaktadır [120].

Tehdit değerlendirme ve silah tahsis sistemi (Threat Evaluation and Eeapon Assignment System-TEWAS) kapsamında, kendi kendine öğrenen yapay zekâ karar verirken komuta kontrolle ortaklaşa sürecin ilerlemesi için sistemsel geliştirmeler devam etmektedir. Birden fazla silah taşıyan platformların karar optimizasyonu çalışmaları hala devam etmektedir. Hedef unsura saldırı veya savunma harbi sırasında öncelik hedefin doğru belirlenmesi ve tehdit önceliğinin belirlenmesidir. Bu noktada sensör silah ve otonomun koordineli bir şekilde çalışması gerekir [121].

İnsansız deniz aracıda kullanılan erken uyarı sistemler otonom gemilerin denizde çatışma olayına karışmasını engelleyecektir. Bu sistem sayesinde başlangıç ve bitiş noktaları arasında otonom gemiler kendi seyrüsefer programlarını hazırlayabileceklerdir. Bunun için otonom üzerine gerekli bütün sensörler monte edilmesi gerekir. Bunlardan bazıları ses yakalama ve algılama sensörleri, gündüz kameraları, kızıl ötesi ve termal kameralar veya kötü hava şartlarında kullanılabilen S ve X bandı radarlar olarak örneklendirilebilir. Mesafe ölçümü için lazer tarama sistemleri kullanılabilir. Bütün bu sensörlerden gelecek olan veriler otonomun farkındalığını arttıracak ve en doğru kararı vermesinde yardımcı olacaktır [122].

Alman ThyssenKrupp ve European Aeronautic Defence and Space Company-EADS) tarafından kurulan ve Atlas Elektronik tarafından üretimi sağlanan Seafox (Deniz Tilkisi) mayın avlama harekâtı operasyonlarında kullanılmaktadır. Sonarları sayesinde çok kısa sürede tespit ve teşhis yapabiliyor olması büyük bir avantaj sağlamaktadır. Ana koordinasyon merkezine görüntü gönderme özelliği de bulunan Seafox hedefi etkisiz hale getirebilecek kadar cephaneye taşımaktadır [123].

Tehrani N.H., Heidari M., Zakeri Y., Ghaisari J. (2010); çalışmalarında otonom deniz altı aracının nasıl karar aldığını ve derinlik kontrolü problemini açıklamışlardır. Otonom gemilerin gerçekleştirdiği görevlerin önemi arttıkça gemiye olan güvenin daha da artması

gerektiğinden bu güvenin kullanıcıya nasıl sağlanacağı noktasında açıklama getirmeye çalışmışlardır. Bunun için otomatik kontrol şemalarına ihtiyaç duyulduğu anlık konumlandırmanın önemli bir problem olduğu belirtilmektedir. Bu sorunu çözmek için Proportional Integral Derivative (PID) tekniğine ve dönüş eğim kararlılığı denklemlerine dayanan bir kontrol şeması önermişlerdir [124]. Thai Nguyen D. , Horák V. , Thu Tran H. , The Nguyen L. ve Quang Hoang C. (2020); çalışmalarında, otonom gemileri hareket denklemleri, hidrodinamik parametreler ve araca etki eden kuvvetlerle ile açıklamaya çalışmışlardır. Su altı aracına etki eden hidrodinamik sönümleme katsayılarının ve dış kuvvetlerin matrislerine değer vermişlerdir. Runge-Kutta yöntemi ile elde edilen hesaplama sonuçları ile yapılan deney sonucu karşılaştırılmıştır. Sunulan modelin, uzaktan çalıştırılan su altı araçlarının tasarımı ve araştırılması için faydalı olabileceği görülmüştür [125].

6.3 İnsansız Deniz Aracının Karar Verme Mekanizması Üzerindeki İnsan Faktörü

Denizlerimizde görülen kazaların büyük bir çoğunluğu insan hatasından kaynaklanmaktadır. IMO bu problemi çözmek için e-Seyir kavramını ortaya çıkarmıştır. Bu konu hakkında otomasyon sistemlerinin hem birbirleriyle iyi iletişim içerisinde olması hem de ana kullanıcı olan insanla iyi bir etkileşim içerisinde olması gerekmektedir.

İnsan merkezli olması e-Seyir kavramının yapı taşıdır. e-Seyir kavramı kapsamında geliştirilecek sistemler; kullanıcıların seyir, emniyet ve idari işleri ile ilgili tam ve güvenilir bilgi sağlama ve bu bilgileri kullanıcılarına en etkili şekilde aktarma amacını taşımaktadır

e-Seyir kapsamında geliştirilmekte olan Sea Traffic Management (STM) ya da diğer adıyla Monalisa 2.0), Efficiensea ve ACCSEAS gibi büyük çaplı projelerin temel hedefleri; Şekil 6-4’de gösterildiği gibi birbirinden ayrı altyapılardaki denizcilik, karasal ve uydu iletişim sistemlerinin denizcilikte standartlaştırılmış iletişimi sağlanacak yekpare bir altyapı olması öngörülen “Denizcilik Bulutu” kapsamında birleştirilmesi, günümüzde operatörler aracılığı ile yürütülen özellikle bir geminin emniyetli seyir yapabilmesi ve bir deniz sahasındaki deniz trafiğinin en emniyetli şekilde yönetilmesi kapsamındaki bazı işlerin otomasyon sistemlerine devredilmesi fikrine dayalıdır [126].



Şekil 6-4: İnsansız deniz araçları için rota seçimi [127].

Gemiler üzerinde yer alacak akıllı ulaştırma sistemleri; gemilerin bir limandan diğerine mümkün olan en emniyetli ve verimli şekilde seyir yapabilmesi için gerekli tüm bilginin güvenilir şekilde üretilmesi ve kara istasyonları ile iletişimin hızlı ve güvenilir şekilde yapılmasını sağlayacaktır. Gemi Trafik Merkezleri gibi kara istasyonlarında yer alacak akıllı ulaşım sistemleri ise; bu istasyonların kendi sorumluluk alanları içerisindeki gemilerin en emniyetli ve verimli şekilde seyirlerine devam edebilmesi için hem deniz trafiğinin yüksek doğrulukta kontrolünü ve gelişmiş durumsal farkındalık yaratacak destek sistemleri ile deniz trafiğini yönetebilmelerini, hem de bu istasyonların -bir insan ara operatörüne gerek duymaksızın- gemiler, limanlar ve liman başkanlıkları gibi denizcilik sektörünün çok sayıda aktörü ile Denizcilik Bulutu üzerinden yüksek hızda, standartlaştırılmış ve güvenilir iletişimini sağlayacaktır [128].

7. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bugün dünyada otonom araçların kullanımı hemen hemen her alanda artış gösterirken, deniz dünyasında da otonom deniz araçlarının kullanımına önem verilmektedir. Denizde ulaşılması güç olan alanlara ulaşılması, insan sağlığı için tehlikeli olabilecek riskli operasyonlarda kullanılması, ticari faaliyetlerde ise maliyet düşürücü etken olarak kullanılması gibi çok farklı alanlarda kullanım alanı sunmaktadır. Otonom kontrollü deniz araçlarının kullanımının geçmişi günümüzden çok eskiye dayanmadığından bu tez çalışmasında öncelikle, otonom deniz araçlarının tanımı, görevleri, kullanım amaçları ve tarihçesi üzerinde durulmuştur. Tanımı verilen otonom deniz araçlarının hangi amaçlar ile kullanıldığı açıklanarak, örnek otonom deniz araçları açıklanmıştır. İnsansız (robotik) akıllı araçlar diye tanımlanan otonomlar ve çalışma prensipleri ile ISPS kod uygulamalarına uyumu ise literatür kapsamında inceleme konusu olarak seçilmiştir. Uygulamalardan elde edilen kazanımlar ve risklerin değerlendirilmesi planlanmış, bu sebeple bu çalışmada literatür taraması yöntemi kullanılmıştır. Bu tez çalışmasında aynı zamanda otonom deniz araçlarının üretilmesinde yapay sinir ağları ve çalışma prensiplerinin etkisi de irdelenmiştir.

Otonomi kavramı temel olarak insan beyni gibi değişen ve gelişen, tecrübe kazanan, üretilirken tanımlanmamış durumlarla karşılaştığında dahi zekice kararlar alabilen sistemleri niteler. Denizcilikte verilecek birtakım görevleri insanlardan daha iyi yapmayı vadeden otonom sistemler, sektör otoriteleri tarafından giderek daha fazla ilgi çekici hale gelmektedirler. Dolayısıyla otonom sistemler üzerine araştırma ve geliştirme faaliyetleri de büyük bir hızla ilerlemektedir. Bu doğrultuda uzmanlar önümüzdeki birkaç on yılda insansız gemileri okyanuslarda sıklıkla kullanacağımızı öngörmektedirler.

Günümüzde, insansız araçların etkileri sivil hayatta olduğu gibi savunma dünyasında da değişimlere yol açmıştır. Özellikle deniz sahasında gelişim gösteren ve öne çıkan insansız araçlar savunma esnasında askeri operasyonlarda da fark yarattığı gözlemlenmektedir. Gelişen teknolojiyle birlikte, otonom deniz araçlarının dayanıklılık derecesi ve güvenilirliği arttıkça kullanıldıkları alanlar değişiklik göstermiş ve bu durumla beraber görevlerinde de gelişmeler gözlemlenmiştir. Ayrıca, otonom araçlar kullanıldıkları alanları analiz ederek ve değişen çevre şartlarına uyum sağlayarak geçmişte aynı alanlarda insanların uğradığı tehlikeleri giderebilmek için büyük avantajlar sağlayarak, daha uzun menzilli ve güvenli hâle gelen operasyonların da avantajlı hale dönüşmesini sağladığı gözlemlenmiştir. Deniz üzerinde yerine getirilecek sivil ve

askeri görevlerin kolaylıkla başarılması da otonom deniz araçlarının birlikte hareket etmesi ile mümkün olacaktır.

Otonom deniz araçları sivil ve askeri alanlarda kullanım alanı bulmaktadırlar. Denizcilik gibi zor bir sektörde otonom araçların kullanılması insan hayatının kolaylaştırılması açısından artık bir zorunluluk halini almıştır. Akıllı otonom gemilerde yaşanmakta olan teknolojik gelişmeler, zamanla gemilerin tamamen insansız çalışmasına yol açabilecektir. Denizcilik sektöründe bulunan profesyonel kişilerin görüşüne göre, bu teknolojiye ulaşılsa bile sosyal etkilerden ve altyapı eksikliklerinden dolayı kullanımın ilk etapta yaygınlaşmayacağı yönündedir.

Gelişen teknoloji ile dünya giderek değişmektedir. Bu değişim hayatımızın her alanını etkilediği gibi küresel deniz ticaretini de etkilemektedir. Yüzyıllardır süregelen değişim, sanayi devrimi sonrası hızlanmış olup günümüzde yapay zekâ ve otonomi gibi kavramlarla giderek insanların yerini dahi alabilecek teknolojilerle devam etmektedir. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte, Sualtı Kablosuz Sensör Ağları (Underwater sensor networks-UWSN) ve AUV sürümleri giderek gelişmektedir. Mevcut araştırmalar genellikle verimli sinyal işlemenin geliştirilmesine odaklanmıştır ve iletişim algoritmaları, verimli kodlama ve modülasyon şemaları ve Media Access Control (MAC) şemaları insansız deniz araçlarında kullanılan bazı bütünleşik sistemleri kapsamaktadır. Sualtı iletişim ağlarında, protokol tasarımında çalışmalar günümüzde halen devam etmektedir. Denizlerde daha uzun mesafe alabilen ve sınırlı güç için optimize edilmiş sualtı ortamında hareket kabiliyeti geliştirilmiş cihazların kullanımı gün geçtikçe daha fazla ilgi çekmektedir.

Otonom silah sistemlerinde sivil ve savaşan kişi ayrımını yapmakta zorluk çekeceğine dair oluşacak kaygı ortaya çıkmaktadır. Yapay zekânın, daha fazla ve daha iyi kullanılması ile bu sorunun giderileceği düşünülse dahi, kısa zaman içerisinde istenilen seviyede yapay zekâ üretilmesi pek mümkün olmayacaktır. Sivil bir hedefe saldırma konusunda öneri geliştiren otonom silah sistemi genel olarak bir insan tarafından kontrol edildiği düşünüldüğünde, bu tarz hukuka aykırılıklardan korkulmaması gerektiği, kontrolde olan insanın verilen yanlış emri etkisizleştirerek hukuka uyarlığı sağlayacağı da unutulmamalıdır. Buna rağmen otomasyon önyargısı olarak nitelendirilen durum buna engel olmaktadır.

Otonom silah sistemi tarafından yapılan saldırı veya tehdit uyarısı ile saldırının bundan çok kısa süre sonra gerçekleşecek olması da diğer sıkıntılı durumlardan biridir. Bu nedenle kendini savunma veya rakibe karşı saldırı için gösterilmesi gereken tepkiye oldukça kısa bir zaman diliminde karar verme aciliyeti bulunmaktadır. Bu nedenle sorgulayan ve inceleyen

konumundaki insan operatörün, bu kısa zaman dilimi içerisinde elde edilmiş olan komplike bilgileri inceleyerek, değerlendirmesi, neticede ise en akıllıca kararı alması zor bir süreci ifade etmektedir. İnsansız gemiler 2020 yılından itibaren denizcilik endüstrisinin geleceğini şekillendiren unsurlardan biri olmuştur. İnsansız gemilerin daha verimli işletilebilmesi için operasyonların hatasız olması, işletme operasyon giderlerinin azalması nedeniyle gemi sahipleri, denizcilik sektörü seyir emniyeti ve çevre güvenliği açısından birçok yararı olacaktır. İnsansız gemiler kaptanın ve gemiadamlarının görevlerini, sorumluluklarını ve yükümlülüklerini ortadan kaldırmaktadır. İnsansız gemiler bir yandan iş kaybına neden olurken diğer yandan da yeni iş imkanları yaratacaktır. Emniyet ve güvenlik bir yandan artarken diğer yandan siber güvenlik, siber deniz haydutluğu gibi risk ve yeni tehlikeler ile buna bağlı kaza riskleri ile karşı karşıya kalınabilmektedir. İnsansız gemilere ilişkin teknik ve hukuki altyapısının oluşturulması ve gerekli regülasyon çalışmalarının yapılması gerekmektedir. İnsansız gemilere ilişkin başlıca yasal hususlar; seyir, gemi adamlar, gemi ekipmanları, sorumluluk ve sigortayı kapsamaktadır.

Gelişen teknoloji ile denizcilik sektörünün büyük değişimler geçireceğine kesin gözüyle bakılmaktadır. Otonom gemilere doğru ilerleyen bu yolda değişimin gerisinde kalmamak için değişimin parçası olmak gerekir. Gelecek on yıllarda Türk ve Dünya denizciliğinin parçası olmak için ise şu anda harekete geçilmelidir. Teknolojiler kadar otonom gemiler ile yapılacak ticaretin kuralları da bugün şekillenmektedir. Türk denizciliğinin geleceği adına bugünün denizcileri bu bilince sahip yetişmelidir. Denizcilik ve bilişim ayrı disiplinler olarak düşünülmemeli, Türkiye’de de otonom sistemlerin araştırılması ve geliştirilmesi için çalışmalara ağırlık verilmelidir.

Günümüzde otonom teknolojiler incelendiği zaman, akıllı telefonlar, insansız otomobiller, tıbbi robotlar, dronelar, sualtı araçları ve akıllı evler gibi hayatımızın birçok alanında kullanıldığı gözlemlenmiştir. İnsansız deniz araçlarının sivil ve askeri alanda çoğunlukla sınırsız kullanım alanı sağlaması nedeniyle sistem oldukça önemli bir potansiyel e sahiptir. Otonom sistem ile denizcilik kapsamında gözlemlenen en büyük engel ise teknolojinin yanı sıra hukuksal süreç belirsizliklerinin oluşmasıdır. Oluşan belirsizliklerin ise ilerleyen yıllarda Birleşmiş Milletler tarafından yapılan çalışmalar kapsamında sonuçlanacağı düşünülmektedir.

Otonom gemilerin hayatımıza girişi için birkaç seviyeden oluşan sıralı bir ilerleyiş genel kabul görmektedir. Bu ilerleyiş tarihte gördüğümüz tamamen insan kontrolündeki geleneksel gemilerle başlamış, bugün kullandığımız elektronik seyir yardımcılarıyla donatılmış, vardiyasız

makine daireleri olan seviyelere ulaşmıştır. Bundan sonraki adımlarda ise vardiyasız köprüüstü, uzaktan kontrollü gemiler ve nihayetinde otonom gemilerle devam edecektir.

Otonom gemi sistemleri genel anlamda sensör donanımları, iletişim donanımları ve kontrol sistemleri olarak üç ana kısımdan oluşmaktadır. Bu kısımlardan en çok gelişime ihtiyaç duyulan alan ise kontrol sistemleridir. Gemiler çok sayıda işin aynı zamanda yapıldığı, çok karmaşık yapılardır. Tamamen otonom yapı sağlanabilmesi için bu karmaşık yapıyı oluşturan her ayrıntının ayrı ayrı tasarlanması gerekir. Bir geminin tam otonom olması için önce otonom rota izleme, otonom çatışmayı önleme, otonom yanaşma kalkış manevrası gibi sistemlerinin olması gerekir. Konu üzerine yürütülen çalışmalarda da çoğunlukla hem bu tip alt sistemlerin tasarımları hem de genel veri akış şemaları üzerine araştırmalar yapılmaktadır.

Dünyada, gün geçtikçe insansız deniz sistemlerin kullanımına yönelik bir yükseliş eğiliminin olduğu gözlemlenmiştir. Türkiye’ de de son yıllarda ivmenin artış göstermesine bağlı olarak insansız deniz araçları gerçekleştirilen uygulamalar ve çalışmalar hız kazanmıştır. Türkiye bu sistem adaptesi hızı ile dünyada bu teknolojiye sahip birkaç ülke arasında yer almaktadır. Uluslararası arenada büyük umut vadeden insansız deniz araçları, istihbarat, gözetleme, keşif, askeri alan, silahlı koruma aracı ve kuvvet koruma, stratejik tesis güvenliği gibi görevlerde kullanılan sistem, teknoloji hedefiyle üretimine başlanarak ve 2021 yılı itibariyle kullanıma hazır hâle gelmiştir.

Savunma sanayii, kapsamında ülkelerin savaş kabiliyetleri kapsamında ortaya koyabilecekleri, dünyada gelişmekte olan teknolojiye ayak uydurma kapasitesi bir ülkenin askeri alandaki gücünü gösterir. Bu gibi gelişimleri gösterebilmek için tabii ki herşeyden önce güçlü bir ekonomik yapıya ihtiyaç vardır. Savunma sanayii pahalı bir alandır ve bu alanda gelişim göstermek ülkenin gücünün göstergesidir. Bu alan sadece devletlerin savunma ihtiyacını karşılamamakla birlikte teknolojik alandaki bilgi birikimini de göstermektedir.

İnsanoğlunun yaşamını teknoloji çok etkilemektedir. Öyle ki teknolojik gelişmelerin de kullanıldığı bir savaş düşünüldüğünde insalığa yıkımı daha fazla olması muhtemeldir. Geleceğin savaşlarında artık herşey robot tabanlı olmaya meyillidir. Bu da savaşların aslında bir mühendislik savaşı olacağını ve olaylara müdahale etme kapasitesinin mühendislik alanındaki gelişmelerle paralel olduğunu göstermektedir. Geleceğin ordularının artık bilgisayar ağları arasında gidip gelen çoğunlukla yapay zekâ uygulamaları ve otonom sistemlerden oluşacağı düşünülmektedir. Savaşlar esnasında oluşan durumlar, dünyadaki denge dağılımını ve bu dağılımda ortaya çıkan değişimleri açıkça takip edilebildiği durumlardır. Bu açıdan bakıldığında ülkeler arası ilişkilerin de takip edilmesine olanak sağlamaktadır. Savuma sanayii

dışındaki kollar da ülke için önemli konuma sahiptir fakat ülke güvenliği açısından daha az öneme sahiptirler. Ülkelerin güvenlik ihtiyaçları onları sürekli yeni yatırımlar yapmaya teşvik etmektedir. Savunma sanayiinde meydana gelen değişiklikler, geliştirilen teknolojiler, o ülkenin diğer ülkeler arasındaki konumunu, bölgesel ve küresel alanda pozisyonunu, gücünü ve amaçlarını yansıtmaktadır. Kendi sesini diğer ülkeler nezdinde aktif bir şekilde duyurmak isteyen ülke, savunma sanayii alanında yatırımlar yapmalıdır.

Dış politika yönünden incelendiğinde konu hakkında devletler birbirlerinden farklı performanslar göstermektedirler. Devletler askeri alanlarda yaptıkları yatırımların sonuçlarına farklı zamanlarda ulaşırlar da sonuçta bu teknolojilere sahip olmaktadır. Bir devlet tarafından ortaya çıkarılan bir teknolojinin diğer devletler tarafından geri kalma korkusuyla daha da ileriye götürüldüğü görülmektedir. Bu noktada stratejik öneminin yanında sembolik öneminin de varlığı yadsınamaz bir gerçekliktir.

Askeri operasyonlar sırasında karar verme ve hareket etme kabiliyetinin operasyonun sonuca ermesinde büyük bir etkisi olduğu düşünüldüğünde yapay zekadan yararlanmak bu alandaki verimi arttıracaktır. Bu nedenle bu alanda gelişim göstermek istemeyen ülkelerin bile bu alana yatırım yapmalarının gerekliliği ortaya çıkacaktır. Ülkeler birbirlerine taktiksel üstünlük kurma çabaları nedeniyle teknolojik gelişmelerin hız kesmeden devam edeceği düşünülmektedir. Yapay zeka savaş anında karar verirken aldığı kararlar tamamen duygusallıktan uzak bilimsel verilere dayalı karar mekanizmalarının sonucu olacağından bu durum beraberinde hukuki sorunları da getirecektir. Ülkeler birbirleri ile teknoloji yarışı içerisinde oldukları için olayın belirli bir sınır dahilinde olduğu ve belirli bir denetim mekanizmasının olması gerekliliği maalesef gözardı edilmektedir.

Savaşmak için ülkeler yeni icatlar ortaya çıkarır. Bu da ülkeleri daha güçlü yapar. Daha güçlü olmak da ülkeleri diğer ülkeler karşısında sosyo-kültürel ve teknolojik olarak daha ön plana çıkararak diğer ülkeleri etkileyecek kararlar almalarına olanak sağlar. Günümüz dünyasına baktığımızda da aynı bu durumun yansımaları görmekteyiz. Yakın gelecekte eğitim hayatımız ve aile hayatımız gibi hayatın temel taşlarından olan alanlarda bir takım değişikliklerle karşılaşabiliriz. Cep telefonlarının bile değişim ve gelişimini düşündüğümüzde insan yaşamının ne denli değişeceği ortadadır. Önümüzdeki yıllarda belki de bildiğimiz her şey tümünden değişecek ve artık yeni doğrular kapımızı çalacaktır.

Nasıl bir savaş olacağı coğrafyaya göre belirlenir. Bu da savaş sahası ile teknolojinin birbirini tamamlayan unsurlar olduğunu ortaya koyar. Artık güdümlü mermiler ile yapılan

hassas hedefli savaşlar yerlerini iki farklı platform arasında sensör ve mühimmatla desteklenen elektronik ortam savaşlarına bırakacaktır.

Otonom silahların aslında büyük bir üstünlük gibi görünen hızlı karar alma özelliğinin aslında büyük bir yıkıma neden olacağı düşünülmektedir. Devletlerarası silahlanma rekabetinin tıpkı nükleer silahlanmada olduğu gibi otonom silahlanmada da rakipten önce bu yıkıcı teknolojiye sahip olması temelinde olacağı düşünülmektedir.

Sonuç olarak hem askeri alan sistemi hem de sivil alan sistemlerinde uygulanacak olan makinelerin kendi kendine hareket edebilme yeteneklerinin artacağını ve gittikçe akıllı sisteme sahip olacakları gözlemlenmiştir. Gelişmekte olan bir teknoloji olarak otonom sistemler, özellikle karar destek kabiliyetleriyle birçok alanda tercih edilmekte, askeri teknolojiler, tıp, ekonomi, mühendislik gibi birçok alanda yerlerini giderek arttırmaktadır. Can güvenliği riski bulunan durumları çözümlmek, insanın çözmesi uzun süren problemlerde hız kazanmak, fazlaca bilgi birikimine dayalı hesapları kısa sürede halletmek gibi birçok amaca yönelik olarak yapay zekâlı sistemler sıklıkla kullanılmaktadır. Günümüzde uzaya gönderilip, birtakım deneyler yapıp, sonuçları dünyaya ileten makineler bulunmaktadır. Bu denli kullanım alanları artan otonom sistemlerin denizcilik sektörüne girmesi de bu sürecin mutlak sonuçlarından birisidir.

Gemiler, limanda kaldıkları sürelele kıyasla ekonomik ömürlerinin büyük kısmını seyir halinde geçirmektedir. Gelişen teknoloji ile birlikte liman operasyonları giderek hızlanmakta ve gemiler daha yoğun tempo ile çalışmaktadır. Bu gelişmelerle birlikte gemilerin seyir halinde geçirdiği sürenin, limanda kaldığı süreye oranı da artmaktadır. Gemilerin sadece mürettebat kontrolünde olduğu seyir esnasında yaşanan kazalar ise hem gemide bulunan insanların hayatını hem gemiyi hem de üzerinde bulunan yükü tehlikeye atmaktadır. Söz konusu kazalar ise %85 gibi yüksek bir oranla insan faktöründen kaynaklanmaktadır. Bu şekilde kritik sonuçlar doğuran kazaların en büyük sebebi olan insan faktörü yerine hata oranı düşük otonom sistemler geliştirilmesi, teknolojik imkânlar doğrultusunda iyi bir çözüm olabilir.

8. KAYNAKLAR

- [1] Kuzu, A. (2013). Yayınevi: Paraf Yayınları Türkçe Bilim Tarihi Sayfa 136.
- [2] Berryman, S. (2003). 'Ancient automata and mechanical explanation,' Phronesis 48. 4, 344 --69.
- [3] Wilson, A. (2008). 'Machines in Greek and Roman technology,' in engineering and technology in the classical world, Oxford handbook, Oxford, 337-68.
- [4] Cuomo, S. (2007). Technology and culture in Greek and Roman antiquity, Cambridge
- [5] Landels, J.G. (1978). Engineering in the ancient world, London.
- [6] Rogers, B., & Stevens, B. (2012). 'Classic receptions in science fiction', CRJ 4. 1, 127 - 47.
- [7] İlim Dünyası. (2009). Matematiğin Bilgisayar Alanındaki Öncülerinden Alan Turing'in Yaşam Öyküsü. [http://www.ilimdunyasi.com/matematik-bilimcileri/alan-turing-\(1912-1954\)/?](http://www.ilimdunyasi.com/matematik-bilimcileri/alan-turing-(1912-1954)/?) İmode, (Erişim Tarihi:28.02.2022)
- [8] Lively, G. (2006). 'Science fiction and cyber myths.
- [9] Hodges, A. (2017). Enigma, Olasılık Yayınları, İstanbul.
- [10] Boden, M. A. (2006). Mind as Machine, pp.153. Oxford University Press, New York.
- [11] Blidberg, D., R. (t.y.). The Development of Autonomous underwater Vehicles; A Brief Summary, Autonomous Undersea Systems Institute, Lee New Hampshire, USA.
- [12] Ataner E., Özdeş B., Öztürk G. Design of Communication and Power Systems in Unmanned Underwater Vehicles
- [13] Kabalcı, E. (2014). Yapay Sinir Ağları. Ders Notları
- [14] Keskenler, M. F., & Keskenler, E. F. (2017). Bulanık Mantığın Tarihi Gelişimi. Takvim-i Vekayi, 5
- [15] Kaya, Ü., Oğuz, Y., & Şenol, Ü. (2018). An Assessment of Energy Production Capacity of Amasra Town Using Artificial Neural Networks. Turkish Journal of Electromechanics and Energy, 3(1), 22- 26.
- [16] Kadir Öztürk, Mustafa Ergin Şahin, Yapay Sinir Ağları ve Yapay Zekâ'ya Genel Bir Bakış, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Rize, 53100, Türkiye
- [17] Doğan, O. (2016). Yapay Sinir Ağları.

- [18] Abdulkadir ŞEKER, Banu DİRİ, Hasan Hüseyin BALIK , “Derin Öğrenme Yöntemleri ve Uygulamaları Hakkında Bir İnceleme,” Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi 2017, 3(3): 47-64
- [19] Y. Bengio, “Learning Deep Architectures for AI,” Found. trends® Mach. Learn., vol. 2, no. 1, pp. 1–127, 2009.
- [20] Y. LeCun, Y. Bengio, and G. Hinton, “Deep learning,” Nature, vol. 521, pp. 436–444, 2015.
- [21] A. L. Blum and P. Langley, “Selection of relevant features and examples in machine learning,” Artif. Intell., vol. 97, no. 1–2, pp. 245–271, Dec. 1997.
- [22] Y. Bengio, A. Courville, and P. Vincent, “Representation Learning: A Review and New Perspectives,” IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., vol. 35, no. 8, pp. 1798–1828, 2013.
- [23] K. . N. Fukushima, “A self-organizing neural network model for a mechanism of pattern recognition unaffected by shift in position.,” Biol. Cybern., vol. 36, no. 4, pp. 193–202, 1980.
- [24] Ayyüce Kızrak, Ph.D. DERİNE DAHA DERİNE: Evrişimli Sinir Ağları Bilgisayarlı görü neden gerekli? <https://ayyucekizrak.medium.com/deri%CC%87ne-daha-deri%CC%87ne-evri%C5%9Fimli-sinir-a%C4%9Flar%C4%B1-2813a2c8b2a9> (Erişim Tarihi:12.03.2022)
- [25] Prof. Dr. Pakize Erdoğmuş Evrişimsel Sinirsel Ağlar Bölüm 4 Düzce Üniversitesi
- [26] Y. Le Cun et al., “Handwritten digit recognition: applications of neural network chips and automatic learning,” IEEE Commun. Mag., vol. 27, no. 11, pp.41–46, Nov. 1989.
- [27] Şeker, Diri, Balık / Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi 3 (3). (2017) 47-64
- [28] Simonyan A, Zisserman A, 2015, Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition. ArXiv, Article number, 1409.1556.
- [29] Szegedy C, Liu W, Jia Y, Sermanet P, Reed S, Anguelov D, Erhan D, Vanhoucke V, Rabinovich A, 2015, Going Deeper with Convolutions, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 7-12 June 2015, Boston.
- [30] Goodfellow I, Shlens J, Szegedy C, 2015, Explaining and Harnessing Adversarial Examples, ArXiv, Article number, 1412.6572.
- [31] Alom Z, Taha T, Yakopic C, Westberg S, Sidike P, Nasrin S, Esesn B, Awwal A, Asari V, 2018, The History Began from AlexNet: A Comprehensive Survey on Deep Learning Approaches, ArXiv, Article number, 1803.01164.

- [32] Pandya M, Shah P, Jardosh S, 2019, Medical Image Diagnosis for Disease Detection: A Deep Learning Approach, U-Healthcare Monitoring Systems, 1, 37-60.
- [33] Mustafa Emre DÖŞ, Uzaktan Algılama Verilerinin Derin Öğrenme ile Sınıflandırılması, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2020
- [34] Yakıştıran, Ö, Yaz M. "Bir Aracın Hareket Yönüne Konumlanmasının Bulanık Mantık İle Gerçekleştirilmesi" El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi 2020, 7(1):1-8.
- [35] Aylak, B. L, Oral, O., Yazıcı, K. "Using Artificial Intelligence and Machine Learning Applications in Logistics, " El-Cezerî Journal of Science and Engineering, 2021, 8(1): 74-93.
- [36] Litman T. "Autonomous Vehicle Implementation Predictions Implications for Transport Planning" Traffic Technology International Workshop, 1-38, (2020).
- [37] Nennioğlu A.K, Köroğlu T. "Otonom Araçlarda Hareket Planlanması", Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 2018, 1(2): 20-29.
- [38] Mahmut Esat SEÇKİN, Derin Öğrenme Kullanılarak Trafik Koşullarına Uygun Otonom Araç Uygulaması, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2021
- [39] Dr. Cahit Karakuş, Makine Öğrenmesi Temelleri Ders Notu
- [40] TÜBA. (2019). Yapay öğrenme. Türkçe Bilim Terimleri Sözlüğü. <http://www.tubaterim.gov.tr/> (Erişim Tarihi:21.04.2022)
- [41] Kasım BİNİCİ, Makine Öğrenmesi Yaklaşımıyla e-Belgelere Standart Dosya Plan Numaralarının Otomatik Olarak Atanması Üzerine Bir Çalışma
- [42] Turhost, [https://www.turhost.com/blog/makine-ogrenmesi-machine-learning nedir/#serp](https://www.turhost.com/blog/makine-ogrenmesi-machine-learning-nedir/#serp) (Erişim Tarihi:12.03.2022)
- [43] Belloni, A., Chen D., Chernozhukov V., Hansen C. (2012). Sparse Models and Methods for Optimal Instruments with an Application to Eminent Domain. *Econometrica*, 80: 2369–2429.
- [44] Badaoui F., Amar A., Hassou L., Zoglat A., Okou C.G. (2017). Dimensionality Reduction And Class Prediction Algorithm With Application To Microarray Big Data, *Journal of Big Data*, 4: 32. <https://doi.org/10.1186/s40537-017-0093-4> (Erişim Tarihi:18.03.2022)
- [45] Ohlhorst, F. (2013). *Big Data Analytics: Turning Big Data into Big Money*, New Jersey: Wiley Publicity.
- [46] Prof.Dr.Ebru ÇAĞLAYAN AKAY, Ekonometride Yeni Bir Ufuk: Büyük Veri ve Makine Öğrenmesi, Marmara Üniversitesi

- [47] Raghupathi W., Raghupathi W. (2014). Big Data Analytics in Healthcare: Promise and Potential, Health Information Science and Systems, 2:3
- [48] Katal, A., Wazid, M., and Goudar, R. (2013). Big Data: Issues, Challenges, Tools and Good Practices, in Proceeding of the Sixth International Conference on Contemporary Computing (IC3), IEEE, 404–409 (available at http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=6612229). (Erişim Tarihi:28.03.2022)
- [49] Sinan TÜRE, Sedat TOPUZ, Yapay Zekâ Ve Askeri Uygulamalar, MilSOFT Yazılım Teknolojileri AŞ., Ankara
- [50] Salley, K. M. , “Artificial Intelligence and National Security”, CRS Report, 2019.
- [51] Svenmarck, P., Luotsinen, L., Nilsson, M. ve Schubert, J., “Possibilities and Challenges for Artificial intelligence in Military Applications”, <https://www.researchgate.net/publication/326774966> , NATO STO-MP-IST-160, 2018. (Erişim Tarihi:12.05.2022)
- [52] Beşer, F. (2018). Çoklu Otonom İnsansız Deniz Araçları İçin Rota Planlanması Ve Engelden Sakınma. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [53] Deniz Kuvvetleri Komutanlığı, Yorum ve Açıklamalarıyla Denizde Çatışmayı Önleme Tüzüğü, <https://www.dzkk.tsk.tr/data/icerik/391/DCOT.pdf>, (Erişim Tarihi:18.03.2022)
- [54] Caner Pense, Deniz kazalarında insan faktörü ve bir çözüm olarak e-seyir, Bandırma Onyedil Eylül University, Bandırma, Turkey
- [55] Luo, M.; Shin, S. H. Half-century research developments in maritime accidents: Future directions. Accid. Anal. Prev. 2015.
- [56] South Korean Ministry of Maritime Affairs and Fisheries. Human factors contributing to marine accidents. 1–11.
- [57] Jokioinen, E. (2016). Remote and autonomous ships - the next steps. Whitepaper. (<http://www.rolls-royce.com/~media/Files/R/RollsRoyce/documents/customers/marine/ship-intel/aawa-whitepaper-210616.pdf>) (Erişim Tarihi:02.03.2021)
- [58] Güney Kore Deniz Bilimleri ve Teknoloji Geliştirme Enstitüsü (KIMST) tarafından hazırlanan “Technology Assessment: Autonomous Ships” Raporu (2018)
- [59] Anıl ŞAHİN, İnsansız Suüstü Araçlarının Tarihsel Gelişimi 11 Mart 2019 <https://www.savunmasanayist.com/insansiz-suustu-araclarinin-tarihsel-gelisimi/> (Erişim Tarihi:02.03.2021)

- [60] E. Manley, Justin; “Unmanned Surface Vehicles, 15 Years of Development”, Battelle Applied Coastal and Environmental Services, <https://www.ieeeoes.org/> (Erişim Tarihi:02.03.2021)
- [61] Gupta, D. K., “Military Applications of Artificial intelligence ”, Indian Defence Review, March, 2018.
- [62] Une, M.M. ve Khidake, S.L. , “Artificial intelligence in Defense Sector”, IRJET, Vol. :05, Issue : 06, June, 2018.history/080515-175.pdf. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [63] Salley, K. M. , “Artificial Intelligence and National Security”, CRS Report, 2019.
- [64] 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. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021)
- [65] Zolich, Artur; (2018), “Survey on Communication and Networks for Autonomous Marine Systems”, Springer Link, <https://link.springer.com/article/10.1007/s10846-018-0833-5>. (Erişim Tarihi: 10.04.2021)
- [66] B. Anwar, A. Ajim “Remotely Operated Underwater Vehicle With Surveillance System”, Independent University Bangladesh, December 2015
- [67] Deketelaere, P. (2017). The legal challenges of unmanned vessels, Master of Science in Maritime Science Master Dissertation, Universiteit Gent, Belgium.
- [68] Nur Jale ECE, Uluslararası Ticaretin Geleceği İnsansız Gemiler: Gzft Analizi Ve Hukuki Boyutları, Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakóltesi Dergisi,2018
- [69] Deniz Haber Ajansı. (2019). NYK, İlk Otonom Gemi Testini Gerçekleştirdi, Lojiport. <<https://m.lojiport.com/nyk-ilk-otonom-gemi-testini-gerceklestirdi-105943h.htm>, (Erişim Tarihi: 03.04.2021)
- [70] 1. Yoo, NH (2020). Investigation of Unmanned Surface Vehicle System for Marine Environmental Monitoring. Incoming Electrical Engineering Lecture Notes (Vol. 590, p. 364-369). Springer Verlag.
- [71] şenol, Y.E., Gökçek, V. ve Seyhan, A. (2017). Swot-Ahp Analysis of Autonomous Shipping. IV. IMCOFE 2017, Rome.
- [72] Ahvenjärvi, S. (2016). The Human Element and Autonomous Ships. The International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, 10 (3), 517-520.
- [73] Tirado, A.M.M, Brown, R. ve Banda, O.A.V. (2019). Risk and safety management of autonomous sytems: a literature review and initial proposals for the matirime industry. Aalto University Science Technology, 2010(1).

- [74] Man, Y., Lundh and M., Porathe, T. ve Kinnon, S., M. (2015). From Desk to Field - Human Factor Issues in Remote Monitoring and Controlling of Autonomous Unmanned Vessels. *Procedia Manufacturing*, 3, 2680.
- [75] Schmittner, C., Ma, Z., Reyes, C., Dillinger, O., & Puschner, P. (2016). Using SAE J3061 for Automotive Security Requirement Engineering. 1(November 2018), 286–297. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-45480-1> (Erişim Tarihi:22.03.2021)
- [76] Busquets, J., Busquets, J.V., Tudela, D., Perez, F., Busquets-Carbonell, J., Barbera, A., Rodriguez, C., Garcia, A.J. & Gilabert, J. (2012). Low-cost auv based on arduino open source microcontroller board for oceanographic research applications in a collaborative long term deployment missions and suitable for combining with an usv as autonomous automatic recharging platform. *IEEE/OES Autonomous Underwater Vehicles (AUV)* 24-27 Sept. 2012 Southampton, UK.
- [77] Grenestedt, J., Keller, J., Larson, S., Patterson, J., Spletzer, J. & Trephan, T. (2015). LORCA: a high performance usv with applications to surveillance and monitoring. 2015 IEEE International Symposium on Safety, Security, and Rescue Robotics (SSRR), West Lafayette, IN, USA.
- [78] Campbell, S., Naeem , W., & Irwin, G.W. (2012). A review on improving the autonomy of unmanned surface vehicles through intelligent collision avoidance manoeuvres. *Annual Reviews in Control*, 36(2), 267-283.
- [79] Liu, J., Luo, J., Cui, J. & Peng, Y., (2016). Trajectory tracking control of underactuated usv with model perturbation and external interference. *MATEC Web of Conferences* 77, 09009, Shanghai, China.
- [80] Zhao, J., Yan, W., Gao, J., & Shi, S., (2010). Design and implement of the control system for unmanned surface vehicle based on the vxworks. 2nd International Asia Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics (CAR 2010), Wuhan China.
- [81] Mu, D., Wang , G., Fan, Y., & Zhao, Y. (2017). Modeling and identification of podded propulsion unmanned surface vehicle and its course control research. *Mathematical Problems in Engineering*, School of Information Science and Technology, University of Dalian Maritime, Dalian, Hindawi Published, Liaoning China.
- [82] Xu, B., Xiao, Y.P., Gao, W., Zhang, Y.G., Liu, Y.L. & Liu, Y. (2014). Dual-model reverse ckf algorithm in cooperative navigation for usv. *Mathematical Problems in Engineering*, Harbin Engineering University, Nantong Road, Harbin, China.

- [83] Alkan, B. (2012). İnsansız Deniz Araçları İçin İtiş Denetleyicisi Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, İzmir Yüksek Teknoloji Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- [84] Beşer, F. (2018). Çoklu Otonom İnsansız Deniz Araçları İçin Rota Planlanması Ve Engelden Sakınma. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [85] Altuntaş, F. ve Yılmaz, M. K. (2017). Patent Analizi İle Teknoloji Ağlarının Oluşturulması. *Journal of Entrepreneurship and Innovation Management*, 6 (2) , 97-129
- [86] Costanzi, R., Fenucci, D., Manzari, V., Micheli, M., Morlando, L., Terracciano, D. & Tesei, A. (2020) Interoperability Between Unmanned Watercraft: Survey and First Field Experiments. *Frontiers in Robotics and Artificial Intelligence*. Frontiers Media SA.
- [87] Hu, C. Fu, L. & Yang, Y. (2018). Common navigation and control for underwater autonomous vessels. In the 2017 IEEE 2 Conference on Information Technology, Networking, Electronics and Automation Control, ITNEC 2017 Proceedings (Vol.2018-January, pp.589-592). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.
- [88] Zicarelli, L. Dellor, R. Johnson, R. Schmitz, H. O'Reilly, T. & Chavez, F. (2016). A new method of obtaining near real-time observations of phytoplankton from a mobile autonomous platform. In *OCEANS 2016 MTS / IEEE Monterey, OCE 2016* Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.
- [89] Jamieson, J., Wilson, L., Arredondo, M., Evans, J., Hamilton, K., & Sotzing, C. (2012). Autonomous Inspection Tool: A New Dimension in the Life of Field Operations. *Petroleum Engineers Association (SPE)*.
- [90] Carnegie Mellon University, Dragon Runner, <https://www.cmu.edu/homepage/health/2010/spring/dragon-runner.shtml> (Erişim tarihi: 01.03.2022)
- [91] Melisa TEKELİ “Askeri Sahada Yapay Zekâ Kullanımının Gelişimi: Etik ve Hukuki Sorunlar”, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Uluslararası İlişkiler Anabilim Dalı
- [92] Melisa TEKELİ, Askeri Sahada Yapay Zekâ Kullanımının Gelişimi: Etik Ve Hukuki Sorunlar, ANKARA ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
- [93] Brian Yamauchi, “PackBot: A Versatile Platform for Military Robotics, Unmanned Ground Vehicle Technology VI”, *Proceedings of SPIE*, No. 5422, 2004, s. 236.

- [94] Pant, A., Future Warfare and Artificial Intelligence, The Visible Path, Institute for Defence Studies Analysis, August 2018
- [95] Salley, K. M. , “Artificial Intelligence and National Security”, CRS Report, 2019
- [96] Sole, S., “Cognitive electronic warfare : Countering threats posed by adaptive radars”, <http://mil-embedded.com/articles/cognitive-electronic-warfare-countering-threats-posed-byadaptive-radars/>, 2019. Erişim Tarihi:02.05.2021
- [97] Seffers, G. I., “Smarter AI for Electronic Warfare”, <https://www.afcea.org/content/smarterai-electronic-warfare> , 2017. (Erişim Tarihi:02.05.2021)
- [98] Gupta, D. K., “Military Applications of Artificial intelligence ”, Indian Defence Review, March, 2018.
- [99] Svenmarck, P., Luotsinen, L., Nilsson, M. ve Schubert, J., “Possibilities and Challenges for Artificial intelligence in Military Applications”, <https://www.researchgate.net/publication/326774966>, NATO STO-MP-IST-160, 2018. (Erişim Tarihi:02.05.2021)
- [100] Gupta, D. K., “Military Applications of Artificial intelligence ”, Indian Defence Review, March, 2018.
- [101] Salley, K. M. , “Artificial Intelligence and National Security”, CRS Report, 2019.
- [102] Archus, D., “Anti-Ship Missile Defence with Artificial Intelligence”, <https://navalnews.net/antiship-missile-defence-with-artificial-intelligence/> , 2019. (Erişim Tarihi:02.05.2021)
- [103] Yannick Allard Elisa Shahbazian “Unmanned Underwater Vehicle (UUV) Information Study” OODA Technologies Inc
- [104] Crimmins, Denise; Manley, Justin; (2008), “What Are AUVs, and Why Do We Use Them?”, National Oceanic And Atmospheric Administration, <https://oceanexplorer.noaa.gov/explorations/08auvfest/background/auvs/auvs.html>. (Erişim Tarihi: 16.03.2021)
- [105] The National Academies of Sciences Engineering Medicine, (2005), “Autonomous Vehicles in Support of Naval Operations”, <https://www.nap.edu/read/11379/chapter/7#122>. (Erişim Tarihi: 16.03.2021)
- [106] Manley, J. E. (2008). Unmanned Surface Vehicles, 15 Years of Development. OCEANS 2008 (s. 1-4). Quebec: IEEE.
- [107] Fossen, T. (1994). Guidance and Control of Ocean Vehicles, University of Trondheim, Norway.

- [108] 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](https://www.maritime-executive.com/article/turkish-shipbuilder-develops-new-armed-unmanned-surface-vessel) (Erişim Tarihi:02.05.2021)
- [109] Bekdil, Burak Ege; (2020), “Turkey to launch its first armed unmanned surface vessel”, Defense News, (9 Kasım 2020), [https:// www.defensenews.com/unmanned/2020/11/09/turkey-to-launch-its-first-armed-unmanned-surface-vessel/](https://www.defensenews.com/unmanned/2020/11/09/turkey-to-launch-its-first-armed-unmanned-surface-vessel/). (Erişim Tarihi: 29.06.2021)
- [110] Haber Bilim Teknoloji, (2020), “İlk Silahlı İnsansız Deniz Aracı’nın prototipi denize iniyor”, (17 Aralık 2020), <https://www.haberbilimteknoloji.com/2020/12/17/ilk-silahli-insansiz-deniz-aracinin-prototipi-denize-iniyor/>. (Erişim Tarihi: 29.06.2021)
- [111] STM, “Otonomi | Suüstü Platformlar”, <https://www.stm.com.tr/tr/inovasyon/otonomi-suustu-platformlar>. (Erişim Tarihi: 29.06.2021)
- [112] T.C. Cumhurbaşkanlığı Savunma Sanayii Başkanlığı, (2018), “İNSANSIZ/OTONOM DENİZ SİSTEMLERİ ENDÜSTRİYEL TASARIM YARIŞMASI İNSANSIZ SU ALTI ARAÇLARI PROTOTİP YARIŞMASI 2018), [https://www.ssb.gov.tr/Images/Uploads/ MyContents/V_20190522164038242196.pdf](https://www.ssb.gov.tr/Images/Uploads/MyContents/V_20190522164038242196.pdf). (Erişim Tarihi: 29.06.2021)
- [113] Ali CANLI, Güray; KURTOĞLU, İsmail; CANLI, M.Ozan; TUNA, Özgür Selman; (2015), “DÜNYADA VE ÜLKEMİZDE İNSANSIZ SUALTI ARAÇLARI (İSAA-AUV & ROV) TASARIM VE UYGULAMALARI”, GİDB DERGİ, <https://www.gidbdergi.itu.edu.tr/sayilar/04/0404.pdf>. (Erişim Tarihi: 29.06.2021)
- [114] Erdem, Ali Kemal; (2020), “Türkiye, insansız silah sistemlerini sevdi: Zırhlı araçlardan, denizaltılara kadar birçok proje devrede”, Independent Türkçe, [https://www.indyturk.com/ node/266766/haber/turkiye-insansız-silah-sistemlerini-sevdi-zırhlı-araçlardan-denizaltılara-kadar](https://www.indyturk.com/node/266766/haber/turkiye-insansiz-silah-sistemlerini-sevdi-zırhlı-araçlardan-denizaltılara-kadar). (Erişim Tarihi: 29.06.2021)
- [115] GÜNEYSU, Gökhan. "Otonom silah sistemleri ve insancıl hukuk" , Türkiye Barolar Birliği, 2013.
- [116] Fatih YILMAZ Mehmet Bilge Kağan ÖNAÇAN “Otonom Gemi Teknolojisine Dair Gelişmeler İle Türk Denizcilik Ve Gemi İnşa Sektörüne Etkileri Üzerine Nitel Bir Araştırma” Dokuz Eylül Üniversitesi İzmir
- [117] Gupta, D. K., “Military Applications of Artificial intelligence ”, Indian Defence Review, March, 2018.

- [118] 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: 10.05.2021)
- [119] Kwon, Yongwon; (2019), “Korean Technical Innovation: toward Autonomous Ship and Smart Shipbuilding to Ensure Safety “, Research Gate, (Eylöl 2019), https://www.researchgate.net/publication/337210582_Korean_Technical_Innovation_to_ward_Autonomous_Ship_and_Smart_Shipbuilding_to_Ensure_Safety. (Erişim Tarihi: 10.05.2021)
- [121] 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: 10.05.2021)
- [122] Azak, M. ve Bayrak, A. E., “A new approachfor threat evaluation and weapon assignment problem, hybrid learning with multi-agent coordination”, <https://www.iscis2008.itu.edu.tr/> , 2018.
- [123] Börteçin Ege, İnsansız Deniz Araçları
- [124] Harsamizadeh N. , Tehrani M. , Heidari Y. , Ghaisari Z. and J. , Development Depth Control And Stability Analysis Of An Underwater Remotely Operated Vehicle (ROV),IEEE ICCA 2010, pp:814-819, doi:10.1109/ICCA.2010.5524051, Xiamen, 2010.
- [125] D. Thai Nguyen, V. Horák, H. Thu Tran , L. The Nguyen and C. Quang Hoang, A Motion Model Of A Complex-Shaped Remotely Operated Underwater Vehicle, 2020
- [126] Costa, N. A.; Holder, E.; mackinnon, S. N. Implementing human centred design in the context of a graphical user interface redesign for ship manoeuvring. Int. J. Hum. Comput. Stud. 2017, 100 (February 2016), 55–65.
- [127] Rivkin, B. S. The tenth anniversary of e-navigation. Gyroscopy Navig. 2016, 7 (1), 90–99.
- [128] UK Maritime & Coastguard Agency. Maritime and coastguard agency marine guidance note. 2016, Vol. 520.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı :
Doğum Yeri :
Doğum Tarihi :
Uyruğu :
Telefon :
E-Posta Adresi :

Eğitim Bilgileri

Lisans

Üniversite :
Fakülte :
Bölümü :
Mezuniyet Yılı :

Yüksek Lisans

Üniversite
Enstitü Adı
Anabilim Dalı
Programı