T.C. KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
DENİZCİLİK İŞLETMELERİ YÖNETİMİ ANABİLİM DALI
DENİZCİLİK İŞLETMELERİ YÖNETİMİ BİLİM DALI

AKILLI GEMİLERİN DENİZ ULAŞTIRMASINDAKİ ETKİ FAKTÖRLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

Kaan KARABULUT

KOCAELİ 2023

T.C. KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
DENİZCİLİK İŞLETMELERİ YÖNETİMİ ANABİLİM DALI
DENİZCİLİK İŞLETMELERİ YÖNETİMİ BİLİM DALI

AKILLI GEMİLERİN DENİZ ULAŞTIRMASINDAKİ ETKİ FAKTÖRLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

Kaan KARABULUT

Doç. Dr. Murat YORULMAZ

KOCAELİ 2023

T.C. KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
DENİZCİLİK İŞLETMELERİ YÖNETİMİ ANABİLİM DALI
DENİZCİLİK İŞLETMELERİ YÖNETİMİ BİLİM DALI

AKILLI GEMİLERİN DENİZ ULAŞTIRMASINDAKİ ETKİ FAKTÖRLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

Tezi Hazırlayan: Kaan KARABULUT
Tezin Kabul Edildiği Enstitü Yönetim Kurulu ve No: 01.02.2023/05

KOCAELİ 2023

ÖNSÖZ

Son yüzyılda yaşanan teknolojik gelişmeler; gemilerin tekne yapısının, tahrik sistemlerinin ve seyir yardımcılarının değişimini beraberinde getirmiştir. Bu değişim sayesinde okyanus geçen gemiler, 1900'lü yıllarda yaklaşık 200 mürettebatla idame edilirken 2000'li yıllarda bu gemiler 20'den az mürettebat ile kullanılabilmektedir. Son 10 yılda ise; yapay zekâ, görüntü işleme, RADAR, LIDAR, SONAR, AIS, elektronik seyir haritası, IR Kamera LTE, 5G gibi teknolojilerin gemilere de uyarlanabilir olması, akıllı gemilerle yani çok daha az mürettebatla uzaktan veya tamamen otonom kontrol edilen gemilerle denizyolu taşımacılığının yapılması hayalini gerçeğe dönüştürmektedir.

Denizyolu taşımacılığı sektörünün paydaşları, hizmet kalitesinden ödün vermeden en yüksek kazancı, dolayısıyla en düşük maliyeti amaçlamaktadır. Akıllı gemilerin, mürettebat maliyetlerini azaltma ve insan hatasını yok etme potansiyeli bu yeni nesil gemilerin deniz taşımacılığında kullanılmasını daha cazip hale getirmektedir. Bu bağlamda denizyolu taşımacılığında kullanımına/testlerine başlanan akıllı gemilerin, deniz ulaştırmasındaki etki faktörlerinin neler olduğu, bu faktörlerin birbirleri arasındaki ilişkinin ortaya konulması ve ağırlıklarının saptanması oldukça önemli bir konudur.

Bu çalışma herhangi bir kurum görüşünü yansıtmamaktadır. Çalışmamın her aşamasında ilgi ve bilgisini esirgemeyen başta tez danışmanım Doç. Dr. Murat YORULMAZ olmak üzere değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Belma BULUT ŞAHİN'e, ayrıca her zaman destekçim olan eşim Burçak ve kızım İstanbul Ayla'ya teşekkürü bir borç bilirim.

Kaan KARABULUT

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ i
İÇİNDEKİLER ii
ÖZET v
ABSTRACT vi
KISALTMALAR LİSTESİ vii
TABLOLAR LİSTESİ x
ŞEKİLLER LİSTESİ xi
GRAFİKLER LİSTESİ xii
RESİMLER LİSTESİ xiii
GİRİŞ 1

BİRİNCİ BÖLÜM

1. KAVRAMSAL İNCELEME 4
1.1. OODA KARAR SÜRECİ 4
1.2. İNSAN-MAKİNA İŞ BİRLİĞİ 8
1.2.1. Döngü İçinde İnsan (Human in Loop) 9
1.2.2. Döngü Üzerinde İnsan (Human on Loop) 9
1.2.3. Döngü Dışında İnsan (Human off Loop) 9
1.3. YAPAY ZEKÂNIN ÖĞRENİMİ 10
1.3.1. Öğrenmeyen Yapay Zekâ 10
1.3.2. Kendiliğinden Öğrenen Yapay Zekâ 11
1.4. OTOMASYON SEVİYELERİ 12
1.5. KONTROL ÇEŞİTLERİ 16
1.5.1. Yerinden (Local) Kontrol 16
1.5.2. Uzaktan (Remote) Kontrol 17
1.5.2.1. Bağlantılı Kontrol 17
1.5.2.2. Bağlantısız Kontrol 17
1.5.3. Özerk-Otonom (Autonomous) Kontrol 18
1.5.4. İstem Dışı Kontrol 18
1.6. KARADAKİ MERKEZ 18
1.7. AKILLI GEMİ KAVRAMI VE ÖRNEKLERİ 21
1.7.1. The Nippon Foundation 24
1.7.1.1. Sea Friend Zero 25

1.7.1.2. The Soleil Feribotu 26
1.7.1.3. The Mikage Konteyner Gemisi..... 27
1.7.1.4. Sunflower Shiretoko Büyük Araç Feribotu 28
1.7.1.5. Suzuka..... 29
1.7.1.6. Yanba Smart Mobility..... 30
1.7.2. AAWA..... 31
1.7.3. Yara Birkeland..... 32
1.7.4. Re Volt 33
1.7.5. Seafar 34
1.7.6. ASKO 36
1.7.7. Zhi Fei 37
1.7.8. Cemre Tersanesi 38
1.7.9. Factofour 39
1.7.10. Iris Leader 40
İKİNCİ BÖLÜM
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI 41
2.1. AKILLI GEMİLERLE İLGİLİ YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR 41
2.1.1. Personel Sayısı..... 43
2.1.2. Yakıt Sarfiyatı..... 43
2.1.3. Bakım/Arıza Onarımı..... 44
2.1.4. Sigorta..... 46
2.1.5. Yatırım Maliyeti..... 46
2.1.6. Yükün Elleçlenmesi 46
2.1.7. İnsan Kaynaklı Hata..... 47
2.1.8. Gemi ve Yük Hasarı 47
2.1.9. Siber Risk 48
2.1.10. Geminin Sevk ve İdaresi 48
2.2. DEMATEL ÇALIŞMALARI..... 49
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
3. YÖNTEM..... 51
3.1. ARAŞTIRMA MODELİ VE KRİTERLER..... 51
3.2. DEMATEL YÖNTEMİ..... 53
3.3. BULANIK DEMATEL YÖNTEMİ 53

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. BULGULAR **58**
4.1. KATILIMCI UZMAN BİLGİLERİ **58**
4.2. TÜM KATILIMCILARINDAN ELDE EDİLEN BULGULAR **61**
4.2.1. Kriter Çiftleri Arasındaki İlişkinin Saptanması **61**
4.2.2. Etki-İlişki Haritasının Oluşturulması **65**
4.2.1. Kriter Ağırlıklarının Bulunması **67**
4.3. KATILIMCI GRUPLAR BAZINDA BULGULAR **67**
4.3.1. Etki-İlişki Haritaları **67**
4.3.2. Kriter Çiftleri Arasındaki İlişkiler **70**
4.3.3. Etki-İlişki Grafikleri **72**
4.3.4. Kriter Ağırlıkları **73**
TARTIŞMA VE SONUÇ **75**
KAYNAKÇA **79**
ÖZGEÇMİŞ **87**
ETİK KURUL İZNİ **88**

ÖZET

Akıllı gemilerin mürettebat maliyetlerine bağlı olarak gemi işletme maliyetlerini düşürme, insan hatasının yok edilerek daha emniyetli ve güvenli seyir yapabilme potansiyelleri ile sürdürülebilir çevreye olan katkıları bu yeni nesil gemilerin deniz taşımacılığında kullanılmasını cazip hale getirmektedir. Denizyolu taşımacılığını farklı bir boyuta taşıyacak yeni nesil gemiler olarak addedilebilecek akıllı gemilerin deniz ulaştırmasındaki etki faktörlerinin neler olduğu, bu faktörlerin birbirleri arasındaki ilişkinin ortaya çıkartmak ve ağırlıklarının saptanması bu çalışmanın temel amacıdır. Ayrıca çalışmanın diğer bir amacı da bu faktörlerin açık deniz veya kıyısal sefer yapan gemiler ile dökme kuru yük ve konteyner taşımacılığı yapan gemi türlerine göre değişip değişmediğini incelemektir. Bu amaçlara yönelik olarak, kıyısal ve açık deniz seferleri yapan konteyner ve dökme kuru yük gemi işletmelerinde çalışan sekiz uzman ile konteyner gemileri ve dökme kuru yük gemilerinde çalışan dört yönetici düzeyindeki gemi insanından anket yöntemi ile elde edilen verilerin analizinde, çok kriterli karar verme yöntemlerinden bulanık DEMATEL yöntemi kullanılmıştır. Araştırmanın bulguları, "yatırım maliyeti" (C5) faktörünün tüm katılımcı gruplar tarafından en önemli faktör olarak görüldüğünü göstermektedir. Ayrıca araştırmada "personel sayısı" (C1) ve "yatırım maliyeti" (C5) faktörleri 'etkileyen faktörler' iken "sigorta gideri" (C4), "yükün elleçlenmesi" (C6), "yakıt sarfiyatı" (C2) faktörleri ise 'etkilenen faktörler' olarak tespit edilmiştir. Araştırma, akıllı gemilerin deniz ulaştırmasındaki etkinliğine yönelik olan faktörleri detaylandırması ve ilişkileri ortaya koyması nedeniyle literatüre katkı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Akıllı gemi, insansız gemi, otonom gemi, gemi işletme, gemi yönetimi.

ABSTRACT

The potential of smart ships to reduce ship operating costs depending on crew costs, to offer safe and secure navigation by eliminating human error, and their contribution to the sustainable environment makes these new generation ships attractive to be used in maritime transportation. The main purpose of this study is to reveal the impact factors of smart ships, which can be considered as new generation ships that will carry maritime transportation to a different dimension, in maritime transportation, to reveal the relationship between these factors and to determine their weights. In addition, another aim of the study is to examine whether these factors change according to the types of ships employed in deep-sea or coastal voyages and the types of ships employed in bulk cargoes and container transportation. For these purposes, fuzzy DEMATEL method, one of the multi-criteria decision-making methods, was used in the analysis of the data obtained by survey method from four experts working in companies that manage short-sea and deep-sea trading bulk carriers and eigth management-level seafaring officers employed in container ships and bulk carriers. Research findings show that the "cost of investment" (C5) factor is seen as the most important factor by all participant groups. In addition, it was determined in the study that "number of personnel" (C1) and "investment cost" (C5) are ‘affecting factors’ whereas “insurance expense" (C4), "cargo handling" (C6), "bunker consumption" (C2) factors are ‘affected factors’. The research contributes to the literature as it details the factors for the effectiveness of smart ships in maritime transportation and reveals the relationships.

Keywords: Smart ship, unmanned ship, autonomous ship, ship operation, ship management.

KISALTMALAR LİSTESİ

AAWA: Advanced Autonomous Waterborne Applications
Gelişmiş Otonom Denizyolu Taşımacılığı Uygulamaları

AL: Autonomy Level
Otonomi Derecesi

ARPA: Automatic Radar Plotting Aids
Otomatik Radar İzleme Desteği

BDI: Baltic Dry Index
Baltık Kuru Yük Endeksi

CA: Collision Avoidance
Çarpışmadan Kaçınma

CEU: Car Equivalend Units
Arabaya Eşdeğer Birim

CFCS: Converting Fuzzy numbers into Crisp Scores
Bulanık Sayıları Net Sayılara Dönüştürme

COLREG: Collition Regulations
Denizde Çatışmayı Önleme Yönetmeliği (DÇÖY)

DFFAS : Designing the Future of Full Autonomous Ship
Geleceğin Tam Otonom Gemi Dizaynı

DWT : Dead Weight
Dedveyt

ECDIS: Electronic Chart Display and Information System
Elektronik Harita ve Bilgi Sistemi

FOC: Fleet Operation Center
Filo Operasyon Merkezi

GMDSS: Global Maritime Distress and Safety System
Küresel Deniz Tehlike Emniyet Sistemi

GNSS: Global Navigation Satellite System
Küresel Navigasyon Uydu Sistemi

GPS: Global Positioning System
Küresel Konumlandırma Sistemi

IMO: International Maritime Organization
Uluslararası Denizcilik Örgütü

ISM: International Safety Management
Uluslararası Emniyet Yönetim

LEG: Legal Comitee (IMO)
IMO Hukuk Komitesi

MASS: Maritime Autonomous Surface Ship
Otonom Deniz Suüstü Gemisi

MCDA : Multiple-Criteria Decision Analysis
Çok Kriterli Karar Analizi

MCDM: Multiple-Criteria Decision-Making
Çok Kriterli Karar Verme

MSC: Maritime Safety Comitee (IMO)
Deniz Emniyeti Komitesi

MUNIN: Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks
Ağ Zekâsı ile Denizde İnsansız Seyrüsefer

RCC: Remote Control Center
Uzaktan Kontrol Merkezi

ROV: Remotely Operated Vehicle
Uzaktan Kumandalı Vasıta

RP : Route Planning
Rota Planlaması ve

SA: Situational Awareness
Durumsal Farkındalık

SCC: Shore Control Center
Kıyı Kontrol Merkezi

SOLAS: Safety of Life at Sea
Denizde Can Güvenliği Uluslararası Sözleşmesi

SSD: Ship State Definition
Gemi Durum Raporu

TEU : Twenty-Foot Equivalent Units
Yirmi Feet Uzunluğunda Konteyner (20'lik Konteyner)

UNCTAD: United Nations Conference on Trade and Development
Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1: İnsanın OODA Karar Süreci 5
Tablo 2: Makina OODA Karar Süreci 6
Tablo 3: Uzaktan Kumandalı Oyuncak Araba OODA Karar Süreci 7
Tablo 4: Deep Blue - AlphaGo OODA Karar Süreci 8
Tablo 5: LR Otomasyon Seviyeleri 12
Tablo 6: MASS Otomasyon Seviyeleri 13
Tablo 7: Akıllı Gemi Kavramına Ait Literatür 21
Tablo 8: Denizcilik Alanındaki DEMATEL Çalışmaları 49
Tablo 9: Belirlenen Kriterler ve Kodları 52
Tablo 10: Akıllı Gemilerin Deniz Ulaştırmasındaki Etki Kriterleri 52
Tablo 11: Dilsel İfadelerin Bulanık Sayı Karşılıkları 54
Tablo 12: Katılımcıları Demografik Özellikleri 59
Tablo 13: Durulaştırılmış Değerler 61
Tablo 14: Eşik Seviyesinin Üzerindeki Etki Şiddetine Sahip Kriter Çiftleri 62
Tablo 15: Kriter Çiftleri Arasındaki Birbirini Etkileme Şiddeti 62
Tablo 16: (R-C) ve (R+C) Değerleri 65
Tablo 17: Kriter Ağırlıkları 67
Tablo 18: Kriter Çiftlerinin Birbirini Etkileme Şiddeti Açık Deniz Seyri 70
Tablo 19: Kriter Çiftlerinin Birbirini Etkileme Şiddeti Kıyısal Seyir 70
Tablo 20: Kriter Çiftlerinin Birbirini Etkileme Şiddeti Dökme Kuru Yük 71
Tablo 21: Kriter Çiftlerinin Birbirini Etkileme Şiddeti Konteyner 71
Tablo 22: Açık Deniz Seyri 73
Tablo 23: Kıyısal Seyir 73
Tablo 24: Dökme Kuru Yük 74
Tablo 25: Konteyner 74
Tablo 26: Katılımcı Gruplara Göre Kriterler Ağırlıklarının Sıralaması 74

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: OODA Karar Süreci 4
Şekil 2: Döngü İçinde İnsan 9
Şekil 3: Döngü Üzerinde İnsan 9
Şekil 4: Döngü Dışında İnsan 9
Şekil 5: Öğrenmeyen Yapay Zekâ 10
Şekil 6: Kendiliğinden Öğrenen Yapay Zekâ 11
Şekil 7: Parasuraman Otomasyon Seviyesi 14
Şekil 8: Önerilen Otomasyon Seviyesi 15
Şekil 9: Bulanık DEMATEL Yöntemi 53
Şekil 10: Bulanık Üçgensel Değerler 54
Şekil 11: Güçlü Seviyedeki Etki-İlişki Grafiği 63
Şekil 12: Orta Seviyedeki Etki-İlişki Grafiği 64
Şekil 13: Açık Deniz Seyri 72
Şekil 14: Kıyısal Seyir 72
Şekil 15: Dökme Kuru Yük 72
Şekil 16: Konteyner 72

GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 1: Katılımcıların Denizcilik Tecrübesi ve Ortalaması 60
Grafik 2: Katılımcıların Yaş Dağılımı ve Ortalaması 60
Grafik 3: Bulanık DEMATEL Yöntemiyle Oluşturulan Etki-İlişki Haritası 66
Grafik 4: Etki-İlişki Haritası Açık Deniz Seyri 68
Grafik 5: Etki-İlişki Haritası Kıyısal Seyir 68
Grafik 6: Etki-İlişki Haritası Dökme Kuru Yük 69
Grafik 7: Etki-İlişki Haritası Konteyner 69

RESİMLER LİSTESİ

Resim 1: Uzaktan Kontrol Merkezi 19
Resim 2: Filo Operasyon Merkezi 19
Resim 3: Uzaktan Kumanda Merkezi 20
Resim 4: Starlink-Maritime Uydu Cihazı 20
Resim 5: Sea Friend Zero Teknesi 25
Resim 6: The Soleil Feribotu 26
Resim 7: The Mikage Konteyner Gemisi 27
Resim 8: Arttırılmış Gerçeklik Yöntemiyle RCC'deki Gemi Görüntüsü 27
Resim 9: Sunflower Shiretoko Büyük Araç Feribotu 28
Resim 10: Suzuka 29
Resim 11: Yanba Smart Mobility 30
Resim 12: AAWA Projesi 31
Resim 13: Yara Birkeland 32
Resim 14: Re Volt Elektrik Bağlantısı 33
Resim 15: Re Volt Prototip 33
Resim 16: Deseo 34
Resim 17: Zonga 35
Resim 18: Seafar Uzaktan Kontrol Merkezi 35
Resim 19: ASKO 36
Resim 20: Zhi Fei 37
Resim 21: Torghatten Nord AS 38
Resim 22: Molslinjen 38
Resim 23: Factofour 39
Resim 24: Iris Leader 40

GİRİŞ

Tüm taşımacılık türlerinde olduğu gibi deniz yolu taşımacılığı da otomasyon ve teknolojideki gelişmeler nedeniyle değişmektedir. Teknoloji, insan gücüne ve zekâsına olan bağımlılığı azaltma eğilimdedir. Daha yüksek seviyelerde otomasyon ve teknolojinin kullanılması, insan gücüne ve zekâsına duyulan ihtiyacın azaltmasının yanında deniz yolu taşımacılık sektörünü daha verimli hale getirmekte ve daha fazla üretkenliği sağlamaktadır.

1964 yılında East Asiatic firmasına ait Andorra isimli gemi, makine dairesinde daimî vardiyanın bulunmadığı, otomasyonun uygulandığı ilk gemi olmuştur (Stopford, 2008). Sonraki yıllarda ise yaşanan teknolojik gelişmeler gemilerin tekne yapısının, tahrik sistemlerinin ve seyir yardımcılarının gelişimini beraberinde getirmiştir. Bu değişim sayesinde okyanus geçen gemiler, 1900'lü yıllarda yaklaşık 200 mürettebatla idame edilirken 2000'li yıllarda 20'den az mürettebat ile kullanılabilmiştir.

Son 10 yılda ise özellikle yapay zekâ ve kablosuz veri aktarım alanlarındaki gelişmeler, limanların yapısını, gemilerin dizaynını, yükün elleçlenmesini kısacası deniz taşımacılığının daha emniyetli, daha doğru ve daha hızlı yapılmasını sağlayacak şekilde otomasyon kazanmasını sağlamıştır. Bu kazanım aynı zamanda insanın dolaylı yollarla (uzaktan ya da önceden programlama) kumanda ve/veya kontrol ettiği yeni bir gemi sınıfının yani akıllı gemilerin oluşmasını sağlamıştır.

Daha az mürettebatla daha emniyetli seyir yapılmasına imkân tanıyan uzaktan veya tamamen otonom kontroldeki bu gemilerle denizyolu taşımacılığı farklı bir boyut kazanmaktadır. Akıllı gemilerin getirdiği potansiyel faydalar, 2015'li yıllarda tartışma aşamasında olan bu gemileri, deniz test ve tecrübe safhasına götürmüş, hatta kısmen de olsa kullanımını sağlamıştır.

Akıllı gemilerde bir geminin sevk ve idaresi için gerekli olan; çevrenin algılanması, gemi ve yük durumu, seyir planı, çatışmadan kaçınma, demirleme-avara-aborda, yükün elleçlenmesi, bakım-onarım gibi fonksiyonların bazıları veya tamamı,

insanın dolaylı yollardan kumandası ve/veya kontrolü ile yerine getirilmektedir. Özellikle gemi ve yük durumu ile çevrenin algılanması gibi bazı gemi sevk ve idare fonksiyonlarının, yeni nesil konvansiyonel gemilerde de direkt olarak insanın kumandasına ve/veya kontrolüne ihtiyacı yoktur. Öte yandan bakım-onarım gibi faaliyetler ise konvansiyonel gemilerde neredeyse tamamen insanla yürütülmekte olup, akıllı gemilerde ise yedekli sistemler gibi kısmi çözümlere gidilmektedir.

Gelişim süreci devam eden akıllı gemilerin avantaj ve dezavantajlarını inceleyen birçok çalışma (Kretschmann vd. 2017; Felski ve Zwolak, 2020; Akbar vd. 2020; Kooij vd. 2021; Kurt ve Aymelek, 2022) yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda akıllı gemilerin geliştirilmesine yönelik faktörleri ortaya koymakla beraber bu faktörlerin birbirleri arasındaki etkileşimin hangi derecede olduğu belirtilmemiştir. Bu bağlamda çalışma, kısıtlı koşullarda kullanımı devam eden akıllı gemilerin deniz ulaştırmasındaki etki faktörlerinin değerlendirilmesine katkı sağlayacağı motivasyonu ile yapılmıştır. Ayrıca çalışmanın diğer bir amacı da bu faktörlerin açık deniz veya kıyısal sefer yapan gemiler ile dökme kuru yük ve konteyner taşımacılığı yapan gemi türlerine göre değişip değişmediğini incelemektir.

Öte yandan akıllı gemilere ilişkin ulusal (Maritime UK, 2019) ve uluslararası regülasyonlar saptanması, düzenleyici çerçevenin oluşturulması çalışmalarına devam edilmektedir. Uluslararası Denizcilik Örgütü (International Maritime Organization-IMO) ilk aşama olarak 2024'ün ikinci yarısında benimsenmesi amacıyla, zorunlu olmayan hedefe dayalı kodun geliştirilmesini, zorunlu olmayan Otonom Deniz Suüstü Gemisi (Maritime Autonomous Surface Ship- MASS) Kodunun uygulanmasında kazanılan deneyimlere sonrasında ise, 1 Ocak 2028'de zorunlu MASS Kodu yürürlüğe girmesi öngörmektedir (IMO MSC 105, 2022). Bu bağlamda akıllı gemilere yönelik hukuksal düzenlemeler devam ettiğinden çalışmamızın dışında bırakılmıştır.

Ayrıca; halihazırda projesi, tecrübesi çalışmaları ya da örneği bulunmayan, çok tehlikeli statüsündeki sıvı yük taşıyan tanker türü akıllı gemiler bu çalışmaya dahil edilmemiştir.

Bu çerçevede; birinci bölümde okuyucunun gemilerde kullanılan otomasyon kavramının açıklanması hedeflenmiş, bu doğrultuda kavramsal çerçeve ana başlığında; karar sürecinin ne olduğu, insan-makina iş birliğinin nasıl yapıldığı, uzaktan kontrol merkezinin yapısı, yapay zekânın öğrenimi, akıllı gemilerin otomasyon seviyeleri, insanın akıllı gemiyi hangi yöntemler ile kontrol ettiği açıklanmaya çalışılmış, son olaraksa akıllı gemi test ve projelerinden örnekler ortaya konulmuştur.

İkinci bölümde hem akıllı gemilere hem de problemin çözümünde kullanılan DEMATEL yöntemine ilişkin literatür çalışmasına yer verilmiştir.

Üçüncü bölümde öncelikle araştırma modelinde kullanılan yöntem detaylıca açıklanmış, sonrasında literatür çalışmasına istinaden belirlenen kriterler detaylandırılmıştır.

Dördüncü bölümde ise anketlerden elde edilen veriler sayısal analiz yöntemi olan DEMATEL yöntemi ile analiz edilmiş; "Kriter Çiftlerinin Birbirini Etkileme Şiddeti", "Etki İlişki Haritası" ve "Kriter Ağırlıkları" bulgularına ulaşılmıştır.

Tartışma ve sonuç bölümde ise dördüncü bölümde ulaşılan bulgular yorumlanmış ve elde edilen sonuçların, literatürdeki diğer çalışmalara benzer veya farklı yönleri ortaya konulmuştur.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. KAVRAMSAL İNCELEME

İnsanın dolaylı yöntemlerle kontrol ettiği gemilerin (akıllı gemiler) konvansiyonel gemilere nazaran avantajlarının öngörülmesi ve tahmin edilmesi, yeni teknolojinin doğası gereği benzersiz zorlukları içermektedir. Bu nedenle akıllı gemilerin deniz ulaştırmasındaki etkilerine ilişkin olarak yorumda bulunmadan önce, bu araçları oluşturan teknik kavramların açıklanmasının faydalı olduğu değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda tezimizin ilk bölümünde akıllı gemilerin deniz ulaştırmasındaki etkilerinin değerlendirilmesinde ihtiyaç duyulacak ya da yardımcı olacak teknik kavramlar anlatılmıştır.

Ayrıca farklı özelliklere sahip uygulamaların tamamı uzmanlar tarafından yapay zekâ olarak adlandırıldığından yapay zekânın tanımı[1] konusunda görüş birlikteliğinin olmadığı söylenebilir (Scherer, 2016: s.359) (Güçlütürk ve Cankat, 2021: s.197). Bu nedenle de akıllı gemilerde kullanılan yapay zekâ; karar süreci, insan makina iş birliği ve yapay zekânın öğrenimi başlıklarında açıklanmaya çalışılmıştır.

1.1. OODA KARAR SÜRECİ

Yapay zekâ destekli karar verme süreçlerini açıklamak için, askeri stratejist John Boyd'un Şekil-1'de gösterilen OODA *(observe, orient, decide, act)* (gözlem, analiz, karar, eylem) karar süreç modeli çalışmasından faydalanılabilir (Bray ve Moore, 2021: s.85).



Şekil 1: OODA Karar Süreci

[1] 46'sı ABD Savunma Bakanlığı ile, dokuzu diğer hükümet temsilcileriyle, altısı akademik personel ile ve 14'ü sektör röportajı olmak üzere toplamda 75 röportajda da benzer sonuca ulaşılmış yapay zekânın tanımı yapılamamıştır. Rapor için bkz. Tarraf, Danielle C., William Shelton, Edward Parker, Brien Alkire, Diana Gehlhaus, Justin Grana, Alexis Levedahl, Jasmin Léveillé, Jared Mondschein, ve James Ryseff (2019) The Department of Defense Posture for Artificial Intelligence: Assessment and Recommendations. Araştırma Raporu, Santa Monica: RAND Corporation. https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR4229.html. s.147.

Bu sürece göre karar verici, öncelikle sensörleri ile çevresi hakkında bilgi toplayarak gözlem yapar ve bu sayede durumsal farkındalık oluşturur. İkinci adımda topladığı bilgileri yorumlayarak analiz eder ve analizi neticesinde olası hal tarzlarını belirler. Üçüncü adımda, analizleri sonucunda belirlediği hal tarzlarından en iyisine karar verir. Son adımda ise verdiği kararı uygular.

OODA karar sürecini anlaşılır kılmak adına herhangi bir yapay zekânın kullanılmadığı, kişinin kendi adının söylendiği yöne doğru bakma sürecini örnekleyecek olursak:

Adım-1Gözlem: İnsan etrafındaki sesleri kulağı sayesinde duyar.

Adım-2Analiz: Duyduğu sesleri beyninde (doğal zekâ) devamlı olarak analiz eder.

Adım-3Karar: Adını duyduğu anda ise, beyin kafasını çevirmeye karar verir.

Adım-4Eylem: İskelet ve kas sistemini kullanarak kafasını beynin emrettiği şekilde çevirir.

Tablo 1: İnsanın OODA Karar Süreci

OODA Karar Süreci	İnsan
Gözlem (Durumsal farkındalığın oluşturulması)	Duyu organları (Çevereyi algılamayı sağlar)
Analiz (Alternatif hal tarzlarının oluşturulması)	Beyin
Karar (Kararın seçimi)	Beyin
Eylem (Seçilen kararın uygulanması)	Kas-İskelet sistemi

Yukarıdaki örneğin benzerini insanın karar sürecinde bulunmadığı, yapay zekâya sahip evcil hayvan (makina) Molfin üzerinden verecek olursak:

Adım-1Makina etrafınındaki sesleri mikrofon alıcıları sayesinde duyar.

Adım-2Duyduğu sesleri yapay zekâ ile devamlı olarak analiz eder.

Adım-3Adını duyduğu anda ise, yapay zekâsı kafasını çevirmeye karar verir.

Adım-4Step motorlarını kullanarak kafasını yapay zekâsının emrettiği şekilde çevirir. (MOLFIN, 2022)

Tablo 2: Makina OODA Karar Süreci

OODA Karar Süreci	Molfin
Gözlem (Durumsal farkındalığın oluşturulması)	Sensörler (Radar, Sonar, Lidar, Isı, Kamera vd.)
Analiz (Alternatif hal tarzlarının oluşturulması)	Yapay zekâ
Karar (Kararın seçimi)	Yapay zekâ
Eylem (Seçilen kararın uygulanması)	Mekanik kısım

Tablo-2'de örneği verilen makinanın karar sürecinde ilk bakışta insan hiç yokmuş gibi görünmektedir. Aslında gerek analiz gerekse karar aşamalarında insanın önceden programladığı yapay zekâ kullanılmaktadır. Bu durum, insanın her zaman makinanın karar döngüsünün parçası (dolaylı veya direkt) olduğunu gösterir. Ancak bölüm 1.3.2'de anlatılan, kendiliğinden öğrenmeye sahip yapay zekânın, bu durumun istisnası olduğu kısmen söylenebilir.

İnsan ve makinanın birlikte yer aldığı uzaktan kumandalı oyuncak arabanın karar süreci OODA karar sürecine göre Tablo-3'te analiz edilmiştir.

Tablo 3: Uzaktan Kumandalı Oyuncak Araba OODA Karar Süreci

OODA Karar Süreci	Uzaktan Kumandalı Oyuncak Araba
Gözlem (Durumsal farkındalığın oluşturulması)	Duyu organları (Göz)
Analiz (Alternatif hal tarzlarının oluşturulması)	Beyin (Önündeki engel nedeniyle sağa dönülmesini ya da hızının azaltılması alternatiflerinin oluşturulması)
Karar (Kararın seçimi)	Beyin (Hızın azaltılmasının seçilmesi)
Eylem (Seçilen kararın uygulanması)	Mekanik kısım (Elektrik motorunun enerjisinin geçici olarak kesilmesi)

İnsan ve makinanın iş birliği uzaktan kumandalı arabanın kontrolündeki karar sürecini ilk iki örnekten farklı hale getirmektedir. Şöyle verilen örnekte gözlem, analiz ve karar safhaları insan tarafından yerine getirilmekte, eylem safhası ise makina tarafından icra edilmektedir.

Verilen örnekte eğer araç üzerine takılan bir kamera bulunduğu varsayımında ise, gözlem safhası da makina vasıtasıyla yerine getirilmiş olacaktır. Bu durumsa makinanın otomasyon seviyesinin artması anlamında gelmektedir.

Yapay zekâ dendiğinde genel olarak algılan, OODA karar sürecindeki analiz ve karar aşamalarının yapay zekâ ya da makina tarafından yerine getirilmesidir. İlk bilgisayarlardan bu yana, bilgisayar bilimcileri bu "dev beyinlerin" performansını insan zihniyle karşılaştırmışlar ve bilgisayarların hesaplama yeteneklerini test etmenin bir yolu olarak satranca yönelmişlerdi. Yıllar içinde birçok bilgisayar birçok satranç ustası ile maç yapmış ve bilgisayarlar kaybetmiştir. 1950'lerin başından beri satranç bilgisayarlarıyla ilgilenen IBM bilgisayar bilimcileri, 1996'da insan satranç şampiyonuna karşı kaybetse de Deep Blue 1997'deki rövanşı kazanmıştır (IBM, 2011).

Satranç oyunundan daha karmaşık yapıya sahip Go oyununda ise AlphaGo, son on yılın en iyi oyuncusu olarak kabul edilen, 18 dünya şampiyonluğu kazanan efsanevi

Go oyuncusu Lee Sedol'e karşı yarıştı. AlphaGo'nun Mart 2016'da Güney Kore'nin Seul kentinde kazandığı 4-1'lik zafer, dünya çapında 200 milyondan fazla kişi tarafından izlenmiştir (Deep Mind, 2018). Tablo-4'te satranç ve go oyunlarının OODA karar süreci analiz edilmiştir.

Tablo 4: Deep Blue - AlphaGo OODA Karar Süreci

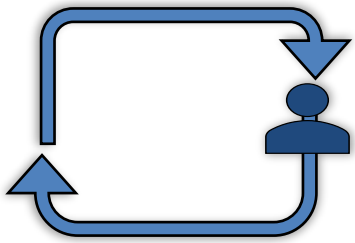
OODA Karar Süreci	Deep Blue - AlphaGo
Gözlem (Durumsal farkındalığın oluşturulması)	Duyu organları (Göz)
Analiz (Alternatif hal tarzlarının oluşturulması)	Yapay Zekâ (Evrendeki atom sayısından fazla hamleyi analiz eder)
Karar (Kararın seçimi)	Yapay Zekâ (Oynanacak tek bir hamleye karar verir)
Eylem (Seçilen kararın uygulanması)	Kas-İskelet Sistemi (Oyun tahtası üzerinde gerekli hamleyi insan yapar)

1.2. İNSAN-MAKİNA İŞ BİRLİĞİ

İnsan ve makinanın iş birliğindeki nihai hedef; yapılacak eyleme en hızlı, en az riskle, en ekonomik şekilde ve devamlı suretle karar verilmesinin sağlanmasıdır. Bu karar yapay ve doğal zekânın müşterekliğine dayanmaktadır. Bir makinanın üzerinde insan bulunmaması, insandan bağımsız olduğu anlamında gelmez. İnsanın makinaya nasıl bağlantılı olduğu kontrol çeşitlerinde başlığında anlatılacaktır. Makinanın insandan bağımsızlık seviyesi, otomasyon (dış müdahale (insan) olmadan çalışabilme) seviyesiyle ölçülebilir (Ersoy, 2020: s.22). İnsan, makinanın gerçekleştirdiği karar sürecinin dört aşamasının her adımında; sürece dahil olabilir (in the loop), süreci gözetleyebilir (on the loop) ya da sürecin dışında (out of loop) bulunabilir. Çok fonksiyonlu makinalar olarak düşünebileceğimiz gemilerin ise, seyir fonksiyonu gibi bazı süreçlerine insan dahil olurken, makina kontrol fonksiyonu gibi bazı süreçlerini sadece gözetleyebilir ya da bu süreçlerin tamamen dışında bulunabilir (Karabulut ve Yorulmaz, 2021: s.434). Yine çok fonksiyonlu makina olan akıllı gemilerin kullanımındaki insan-makina iş birliği seviyesinin ne olduğu, bu gemilerin risk değerlendirmesinin temelini oluşturmaktadır.

1.2.1. Döngü İçinde İnsan (Human in Loop)

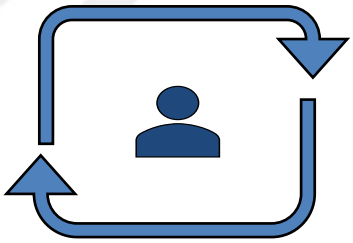
Yapay zekâ karar döngüsünü tamamlamak maksadıyla insana gereksinim duyar. Şekil-2'de gösterilen üzere bu etkileşim seviyesinde insan döngüye daimî olarak dahil olmaktadır.



Şekil 2: Döngü İçinde İnsan

1.2.2. Döngü Üzerinde İnsan (Human on Loop)

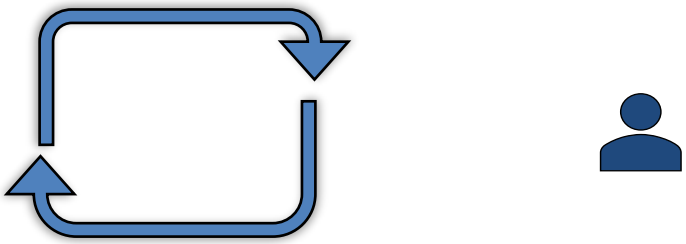
Yapay zekâ, Şekil-3'ten gösterilen karar döngüsünü tamamlamak maksadıyla insana gereksinim duymaz ancak insan döngüyü dışarıdan denetler. İnsan, istediğinde döngüyü veto ederek sürece dahil olur ya da yapay zekâ döngüyü tamamlayamadığında insana danışır.



Şekil 3: Döngü Üzerinde İnsan

1.2.3. Döngü Dışında İnsan (Human off Loop)

Yapay zekâ Şekil-4'te gösterildiği gibi döngüyü tamamlamak maksadıyla insana gereksinim duymaz, insan döngü sürecine dahil olmaz.



Şekil 4: Döngü Dışında İnsan

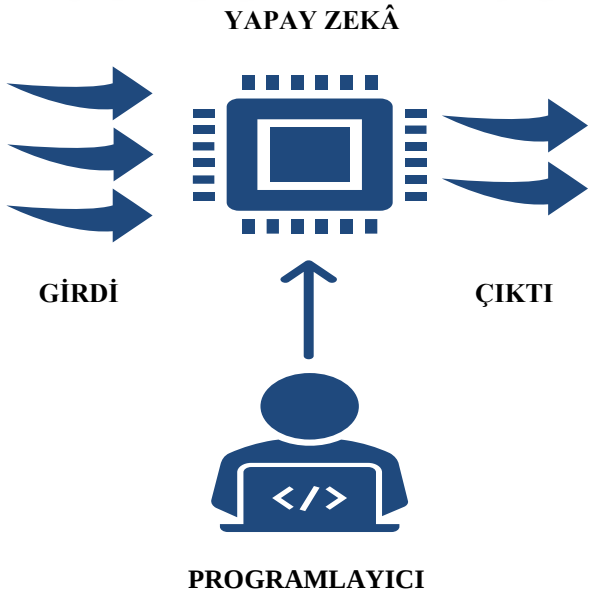
1.3. YAPAY ZEKÂNIN ÖĞRENİMİ

Bir hedefe kolay, hızlı ve/veya hatasız ulaşmak adına insan tarafından yazılmış kodlar (emir ve tarifler) bütünü olan yapay zekâ, önceden programlanmış (yazılmış) emirleri, insan tarafından çizilen sınırlar dahilinde yerine getirir.

Davranışların öngörülmesi bağlamında yapay zekâyı kendiliğinden öğrenebilen ve kendiliğinden öğrenmeyen yapay zekâ olarak iki alt başlığa ayırabiliriz. Her iki başlığın da ortak noktası yapay zekâ sınırının, her zaman programlayıcı insan tarafından çizilmesidir.

1.3.1. Öğrenmeyen Yapay Zekâ

Eğer yapay zekânın kodları dahilinde öğrenme yetisi mevcut değilse; yapay zekâ, Şekil-5'te sunulduğu gibi programlayıcı insanın verdiği salt emirleri yerine getirir. Bu tür yapay zekâ tarafımızca öğrenmeyen yapay zekâ olarak adlandırılmış olup, dar (Carriço, 2018: s.30) veya zayıf (Russell ve Norvig, 2003: s.947) yapay zekâ olarak literatürde adlandırılır.



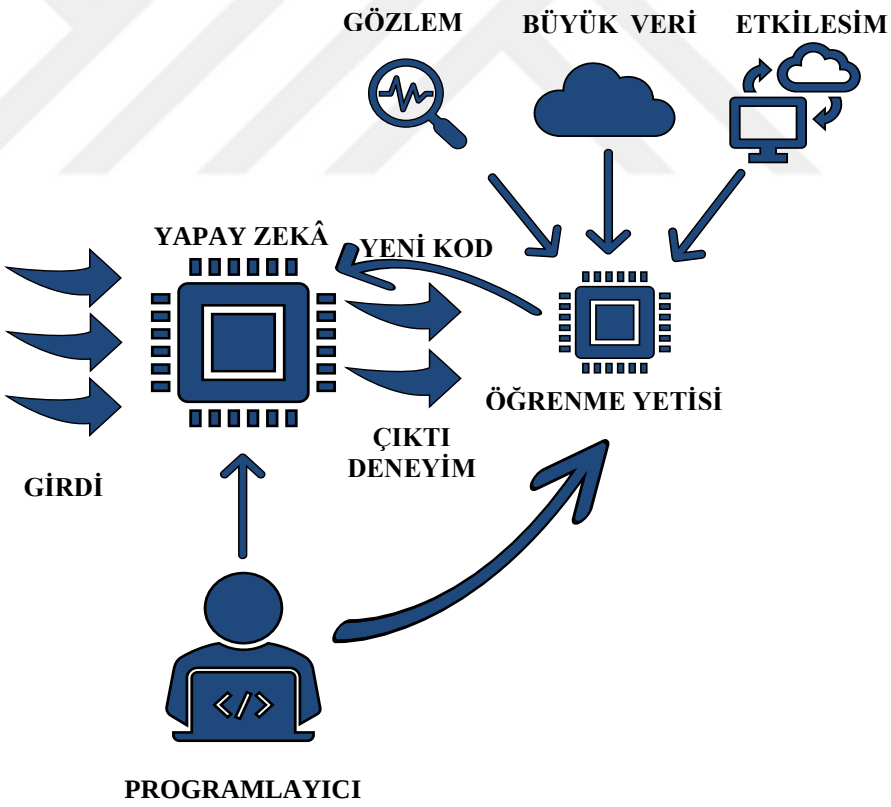
Şekil 5: Öğrenmeyen Yapay Zekâ

Kaynak : Yazar tarafından hazırlanmıştır.

1.3.2. Kendiliğinden Öğrenen Yapay Zekâ

Eğer ki, yapay zekânın kodları dahilinde öğrenme yetisi mevcutsa, yapay zekâ kendiliğinden Şekil-6'daki gösterildiği gibi gözlem yapar, geçmiş deneyimden faydalanır, diğer makinalarla etkileşime girer veya büyük veriyi analiz ederek kendi örüntüsünü kurabilir. Bunun neticesinde kendi kendine kodlar yazarak kendini geliştirebilir, bir nevi kendi evrimleşmesini sürdürür (Singer, 2009: s.110).

Bu tür yapay zekâ tarafımızca kendiliğinden öğrenen yapay zekâ olarak adlandırılmış olup, genel (Carriço, 2018: s.30), güçlü (Russell ve Norvig, 2003: s.952) veya makina öğrenimi (Arthur, 1959: s.210) yapay zekâ olarak da literatürde adlandırılır. Bu tür yapay zekâya programlayıcısı tarafından sınır getirilmez ise sınırsız bir öğrenme oluşabilir.



Şekil 6: Kendiliğinden Öğrenen Yapay Zekâ

Kaynak : Yazar tarafından hazırlanmıştır.

Kendiliğinden öğrenme yetisi de aslında yapay zekânın alt bileşenidir. Esasında insan, yapay zekânın öğrenme yetisini sınırlandırabilir ya da yapay zekâ da belirlenecek çekirdek kodlara (etik kurallara) (G20, 2019) öğrenme yetisinin müdahalesini önleyebilir. Böylece yapay zekânın evrimi istenilen doğrultuda gelişir. Eğer bu yapılmaz ise; öğrenme yetisi sonsuz hafıza, sonsuz veri ve yeterli zamanla birleşerek öngörülemeyen sonuçlar doğurabilir. Bu çerçeveden ele alındığında yapay zekâ için belirlenen etik kurallara tüm insanlık olarak uyulması, robotların Dünya'yı ele geçirmesi gibi şimdilik bilim kurgu olan senaryoların gerçekleşmesini teorik olarak engelleyecektir.

1.4. OTOMASYON SEVİYELERİ

Akıllı gemilerin otomasyon düzeyini belirlemek için Lloyd's Register-LR Temmuz 2016'da AL0'dan AL6'ya yedi seviyeye sahip bir otomasyon ölçeği önermiştir (Lloyd's Register, 2016). Böylece akıllı gemilerin otomasyon seviyesi ilk kez sınıflandırılmıştır. LR tarafından önerilen bu sınıflandırma Tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo 5: LR Otomasyon Seviyeleri

SEVİYE	TANIM
AL0	Otomasyon yok.
AL1	Bütün fonksiyonlar mürettebat tarafından yerine getirilirken yalnızca karar destek sistemi olarak otomasyondan faydalanılır.
AL2	Gemide veya uzaktan faaliyet gösteren otonom sistemler mevcuttur.
AL3	Kararlar insan gözetiminde ve otoritesinde otonom sistem tarafından verilir. (Human-in-loop)
AL4	Kararlar otonom sistem tarafından verilir. Ancak kritik kararlar insan gözetiminde ve otoritesinde verilir. (Human-on-loop)
AL5	Nadiren insan gözetimine ihtiyaç duyulur.
AL6	Geminin tüm fonksiyonları insandan bağımsız yürütülür.

Kaynak: (Lloyd's Register, 2016)

LR'nin yapmış olduğu sınıflandırmanın basamakları, herhangi bir otomasyonun olmadığı sıradan tekneler (AL0) ile başlarken, insan-makinenin ortak karar verme sistemlerinin bulunduğu konvansiyonel gemiler (AL1 ve AL2) ile devam eder, bunu

uzaktan kontroldeki özerk gemiler (AL3-AL5) takip eder ve manuel çalışmanın bulunmadığı (AL6) gemilerse son seviyeyi oluşturur.

IMO ise akıllı gemiler için Tablo 6'da sunulan dört otonomi düzeyini tanımlamıştır.

Tablo 6: MASS Otomasyon Seviyeleri

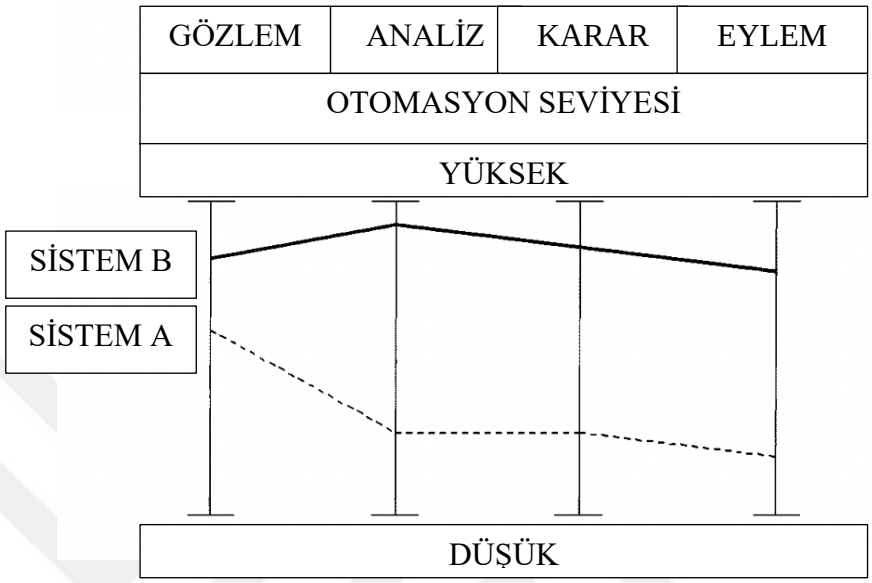
SEVİYE	TANIM
MASS-1	Gemi bazı fonksiyonları otomatikleştirilmiş olabilir, ancak gemide her an kontrolü ele almaya hazır mürettebat vardır.
MASS-2	Gemi, başka bir yerden uzaktan kontrol edilir ve gemide her an kontrolü ele almaya hazır mürettebat vardır.
MASS-3	Gemi, başka bir yerden uzaktan kontrol edilir ve gemide gemi adamı yoktur.
MASS-4	Gemi tüm fonksiyonları insandan bağımsız yürütür.

IMO'nun yapmış olduğu otomasyon seviyesine göre MASS-1 ve 2 seviyesindeki akıllı gemide mürettebat bulunurken, MASS-2 ve 3 seviyesindeki akıllı gemi uzaktan kontrol edilir, MASS-4 seviyesindeki akılı gemi ise manuel çalışmanın olmadığı gemilerdir.

Akıllı gemilere yönelik olarak yukarıda belirtilen her iki otomasyon seviyesinde de genel ifadelerin kullanıldığı, otomasyon seviyelerinin çoğunlukla navigasyona yani seyir fonksiyonlarına ilişkin olduğu görülmektedir. Ancak navigasyon (seyir), denizcilik operasyonlarının yalnızca bir bölümüdür. (Poornikoo ve Overgard 2022: s.295).

Gemi sevk ve idaresi; avara/aborda, demirleme, yük elleçleme ve bakım-onarım gibi birçok temel işlevi de içerir. Bahse konu otomasyon seviyelerinde bu hususun dikkate alınmadığı söylenebilir.

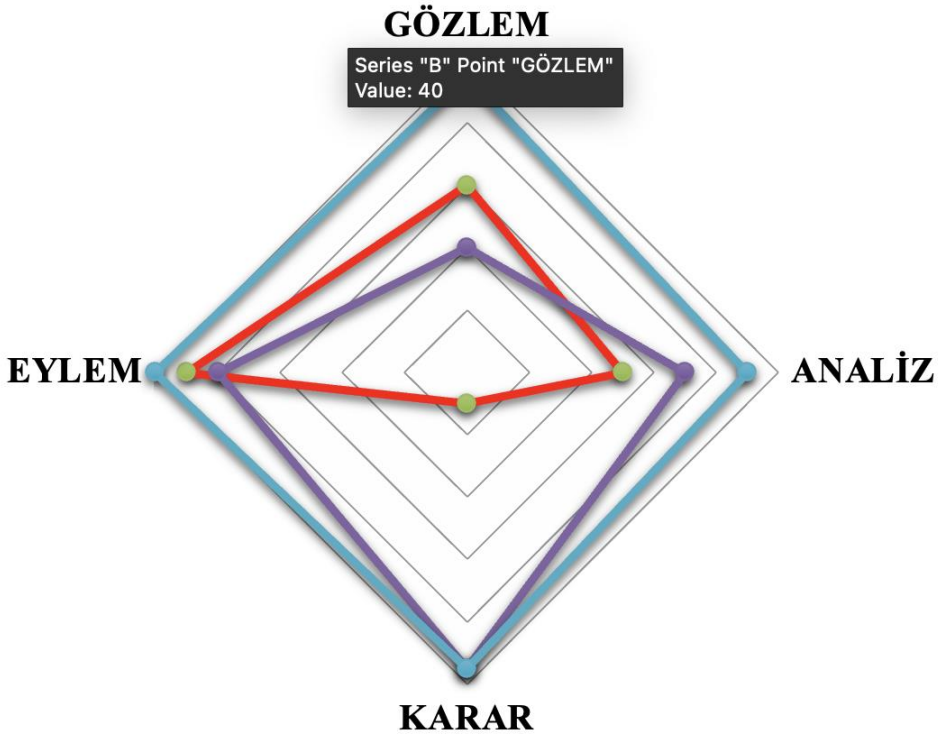
Parasuraman vd. (2000) makinanın otomasyon seviyesini OODA karar süreci ile bütünleşik olarak ele almış ve Şekil-7'de yer alan ölçeği sunmuştur. Bu ölçeğin dezavantajı karşılaştırılan iki sistemin OODA karar sürecinin tümünü birden değerlendirmesidir.



Şekil 7: Parasuraman Otomasyon Seviyesi

Kaynak : (Parasuraman vd. 2000)

Akıllı gemilerin otomasyon seviyelerini ortaya koymak için Parasuraman'ın (2000) otomasyon seviye ölçeğini geliştirerek Şekil-8'deki otomasyon seviyesi ölçeğini önerebiliriz. Bu ölçümde dörtgenin alanı otomasyon seviyesini vermektedir. Karar süreç basamaklarının da birbirlerine göre ölçeklendirilmesiyle makinanın genel otomasyon seviyesi hakkında bilgi sahibi olunabilecektir.



Şekil 8: Önerilen Otomasyon Seviyesi

Bu otomasyon seviyesinin avara/aborda, demirleme, yük elleçleme ve bakım-onarım gibi bilumum gemi sevk ve idare fonksiyonları için ayrı ayrı oluşturulması akıllı gemiler için anlam ifade edecektir. Böylece akıllı gemilerin otomasyon seviyelerinin özellikle ticari rizikoları belirleyecek şekilde kapsamlı olarak düzenlenmesi gerekliğinin (Karabulut ve Yorulmaz, 2021) sağlanabileceği değerlendirilmiştir.

1.5. KONTROL ÇEŞİTLERİ

Tüm makinalarda olduğu gibi gemilerdeki kontrol yöntemleri de "yerinden kontrol", "uzaktan kontrol", "özerk kontrol" ve "istem dışı kontrol" olarak sınıflandırılabilir. Akıllı gemilerinin deniz ulaştırmasındaki etkileri, bulunduğu kontrol türüne göre değişkenlik gösterir. Örneğin akıllı bir gemi seyir tehlikelerinin (sığlık, batık gemi vb.) bulunduğu deniz alanlarında iken yerinde kontrolde, açık denizde iken özerk kontrolde, kıyıya yakın seferlerini uzaktan kontrolde icra edebilirken; avara-aborda manevralarını yerinden kontrolde gerçekleştirilebilir. Hatta aynı gemideki makina fonksiyonları özerk olarak kontrol edilebilirken, seyir fonksiyonları yerinden kontrol yöntemi ile sağlanabilir (Karabulut ve Yorulmaz, 2021).

Bu nedenle aşağıda belirtilen kontrol türleri, gemilerin kullanım amacı doğrultusunda birbirlerinin tamamlayıcısı, alternatifi veya yedeği olarak seçeneklendirilebilir.

Kontrol türü, yukarıda belirtilen insan-makina iş birliğinin yöntemini açıklamaktadır. Ayrıca, kontrol türü otomasyon seviyesi olmamakla beraber akıllı geminin taşıdığı rizikoların tespitinde otomasyon seviyesi ile birlikte direkt olarak ilişkilidir.

1.5.1. Yerinden (Local) Kontrol

Deniz aracının, kontrolü için bağımlı olduğu insan ile aynı platformda olduğu kontrol türüdür. Bu kontrol türünde karar verici insan, sensörlerden gelen verileri kullanarak durumsal farkındalığı oluşturur ya da gemide bulunan cihazların yapay zekâ kullanarak oluşturmuş olduğu durumsal farkındalıkları değerlendirerek yapacağı eyleme karar verir. Bu kontrol türünde önemli olan, nihai karar vericinin insan olması ve kontrol ettiği deniz aracı ile platformda bulunmasıdır. Tüm konvansiyonel gemiler yerinden kontrole örnek gösterilebilir.

1.5.2. Uzaktan (Remote) Kontrol

Deniz aracının, kontrolü için bağımlı olduğu yapay zekâ ve/veya insan ile aynı platformda olmadığı kontrol türüdür. Bu kontrol türünde deniz aracında bulunmayan karar verici (insan/ yapay zekâ), sensörlerden gelen verileri kullanarak durumsal farkındalığı oluşturur ya da gemide bulunan cihazların yapay zekâ kullanarak oluşturmuş olduğu durumsal farkındalıkları değerlendirerek yapacağı eyleme karar verir ve verdiği kararı eylemi uygulayacak gemiye aktarır. Bu kontrol türünde önemli olan, nihai karar verici ile kontrol edilen deniz aracının aynı platformda bulunmamasıdır. Deniz aracı ile uzaktaki karar verici arasındaki iletişimin sağlanamaması halinde, deniz aracı teknik özelliğine göre ya otonom kontrole geçer ya da kontrolsüz kalır. Uzaktan kontrol herhangi bir derecelendirme içermeksizin bağlantılı ve bağlantısız olmak üzere iki alt kategoriye ayrılır.

1.5.2.1. Bağlantılı Kontrol

Deniz aracı ile kontrolü için bağımlı olduğu yapay zekâ ve/veya insan arasında fiziksel bağlantının (kablo vb.) bulunduğu uzaktan kontrol türüdür. Bu kontrol türünün, bağlantısız kontrol türüne göre iletişim sorunları daha az iken; dezavantajı ise kontrol edilen deniz aracının ana gemiden/karadan kablo ile kontrolü nedeniyle hareket kabiliyetinin kısıtlanmasıdır. Bağlantılı kontrol türündeki gemilerin sivil denizcilikte kullanımına rastlanmamakla birlikte askeri maksatlı kullanılan sualtı araçları ve torpidolar, bağlantılı kontrole örnek verilebilir.

1.5.2.2. Bağlantısız Kontrol

Deniz aracı ile kontrolü için bağımlı olduğu yapay zekâ ve/veya insan arasında fiziksel bağlantının (radyo dalgaları, ışık, ses, uydu kontrol vb.) bulunmadığı uzaktan kontrol türüdür. Bu kontrol türünde, bağlantılı kontrol türüne göre hareket kabiliyeti iyileşmiş olmasına karşın, iletişim hızı ile veri büyüklüğünün az olması ve iletişim güvenliğinin sağlanması gibi çeşitli sorunlar vardır. Hali hazırda seyir tecrübeleri devam eden Yara Birkeland ve Zhi Fei gibi akıllı gemiler bağlantısız kontrole örnek olarak verilebilir.

1.5.3. Özerk-Otonom (Autonomous) Kontrol

Deniz aracının, kontrolü için bağımlı olduğu yapay zekâ ile aynı platformda olduğu kontrol türüdür. Bu kontrol türünde deniz aracında bulunan, karar verici yapay zekâ, sensörlerden gelen verileri kullanarak oluşturmuş olduğu durumsal farkındalıkları değerlendirerek yapacağı eyleme karar verir. Bu kontrol düzeyindeki araçlar, insanın vereceği emirler doğrultusunda, önceden programlandığı şekilde kendi kendine hareket eder. Başka bir deyişle insan, verdiği emrin icrası için gerekli tüm alt karar döngülerinin dışındadır.

1.5.4. İstem Dışı Kontrol

Deniz aracının, kontrolünden sorumlu olanın iradesi dışında kontrol edilmesidir. Bu kontrol türü, istem dışı arıza neticesinde oluşabilecek kontrol güçlüğü ya da kontrolsüzlük ile karıştırılmamalıdır. Uzaktan kontroldeki geminin siber saldırı sonucu sorumlu personel dışında kontrol edilmesi, istem dışı kontrole örnek olarak verilebilir.

1.6. KARADAKİ MERKEZ

Akıllı gemiler, gemi üzerinde mürettebat bulunmaksızın, literatürde Uzaktan Kontrol Merkezi (Remote Control Center - RCC) (Maritime UK, 2019), Kontrol Merkezi (Sözer, 2022), Kontrol Birimi (Sözer, 2022), Kıyı Kontrol Merkezi (Shore Control Center - SCC) (MUNIN, 2016), Uzaktan Kumanda Merkezi (Remote Operating Center - ROC) (Kongsberg, 2022), Filo Operasyon Merkezi (Fleet Operation Center - FOC) (The Nippon Foundation, 2022d) gibi farklı kavramlarla isimlendirilen birimlerdeki operatörler vasıtasıyla uydu, radyo, LTE, 5G gibi veri transfer yöntemleri kullanılarak kablosuz olarak karadaki merkezlerden kumanda ve/veya kontrol edilirler. Bu merkezlerin görsel örnekleri Resim 1-3'te sunulmuştur.



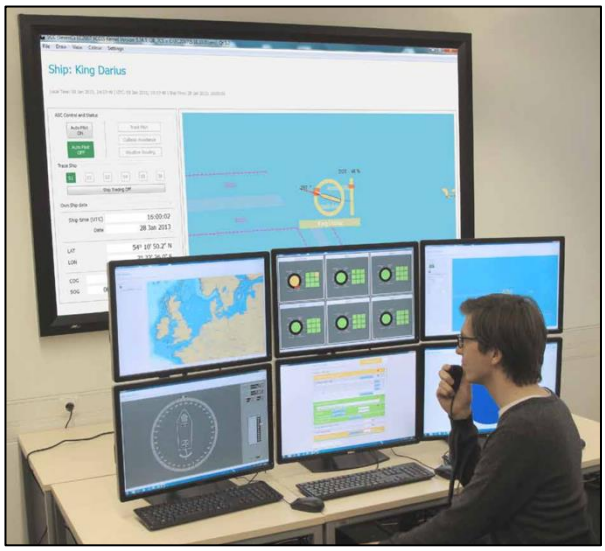
Resim 1: Uzaktan Kontrol Merkezi

Kaynak : (Maritime UK, 2019)



Resim 2: Filo Operasyon Merkezi

Kaynak: (The Nippon Foundation, 2022d)



Resim 3: Uzaktan Kumanda Merkezi

Kaynak: (Kongsberg, 2022)

Bu merkezlerde (hukuksal pencereden bağımsız olarak) aynı anda birden fazla gemi tek kişiyle teknik olarak kontrol edilebilmektedir. Günümüzde Resim-4'te gösterilen küçük veri aktarım cihazlarıyla (Starlink-Maritime gibi) yüksek hızda (350 mb), düşük gecikme (Starlink, 2022) ile denizde veri aktarımının sağlanabilir olması; uzaktan kontrol merkezi şirketlerinin, deniz yolu taşımacılığı paydaşlarının arasında yer alacağı kanısını oluşturmaktadır.



Resim 4: Starlink-Maritime Uydu Cihazı

Kaynak: (Starlink, 2022)

1.7. AKILLI GEMİ KAVRAMI VE ÖRNEKLERİ

İnsan müdahalesinin çok az ve dolaylı yöntemlerle uzaktan yapılan gemiler ile insan müdahalesinin hiç olmadığı özerk gemiler üzerinde anlaşmaya varılmış uluslararası bir terminoloji bulunmamakta, Tabol-7'de sunulduğu üzere literatürde farklı kavramlar kullanılmaktadır.

Tablo 7: Akıllı Gemi Kavramına Ait Literatür

KISALTMA	AÇILIM	AÇIKLAMA
UMS	Unmanned Systems İnsansız Sistemler	İnsansız sistemlerin tamamı için kullanılır. (Sparrow, 2009)
MAV	Maritime Autonomous Vehicle Otonom Deniz Aracı	Daha çok askeri maksatlı kullanılan deniz araçlarını tanımlamak için kullanılmaktadır. (Klein, 2019)
ROV	Remotly Operated Vehicle Uzaktan Kontrol Edilen Araç	Güç ve iletişim sağlayan bağlantı sayesinde uzaktaki bir operatör tarafından kontrol edilir. (Blidberg, 2001)
UUV	Unmanned Underwater Vehicle İnsansız Sualtı Aracı	Sualtı aracı kendi yerleşik gücünü içerir, ancak bir tür iletişim bağlantısı aracılığıyla bir operatör tarafından uzaktan kontrol edilir. (Blidberg, 2001)
USV	Unmanned Surface Vehicle İnsansız Suüstü Aracı	İnsanın bulunmadığı suüstü aracıdır. (Liu vd. 2016)
AUV	Autonomous Underwater Vehicle Otonom Sualtı Aracı	Kendi gücünü içeren ve önceden tanımlanmış bir görevi yerine getirirken kendini kontrol eden bir sualtı aracıdır. (Marani vd. 2009)

KISALTMA	AÇILIM	AÇIKLAMA
ASV	Autonomous Surface Vehicle Otonom Suüstü Aracı	Bağlantı olmaksızın, önceden programlamış olarak kendi kendini kontrol eden suüstü aracıdır. (Wynn vd. 2014)
UMV **İDA**	Unmanned Marine Vehicle İnsansız Deniz Aracı	İnsanın bulunmadığı deniz aracıdır. (Wang vd. 2018)
MASS	Maritime Autonomous Surface Ship Otonom Suüstü Gemisi	Değişken derecelerde insan etkileşiminden bağımsız çalışabilen gemidir. (IMO, 2018)
-	Uncrewed Ship Mürettebatsız gemi	Gemilerin işletiminde insan faktörünün daima olacağı varsayımıyla hukuksal alt yapının oluşumu maksadıyla oluşturulmuştur. (Sözer, 2022)
-	Self steering ship Kendi kendini yöneten gemi	
-	Unmanned Ship İnsansız Gemi	Geniş kapsamlı üst düzey bir kavramdır. Bire bir çevirisi *insansız gemi* olmasına karşın hukuksal mülahazalar nedeniyle *mürettebatsız gemi* olarak çevrilmelidir. (Sözer, 2022)
-	Smart Ship Akıllı Gemi	Hukuksal mülahazalara uygun, geniş kapsamlı üst düzey bir kavramdır. Bu çalışmada kullanılan, tarafımızca da benimsenen tanımdır. (Geertsma vd. 2017) (Karabulut ve Yorulmaz, 2021)

Kaynak : Yazar tarafından hazırlanmıştır.

Akıllı gemilerin denizcilik sektöründe yer almaya başlaması, bu tür gemilerin hem kendi aralarındaki hem de konvansiyonel insanlı gemilerle etkileşimlerinin düzenleyici bir çerçeveye alınmasına ihtiyaç olduğunu ortaya koymuştur.

Buna yönelik olarak; IMO ve Deniz Güvenliği Komitesinin (Maritime Safety Committe-MSC) 20-29 Nisan 2022 tarihleri arasında toplantısında Deniz Otonom Yüzey Gemilerinin (Maritime Autonomous Surface Ships-MASS) işleyişinin düzenlenmesine ve 1 Ocak 2028 itibarıyla da SOLAS ve diğer IMO enstrümanları aracılığıyla, uygulamaya geçilmesine karar vermiştir (MSC-105, 2022).

Ayrıca Llyod's Register, DNV ve Bureau Veritas gibi çeşitli klas kuruluşları akıllı gemilerin işletim ve inşası gibi bazı regülasyonlar yapmıştır (Lloyd’s Register 2016; DNV, 2018; Bureau Veritas, 2022).

Gelişen teknoloji paralelinde akıllı gemilerin konvansiyonel gemilere nazaran avantajları birçok farklı akıllı gemi projesinin gerçekleşmesini sağlamıştır. Yukarıda bahsedilen bu regülasyonların yapılma ihtiyaçlarını oluşturan, test ve tecrübeleri devam bazı önemli akıllı proje örnekleri sonraki başlıklarda sunulmuştur. Bu yeni nesil gemiler yük/yolcu taşımacılığı, römorkör, bilimsel faaliyetler hatta afet yardımı gibi birbirinden farklı amaçlar için kullanılmaktadır.

1.7.1. The Nippon Foundation

Japon Nippon Vakfı, 2025 yılında tamamen otonom gemi seferlerinin icrası hedefiyle Şubat 2020'de MEGURI2040 yani Geleceğin Tam Otonom Gemi Dizaynı (Designing the Future of Full Autonomous Ship - DFFAS) Konsorsiyumu dahilinde akıllı gemi programını başlatmıştır.

Vakfın amacı, arttırılmış güvenlik, mürettebat tasarrufu ve maliyetin azaltılması dahil olmak üzere kıyı taşımacılığındaki sorunların çözülmesine yardımcı olmaktır. Öte yandan tam otonom bir gemi için en büyük sorunlardan biri arıza tahminidir. Bu bağlamda sevk sistemleri başta olmak üzere makina izleme teknolojileri de geliştirilmekte ve test edilmektedir. Ayrıca, uzaktan kontrol merkezi vasıtasıyla kumanda ve kontrol başta olmak üzere, veri güvenliğinin korunması ve siber tehditler de dahil otonom seyrüseferin gerekli olan çeşitli başka teknolojileri de geliştirilmektedir (The Nippon Foundation, 2022b).

Sonraki başlıklarda yer alan testlerin The Nippon Foundation'ın Japonya'nın yapay zekâ, bilgi ve iletişim teknolojisi ve görüntü işleme gibi alanlarda ileri teknolojilerini göstermesinin yanı sıra, akıllı gemileri için “gelecek endüstrisi” potansiyeline sahip olduğu söylenebilir.

1.7.1.1. Sea Friend Zero

Vakıf ilk olarak 11 Ocak 2022'de, Marubeni Corporation şirketi liderliğinde Resim-5'de gösterilen tamamen otonom Sea Friend Zero teknesi, Kanagawa Eyaletindeki Yokusuka Şehri kıyılarındaki bir ada olan Sarushima çevresindeki sularda avara-aborda faaliyetleri dahil otonom olarak seyretmiştir (The Nippon Foundation, 2022a).



Resim 5: Sea Friend Zero Teknesi

Kaynak: (The Nippon Foundation, 2022a)

Bu uygulanmanın, küçük teknelerin açık deniz adalarında yaşayanların günlük yaşamlarını desteklemek için kullanılmasına olanak sağlaması dolayısıyla, yarısından fazlası 50 yaşın üzerinde olan Japonya'daki mürettebat sorununu çözmesi beklenmektedir (The Nippon Foundation, 2022a).

1.7.1.2. The Soleil Feribotu

Vakıf, ikinci testi için yeni inşa edilen Resim-6'da sunulan Soleil feribotunu seçmiştir. Bu feribot 1 Temmuz 2021'den itibaren mürettebatla beraber seyrederek akıllı gemi navigasyon sisteminin geliştirilmesi için veri toplamaya başlamıştır (The Nippon Foundation, 2022b). Bu durum akıllı gemilerde de makina öğreniminin kullanıldığı göstermektedir.

Testler, yeterli verilerin eldesi sonrasında; Mitsubishi Shipbuilding Co. şirketinin liderliğinde kısıtlı görüş şartlarında bile diğer gemileri tespit edebilen kızılötesi kameralara sahip yüksek hassasiyetli görüntü analiz sistemi ve otomatik çarpışmadan kaçınma işlevi içeren SUPER BRIDGE-X otonom navigasyon sistemi ve gelişmiş otomatik limana avara/aborda özeliklerine haiz esim 20'de gösterilen, 222 metre uzunluğundaki, akıllı feribot Soleil ile18 Ocak 2022'de gerçekleştirmiştir. Kuzey Kyushu'daki Shinmoji'den Iyonada'ya uzanan 130 nm'lik rotada, maksimum 26 knot hızla yaklaşık 7 saat sürmüştür.



Resim 6: The Soleil Feribotu

Kaynak: (The Nippon Foundation, 2022b)

1.7.1.3. The Mikage Konteyner Gemisi

Vakfın 24-25 Ocak 2022 tarihleri arasında gerçekleştirdiği üçüncü testinde, Resim-7'de göresli sunulan, tamamen otonom, 95 metre boyundaki, 194 TEU taşıma kapasiteli Mikage konteyner gemisi, Fukui Eyaletindeki Tsuruga'dan Tottori Eyaletindeki Sakaiminato'ya kadar yaklaşık 130 nm'lik bir rotada seyretmiştir (The

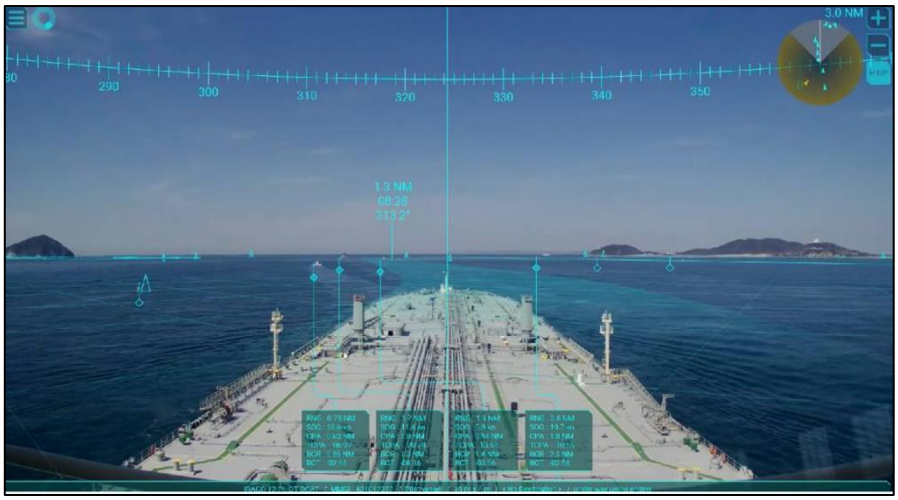


Nippon Foundation, 2022c).

Resim 7: The Mikage Konteyner Gemisi

Kaynak: (The Nippon Foundation, 2022c)

Testte, akıllı konteyner gemisinin tamamen makina öğrenimin yeteneğine sahip, otonom seyrüseferi özelliğinin denenmesine ilave olarak avara-aborda ve demirleme faaliyetleri için hava dronları ve karadan izleme için artırılmış gerçeklik (Augmented Reality-AR) kullanılmıştır (The Nippon Foundation, 2022c).



Resim 8: Arttırılmış Gerçeklik Yöntemiyle RCC'deki Gemi Görüntüsü

Kaynak: (The Nippon Foundation, 2022c)

1.7.1.4. Sunflower Shiretoko Büyük Araç Feribotu

Vakfın, Mitsui O.S.K. Lines şirketi liderliğinde 6-7 Şubat 2022'de gerçekleştirdiği dördüncü testinde; 10000 gros ton taşıma kapasiteli büyük araç feribotu Sunflower Shiretoko ile otonom özellikler kullanılarak, Tomakomai'dan Oarai'ye kadar yaklaşık 18 saat boyunca 410 nm mesafe kat edilmiştir (The Nippon Foundation, 2022c).



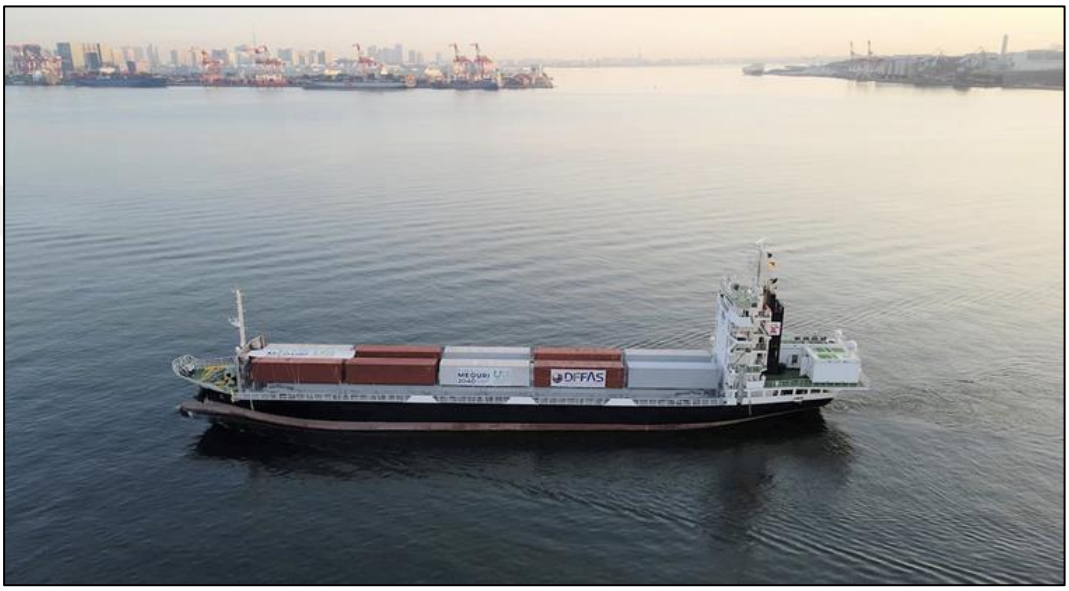
Resim 9: Sunflower Shiretoko Büyük Araç Feribotu

Kaynak: (The Nippon Foundation, 2022c)

Bu test için geliştirilen teknolojilerin üçüncü testteki teknolojilere benzer olduğu, otonom avara-aborda ve uzaktan kontrol merkezinden kumanda kolaylığı için arttırılmış gerçeklik olduğu söylenebilir.

1.7.1.5. Suzuka

Vakıf beşinci testini Japan Marine Science şirketi liderliğinde 95 metre uzunluğundaki, 204 TEU taşıama kapasiteli, görseli Resim-10'da sunulan Suzuka akıllı konteyner gemisini kullanılarak 26 Şubat - 1 Mart 2022 tarihleri arasında günlük yaklaşık 500 geminin geçiş yaptığı Tokyo ve Ise Körfezi arasında 430 nm'lik mesafede gerçekleştirimiştir (The Nippon Foundation, 2022d).



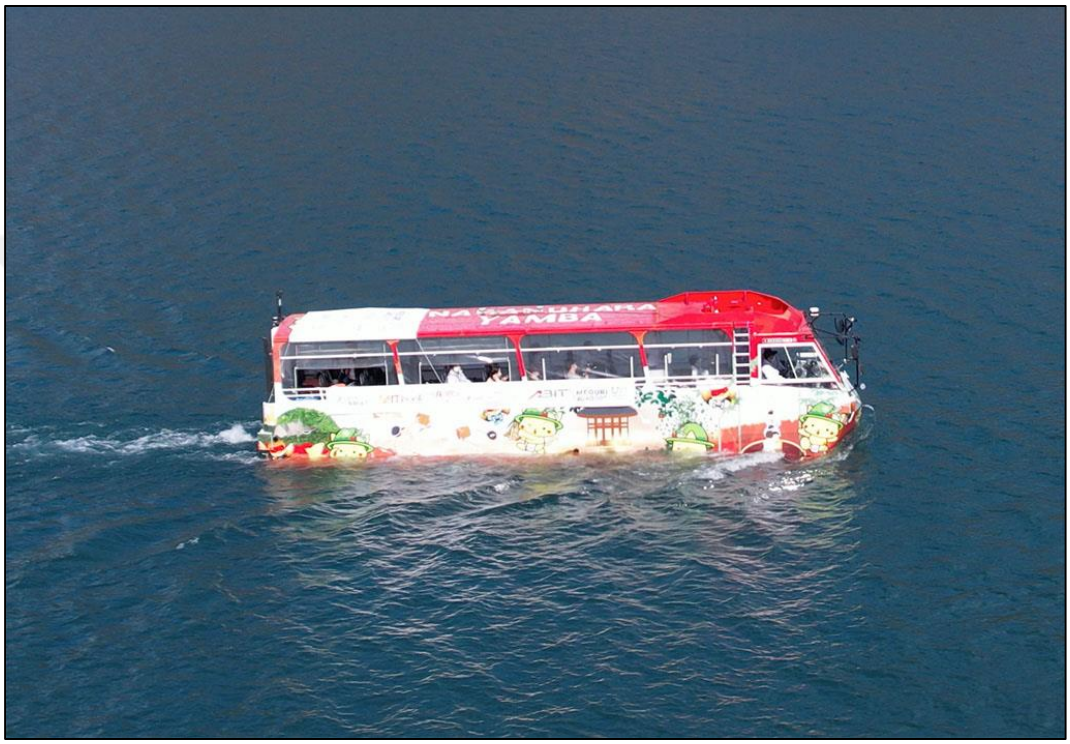
Resim 10: Suzuka

Kaynak: (The Nippon Foundation, 2022d)

30 üyenin bulunduğu konsorsiyumdaki akıllı konteyner gemisi Suzuka'nın gerçekleştirdiği testler, yoğun deniz trafiğinde de dahil olmak üzere uzaktan kontrol merkezinin ve otonom kontrolde navigasyon sisteminin kullanılabilir olduğunu göstermiştir (The Nippon Foundation, 2022d).

1.7.1.6. Yanba Smart Mobility

ITbook Holdings Co şirketi liderliğinde görseli Resim-11'de sunulan, hem gemi hem de kara aracı olarak kullanılabilen, yaklaşık 12 metre uzunluğundaki akıllı amfibi aracın testi, 14 Mart 2022'de Gunma Eyaletindeki Yanba Barajı'nda başarıyla gerçekleştirilmiştir (The Nippon Foundation, 2022e).



Resim 11: Yanba Smart Mobility

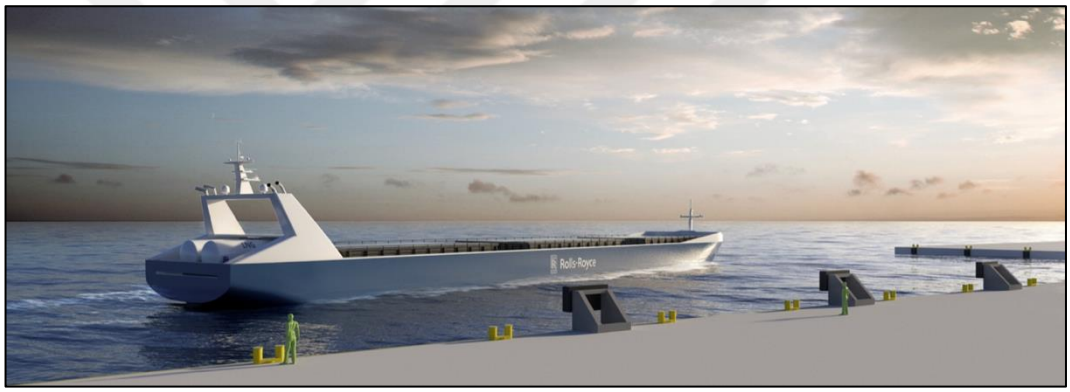
Kaynak: (The Nippon Foundation, 2022e)

Bu tarz amfibi gemiler öncelikle Japonya gibi adalardan oluşan yerleri gezmek için kullanılmaktadır. Ancak son yıllarda sıklığı artan sağanak yağışlara hazırlık amacıyla yerel yönetimlerin bu tarz gemileri satın alması, bu gemilere olan ilgiyi arttırmıştır. Bu test için geliştirilen otonom navigasyon sistemi gelecekte pratik kullanıma konulabilirse, afet yardımına ek olarak, açık deniz adaları için kesintisiz lojistik altyapı oluşturmak üzere amfibi gemilerin kullanımını arttıracaktır (The Nippon Foundation, 2022e).

1.7.2. AAWA

Bünyesinde denizcilik sektörünün birçok paydaşını bulunduran, 2015-2017 yılları arasında faaliyetlerini sürdüren, Gelişmiş Otonom Denizyolu Taşımacılığı Uygulamaları (Advanced Autonomous Waterborne Applications - AAWA) girişimi akıllı gemilerin öncü projelerinden sayılabilir. Tasarımı Resim-12'de sunulan bu projede gelişmiş dinamik pozisyon otonom seyir sistemine odaklanılmıştır.

Otonom seyir sisteminin alt başlıkları ise; Durumsal Farkındalık (Situational Awareness-SA) yani çevrenin algılanması, Çarpışmadan Kaçınma (Collision Avoidance-CA), Rota Planlaması (Route Planning-RP) ve Gemi Durum Raporudur (Ship State Definition-SSD) (AAWA, 2016).



Resim 12: AAWA Projesi

Kaynak: (AAWA, 2016)

1.7.3. Yara Birkeland

Yara Birkeland projesi, Norveç menşeli Yara International ve Kongsberg firmaları tarafından 2018 yılında başlatılmıştır. Görseli Resim-13'te sunulan Yara Birkeland isimli bu akıllı geminin boyu yaklaşık 80 m, genişliği ise 15 m'dir. Geminin ekonomik hızı 7 kts civarında olup, maksimum hızı 15 kts'dir. 3200 dwt ve 120 TEU taşıma kapasitesine sahip elektrikli akıllı geminin öncelikle 30 nm menzil içerisinde kısa kıyısal sefer yapması planlanmaktadır (Yara, 2022).

Nisan 2022 itibarıyla Yara'nın Porsgrunn tesisinden Brevik limanına gübre taşıyacak ve böylece yılda 40.000 dizel kamyonun karbon emisyonunu ortadan kaldıracak elektrikli konteyner gemisinin iki yıl sürecek tecrübelerine başlanmıştır (Kongsberg, 2022).

2024 yılı itibarıyla Uzaktan Kontrol Merkezi'nden insansız olarak ticari seferler düzenlemesi planlı şirketin amacı, sıfır emisyonlu ticari gemilerin üretimi için çeşitli inovasyonlar geliştirmektir.

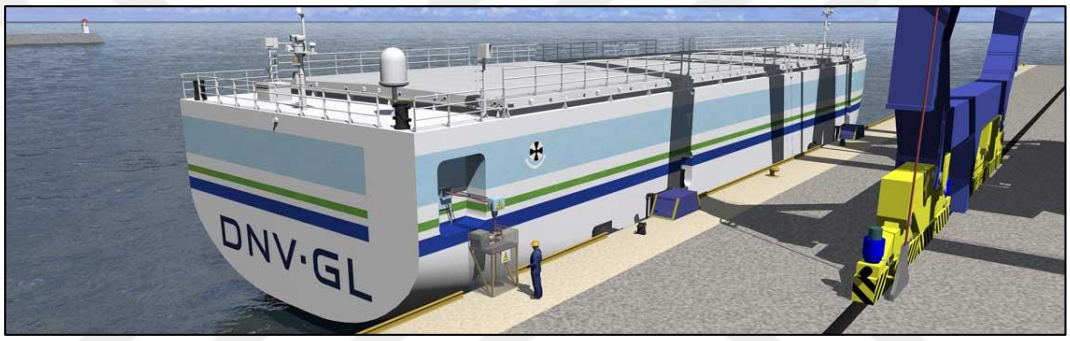


Resim 13: Yara Birkeland

Kaynak: (Yara, 2022)

1.7.4. Re Volt

DNV firmasının proje faaliyetini yürüttüğü ReVolt akıllı gemisinin boyu 60 m, genişliği 15 m, ve hızı 6 kts'dir. 1250 dwt ve 100 TEU taşıma kapasitesine sahip bu akıllı geminin ilk etapta 100 nm menzil içerisinde kısa kıyısal sefer yapması planlanmaktadır (DNV, 2022). Tasarımına ait görsellerin Resim-14 ve 15'te sunulduğu projenin amacı, diğer akıllı gemi projelerine benzer olarak Avrupa Birliği hinterlandında artan kara yolu taşımacılığının getirmiş olduğu zararlı gaz emisyonlarının azaltılması olsa da yaptığımız çalışmalarda geminin test süreçlerine ait güncel bilgilere rastlanılamamıştır.



Resim 14: Re Volt Elektrik Bağlantısı

Kaynak : (DNV, 2022)



Resim 15: Re Volt Prototip

Kaynak : (DNV, 2022)

1.7.5. Seafar

Belçikalı Seafar şirketi, 2021 yılından itibaren görseli Resim-16'da sunulan, akıllı gemi Deseo ile Westerschelde nehrindeki Antwerp ve Zeebruges limanları arasında yaklaşık 40 mil boyunca çeşitli denemeler icra etmektedir. 400 TEU'luk ve 5500 dwt'lik bu akıllı konteyner gemisi, uzaktan kontrol istasyonu aracılığıyla kontrol edilebilme kabiliyetine sahiptir. Tecrübeler süresince emniyet maksadıyla gemide minimum mürettebatın bulundurmaya devam edilmektedir. (Maritime Executive, 2021).



Resim 16: Deseo

Kaynak : (Maritime Executive, 2021)

Rensen Driessen Shipbuilding şirketi Seafar'ın uzaktan kontrol edeceği 10 adet 106 metrelik, yeni nesil nehir sürü dronları projesine 2021 Haziran'da başlamıştır (Seafar, 2021). Ayrıca; 135 metrelik bir mavna olan, görseli Resim-17'de sunulan Zonga'nın uzaktan kumanda ve kontrolü yine Seafar tarafından gerçekleştirilecektir (Seafar, 2020).



Resim 17: Zonga

Kaynak : (Seafar, 2020)

Bu durum akıllı gemilerle birlikte Resim-18'de gösterilen uzaktan kontrol merkezi gibi yeni bir iş kolunun ve paydaşın deniz taşımacılığında oluşmaya başladığının göstergesidir.



Resim 18: Seafar Uzaktan Kontrol Merkezi

Kaynak : (Seafar, 2021)

1.7.6. ASKO

Norveçli ASKO firması, Oslo fiyordununda yer alan Moss ve Horten limanları arasında (yaklaşık 5 nm) araç ve yolcu taşımacılığı amacıyla MS Marit and MS Therese akıllı gemilerini envanterine almıştır. Kongsberg Maritime tarafından insansız kumanda edilebilecek şekilde gerekli teknoloji ile donatılan 29 ton taşıma kapasiteli bu akıllı gemiler, Massterly şirketi tarafından Horten Limanındaki Uzaktan Kontrol Merkezinden kaptanlar da dahil olmak üzere yaklaşık dört kişilik sınırlı bir mürettebatla yönetilmektedirler. 2024 yılında tamamlanması öngörülen test ve tecrübeler hitamında ise tamamen insansız komuta ve kontrol hedeflenmektedir (Mandra, 2022a).



Resim 19: ASKO

Kaynak : (Mandra, 2022a)

1.7.7. Zhi Fei

Çin, Zhi Fei isimli 12 kts azami hız ve 8 kts iktisadi sürate sahip 110 metre uzunluğunda 300 TEU taşıma kapasiteli akıllı konteyner gemisini Nisan 2021'de denize indirmiş ve ardından Mart 2022'de deniz denemelerini tamamlamıştır. Görseli Resim-20'de sunulan akıllı gemi halihazırda Shandong Eyaletindeki Qingdao ile Dongjiakou limanları arasında (yaklaşık 30 nm) Navigation Brilliance şirketinin uzaktan kontrolünde çalışmaktadır. Zhi Fei'nin başarılı olması durumunda, 500 TEU ve 800 TEU'luk daha büyük akıllı konteyner gemilerinin siparişi planlanmaktadır (Maritime Executive, 2022).



Resim 20: Zhi Fei

Kaynak : (Maritime Executive, 2022)

1.7.8. Cemre Tersanesi

Cemre Tersanesi, Norveçli feribot şirketi Torghatten Nord AS ile 117 metre uzunluğunda 399 yolcu kapasiteli, tasarımı Resim-21'de sunulan akıllı geminin inşa sözleşmesini 2022 Nisan ayında imzalamış ve 29 Kasım 2022 tarihinde ilk blok yerleşimine başlamıştır (Mandra, 2022b)



Resim 21: Torghatten Nord AS

Kaynak : (Mandra, 2022b)

Aynı zamanda Danimarkalı feribot şirketi Molslinjen ile 116,8 metre uzunluğunda ve 18,2 metre genişliğinde tasarımı Resim-22'de sunulan, iki adet akıllı geminin inşası için 2022 yılında anlaşmaya varılmıştır (Bahtić 2022).



Resim 22: Molslinjen

Kaynak : (Bahtić, 2022)

1.7.9. Factofour

498 TEU taşıma kapasitesine sahip, görseli Resim-23'te sunulan Factofour, Shipping Technology tarafından sağlanan yapay zekâ sistemiyle (BlackBox Pro) Hollanda'nın Volkerak bölgesindeki iç sularda test edilmektedir (Joukes, 2021).

Factofour 2018'deki ilk testinde başarılı olmuştur. Bunun yanında Shipping Technology'nin nihai hedefi, mürettebatsız veya kaptansız gemi değil, mürettebatın gemideki diğer görevleri yerine getirmek için daha fazla zamana sahip olmasını sağlamaktır. Bu nedenle, şirketin amacı mürettebatı azaltarak gemi sahipleri için işletme maliyetlerini azaltmaktır (Joukes 2021).



Resim 23: Factofour

Kaynak : (Joukes, 2021)

Factofour ayrıca henüz istatiksel olarak doğrulanmasa da yakıt tüketiminde ve CO_2 emisyonlarında bir azalma sunmaktadır (Joukes, 2021). Bu durum hem yakıt maliyetinin düşürülmesi hem de IMO'nun yeni verimlilik standartlarına uyum açısından faydalıdır.

1.7.10. Iris Leader

Yaklaşık 71000 tonluk Iris Leader akıllı gemisi gemisi, Sherpa navigasyon sistemini kullanarak MASS-2 otomasyon seviyesi ile 14-17 Eylül 2019 tarihlerinde Çin'in Xinsha kentinden Japonya'nın Nagoya kentine, ardından da 19-20 Eylül 2019 tarihlerinde Nagoya'dan Yokohama'ya deneme seyri gerçekleştirmiştir. Gemiye ait görsel Resim-24'te sunulmuş olup, tecrübeler esnasında akıllı geminin çevresini algılayarak durumsal farkındalık oluşturduğu, çarpışma riskini hesapladığı, optimum rota ve hızı otomatik olarak belirlediği tespit edilmiştir (Liang, 2019).



Resim 24: Iris Leader

Kaynak: (Liang, 2019)

İKİNCİ BÖLÜM

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. AKILLI GEMİLERLE İLGİLİ YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

Global akıllı gemi pazarının 2030 yılına kadar 160 milyar dolara ulaşması beklenmektedir (Kurt ve Aymelek 2022: s.308). Bu durumun nedeni ise daha düşük işletme ve bakım giderleri ve artan yük kapasitesi ile akıllı gemilerin sağlayacağı hesaplanan ekonomik avantajlardır.

Ancak, güvenlik ve teknik kısıtlamalar nedeniyle, ilk nesil akıllı gemiler, konvansiyonel gemilere nazaran daha düşük bir hızla seyredecektir. Akıllı gemilerin ihtiyaç duyacakları bakımların limanlarda yapılma zorunlulukları liman ve geminin verimliliğini düşürecektir. Bunun yanında uzaktan kontrol merkezinin kurulması ve işletiminin neden olacağı ilave maliyetler de oluşacaktır (Ghaderi, 2020). Gemilerin bakım için âtıl vaziyette limanda beklemesi ve seyir hızları geminin verimliliğine etki etmesi gerçeğine (Stopford, 2009) ek olarak yük elleçleme, bakım personeli veya acil müdahale ekipleri de gemi işletmelerinin personel kaleminde ilave maliyet oluşturacaktır. Bu nedenle akıllı gemilere yönelik yapılan ekonomik ve mali değerlendirmelerin bazı varsayımlara dayalı olarak oluşturulduğu söylenebilir. Akıllı gemilere geçişin bu tür olasılıklar nedeniyle pek çok gemi sahibinin veya limanın ilgisini çekmeyebilecektir.

Tamamen insansız akıllı gemilerin yükleme alanlarının yaklaşık %1,8 ile %5 oranında artabileceği buna karşın konvansiyonel konteyner gemilerindeki efektif yükleme oranlarının azami kapasitenin %80'inene kadar düştüğü göz önüne alındığında akıllı gemilerle birlikte artacak yükleme alanının, denizcilik sektörüne katma değerinin düşük olacağı hesaplanmıştır (Kooij vd. 2021). Bu yöndeki benzer yorum Yorulmaz ve Karabulut (2020) tarafından da yapılmıştır. Konvansiyonel gemilerde olduğu gibi akıllı gemilerde de gemilerin yükleme oranları birçok değişkene bağlı olmaya devam edecektir. Bu bağlamda personel yaşama mahallinin olmadığı akıllı geminin birim yükleme hacmindeki artışın, denizcilik ticaretine katkısı olmayacak veya çok sınırlı olacaktır.

Li ve Yuen (2022) tarafından denizcilik şirketlerinde çalışan 126 yönetici ile görüşmelerden elde edilen verilerin analizi neticesinde, akıllı gemileri benimsemenin 4 ana ve 4 alt kritik başarı faktörü tespit edilmiştir. Bunlar sırasıyla (1) akıllı gemilerin uygulanmasını destekleyen teknolojilerin güvenilirliği ve fizibilitesi, (2) çevreye uygunluk, (3) organizasyonel kaynaklar, (4) paydaş hazırlığıdır. En önemli alt kriterler ise (1) göreceli avantaj (konvansiyonel gemilere nazaran avantaj), (2) uyumluluk (Akıllı gemilerin insan operatörler ve liman-tesisler uyumluluğunu ifade eder.), (3) Kullanım kolaylığı, (4) denenebilirlik ve gözlemlenebilirliktir. (akıllı gemilerin performansını test etme ve değerlendirme fırsatını ifade eder) (Li ve Yuen, 2022). Denizcilik şirketleri, yeterli ve tatmin edici seviyedeki testlerden sonra, akıllı gemilerin sürdürülebilirlik faydalarını tespit edebilecek ve benimsemeyi düşünmeye motive olabileceklerdir.

Munim vd. (2022) tarafından kuzey kutup rotasında kullanılmak üzere için geleneksel konteyner gemileri ile akıllı gemi türlerinin kıyaslamasının yaptığı çalışmada; konvansiyonel gemilerin kuzey kutup rotası için ilk sırada yer aldığı, onu sırasıyla uzaktan kontroldeki akıllı geminin ve otonom kontroldeki akıllı geminin takip ettiği sonuçlarına ulaşılmıştır. Araştırmacılar bu sonucu akıllı gemi prototiplerinin bir süredir var olmasına rağmen halihazırda ticari gemi sektöründe aktif olarak kullanılamamasına bağlamışlardır (Munim vd. 2022: s.331). Ayrıca araştırma kapsamında belirlenen sekiz rekabet edebilirlik kriteri arasındaki en önemli üçünün sırasıyla işletme giderleri, sert havalarda ve karmaşık coğrafi alanlarda seyir ve çevrenin korunması olduğu saptanmıştır. Ayrıca sensör ve iletişim teknolojilerinde devam eden gelişme ile, akıllı gemilerin yakın zamanda en az diğer geleneksel gemiler kadar güvenli bir şekilde seyir güvenliği ve çevre korumanın sağlayabileceği sonuçlarına varılmıştır (Munim vd. 2022: s.332).

Kıyısal deniz taşımacılığı yapan gemiler açık deniz taşımacılığı yapan gemilerine nispeten küçüktür. Bu da daha yüksek manevra kabiliyeti ve daha kolay kontrol anlamına gelir. Akıllı gemiler ile uzaktan kontrol merkezi arasındaki bağlantı, kıyısal seyir yapan akıllı gemiler bağlamında daha kolay ve stabildir. Bakım ve onarım dikkate alınması gereken en büyük teknik zorluk olup, kıyısal deniz taşımacılığı için, daha kısa seyir süresi ve acil durumlarda daha kolay erişilebilirlik nedeniyle bakım-

onarım faaliyeti açısından daha az sorun oluşturur. Ayrıca, akıllı gemilerin yasal sorunlarını tek devletin yetki alanındaki sularda çözümlemek kolaydır (Devaraju vd. 2018). Bunlara ilave olarak akıllı gemilerin kıyısal deniz taşımacılığında ya da açık deniz taşımacılığına göre kullanılmasındaki avantajlarına daha düşük ilk yatırım maliyeti korsan saldırılardan gemiyi koruma ve öngörülemez sorunlara kolayca müdahale imkanını ekleyebiliriz.

2.1.1. Personel Sayısı

Akıllı gemilerin en belirgin ve yaygın olarak bahsedilen faydası, gemideki mürettebat veya bakım personeli sayısı ile gemileri uzaktan sevk ve idare edecek Kıyı Kontrol Merkezindeki (Shore Conrol Center-SCC) kişi sayısına bağlı olarak mürettebat maliyetlerini dolayısıyla gemi işletme giderlerini önemli ölçüde azaltma potansiyelidir (Tsvetkova ve Hellstrom 2022: s.263).

Kooji vd. (2021) tarafından İrlanda-Belçika arasında kısa mesafe liner taşımacılık yapan 750 TEU taşıma kapasiteli, 11 mürettebatın bulunduğu konteyner gemisine istinaden yapılan çalışmada; mürettebat sayısı senaryolar bazında kademelendirmiştir. Buna göre birinci senaryoda 8, ikinci senaryoda 3, üçüncü senaryoda 2 mürettebat bulunmakta dördüncü senaryoda ise mürettebat bulunmamaktadır. Mürettebat sayının azaltılmasına dayalı olarak yapılan bu çalışmada toplam karlılık artışı sırasıyla %1, %5, %6 ve %15 olarak bulunmuştur (Kooij vd. 2021).

2.1.2. Yakıt Sarfiyatı

Elektrik güç sistemleri gemilerin tahrik sistemlerindeki enerji dönüşüm kayıplarını potansiyel olarak azaltmaktadır. Ayrıca jeneratörü değişken hızda çalıştırarak yakıt tüketimi ve ilgili emisyonları %20'ye kadar azaltabilmektedir (Geertsma vd. 2017).

Jovanovic vd. (2022) tarafından alternatif enerji kaynakları ile çalışan 3 adet Ro-Ro gemisinin rota uzunluğuna (1,6 nm, 8 nm ve 30 nm) bağlı olarak ekonomik verimliliği incelemiştir. Buna göre hem çevresel ve hem de ekonomik açıdan metanol

ve elektrikle çalışan akıllı gemilerin diğer enerji türlerine göre daha verimli olduğunu hesaplanmış, ayrıca akıllı gemilerin verimliliğinin rota uzunluğu ile ters orantılı olduğunu ortaya koymuştur (Jovanovic vd. 2022). Buradan da hareketle açık deniz seferlerine nazaran kıyısal seferlerin daha verimli olduğu sonucuna varılabilir.

Akıllı gemilerin diğer bir faydası ise tamamen insansız olarak tasarlanacak gemilerin aynı boyuttaki konvansiyonel gemiye nazaran daha fazla yük taşıma kapasitesine sahip olmasıdır. Bununla birlikte geminin aero-dinamik ve hidrodinamik yapıdaki değişimler (köprüüstünün ve yaşama mahallinin olmaması) birim yük başına düşen yakıt miktarını azaltabilecektir (Tsvetkova ve Hellstrom 2022: s.265).

Akıllı gemilerle birlikte gelecek verimli liman süreçlerine ilave olarak alternatif temiz yakıt karışımları (LNG, VLSFO, metanol vb.), gemi kaynaklı emisyoları 2050 yılına kadar 2020 yılına oranla %32-48 azaltabilecektir (Liu vd. 2022). Böylece özellikle limanlara yakın şehirlerdeki yerel hava kalitesi artacak ve sürdürülebilir çevreye katkı sağlanabilecektir.

Literatürdeki birçok çalışma akıllı gemilerde alternatif yakıtların kullanımına ilişkindir. Ancak alternatif yakıtlar konvansiyonel gemilere de uygulanmak suretiyle çalışmalarda ulaşılan faydalar elde edilebilir. Öte yandan çarpışmadan kaçınma manevralarından kaynaklı yakıt tüketimi ile harcanan zaman otomasyon ile azaltılabilecektir (Szlapczynski ve Ghaemi, 2019). Halihazırdaki RADAR, ECDIS gibi seyir yardımcıları gemi adamlarına salt çatışmadan kaçınma tavsiyesi vermektedir. Bunun yerine çevre algılamasını yanında gemi dinamiklerinin de aynı yapay zekâ da birleşmesi yakıt tüketimini ile optimize edeceği değerlendirilmektedir.

2.1.3. Bakım/Arıza Onarımı

Chaal vd (2022) tarafından MASS-3 otomasyon seviyesindeki bir geminin risk analizinin yalnızca bir spesifik sisteme indirgenmiş cihaz üzerinden analizinin yapılan çalışmada; spesifik sistem olarak konvansiyonel gemilerin makina sistemlerinin çalışması için önemli olduğu gibi akıllı gemilerinin çalışması için de önemli olan deniz suyu soğutma sistemi seçilmiştir. Çalışmanın sonucunda yazılım işlevlerinin test edilmesinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, sensör arızası gibi bazı nedensel

senaryoların, yazılım kontrollü akıllı gemilerin sistem güvenliği için kritik olduğu ortaya çıkmıştır (Chaal vd. 2022). Bu, kontrolün gemideki insan operatörden programlayıcılara geçtiği akıllı gemi sistemlerinde yazılım hataları oluşabilecektir. Bu da gemi kazalarına yönelik olarak yeni bir arıza türünün oluşacağının göstergesidir.

Özellikle açık deniz gemileri için otonom seyrin ana sorunlarından biri, bakım-onarın amaçlı olarak gemide mürettebat olmamasıdır. Mürettebatın bulunmadığı akıllı bir geminin bakım-onarım ihtiyacı olmaksızın haftalarca veya aylarca seyir yapmasını sağlayan bir bakım stratejisine ihtiyacı vardır. Bu nedenle, Cappelle vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada akıllı gemilerin bakım onarım faaliyetinin çözümü için hala daha fazla çabaya ihtiyacı olduğu değerlendirilmiştir. (Cappelle vd. 2018: s.117).

Abaei vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada akıllı gemilerdeki makina dairesindeki eçhizelerin alternatifli ve yedeklenebilir olması gerektiği, aksi takdirde sistemin plansız bakım ve onarımlarının uzun süreli kesinti yaratabileceğini bunun da yüksek maliyetli olduğunu vurgulamıştır (Abaei vd. 2022). Buradan hareketle akıllı gemilerin insansız görevleri sırasında etkili olabilmesi için makine dairesinin kendi kendine yönetmesinin elzem olduğu sonucuna ulaşılabilmektedir.

Karatuğ vd. (2022) tarafından en iyi bakım stratejisinin belirlenmesine yönelik olarak yapılan çalışmada; MASS 1 otomasyon düzeyindeki akıllı gemiler için koşul bazlı ve düzeltici bakımı birleştiren hibrit bakımın, MASS 2 otomasyon düzeyindeki akıllı gemiler için koşul bazlı bakımın, MASS 3 ve 4 otomasyon düzeyindeki akıllı gemiler için ise koşul bazlı bakım ile zaman bazlı bakımı birleştiren hibrit bakım yönteminin en iyi bakım stratejisinin olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Eriksen vd. (2021) tarafından tarafından yapılan çalışmada; düzeltici bakımın gemideki mürettebatın fiziksel onarım yapma becerisine bağlı olması nedeniyle akıllı ve konvansiyonel gemiler arasında düzeltici bakımın yapılmasında büyük farkların bulunduğu ifade edilmiştir. İnsansız olarak düzeltici bakım gerçekleştirme olasılığının düşük olmasına bağlı olarak, akıllı gemilerde oluşabilecek muhtemel arızaların büyük sonuçları olacaktır. Bu bağlamda artırılmış yedeklilik akıllı gemiler için zorunluluktur. Ancak risk yönetimi, insansız operasyon için insanlı operasyona göre daha düşük

değildir. Bu durum, akıllı gemilerin uzun seyirlerde (14 gün ve üzeri) insansız işletimi için büyük bir zorluk teşkil ettiğin göstergesidir. (Eriksen vd. 2021).

2.1.4. Sigorta

Akıllı gemilerin kullanımın konseptinin belirlenerek kişilerin görev ve sorumluluklarını netleştirilmesi denizcilik sektörünün en önemli paydaşlarından biri olan sigortacı kuruluşların endişelerini azaltabilir ve akıllı gemileri benimseme sürecini hızlandırabilir (Karabulut ve Yorulmaz (2021); Li ve Yuen, 2022). Bu bağlamda, güvenli operasyonları desteklemek için mevcut düzenleme ve sigorta koşullarının akıllı gemilerin özelliklerine göre uyarlanması çok önemlidir.

2.1.5. Yatırım Maliyeti

Ahn vd. (2022) tarafından Önem ve aciliyet üzerine yapılan mülakat analizi yöntemiyle 74 alan uzmanı ile yaptığı akıllı denizcilik teknolojileri üzerine çalışma yapılmıştır. Çalışmada hem "otonom gemilerin" hem de "blockchain" kalemlerinin yüksek önem ve aciliyeti gösterdiği ortaya çıkmıştır. Bu kalemlerin hem önemi hem de aciliyeti yüksek olduğu için stratejik öncelikler en üst düzeyde olup, denizcilik endüstrisinin yatırım yeteneklerini bu alanlara odakladığında akıllı denizciliği artmasına etkin bir şekilde katkıda bulunması beklenmektedir (Ahn vd. 2022).

SCC'si olmayan ya da işletmek istemeyen denizcilik işletmeleri, akıllı gemilerini işlemek üzere çeşitli teknoloji sağlayıcılarına devredecektir (Tsvetkova ve Hellstrom 2022: s.272). Bu durum deniz taşımacılığına yatırım yapacak dolayısıyla kazanç beklentisi olan yeni bir aktörün piyasaya girmesi anlamına gelecektir.

2.1.6. Yükün Elleçlenmesi

Akıllı gemilerin en uygun gemi tipinin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmada yük elleçlenmesindeki standart ve tek düzelik nedeniyle konteyner gemilerinin en uygun gemi tipi olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Kurt ve Aymelek, 2022: s.318).

Çağımızdaki teknolojik gelişmelerin konvansiyonel gemilere dahil olmasının yanında insanın bulunmadığı akıllı gemilerin ticari denizciliğe dahil edilmesi zorlu ve

belirsiz bir kavramdır (Tsvetkova ve Hellstrom 2022: s.256). Akıllı gemiler yalnızca gemi ile sınırlı olmayıp lojistik zincirin tamamında (limanlar, yük elleçleme vd.) etkili olabilecek potansiyele sahiptir (Tsvetkova ve Hellstrom 2022: s.257).

Gemi insanları yükün elleçleme ve özel gemilerin işletilmesi açısından çok çeşitli roller oynadıklarından, özel yüklerin pazar alanı yakın gelecekte otonom sistemleri benimsemek için çok sınırlı bir fırsat barındırmaktadır (Ghaderi, 2020).

2.1.7. İnsan Kaynaklı Hata

Akıllı gemilerle birlikte durumsal farkındalığın artmasının, mürettebatı tehlikeden uzakta bulunduracağı, insan yerine yapay zekânın karar vermesinin insan hatalarından kaynaklı çarpışma türündeki kazaları önlemesi deniz ticaretindeki güvenliğin sürdürülebilir olmasına olumlu katkı sağlayacaktır. Bununla birlikte yangın türü kazaların olumsuz etkilerinin azaltılması bakımından insan faktörü çok önemlidir (Tsvetkova ve Hellstrom 2022: s.266).

2.1.8. Gemi ve Yük Hasarı

Hogg ve Ghosh (2016) yaptıkları çalışmada tüm ticari yüklerin deniz yoluyla akıllı gemiler kullanılarak taşınmasının uygun olmayacağını tespit etmiştir. Akıllı gemilerin, seyir süresince sabit, tehlikesiz ve bakım veya izleme gerektirmeyen yükleri taşıması beklenmektedir. Gaz, kimyasal ve petrol gibi kararsız, yanıcı ve patlayıcı yüklerin akıllı gemiler ile taşınması pek olası değildir. Bu tür yüklerin taşınması esnasında, barındırdığı potansiyel tehlikeleri kontrol altına almak ve yönetmek için mürettebatın gemiye anında müdahale etmesi esastır. Bu nedenle tehlikeli yük taşıma sorumluluğunun herhangi bir sigorta şirketi tarafından karşılanması ihtimal dışıdır (Hogg ve Ghosh, 2016).

Zhao vd. (2021) yapılan çalışmada; Yangtze Nehri'nde meydana gelen 225'ten fazla kaza raporuna göre yapılan incelemede kazaların çoğunluğunun çarpışma türü kazalardan oluştuğu tespit edilmiştir. Kazalara neden olan kısıtlı görüş şartlarına sahip insanın faktörünün akıllı gemilerle birlikte büyük oranda döngüden çıkarılmasının çarpışma ve karaya oturma türü kazaların olasılığını azalacağı, ancak insan faktörünün

olmaması yangın türü kazalardaki kazanın şiddetini arttıracağı tespit edilmiştir (Zhao vd. 2021). Bu bağlamda akıllı gemilerin konvansiyonel gemilere nazaran kaza riskini azalacağını söylemek direkt olarak mümkün değildir.

2.1.9. Siber Risk

Akıllı gemilerin siber risklerine ilişkin olarak 28 alan uzmanından alınan verileri En İyi En Kötü modelleme (Best-Worst Model-BWM) çok kriterli karar verme yöntemiyle analiz eden Tusher (2022), Küresel Navigasyon Uydu Sistemi (GNSS), Elektronik Harita Görüntüleme ve Bilgi Sistemi (ECDIS) ve kıyı kontrol merkezlerindeki (SCC) iletişim cihazlarının siber risklere karşı en savunmasız eçhizeler olduğunu saptamıştır (Tusher vd. 2022: s.221).

Akıllı gemilerle birlikte mürettebatın rehin olarak tutulma durumu olmayacağından geleneksel korsanlık riski azalacaktır. Öte yandan akıllı gemilerin (özellikle uzaktan kontroldeki) konvansiyonel gemilere kıyasla daha savunmasız bir bilgi ve iletişim sistemine sahip olması siber saldırıya maruz kalma olasılığı artıracaktır. Uzaktan kontroldeki akıllı geminin kontrol sistemi hacklendiğinde, gemi kaçırılabilir ve çarpışmaya veya çevresel hasar ile kirliliğe neden olabilir. Bu durumla mücadele etmek zorunda olan denizcilik şirketlerinin gemi işletme maliyetleri artacaktır. Ayrıca, otomatik tanımlama sistemi veya Küresel Konumlandırma Uydu Sistemi sinyalinin karıştırılması veya yanıltılması da ilave siber güvenlik sorunlarına yol açacaktır (Gu vd. 2020).

2.1.10. Geminin Sevk ve İdaresi

Çin'in Pearl River Estuary bölgesindeki 65 adet konvansiyonel geminin karaya oturmasının analiziyle yapılan çalışmaya göre kanallarda otonom kontrolde veya uzaktan kontrolde çalışan bir gemi için karaya oturma riskinin yerinden kontrolde işletilen konvansiyonel bir gemiden daha düşük olduğunu saptanmıştır (Fan vd. 2022).

Otomatik navigasyon, akıllı gemilerin gelişimi için kilit noktadır. Ayrıca küçük gemiler ile denizdeki nesnelerle çatışmanın önlemesi için AIS benzeri zorunlulukların bu tür deniz araçlarında da bulunması gereklidir (Bolbot, 2022). Buradan hareketle

akıllı gemilerin fiilen kullanılabilmesi için konvansiyonel gemilere de çeşitli regülasyonların getirilme ihtiyacı olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Gemilerin geçiş üstünlüğünü düzenleyen Denizde Çatışmayı Önleme Yönetmeliğinde akıllı gemilere geçiş üstünlüğü düzenlenmesi bu regülasyona örnek olabilir.

Gemi çarpışma kazaları, deniz seyrüseferinin güvenliği için büyük bir tehdittir ve ciddi ekonomik kayıplara ve deniz çevre kirliliğine vb. neden olabilir. Bu nedenle, insan faktörlerinin neden olduğu seyir riskini ve zayiatı azaltmak için, gemilerin çarpışmaları önlemek için güvenli ve hızlı kararlar almasına yardımcı olacak yeni bir otonom çarpışmadan kaçınma karar destek metodolojisi veya sistemi geliştirmenin büyük önem taşımaktadır (Zhang, 2022).

Öztürk vd. (2022) tarafından seyir güvenliği ile ilgili 110 rota planlama algoritma çalışması incelemiştir. İncelemede mevcut akıllı gemi rota planlama algoritmalarının çarpışma riski hesaplamasında, farklı karşılaşma durumlarına odaklandığı ancak özellikle DÇÖY Kural 5-6-9-10-18-19'u dikkate alınmadığı sonucuna varmışlardır.

2.2. DEMATEL ÇALIŞMALARI

Denizcilik alanındaki problemlerin çözümünde çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan DEMATEL yöntemi sıklıkla kullanılmaktadır. Son yıllarda DEMATEL yönteminin kullanıldığı çalışmalara örnekler Tablo 8'de özetlenmiştir.

Tablo 8: Denizcilik Alanındaki DEMATEL Çalışmaları

SIRA	AÇIKLAMA	KAYNAK
1	Petrol tankerlerindeki gazdan arındırma işlem sürecini etkileyen faktörler arasındaki ilişkilerin incelenmesi	(Akyüz ve Çelik, 2015)
2	Türkiye kıyılarında ve açık denizlerinde yük gemilerinin kaza faktörlerinin analiz edilmesi	(Mentes vd. 2015)

SIRA	AÇIKLAMA	KAYNAK
3	Kıyı taşımacılığının gelişiminin önündeki engelleri önceliklendirilmesi	(Venkatesh vd. 2017)
4	Gemilerde meydana gelen kapalı alan kazalarının nedensel ilişkilerinin analiz edilmesi	(Soner, 2021)
5	İç su yollarının deniz yolu taşımacılığında kullanılmasındaki zorlukların analiz edilmesi	(Trivedi vd. 2021)
6	Liman tarama projelerinde karşılaşılabilecek risk faktörlerinin öncelik sırasının tespit edilmesi	(Khorram ve Bahrami, 2021)
7	Gemilerdeki ikiye bölünme kaza türünün nedenlerinin sıralanması	(Kuzu, 2021)
8	Gemilerde uygulanan Uluslararası Emniyet Yönetimi (International Safety Management-ISM) kodunun etkinliğini belirleyen faktörlerin önceliklendirilmesi	(Yorulmaz ve Karabulut, 2022)
9	Konteyner terminallerinin çıkarlarını etkileyen faktörleri yapılandırılması	(Fatemeh ve Hamid, 2022)
10	Kılavuz kaptan gemideyken meydana gelen gemi kazalarını oluşturan faktörler arasındaki ilişkinin çözülmesi	(Demirci vd. 2022)
11	İnsan kaynaklı deniz kazalarına yol açan faktörlerin sıralanması	(Ma vd. 2022)
12	Tanker kargo elleçleme operasyonundaki risk faktörlerinin analizi	(Gao 2022)

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. YÖNTEM

Çok kriterli kararları matematiksel olarak analiz ederek karar vericiyi yönlendirmek maksadıyla AHP (Analytic Hierarchical Process), TOPSIS (Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution), VIKOR (Vise Kriterijumska Optimizacija Kompromisno Resenje), ELECTRE (ELimination Et Choix Traduisant la REalite), GRA (Grey Relational Analysis) ve BWM (Best-Worst Model) gibi yöntemlere literatürde rastlanmaktadır.

Belirtilen çok kriterli karar verme yöntemleri ile Gabus ve Fontela'nın bulduğu DEMATEL yöntemi kıyaslandığında; DEMATEL yöntemi, etki-ilişki haritası aracılığıyla faktörler arasındaki karşılıklı ilişkileri görselleştirmesi, karmaşık neden ve sonuç ilişkilerinin analizi ve değerlendirme kriterlerinin ağırlıklarını ölçmek için de kullanılmasıyla öne çıkmaktadır (Si vd. 2018).

3.1. ARAŞTIRMA MODELİ VE KRİTERLER

Yapılan literatür çalışması neticesinde akıllı gemilerin deniz ulaştırmasındaki etkiyen faktörler saptanmış bu faktörler Doç. Dr. Murat Yorulmaz ile yapılan kişisel görüşmeler neticesinde revize edilmiş, Tablo 9 ve 10'da belirtilen faktörler nihai olarak belirlenmiştir.

Tablo 9: Belirlenen Kriterler ve Kodları

KRİTER KODU	KRİTER ADI
C1	Personel Sayısı
C2	Yakıt Sarfiyatı
C3	Bakım/Arıza Onarımı
C4	Sigorta Faaliyeti
C5	Yatırım Maliyeti
C6	Yükün Elleçlenmesi
C7	İnsan Kaynaklı Hata
C8	Gemi ve Yük Hasarı
C9	Siber Risk
C10	Geminin Sevk ve İdaresi

Tablo 10: Akıllı Gemilerin Deniz Ulaştırmasındaki Etki Kriterleri

KOD	AÇIKLAMA	KAYNAK
C1	İşletme maliyetine etkisi	(Kooij vd. 2021)
	İhtiyaç duyulan en az personel	(Tsvetkova ve Hellstrom, 2022)
C2	Alternatif yakıt	(Jovanovic vd. 2022)
	Elektrik enerjisi	(Geertsma vd. 2017)
	Manevra optimizasyonu	(Szlapczynski ve Ghaemi, 2019)
C3	Hibrit bakım yöntemleri	(Karatuğ vd. 2022)
	Daha fazla yedek sisteme duyulan ihtiyaç	(Abaei vd. 2022)
	Seyir süresine göre bakım metodu	(Eriksen vd. 2021)
C4	Sigortacı kuruluşların endişeleri	(Li ve Yuen, 2022)
C5	İşletme, seyir ve yatırım maliyetleri	(Kretschmann vd. 2017)
	Tüm ekonomik maliyetler	(Ghaderi, 2020)
C6	Yük tipine göre otomasyon kullanımı	(Kurt ve Aymelek, 2022)
C7	İnsan hata türleri	(Rothblum, 2000)
C8	Akıllı ve konvansiyonel gemi karşılaştırması	(Vos vd. 2020)
C9	Komponent bazında siber saldırı türleri	(Bolbot vd. 2020)
C10	DÇÖY kurallarına uyum	(Öztürk vd. 2022)

3.2. DEMATEL YÖNTEMİ

Klasik DEMATEL'de, yapısal bir model oluşturmak için karar faktörlerinin ilişkileri net değerlerle değerlendirilir. Bununla birlikte insan yargıları genellikle belirsiz olduğundan kesin sayısal değerler ile ölçülmesi ve ölçütler arasındaki belirsizliği tahmin etmek çok zordur. Bu nedenle, bulanık mantık kavramı birçok araştırmacı tarafından DEMATEL yöntemine uygulanmıştır.

Literatürde; Klasik DEMATEL yönteminin uygulanış biçimi net şekilde yer almaktadır. Buna karşın, DEMATEL yönteminin bulanık mantıkla bütünleşik olarak uygulanmasında kullanılan ve işlemlerin sıralamasına ilişkin çeşitli yaklaşımlar vardır. Bu yaklaşımlar temel seviyede "Klasik DEMATEL", "Bulanık Mantık ve DEMATEL" ve "Bulanık Mantık Tabanlı DEMATEL" olarak üçe ayrılabilir (Yorulmaz ve Karabulut, 2022).

Bu çalışmada Bulanık Mantık Tabanlı DEMATEL yöntemi kullanılmıştır. Bulanık Mantık Tabanlı DEMATEL, Şekil 9'da gösterildiği gibi toplanan ham verinin, Klasik DEMATEL'e girmesinden önce "Bulanıklaştırma" sonrasında ise "Durulaştırma" işlemlerine tabi tutulmasıyla elde edilir (Yorulmaz ve Karabulut, 2022)



Şekil 9: Bulanık DEMATEL Yöntemi

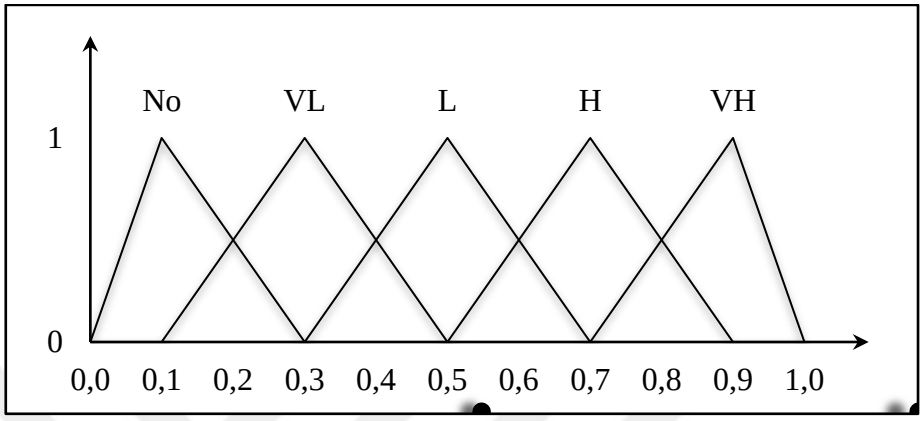
3.3. BULANIK DEMATEL YÖNTEMİ

Adım-1 Uzmanlardan Ham Verinin Toplanması: Seçilen k sayıda uzmandan belirlenen n tane faktöre ilişkin olarak F_i faktörünün F_j faktörüne olan etkisine olan etki değerlendirmesini 5'li ölçekte Çok Fazla Etkili = 5, Fazla Etkili = 4, Az Etkili = 3, Çok Az Etkili = 2, Etkisiz = 1 şeklinde yapması istenir.

$$F=\{F_1, F_2, \cdots, F_n\}$$

$$E=\{E_1, E_2, \cdots, E_k\}$$

Adım-2 Dilsel Verinin Bulanık Değerlere Dönüştürülmesi (Bulanıklaştırma): Katılımcıların dilsel verilerinin bulanıklaştırılması maksadıyla farklı üçgensel değerlerin (Wang ve Chang, 1995; Li, 1999; Lin, 2013) kullanıldığı görülmüştür. Lin (2013) tarafından oluşturulan ve bu çalışmada kullanılan, üçgensel değerler Şekil 10'da, Dilsel İfadelerin Bulanık Sayı Karşılıkları Tablo 11'de sunulmuştur.



Şekil 10: Bulanık Üçgensel Değerler

Kaynak: (Lin, 2013)

Tablo 11: Dilsel İfadelerin Bulanık Sayı Karşılıkları

DİLSEL İFADE	KOD	BULANIK SAYI
Çok Fazla Etkili	VH	(0.7, 0.9, 1.0)
Fazla Etkili	N	(0.5, 0.7, 0.9)
Az Etkili	L	(0.3, 0.5, 0.7)
Çok Az Etkili	VL	(0.1, 0.3, 0.5)
Etkisiz	No	(0, 0.1, 0.3)

Adım-3 Bireysel Direkt Etki Matrislerinin Oluşturulması ($\tilde{Z}^k$): Seçilen k sayıda uzmandan n tane faktöre ilişkin olarak F_i faktörünün F_j faktörüne olan etki değerlendirmesi alınarak bireysel direkt etki matrisleri $\tilde{Z}^k = \left[\tilde{z}_{ij}^k\right]_{nxn}$ oluşturulur. $\tilde{Z}$k kriterlerin birbirlerine etkisini gösteren ikili karşılaştırmalarla elde edilmiş bir n × n matristir. Buradaki $\tilde{Z}$ij, i kriterinin j kriterini etkileme derecesini ifade eder.

$$\tilde{Z}_{ij}^k = \left(z_{ijl}^k, z_{ijm}^k, z_{iju}^k\right)$$

Adım-4 Ortalama Direkt Etki Matrisinin ($\tilde{Z}$) Oluşturulması: Bireysel direkt etki matrislerinin aritmetik ortalaması, tüm uzmanların görüşlerini içeren ortalama direkt etki matrisini $\tilde{Z} = \left[\tilde{z}_{ij}\right]_{nxn}$ oluşturur.

$$\tilde{z}_{ij} = \left(z_{ijl}, z_{ijm}, z_{iju}\right) = \frac{1}{k}\sum_{k=1}^{k} \tilde{z}_{ij}^{k} = \left(\frac{1}{k}\sum_{k=1}^{k} z_{ijl}^{k}, \frac{1}{k}\sum_{k=1}^{k} z_{ijm}^{k}, \frac{1}{k}\sum_{k=1}^{k} z_{iju}^{k}, \right)(1)$$

$$\tilde{Z} = \begin{bmatrix} 0 & \tilde{z}_{12} & \cdots & \tilde{z}_{1n} \\ \tilde{z}_{21} & 0 & \ddots & \tilde{z}_{2n} \\ \vdots & \ddots & 0 & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \tilde{z}_{n1} & \tilde{z}_{n2} & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

Adım-5 Normalize Edilmiş Direkt Etki Matrisinin ($\widetilde{\mathbf{X}}$) Oluşturulması:

$$\tilde{X} = \begin{bmatrix} 0 & \tilde{x}_{12} & \cdots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & 0 & \ddots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \ddots & 0 & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{n1} & \tilde{x}_{n2} & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{\tilde{z}_{ij}}{r} = \left(\frac{z_{ijl}}{r}, \frac{z_{ijm}}{r}, \frac{z_{iju}}{r}\right)(2)$$

$$r = \max_{1\le i\le n}\left(\sum_{j=1}^{n} z_{iju}\right)(3)$$

$$\tilde{X}_l = \begin{bmatrix} 0 & l_{12} & \cdots & l_{1n} \\ l_{21} & 0 & \ddots & l_{2n} \\ \vdots & \ddots & 0 & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ l_{n1} & l_{n2} & \cdots & 0 \end{bmatrix}, \tilde{X}_m = \begin{bmatrix} 0 & m_{12} & \cdots & m_{1n} \\ m_{21} & 0 & \ddots & m_{2n} \\ \vdots & \ddots & 0 & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ m_{n1} & m_{n2} & \cdots & 0 \end{bmatrix}, \tilde{X}_u = \begin{bmatrix} 0 & u_{12} & \cdots & u_{1n} \\ u_{21} & 0 & \ddots & u_{2n} \\ \vdots & \ddots & 0 & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ u_{n1} & u_{n2} & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

Adım-6 Toplam Etki Matrisinin ($\widetilde{\mathbf{T}}$) Oluşturulması: Formül 4 kullanılarak normalize edilmiş direkt etki matrislerinden toplam ilişki matrisleri $\tilde{T} = \left[t_{ij}\right]_{nxn}$ elde edilir.

$$\tilde{T} = \lim_{h\to\infty}\left(\tilde{X}^1 + \tilde{X}^2 + \cdots + \tilde{X}^h\right) = \tilde{X}\,(I - \tilde{X})^{-1}(4)$$

$$\tilde{T} = \begin{bmatrix} 0 & \tilde{t}_{12} & \cdots & \tilde{t}_{1n} \\ \tilde{t}_{21} & 0 & \ddots & \tilde{t}_{2n} \\ \vdots & \ddots & 0 & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \tilde{t}_{n1} & \tilde{t}_{n2} & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

$$\tilde{t}_{ij} = \left(\acute{l}_{ij}, \acute{m}_{ij}, \acute{u}_{ij}, \right)(5)$$

$$\tilde{T}_l = \tilde{X}_l\,(I - \tilde{X}_l)^{-1}(6)$$

$$\tilde{T}_m = \tilde{X}_m\,(I - \tilde{X}_m)^{-1}(7)$$

$$\tilde{T}_u = \tilde{X}_u\,(I - \tilde{X}_u)^{-1}(8)$$

Adım-7 Durulaştırma: Bulanık sayıların net sayılara çevrilmesi, durulaştırma işlemi, DEMATEL yönteminin en önemli adımıdır (Si vd. 2018).

$$\tilde{T} = \left(l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}\right) \stackrel{\text{def}}{=} x_{net} (9)$$

Opricovic ve Tzeng (2003) tarafından oluşturulan Converting Fuzzy numbers into Crisp Scores-CFCS yöntemi, diğer durulaştırma yöntemlerine göre aynı ortalamaya sahip iki simetrik üçgen bulanık sayıyı ayırt etme bakımından avantajlıdır. Yapılan çalışmalarda CFCS yönteminin, çok kriterli bir karar verme modelinde, karışık ve bulanık kriter seti ile bulanık sayıları dönüştürmek için kullanılabileceğini göstermektedir (Opricovic ve Tzeng, 2003). Burada dikkat çeken nokta CFCS yöntemi yalnızca DEMATEL yönteminde değil diğer Çok Kriterli Karar Verme (Multiple-Criteria Decision Making-MCDM) ve Çok Kriterli Karar Analiz (Multiple Criteria Decision Analysis-MCDA) yöntemlerinde de bulanık sayıların net değerlere dönüştürülmesinde de çok etkindir. Opricovic ve Tzeng'in (2003) önerdiği yöntem denklem 10-15'te özetlenmiştir.

- ***Normalizasyon***

$$L = \min\left(l_{ij}\right), R = \max\left(u_{ij}\right), \Delta = R - L; (10)$$

$$x_l = l_{ij} - L/\Delta x_m = m_{ij} - L/\Delta x_u = u_{ij} - L/\Delta; (11)$$

- ***Sağ ve sol değerlerin hesaplanması***

$$x_{sol} = x_m/(1 + x_m - x_l), x_{sağ} = x_u/(1 + x_u - x_{lm}); (12)$$

- ***Normalize edilmiş değerler toplamı***

$$x = \left[x_{sol}(1 - x_{sol}) + x_{sağ}{}^2\right]/\left[1 - x_{sol} + x_{sağ}\right] (13)$$

- ***Net değerlerin hesaplanması***

$$x_{net} = L + \Delta x (14)$$

- ***Nihai Denklem***

$$x_{net} = L + \Delta \frac{(m_{ij}-L)(\Delta+u_{ij}-m_{ij})^2(R-l_{ij})+(u_{ij}-L)^2(\Delta+m_{ij}-l_{ij})^2}{(\Delta+m_{ij}-l_{ij})(\Delta+u_{ij}-m_{ij})^2(R-l_{ij})+(u_{ij}-L)(\Delta+m_{ij}-l_{ij})^2(\Delta+u_{ij}-m_{ij})} (15)$$

Adım 8 Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi: Formül 16 ve 17 kullanılarak toplam durulaştırılmış ilişki matrisindeki satır ve sütunların toplamı $R = [r_i]_{nx1}$ $C = \left[c_j\right]_{1xn}$ elde edilir.

$$R = [r_i]_{nx1} = \left[\sum_{j=1}^{n} t_{ij}\right]_{nx1} (16)$$

$$C = \left[c_j\right]_{1xn} = \left[\sum_{i=1}^{n} t_{ij}\right]_{1xn} (17)$$

Kriterlerin 0 ile 1 arasındaki ağırlıklarının toplamı formül 18 ve 19 kullanılarak bulunur. Kriter ağırlıklarının toplamı doğal olarak 1'e eşit olacaktır.

$$w_i = \sqrt{(R + C)^2 + (R - C)^2} (18)$$

$$W_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^{n} w_i} (19)$$

Adım-9 Etki-İlişki Haritasının Oluşturulması:

Son olarak, ($R+C$, $R-C$) değerleri her bir faktör için ayrı hesaplanarak nihai hedef olan etki ilişki haritası oluşturulur. Burada kritere ait (R+C) değerinin merkezden uzaklaşması kriterin önemin arttığını gösterir. Kritere ait (R-C) pozitif olması, kriterin etkileyen grubunda olduğunu negatif olması halinde ise etkilenen grupta olduğunu gösterir.

Birbirlerini etkileyen kriterleri bulmak için tüm kriterlerin durulaşmış değerlerinin ortalaması alınır. Ortalamanın üzerindeki değerlere sahip kriterlerin birbirlerini etkilediği sonucu çıkar. Bu grafik faktörleri etkileyen ve etkilenen olarak iki gruba ayırmasına karşın faktörlerin birbirleri ile olan ilişkinin gücü hakkın bilgi vermemektedir. Bu nedenle etki ilişki haritasını oluşturmak için öncelikle durulaşmış değerler matrisinin değerlerinin ortalaması alınır. Bu ortalama eşik değer olarak atanır ve eşik değerin altında değere sahip kriterler arasındaki ilişkiler yok kabul edilir.

Ayrıca durulaşmış değerler matrisinin en büyük değeri ile eşik değeri arası üçe bölünerek kriterlerin birbiri arasındaki ilişki düzeyleri zayıf, orta ve güçlü olarak belirlenir. Bu sayede karmaşık bir etki-ilişki haritasının da önüne geçilmiş olur.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. BULGULAR

Halihazırda akıllı gemilerin işletimiyle ilgili yeterli seviyede verinin yoktur. dolayısıyla akıllı gemilerin deniz ulaştırmasındaki etki faktörlerin birbirleri arasındaki ilişkinin ortaya konulması ve ağırlıklarının saptanması maksadıyla Tablo-11'da belirtilen anket yoluyla uzmanların bilgisine başvurulmuştur. Verilerinin toplanması maksadıyla Kocaeli Üniversitesi Sosyal ve Beşerî Bilimler Etik Kurulu'ndan 10.11.2022 tarih ve 319940 sayılı etik kurul onayı alınmıştır. Toplanan veriler katılımcı özelliklerine göre tasnif edilip bulanık DEMATEL yöntemiyle analiz edilmiştir.

4.1. KATILIMCI UZMAN BİLGİLERİ

Çalışmanın diğer bir amacı olan kriter ağırlıklarının akıllı gemilerin açık deniz veya kıyısal sefer yapmasına ya da dökme kuru yük veya konteyner taşımacılığında kullanılmasının etkisinin ayrı ayrı değerlendirilebilmesi 12 (8 yönetici düzeyindeki gemi insanı ve 4 üst düzey yönetici) katılımcı görevleri dikkate alınarak seçilmiştir. Halihazırda tanker türü akıllı gemi örneği bulunmadığından tanker türü gemiler ile çalışan uzmanlar bu çalışmanın dışında tutulmuştur.

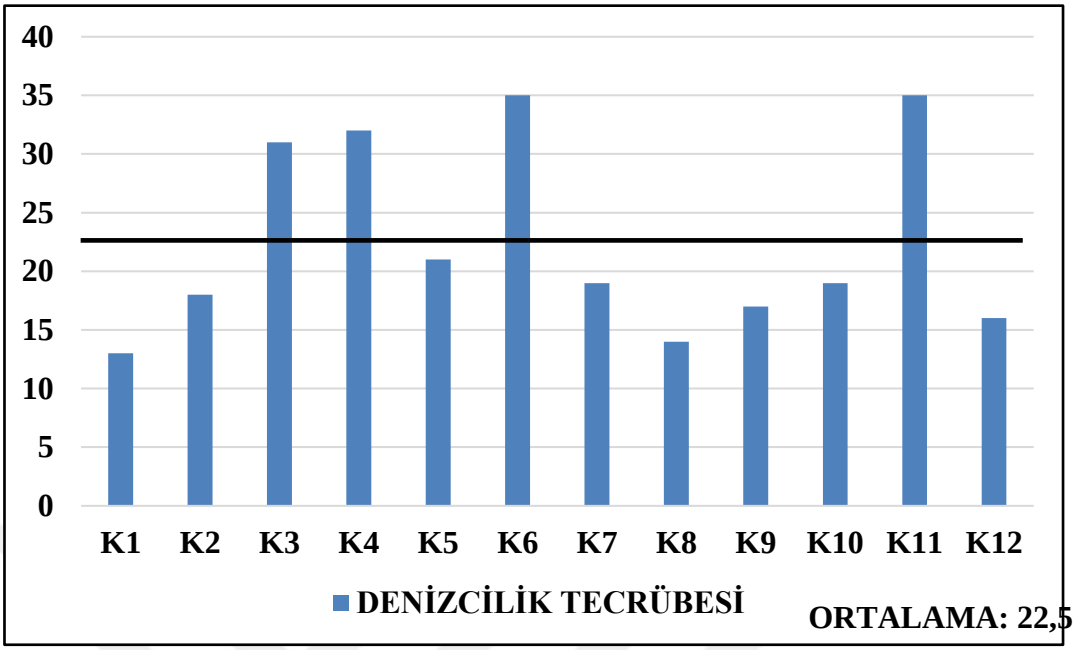
Bilindiği üzere gemileri açık deniz ve kıyısal sefer yapan gemiler olarak ayırabileceğimiz net bir kural yoktur. Ancak (Stopford, 2009: s.51,582) tarafından 6000 dwt veya 1000 TEU altında büyüklüğe sahip olan gemilerin kıyısal sefer (kısa mesafe taşımacılığı) yaptıkları kabul edilmiştir. Bu bağlamda katılımcıların çalıştıkları gemilerin büyüklüğüne göre çalıştıkları bölgeler belirlenmiştir.

DEMATEL yönteminde kişilerin tecrübe seviyesi araştırmanın doğruluğunun sağlanması bakımından direkt öneme haizdir. Bu bağlamda anket katılımcılarını alanında uzman kişiler olması önemlidir.

Tablo 12: Katılımcıları Demografik Özellikleri

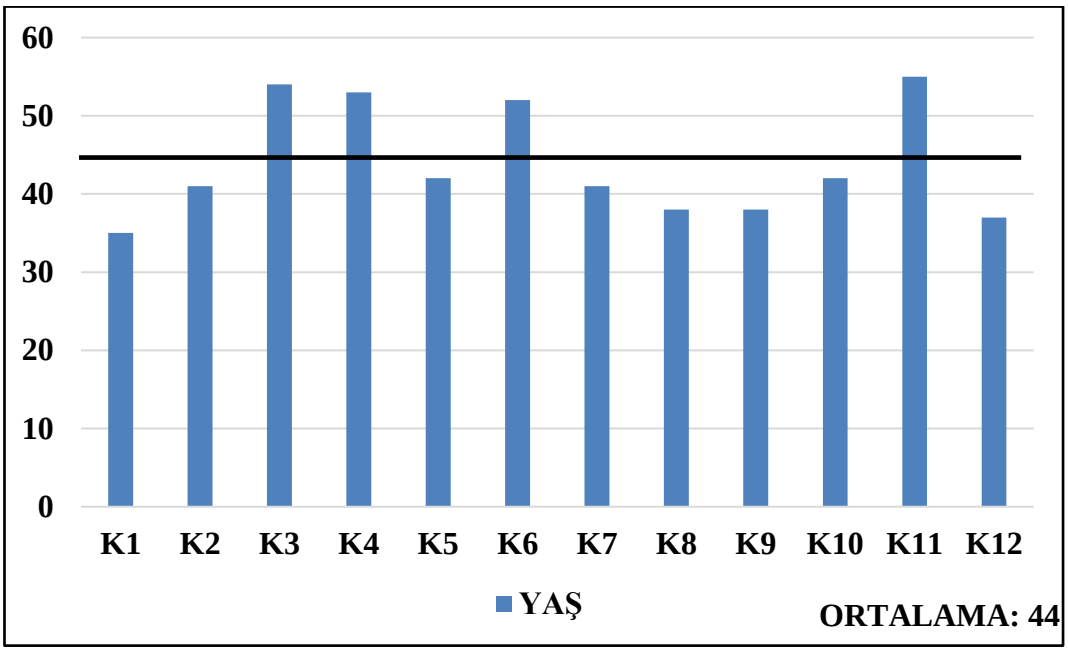
	BÖLGE	GEMİ TÜRÜ	GÖREVİ	EĞİTİM DÜZEYİ	YAŞ	DENİZCİLİK TECRÜBESİ
K1	Açık Deniz	Dökme Yük	Birinci Zabit	Lisans	35	13
K2	Açık Deniz	Dökme Yük	Baş Mühendis	Lisans	41	18
K3	Açık Deniz	Dökme Yük	Kaptan	Ön Lisans	54	31
K4	Açık Deniz	Konteyner	Gemi İşletmecisi	Yüksek Lisans	53	32
K5	Açık Deniz	Konteyner	Gemi İşletmecisi	Lisans	42	21
K6	Açık Deniz	Konteyner	Kaptan	Ön Lisans	52	35
K7	Kıyısal	Dökme Yük	Kaptan	Lisans	41	19
K8	Kıyısal	Dökme Yük	Kaptan	Lisans	38	14
K9	Kıyısal	Dökme Yük	Armatör	Lisans	38	17
K10	Kıyısal	Konteyner	Kaptan	Lisans	42	19
K11	Kıyısal	Konteyner	Gemi İşletmecisi	Yüksek Lisans	55	35
K12	Kıyısal	Konteyner	Baş Mühendis	Lisans	37	16

Katılımcıların çalıştığı gemi türü, görevi, eğitim düzeyi, yaş ve denizcilik tecrübesi gibi demografik özellikleri havi bilgiler Tablo 12'de sunulmuştur.



Grafik 1: Katılımcıların Denizcilik Tecrübesi ve Ortalaması

Uzman katılımcıların denizcilik tecrübesi Grafik 1'de sunulmuştur. Buna göre katılımcıların denizcilik tecrübesi en az 13 yıl olacak şekilde seçilmiştir.



Grafik 2: Katılımcıların Yaş Dağılımı ve Ortalaması

Ayrıca uzman katılımcıların yaş ortalaması 44 olup dağılımları Grafik 2'de sunulmuştur.

4.2. TÜM KATILIMCILARINDAN ELDE EDİLEN BULGULAR

DEMATEL yöntemine uygun olarak uzmanlardan elde edilen bulanık değerlerin ortalaması formül (1) kullanılarak hesaplanmış ve "Ortalama Direkt Etki Matrisi" ($\tilde{Z}$) elde edilmiştir. ($\tilde{Z}$) matrisi formül (3-4) kullanılarak normalize edilmiş, "Normalize Edilmiş Direkt Etki Matrisi" ($\tilde{X}$) oluşturulmuştur. Son olaraksa elde edilen $\tilde{X} = [x_{ij}]_{nxn}$ matrisi formül (5-9) yardımıyla "Toplam İlişki Matrisi" $\tilde{T} = [t_{ij}]_{nxn}$bulunmuştur.

4.2.1. Kriter Çiftleri Arasındaki İlişkinin Saptanması

$\tilde{T} = [t_{ij}]_{nxn}$ Toplam İlişki Matrisindeki bulanık sayılar, detayları formül (10-15)'te verilen, Bulanık Sayıları Net Sayılara Dönüştürme (Converting Fuzzy numbers into Crisp Scores-CFCS) durulaştırma yöntemi kullanılarak durulaştırma işlemine tabi tutulmuş ve Tablo 13'teki net sayı değerleri elde edilmiştir.

Tablo 13: Durulaştırılmış Değerler

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
C1	0,049	0,122	0,154	0,233	0,205	0,209	0,171	0,178	0,189	0,187
C2	0,047	0,049	0,072	0,104	0,167	0,076	0,056	0,070	0,133	0,110
C3	0,060	0,152	0,188	0,252	0,191	0,130	0,072	0,118	0,172	0,150
C4	0,037	0,053	0,060	0,225	0,064	0,121	0,045	0,060	0,126	0,102
C5	0,166	0,211	0,221	0,307	0,139	0,241	0,191	0,218	0,262	0,250
C6	0,032	0,047	0,051	0,104	0,054	0,072	0,039	0,074	0,076	0,096
C7	0,041	0,064	0,110	0,206	0,080	0,079	0,034	0,069	0,162	0,153
C8	0,049	0,127	0,133	0,242	0,102	0,127	0,085	0,102	0,199	0,194
C9	0,061	0,113	0,174	0,270	0,184	0,161	0,098	0,177	0,147	0,194
C10	0,067	0,150	0,144	0,259	0,199	0,171	0,081	0,140	0,204	0,106

DEMATEL yöntemi birbirleriyle ilişki faktörlerin analizinde kullanılır. Tablo 13'ten de görüleceği üzere belirlenen tüm kriterlerin birbiri üzerinde etkisi vardır. Ancak tüm kriterlerin birbiri üzerindeki etkisinin gösterildiği "Etki-İlişki Grafiği" karar verici açısından anlam ifade etmeyecektir. Bu nedenle eşik değer belirlenerek eşik değerin üzerindeki kriterlerin birbiri arasında etkileştiği kabul edilir.

Durulaştırılmış tüm değerlerin ortalaması alınarak belirlenen eşik değerin üzerindeki 45 adet kriter çiftinin birbiri üzerinde etkisi olduğu Tablo 14'te görülmektedir. Eşik değerin üzerindeki bu kriter çiftlerinin tümünün birbirleri üzerindeki etkisinin gösterildiği "Etki-İlişki Haritası" ise karmaşık olacaktır. Bu nedenle kriter çiftleri arasındaki etki şiddetinin düzeyinin saptanması gereklidir.

Tablo 14: Eşik Seviyesinin Üzerindeki Etki Şiddetine Sahip Kriter Çiftleri

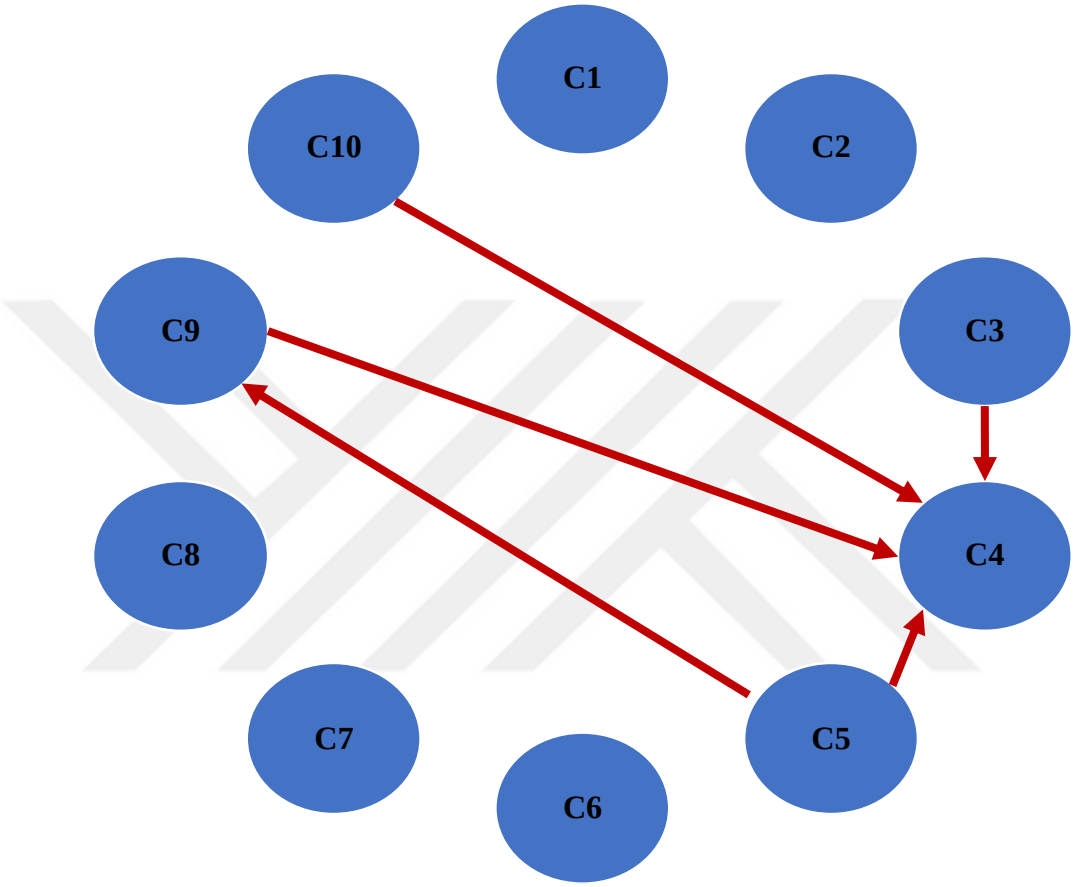
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
C1	0,049	0,122	0,154	0,233	0,205	0,209	0,171	0,178	0,189	0,187
C2	0,047	0,049	0,072	0,104	0,167	0,076	0,056	0,070	0,133	0,110
C3	0,060	0,152	0,188	0,252	0,191	0,130	0,072	0,118	0,172	0,150
C4	0,037	0,053	0,060	0,225	0,064	0,121	0,045	0,060	0,126	0,102
C5	0,166	0,211	0,221	0,307	0,139	0,241	0,191	0,218	0,262	0,250
C6	0,032	0,047	0,051	0,104	0,054	0,072	0,039	0,074	0,076	0,096
C7	0,041	0,064	0,110	0,206	0,080	0,079	0,034	0,069	0,162	0,153
C8	0,049	0,127	0,133	0,242	0,102	0,127	0,085	0,102	0,199	0,194
C9	0,061	0,113	0,174	0,270	0,184	0,161	0,098	0,177	0,147	0,194
C10	0,067	0,150	0,144	0,259	0,199	0,171	0,081	0,140	0,204	0,106
									Ortalama	**0,133**

Etki şiddetinin düzeyinin saptanabilmesi amacıyla durulaşmış değerler matrisinin en büyük değeri olan 0.307 ile eşik değeri olan 0.133 arası üçe bölünerek kriter çiftlerinin ilişki düzeyleri belirlenir. Kriter çiftlerinin birbirini etkileme düzeyi 0.133-0.193 arasında ise zayıf, 0.193-0.250 arasında ise orta 0.250-0.307 arasında ise güçlü etki şiddetinin olduğu saptanmıştır.

Tablo 15: Kriter Çiftleri Arasındaki Birbirini Etkileme Şiddeti

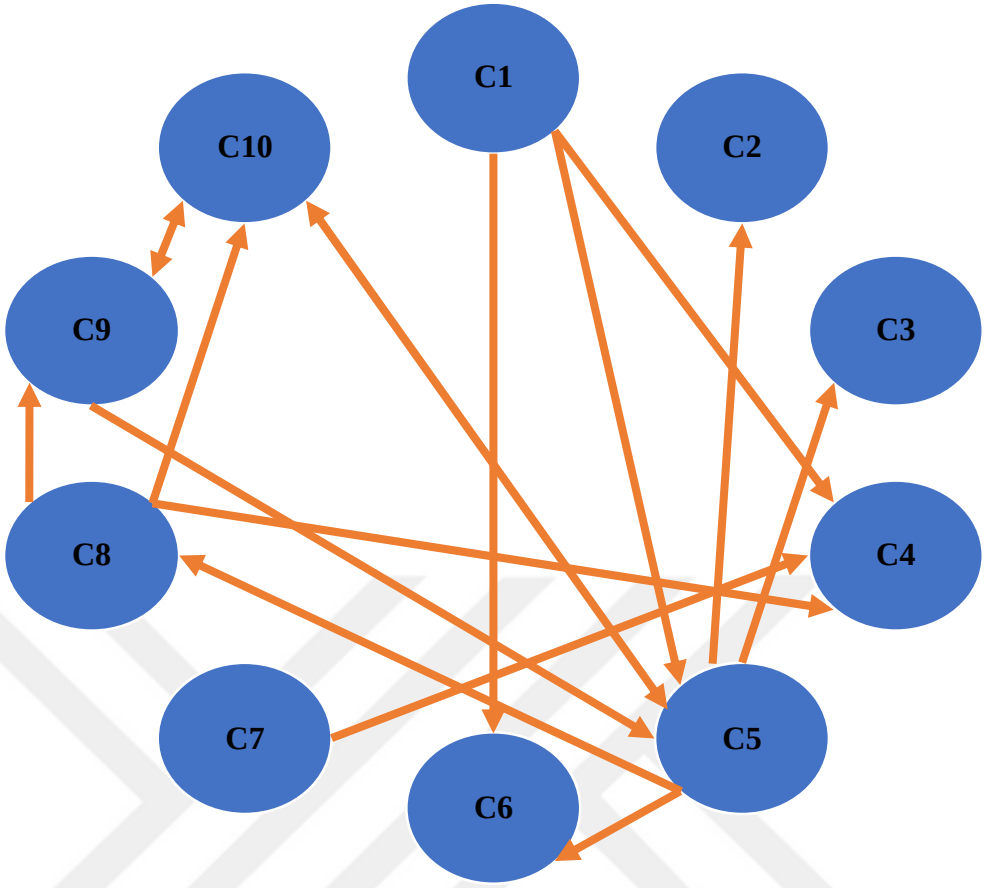
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
C1			0,154	0,233	0,205	0,209	0,171	0,178	0,189	0,187
C2					0,167					
C3		0,152	0,188	0,252	0,191				0,172	0,150
C4				0,225						
C5	0,166	0,211	0,221	0,307	0,139	0,241	0,191	0,218	0,262	0,250
C6										
C7				0,206					0,162	0,153
C8			0,133	0,242					0,199	0,194
C9			0,174	0,270	0,184	0,161		0,177	0,147	0,194
C10		0,150	0,144	0,259	0,199	0,171		0,140	0,204	

Tablo 15'te kırmızı ile gösterilen değerler güçlü seviyedeki etki şiddetini, turuncu ile gösterilen değerler orta seviyedeki etki şiddetini, yeşil ile gösterilen ise zayıf seviyedeki etki şiddetini ifade etmektedir.



Şekil 11: Güçlü Seviyedeki Etki-İlişki Grafiği

Güçlü seviyedeki etki-ilişki grafiği Şekil 11'de gösterilmiştir. Buna göre **C3** *"bakım/arıza onarımı"* kriterinin **C4** *"sigorta faaliyeti"* kriteri, **C5** *"yatırım maliyeti"* kriterinin **C4** *"sigorta faaliyeti"* ve **C9** *"siber risk"* kriterleri, **C9** *"siber risk"* kriterinin **C4** *"sigorta faaliyeti"* kriteri, **C10** *"gemi sevk ve idaresi"* kriterinin **C4** *"sigorta faaliyeti"* kriteri üzerinde güçlü etkisi vardır.



Şekil 12: Orta Seviyedeki Etki-İlişki Grafiği

Orta seviyedeki etki-ilişki grafiği Şekil 12'de gösterilmiştir. Buna göre **C1** *"personel sayısı"* kriterinin **C4** *"sigorta faliyeti"*, **C5** *"yatırım maliyeti"* ve **C6** *"yükün elleçlenmesi"* kriterleri; **C5** *"yatırım maliyeti"* kriterinin **C2** *"yakıt sarfiyatı"*, **C3** *"bakım/arıza onarımı"*, **C6** *"yükün elleçlenmesi"*, **C8** *"gemi ve yük hasarı"* ve **C10** *"geminin sevk ve idaresi"* kriterleri; **C7** *"insan kaynaklı hata"* kriterinin **C4** *"sigorta gideri"* kriteri; **C8** *"gemi ve yük hasarı"* kriterinin **C4** *"sigorta faaliyeti"*, **C9** *"siber risk"* ve **C10** *"geminin sevk ve idaresi"* kriterleri; **C9** *"siber risk"* kriterinin **C5** *"yatırım maliyeti"* ve **C10** *"geminin sevk ve idaresi"* kriterleri; **C10** *"geminin sevk ve idaresi"* kriterinin **C9** *"siber risk"* kriteri üzerinde orta seviye etkisi vardır.

4.2.2. Etki-İlişki Haritasının Oluşturulması

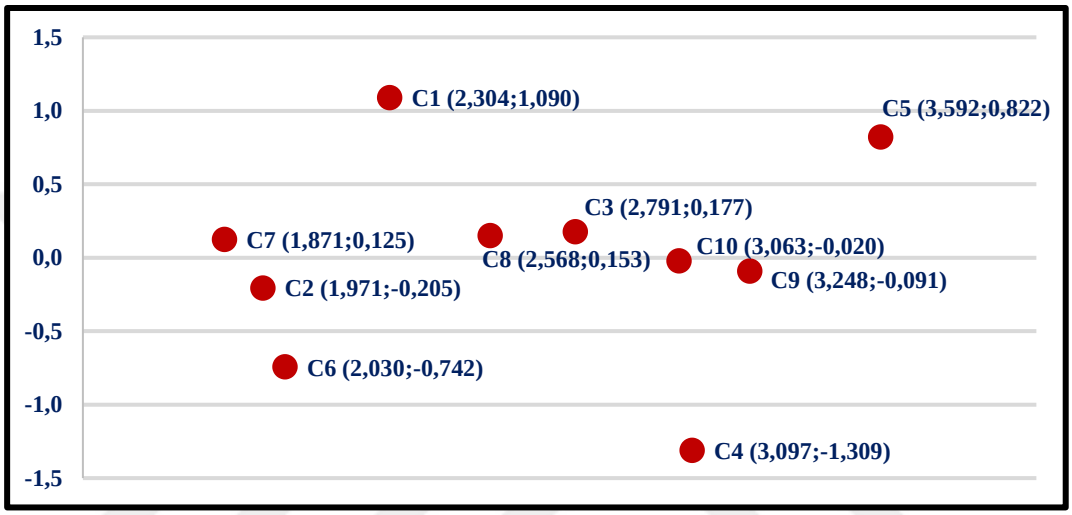
Etki-ilişki haritası oluşturmak için öncelikle formül (10-11) kullanılarak tüm satırların toplam değeri $R = [r_i]_{nx1}$ ve tüm sütunların toplam değeri $C = \left[c_j\right]_{1xn}$ elde edilir.

R ve C değerleri de kullanılarak hesaplanan (R-C) ve (R+C) değerleri Tablo 16'da gösterilmiştir. DEMATEL yönteminde R-C değerinin pozitif olması faktörün etkileyen, negatif olması etkilenen olduğunu gösterirken R+C değeri faktörün önemini göstermektedir.

Tablo 16: (R-C) ve (R+C) Değerleri

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	R	R+C	R-C
C1	0,049	0,122	0,154	0,233	0,205	0,209	0,171	0,178	0,189	0,187	1,697	2,304	1,090
C2	0,047	0,049	0,072	0,104	0,167	0,076	0,056	0,070	0,133	0,110	0,883	1,971	-0,205
C3	0,060	0,152	0,188	0,252	0,191	0,130	0,072	0,118	0,172	0,150	1,484	2,791	0,177
C4	0,037	0,053	0,060	0,225	0,064	0,121	0,045	0,060	0,126	0,102	0,894	3,097	-1,309
C5	0,166	0,211	0,221	0,307	0,139	0,241	0,191	0,218	0,262	0,250	2,207	3,592	0,822
C6	0,032	0,047	0,051	0,104	0,054	0,072	0,039	0,074	0,076	0,096	0,644	2,030	-0,742
C7	0,041	0,064	0,110	0,206	0,080	0,079	0,034	0,069	0,162	0,153	0,998	1,871	0,125
C8	0,049	0,127	0,133	0,242	0,102	0,127	0,085	0,102	0,199	0,194	1,360	2,568	0,153
C9	0,061	0,113	0,174	0,270	0,184	0,161	0,098	0,177	0,147	0,194	1,579	3,248	-0,091
C10	0,067	0,150	0,144	0,259	0,199	0,171	0,081	0,140	0,204	0,106	1,522	3,063	-0,020
C	0,607	1,088	1,307	2,203	1,385	1,386	0,873	1,207	1,669	1,541			

Her bir kritere ilişkin elde edilen (R-C) değeri Etki-İlişki Haritasının dikey eksenini oluşturur ve bu değerin negatif olması faktörün etkilenen olduğunu, pozitif olması ise etkileyen grubunda yer aldığını gösterir. Her bir kritere ilişkin hesaplan (R+C) değerleri ise Etki-İlişki Haritasının yatay ekseninde sergilenir. Bu değerse faktörün önemi belirtir. (R-C) ve (R+C) değerleri kullanılarak oluşturulan etki-ilişki haritası Grafik 3'te sunulmuştur.



Grafik 3: Bulanık DEMATEL Yöntemiyle Oluşturulan Etki-İlişki Haritası

Grafik 3'ten akıllı gemilerin etkinliğini belirleyen **C1** *"personel sayısı"* ve **C5** *"yatırım maliyeti"* faktörlerinin etkileyen, **C4** *"sigorta faaliyeti"*, **C6** *"yükün elleçlenmesi"* ve **C2** *"yakıt sarfiyatı"* faktörlerinin ise etkilenen faktörler olduğu anlaşılmaktadır.

4.2.1. Kriter Ağırlıklarının Bulunması

Kriterlerin ağırlıkları ise formül (19-20) ile hesaplanmıştır. Analiz sonunda elde edilen (R+C) ve (R-C) değerleri ile kriter ağırlıkları Tablo 17'de sunulmuştur.

Tablo 17: Kriter Ağırlıkları

	R+C	R-C	wi	Wİ
C5	3,592	0,822	3,685	**0,134987**
C4	3,097	-1,309	3,362	**0,123182**
C9	3,248	-0,091	3,250	**0,119053**
C10	3,063	-0,020	3,063	**0,112216**
C3	2,791	0,177	2,797	**0,102452**
C8	2,568	0,153	2,572	**0,094228**
C1	2,304	1,090	2,549	**0,093389**
C6	2,030	-0,742	2,161	**0,079170**
C2	1,971	-0,205	1,982	**0,072612**
C7	1,871	0,125	1,876	**0,068710**

Kriter ağırlıklarının sıralaması Tablo 16'da gösterilmiştir. Buna göre **C5** *"yatırım maliyeti"*, **C4** *"sigorta faaliyeti"*, **C9** *"siber risk"*, **C10** *"geminin sevk ve idaresi"* ve **C3** *"bakım/arıza onarımı"* akıllı gemilerin deniz taşımacılığında kullanılmasındaki en önemli faktörler olarak hesaplanmıştır.

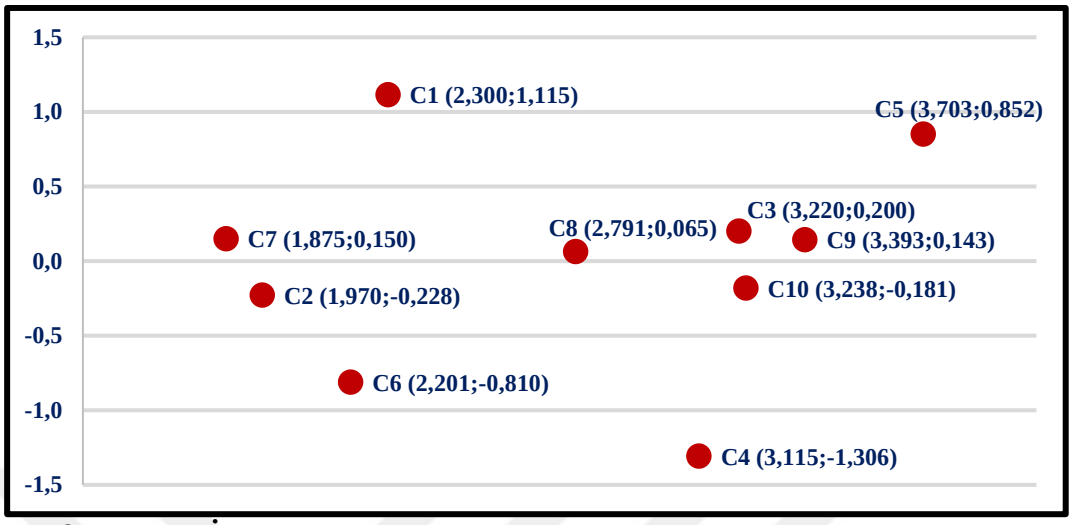
4.3. KATILIMCI GRUPLAR BAZINDA BULGULAR

Çalışmanın diğer bir amacı olan, akıllı gemilerin deniz ticaretindeki etki faktörlerinin, akıllı gemilerin açık deniz veya kıyısal sefer yapmasına ya da dökme kuru yük veya konteyner taşımacılığında kullanılmasına etkisinin değerlendirilebilmesi maksadıyla katılımcılar gruplandırılmıştır. Bu gruplandırmalara göre elde edilen sonuçlar sonraki alt başlıkta sunulmuştur.

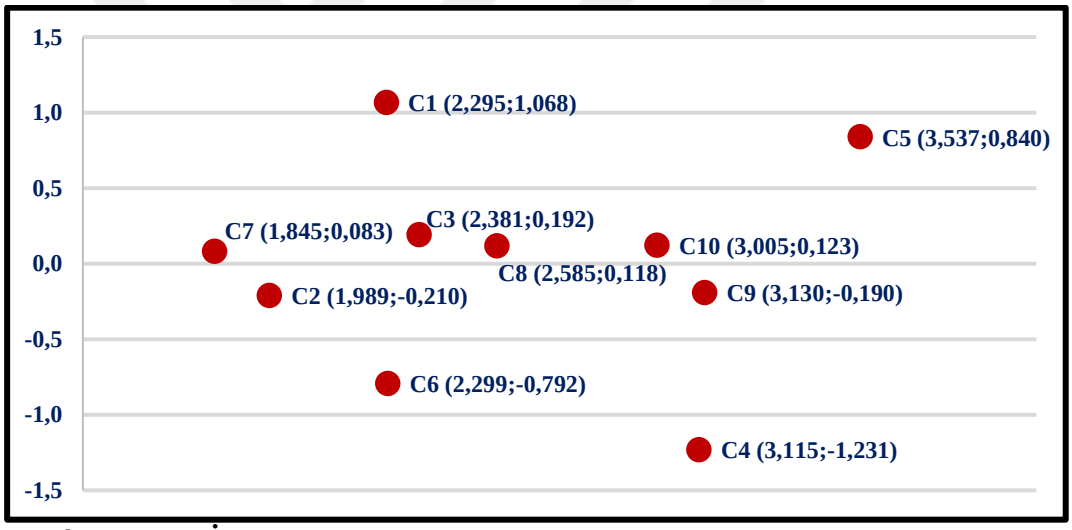
4.3.1. Etki-İlişki Haritaları

Belirlenen kriterlerden hangisinin etkileyen hangisinin etkilenen kriter olduğunu ve kriterin hangi ölçüde etkilediği etki-ilişki haritası üzerinde sergilenmektedir. Bu bağlamda seyir bölgesine göre gruplandırılan katılımcılardan açık deniz bölgesinde

seyir icra eden katılımcıların değerlendirmeleri Grafik-4'te, kıyısal bölgede seyir icra eden katılımcıların değerlendirmeleri Grafik-5'te sunulmuştur.



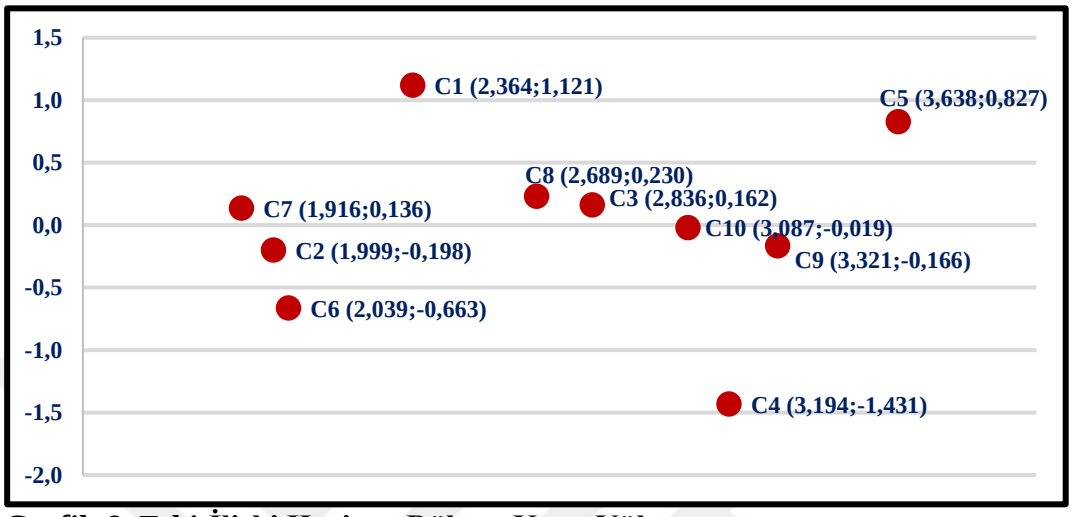
Grafik 4: Etki-İlişki Haritası Açık Deniz Seyri



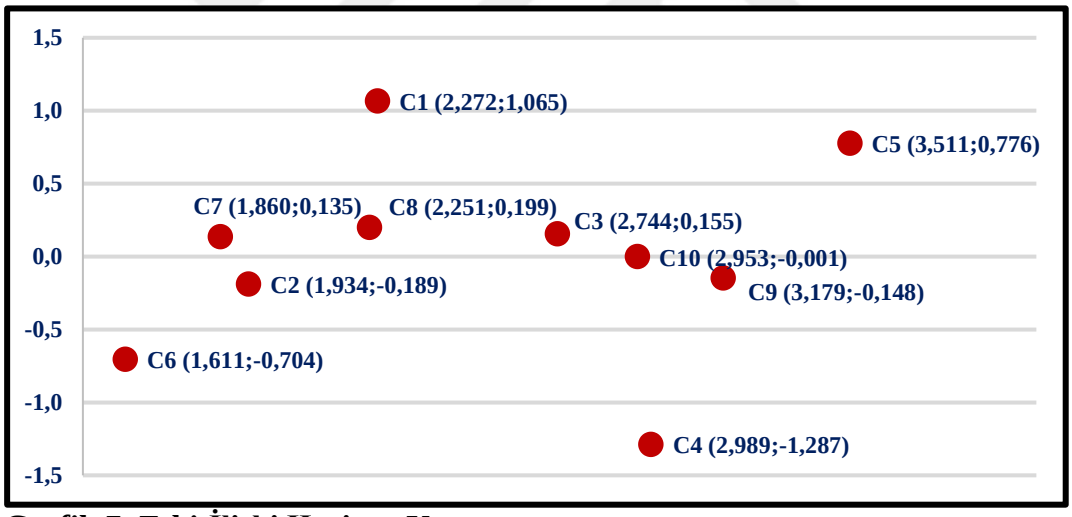
Grafik 5: Etki-İlişki Haritası Kıyısal Seyir

C9 *"siber risk"* faktörü açık deniz seyrinde etkileyen faktör konumunda iken, kısa mesafe-kıyısal seyirde etkilenen faktör olmaktadır. Ayrıca **C10** *"gemi sevk ve idaresi"* faktörü kısa mesafe-kıyısal seyirde etkileyen faktör konumunda iken açık deniz seyrinde etkilenen faktör olmaktadır. **C3** *"bakım/arıza onarım"* faktörü ise her iki seyir bölgesinde de etkileyen faktör olmakla birlikte, faktörün açık deniz seyrindeki etkisi kısa mesafe-kıyısal seyrindeki etkisine nazaran çok fazladır.

Gemi türüne göre gruplandırılan katılımcılardan dökme kuru yük gemileri ile seyir icra eden katılımcıların değerlendirmeleri Grafik-6'da, konteyner gemileri ile seyir icra eden katılımcıların değerlendirmeleri Grafik-7'de sunulmuştur.



Grafik 6: Etki-İlişki Haritası Dökme Kuru Yük



Grafik 7: Etki-İlişki Haritası Konteyner

C6 *"yükün elleçlenmesi"* ve **C8** *"gemi ve yük hasarı"* faktörlerinin konteyner taşımacılığındaki önemi, dökme yük taşımacılığına nazaran daha düşüktür.

4.3.2. Kriter Çiftleri Arasındaki İlişkiler

Çalışmanın diğer bir amacı belirlenen kriterlerden hangisinin hangisi üzerindeki etkisinin ne derecede olduğunun belirlenmesidir. Bu bağlamda seyir bölgesine göre gruplandırılan katılımcılardan açık deniz bölgesinde seyir icra eden katılımcıların değerlendirmeleri Tablo-18'de, kıyısal bölgede seyir icra eden katılımcıların değerlendirmeleri Tablo-19'da sunulmuştur.

Tablo 18: Kriter Çiftlerinin Birbirini Etkileme Şiddeti Açık Deniz Seyri

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
C1			0,171	0,222	0,202	0,218	0,172	0,192	0,174	0,189
C2					0,163					
C3		0,165	0,246	0,274	0,217	0,148		0,146	0,189	0,185
C4				0,220		0,141				
C5	0,162	0,211	0,251	0,304	0,144	0,250	0,188	0,237	0,262	0,270
C6										
C7				0,199					0,158	0,159
C8			0,151	0,241		0,145			0,199	0,203
C9			0,210	0,282	0,197	0,186		0,212	0,163	0,236
C10		0,144	0,160	0,255	0,197	0,171		0,154	0,199	

Tablo 19: Kriter Çiftlerinin Birbirini Etkileme Şiddeti Kıyısal Seyir

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
C1				0,218	0,203	0,220	0,172	0,191	0,197	0,186
C2					0,167				0,148	
C3			0,157	0,232	0,174				0,150	
C4				0,232		0,150			0,146	
C5	0,168	0,214	0,197	0,302	0,135	0,257	0,194	0,221	0,261	0,241
C6										
C7				0,200					0,160	0,147
C8				0,240		0,149			0,195	0,187
C9			0,144	0,259	0,170	0,176		0,167		0,173
C10		0,166		0,262	0,200	0,199		0,159	0,203	

Gemi türüne göre gruplandırılan katılımcılardan dökme kuru yük gemileri ile seyir icra eden katılımcıların değerlendirmeleri Tablo-20'de, konteyner gemileri ile seyir icra eden katılımcıların değerlendirmeleri Tablo-21'de sunulmuştur.

Tablo 20: Kriter Çiftlerinin Birbirini Etkileme Şiddeti Dökme Kuru Yük

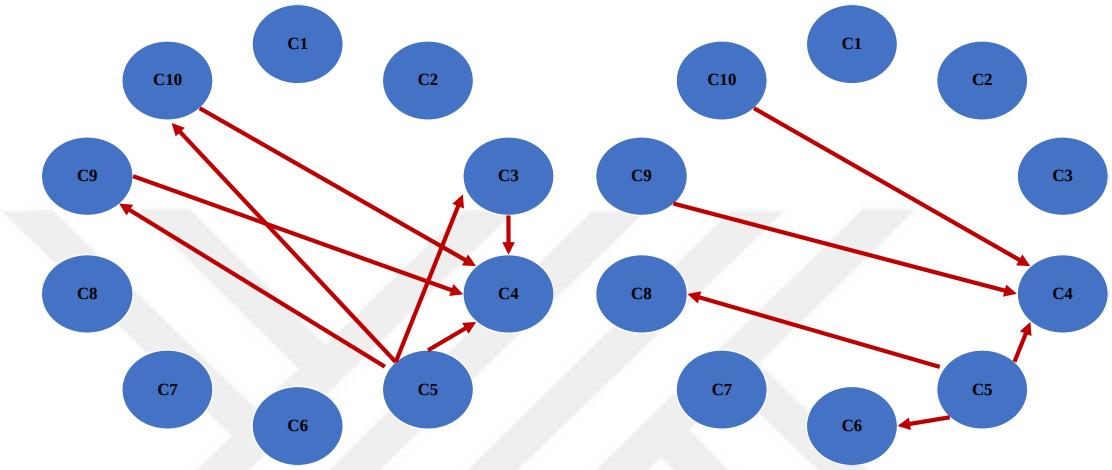
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
C1			0,164	0,255	0,209	0,207	0,172	0,173	0,196	0,191
C2					0,169				0,136	
C3		0,157	0,177	0,256	0,189				0,177	0,155
C4				0,229						
C5	0,168	0,213	0,221	0,322	0,140	0,238	0,194	0,219	0,268	0,250
C6										
C7				0,217					0,167	0,155
C8			0,146	0,263					0,214	0,206
C9			0,173	0,276	0,187	0,149		0,173	0,160	0,187
C10		0,147	0,152	0,266	0,202	0,164			0,211	

Tablo 21: Kriter Çiftlerinin Birbirini Etkileme Şiddeti Konteyner

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
C1			0,161	0,241	0,205	0,191	0,170	0,157	0,190	0,185
C2					0,168				0,134	
C3		0,155	0,174	0,247	0,186				0,172	0,151
C4				0,222						
C5	0,166	0,209	0,216	0,305	0,136	0,219	0,191	0,199	0,260	0,243
C6										
C7				0,211					0,165	0,153
C8			0,134	0,229					0,189	0,182
C9			0,170	0,264	0,185	0,136		0,159	0,154	0,181
C10		0,145	0,149	0,255	0,199	0,151			0,206	

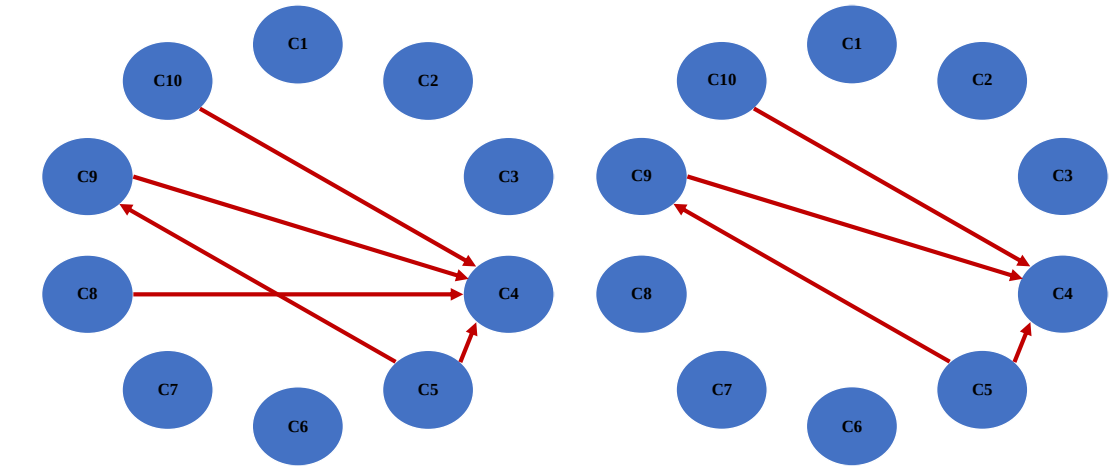
4.3.3. Etki-İlişki Grafikleri

Belirlenen kriterlerden hangisinin hangisi üzerinde etkisi olduğu etki-ilişki grafikleri ile sergilenebilmektedir. Seyir bölgesine göre gruplandırılan katılımcılardan açık deniz bölgesinde seyir icra eden katılımcıların değerlendirmeleri Şekil-13'te, kıyısal bölgede seyir icra eden katılımcıların değerlendirmeleri Şekil-14'te sunulmuştur.



Şekil 13: Açık Deniz Seyri **Şekil 14: Kıyısal Seyir**

Gemi türüne göre gruplandırılan katılımcılardan dökme kuru yük gemileri ile seyir icra eden katılımcıların değerlendirmeleri Şekil-15'te, konteyner gemileri ile seyir icra eden katılımcıların değerlendirmeleri Şekil-16'da sunulmuştur.



Şekil 15: Dökme Kuru Yük **Şekil 16: Konteyner**

4.3.4. Kriter Ağırlıkları

Belirlenen kriterlerin ağırlıkları katılımcı gruplarına göre ayrı ayrı hesaplanmıştır. Buna göre seyir bölgesine göre gruplandırılan katılımcılardan açık deniz bölgesinde seyir icra eden katılımcıların değerlendirmeleri Tablo-22'de, kıyısal bölgede seyir icra eden katılımcıların değerlendirmeleri Tablo-23'te sunulmuştur.

Tablo 22: Açık Deniz Seyri

	R+C	R-C	Wİ
C5	3,703	0,852	**0,132870**
C9	3,393	0,143	**0,118732**
C4	3,115	-1,306	**0,118089**
C10	3,238	-0,181	**0,113387**
C3	3,220	0,200	**0,112805**
C8	2,791	0,065	**0,097628**
C1	2,300	1,115	**0,089363**
C6	2,201	-0,810	**0,082026**
C2	1,970	-0,228	**0,069335**
C7	1,875	0,150	**0,065765**

Tablo 23: Kıyısal Seyir

	R+C	R-C	Wİ
C5	3,537	0,840	**0,135085**
C4	3,115	-1,231	**0,124447**
C9	3,130	-0,190	**0,116496**
C10	3,005	0,123	**0,111733**
C8	2,585	0,118	**0,096158**
C1	2,295	1,068	**0,094064**
C6	2,299	-0,792	**0,090339**
C3	2,381	0,192	**0,088767**
C2	1,989	-0,210	**0,074306**
C7	1,845	0,083	**0,068606**

Tablo-22 ve 23 incelendiğinde **C3** *"bakım/arıza onarımı"* kriterinin akıllı gemilerin açık deniz bölgesinde seyir icra etmesi halinde ağırlığının önemli ölçüde arttığı görülmektedir.

Gemi türüne göre gruplandırılan katılımcılardan dökme kuru yük gemileri ile seyir icra eden katılımcıların değerlendirmeleri Tablo-24'te, konteyner gemileri ile seyir icra eden katılımcıların değerlendirmeleri Tablo-25'te sunulmuştur.

Tablo 24: Dökme Kuru Yük

	R+C	R-C	Wİ
C5	3,638	0,827	**0,133848**
C4	3,194	-1,431	**0,125568**
C9	3,321	-0,166	**0,119319**
C10	3,087	-0,019	**0,110743**
C3	2,836	0,162	**0,101902**
C8	2,689	0,230	**0,096839**
C1	2,364	1,121	**0,093880**
C6	2,039	-0,663	**0,076908**
C2	1,999	-0,198	**0,072086**
C7	1,916	0,136	**0,068906**

Tablo 25: Konteyner

	R+C	R-C	Wİ
C5	3,511	0,776	**0,137909**
C4	2,989	-1,287	**0,124840**
C9	3,179	-0,148	**0,122069**
C10	2,953	-0,001	**0,113285**
C3	2,744	0,155	**0,105425**
C1	2,272	1,065	**0,096252**
C8	2,251	0,199	**0,086689**
C2	1,934	-0,189	**0,074545**
C7	1,860	0,135	**0,071551**
C6	1,611	-0,704	**0,067435**

Tablo 26: Katılımcı Gruplara Göre Kriterler Ağırlıklarının Sıralaması

ORTALAMA	C5	C4	C9	C10	C3	C8	C1	C6	C2	C7
AÇIK DENİZ	C5	C9	C4	C10	C3	C8	C1	C6	C2	C7
KIYISAL	C5	C4	C9	C10	C8	C1	C6	C3	C2	C7
DÖKME YÜK	C5	C4	C9	C10	C3	C8	C1	C6	C2	C7
KONTEYNER	C5	C4	C9	C10	C3	C1	C8	C2	C7	C6

Tablo 26’dan **C5** *"yatırım maliyeti"*, faktörünün tüm katılımcı gruplar tarafından en önemli faktör olarak görüldüğü anlaşılmaktadır

TARTIŞMA VE SONUÇ

IMO'nun belirttiği MASS otomasyon seviyeleri detaylı incelendiğinde bu seviyelerin akıllı gemilerin gelişim sıralaması olduğu söylenebilir. Şöyle ki; konvansiyonel gemilere RADAR, LIDAR, SONAR, AIS, elektronik seyir haritası, kamera, IR kamera gibi sensörleri yerleştirmek, tamamen otonom akıllı gemiler elde etmenin ilk adımdır. Bu gemileri mürettebatı azaltılmış akıllı gemiler ile mürettebatın bulunmadığı uzaktan kumandalı akıllı gemiler takip eder. Son olaraksa tamamen otomasyonun olduğu akıllı gemiler gelir.

Akıllı gemilere yönelik olarak oluşturulan otomasyon seviyelerinde genel ifadeler kullanıldığı, otomasyon seviyelerinin çoğunlukla navigasyona yani seyir fonksiyonlarına ilişkin olduğu görülmektedir. Ancak bilindiği üzere navigasyon (seyir), denizcilik operasyonlarının yalnızca bir parçasıdır. Gemi sevk ve idaresi, avara/aborda, demirleme, yük elleçleme ve bakım-onarım gibi birçok temel işlevi de içerir. Akıllı gemilerin otomasyon seviyelerinin belirlenerek sigorta şirketlerinin bilinmezlikten kurtarılması gereklidir. Çalışmamızın sonuçlarından olan **C4** *"sigorta faaliyeti"* faktörünün en fazla etkilenen faktör olması Li ve Yuen'in (2022) de çalışmasında belirttiği akıllı gemilerin kullanımın konseptinin belirlenerek kişilerin görev ve sorumluluklarını netleştirilmesi, denizcilik sektörünün en önemli paydaşlarından biri olan sigortacı kuruluşların endişelerini azaltabilir ve akıllı gemileri benimseme sürecini hızlandırabilir sonucuyla birebir örtüşmektedir.

Tüm katılımcılar tarafından **C5** *"yatırım maliyeti"* kriterinin en önemli ve en çok etkileyen kriter olarak belirlenmiştir. Ancak Ghaderi'nin (2020) belirttiği akıllı gemiler ve uzaktan kontrol istasyonun başta yatırım maliyeti, gemi ve yükün belirsiz sigorta maliyeti; nedeniyle pek çok armatörün ilgisini çekmemektedir. Bu nedenle akıllı gemilere yönelik yürütülen projeler, emniyet ve ekonomik açıdan avantajlar ortaya koysa da operasyonel performans ve sürdürülebilirlik gibi olası sorunlardan etkilenebilecektir.

Çalışmamızın ikincil amacı akıllı gemilerin açık denizde veya kısa-mesafe kıyısal seferlerde kullanılması ile dökme kuru yük gemileri ve konteyner gemilerini etkileyen faktörler arasındaki ilişkinin değişip değişmediğidir.

Bu bağlamda elde edilen ilk bulgu **C9** *"siber risk"* faktörünün açık deniz seyrinde etkileyen faktör konumunda iken, kısa mesafe-kıyısal seyirde etkilenen faktör olmasıdır. Gu ve diğerlerin (2020) de çalışmasında belirttiği üzere açık denizdeki akıllı geminin kontrol sistemi ele geçirildiğinde gemi kaçırılabilir, çarpışmaya veya çevresel hasar ile deniz kirliliğine neden olabilir. Bu durumla mücadele etmek zorunda olan denizcilik şirketlerinin gemi işletme maliyetleri artacaktır. Dolayısıyla açık deniz seyirleri için siber risk faktörü hem önemli hem de diğer faktörler üzerinde etkileyen konumdadır.

İkinci bulgu ise **C10** *"gemi sevk ve idaresi"* faktörü kısa mesafe-kıyısal seyirde etkileyen faktör konumunda iken açık deniz seyrinde etkilenen faktör olmaktadır. Açık denizdeki seyreden gemilere risk oluşturan seyir tehlikeleri (navigasyon) kıyısal seyir yapan gemilere çok daha azdır. Bu bağlamda açık denizdeki gemi için sevk ve idare kıyısal seyir yapan gemiye nazaran kolaydır.

Üçüncü bulgu ise **C3** *"bakım/arıza onarım"* faktörünün ise her iki seyir bölgesinde de etkileyen faktör olması ile birlikte, faktörün açık deniz seyrindeki etkisi kısa mesafe-kıyısal seyrindeki etkisine nazaran çok fazla bulunmaktadır. Bakım ve onarım konvansiyonel gemilerde neredeyse tamamen insanla yürütülmekte, akıllı gemilerde ise kısmi çözümler (yedekli sistemler) aranmaktadır. Bu nedenle akıllı gemiler için dikkate alınması gereken en önemli faktörlerden birinin **C3** *"bakım/arıza onarım"* olduğu söylenebilir. Benzer şekilde Devaraju ve diğerlerinin (2018) çalışmasında kıyısal deniz taşımacılığı için, daha kısa seyir süresi ve acil durumlarda daha kolay erişilebilirlik nedeniyle bakım-onarım faaliyeti açısından daha az sorun oluşturduğunu belirtmiştir. Bu durum Eriksen vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada elde edilen uzun süre seyir yapacak akıllı gemilerin kısa süreli seyir yapacak gemilere nazaran çok daha fazla yedekli sisteme ihtiyacı olduğu sonucuna paraleldir.

Son bulgu ise; Kurt ve Aymelek (2022) tarafından yapılan çalışmada yük elleçlemesindeki standart ve tek düzeylik nedeniyle konteyner gemilerinin en uygun gemi tipi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuca paralel olarak çalışmamızda **C6** *"yükün elleçlenmesi"* ve **C8** *"gemi ve yük hasarı"* faktörlerinin konteyner taşımacılığındaki öneminin, dökme yük taşımacılığına nazaran daha düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Bu bağlamda; özellikle açık deniz gemileri için otonom seyrin ana sorunlarından biri, bakım-onarın amaçlı olarak gemide mürettebat olmamasıdır. Mürettebatın bulunmadığı akıllı bir geminin bakım-onarım ihtiyacı olmaksızın haftalarca veya aylarca seyir yapmasını sağlayan bir bakım stratejisine ihtiyacı vardır. Bu nedenle, Cappelle vd. (2018) ile Eriksen vd. (2021) tarafından yapılan çalışmalar da elde edilen sonuca paralele olarak akıllı gemilerin bakım-onarım faaliyetinin çözümü büyük zorluklar içermekte olduğu değerlendirilmiştir.

Devaraju vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada kıyısal deniz taşımacılığı yapan gemilerin açık deniz taşımacılığı yapan gemilere nispeten daha küçük olması gemi kontrolünün daha kolay ve stabil olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu bağlamda akıllı gemilerin, kısa mesafede nehir-kanal taşımacılığı, kıyısal sefer yapılan nispeten belirli rotalarda ve müdahale imkanının kolay olan sularda icra edilecek deniz taşımacılığı için daha uygulanabilir olduğu değerlendirilmektedir. Öncelikle kıyısal sefer yapan gemilerden elde edilecek sonuçlar neticesinde akıllı gemilerin açık deniz seyrinde kullanılmasına yönelik değerlendirmeler daha sağlıklı yapılabilecektir.

Uzaktan kontrol edilen gemilerde, emniyet risklerinin çoğunun uzaktan kontrol merkezine aktarılmasının neden olacağı iletişim hataları nedeniyle oluşacak kazalar ile uzaktan kumanda merkezi personelinin hataları nedeniyle oluşacak kazaların olasılıkları hesaplamak için yeterli tecrübe bulunmamaktadır. Bu durum oluşacak yeni kaza türünün etkilerinin tespitini zorlaştırmaktadır. Bu bağlamda ileriki çalışmalarda bu kaza türünün etkilerinin tespit edilerek literatürdeki bu boşluğun giderilebileceği değerlendirilmektedir.

Ayrıca sonraki çalışmalarda kısa mesafe kıyısal yük taşımacılığı yapan gemilerden bağımsız olarak kısa mesafe kıyısal sefer yapan araç-yolcu feribotlarına yönelik ayrı bir çalışmanın yapılması literatüre katkı sağlayabilecektir.

KAYNAKÇA

1. Kitaplar

Bray, William ve Dale Moore (2021). "The Department of the Navy's Commitment to Big Data, AI, and Machine Learning. "Şu kitapta: Haz. Sam Tangredi ve George Galdorisi. AI at War: How Big Data, Artificial Intelligence, and Machine Learning Are Changing Naval Warfare. Annapolis: Naval Institute Press. 82-101.

Cappelle, Laurien; Linying Chen ve Rudy R Negenborn (2018). "Survey on Short-Term Technology Developments and Readiness Levels for Autonomous Shipping." Şu kitapta: Computational Logistics. Haz. Raffaele Cerulli, Andrea Raiconi ve Stefan Voß. Gewerbestrasse: Springer Nature Switzerland. 106-123.

Devaraju, Abhilash; Linying Chen ve Rudy Negenborn (2018) "Autonomous Surface Vessels in Ports: Applications, Technologies and Port Infrastructures." Şu kitapta: Computational Logistics Haz. Raffaele Cerulli, Andrea Raiconi ve Stefan Voß. Gewerbestrasse: Springer Nature Switzerland. 86-106.

Ersoy, Çağlar (2020). Robotlar, Yapay Zeka ve Hukuk. İstanbul: On İki Levha.

Ghaderi Hadi (2020). "Wider implications of autonomous vessels for the maritime industry: Mapping the unprecedented challenges." Şu kitapta: Advances in Transport Policy and Planning. Haz: Dimitris Milakis, Nikolas Thomopoulos ve Bert Wee. Amsterdam: Elsevier. 263-289.

Güçlütürk, Osman Gazi ve Rifat, Cankat (2021). "Yapay zekâ ile oluşturulan ürünlerin eser niteliği ve eser sahipliği meselesi." Şu kitapta: Gelişen Teknolojiler ve Hukuk II, Ed: Eylem Aksoy Retornaz ve Güçlütürk Osman Gazi. İstanbul: On İki Levha. 195-222.

Karabulut, Kaan ve Yorulmaz, Murat (2021). "Deniz Ulaştırmasında Akıllı Gemi Kavramı." Şu kitapta: 2020 Sonrasında Deniz Ticareti ve Sigorta Hukuku: Olası Sorunlar. Ed: Sezer Ilgın ve Bülent Sözer. İstanbul: Vedat Kitapçılık. 431-436.

Lloyd's Register (2016). Cyber-Enabled Ships Shipright Procedure-Autonomous Ships. Londra: Lloyd's Register.

Russell, Stuart ve Peter Norvig (2003). Artificial Intelligence: A Modern Approach. Cilt 2. New Jersesy: Pearson Education.

Singer, Peter Warren (2009) Wired for War: The robotics revolution and conflict in the 21st century. New York: Penguin.

Stopford, Martin (2009) Maritime Economics. Oxford Routledge.

2. Makaleler, Bildiriler, Diğer Basılı Yayınlar

Abaei Mohammad Mahdi, Robert Hekkenberg vd (2022). "A probabilistic model to evaluate the resilience of unattended machinery plants in autonomous ships." Reliability Engineering & System Safety 219.

Ahn Young-Gyun, Taeil Kim vd (2022). "A Study on the Development Priority of Smart Shipping Items-Focusing on the Expert Survey." Sustainability 14 (11).

Akbar Abeera, Anna Aasen vd (2020). "An economic analysis of introducing autonomous ships in a short-sea liner shipping network." International Transactions in Operational Research 1740-1764.

Akyüz Emre ve Erkan Çelik (2015). "A fuzzy DEMATEL method to evaluate critical operational hazardsduring gas freeing process in crude oil tankers." Journal of Loss Prevention in the Process Industries 243-253.

Arthur,Samuel (1959). "Some Studies in Machine Learning Using the Game of Checkers." BM Journal of Research and Development 3 (3): 210-219.

Blidberg Richard (2001). The Development of Autonomous Underwater Vehicles (AUV) A Brief Summary. Seul: IEEE ICRA.

Bolbot Victor, Gerasimos Theotokatos vd (2020). "A novel cyber-risk assessment method for ship systems." Safety Science.

Bolbot Victor, Gerasimos Theotokatos ve Lars Andreas Wennersberg (2022). "A method to identify and rank objects and hazardous interactions affecting autonomous ships navigation." Journal of Navigation 75 (3): 572-593.

Carriço Gonçalo (2018). "The EU and artificial intelligence: A human-centred perspective." European View 17 (1): 29-36.

Chaal Meriam, Ahmad Bahootoroody vd (2022). "Towards system-theoretic risk assessment for future ships: A framework for selecting Risk Control Options." Ocean Engineering 259.

Demirci Esad, Refik Canımoğlu ve Hüseyin Elçiçek (2022). "Analysis of causal relations of marine accidents during ship navigation under pilotage: A DEMATEL approach." Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment. Sage Journals.

Eriksen Stig, Ingrid Bouwer Utne ve Marie Lützen (2021). “An RCM approach for assessing reliability challenges and maintenance needs of unmanned cargo ships.” Reliability Engineering and System Safety.

Fan Cunlong, Jakub Montewka ve Di Zhang (2022). "A risk comparison framework for autonomous ships navigation." Reliability Engineering & System Safety.

Fatemeh Khajeh ve Shahbandarzadeh Hamid (2022). "Modeling factors affecting the interests of the container terminal using fuzzy cognitive map and fuzzy DEMATEL." Journal of Modelling in Management.

Felski Andrzej ve Karolina Zwolak (2020). "The Ocean-Going Autonomous Ship—Challenges and Threats." Journal of Marine Science and Engineering.

Gao Fei (2022). "An integrated risk analysis method for tanker cargo handling operation using the cloud model and DEMATEL method." *Ocean Engineering* 266.

Rinze Geertsma, Rudy Negenborn vd (2017). "Design and control of hybrid power and propulsion systems for smart ships: A review of developments." Applied Energy 30-54.

Gu Yewen, Julio Cesar Goez vd (2020). "Autonomous vessels: state of the art and potential opportunities in logistics." 1-34.

Hogg Trudi ve Samrat Ghosh (2016). "Autonomous merchant vessels: examination of factors thatimpact the effective implementation of unmanned ships." Australian Journal of Maritime and Ocean Affairs 206-222.

Jovanovic Ivana, Nikola Vladimir vd (2022). "The feasibility of autonomous low-emission ro-ro passenger shipping in the Adriatic Sea." Ocean Engineering 247.

Karatuğ Çağlar, Yasin Arslanoğlu ve Guedes Soares (2022). "Determination of a maintenance strategy for machinery systems of autonomous ships." Ocean Engineering.

Khorram Saeed ve Ali Bahrami (2021). "Application of a new fuzzy Dematel–Todim hybrid algorithm in port dredging project management." Maritime Engineering 79-95.

Klein Natalie (2019). "Maritime Autonomous Vehicles within the International Law Framework to Enhance Maritime." International Law Studies.

Carmen Kooij, Austin Kana ve Robert Hekkenberg (2021). "A task-based analysis of the economic viability of low-manned and unmanned cargo ship concepts." Ocean Engineering 242 (110111).

Kretschmann Lutz, Hans Christoph Burmeister ve Carlos Jahn (2017). "Analyzing the economic benefit of unmanned autonomous ships: An exploratory cost-comparison between an autonomous and a conventional bulk carrier." Research in Transportation Business & Management 76-86.

Kurt Ismail ve Murat Aymelek (2022). "Operational and economic advantages of autonomous ships and their perceived impacts on port operations." Maritime Economics & Logistics 24 (2): 302-326.

Kuzu Cem (2021). "Risk analysis of break-in-two accident of ships using fuzzy DEMATEL method." Ocean Engineering 235.

Li Rong Jun (1999). "Fuzzy Method in Group Decision Making." Computers and Mathematics with Applications (38): 99-101.

Li Xue ve Kum Fai Yuen (2022). "Autonomous ships: A study of critical success factors." Maritime Economics & Logistics 24 (2): 228-254.

Lin Ru Jen (2013). "Using fuzzy DEMATEL to evaluate the green supply chain management practices." Journal of Cleaner Production 32-39,.

Liu Jiahui, Adrian Wing-Keung Law ve Okan Duru (2022). "Reducing emissions of atmospheric pollutants along major dry bulk and tanker routes through autonomous shipping." Journal of Environmental Management 302 114080.

Liu Zhixiang, Youmin Zhang vd (2016). "Unmanned surface vehicles: An overview of developments and challenges." Annual Reviews in Control 21-93.

Ma Laihao, Xiaoxue Ma vd (2022). "A data-driven method for modeling human factors in maritime accidents by integrating DEMATEL and FCM based on HFACS: A case of ship collisions." Ocean Engineering.

Marani Giacomo, Song K Choi ve Junku Yuh (2009). "Underwater autonomous manipulation for intervention missions AUVs." 15-23.

Mentes Ayhan, Akyildiz Hakan vd (2015). "A FSA based fuzzy DEMATEL approach for risk assessment of cargo ships at coasts and open seas of Turkey." Safety Science (79): 1-10.

Munim Ziaul Haque, Rana Saha, vd (2022). "Autonomous ships for container shipping in the Arctic routes." Journal of Marine Science and Technology 27 (1): 320-334.

Opricovic Serafim ve Gwo Hshiung Tzeng (2003). "Defuzzification Within A Multicriteria Decision Model." International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems 635-653.

Öztürk Ülkü, Melih Akdağ ve Tarık Ayabakan (2022). "A review of path planning algorithms in maritime autonomous surface ships: Navigation safety perspective." Ocean Engineering.

Parasuraman Raja, Thomas Sheridan ve Christopher Wickens (2000). "A Model for Types and Levels of Human Interaction with Automation." IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetcs-Part A: Systems and Humans 30 (3): 286-297.

Poornikoo Mehdi, ve Kjell Ivar Overgard (2022). "Levels of automation in maritime autonomous surface ships (MASS): a fuzzy logic approach." Maritime Economics & Logistics 24 (2): 278-301.

Scherer Matthew (2016). "Regulating Artificial Intelligence Systems: Risks, Challenges, Competencies, and Strategies." Harvard Journal of Law & Technology 29 (2): 354-398.

Si Sheng Li, Xiao Yue You vd (2018). "DEMATEL Technique: A Systematic Review of the State-of-the-Art Literature on Methodologies and Applications." Mathematical Problems in Engineering 33.

Soner Ömer (2021). "Application of fuzzy DEMATEL method for analysing of accidents in enclosed spaces onboard ships." Ocean Engineering.

Sözer Bülent (2022). "Mürettebatsız Gemiler." Piri Reis Üniversitesi Deniz Hukuku Dergisi 1 (1): 149-165.

Sparrow Robert (2009). "Building a Better WarBot: Ethical Issues in the Design of Unmanned Systems for Military Applications." Science and Engineering Ethics 15: 169-187.

Szlapczynski Rafal ve Hossein Ghaemi (2019). "Framework of an Evolutionary Multi-Objective Optimisation Method for Planning A Safe Trajectory For A Marine Autonomous Surface Ship." Polish Maritime Research 69-79.

Trivedi Ashish, Suresh Kumar Jakhar ve Daneshwar Sinha (2021). "Analyzing barriers to inland waterways as a sustainable transportation mode in India: A dematel-ISM based approach ." Journal of Cleaner Production.

Tsvetkova Anastasia ve Magnus Hellstrom (2022). "Creating value through autonomous shipping: an ecosystem perspective." Maritime Economics & Logistics 24 (2): 255-277.

Tusher Hasan Mahbub, Ziaul Haque Munim vd (2022). "Cyber security risk assessment in autonomous shipping." Maritime Economics & Logistics 24 (2): 208-227.

Venkatesh, V.G, A Zhang, S Luthra, R Dubey, N Subramanian, ve S Mangla. 2017. “Barriers to coastal shipping development: An Indian perspective.” Transportation Research Part D 52: 362-378.

Vos Jiri, Robert Hekkenberg ve Herbert Koelman (2020). "Damage stability requirements for autonomous ships based on equivalent safety." Safety Science.

Wang Mao Jiun ve Tien Chien Chang (1995). "Tool steel materials selection under fuzzy environment." Fuzzy Sets and Systems, 263-270,.

Wang Yu-Long, Qing-Long Han vd (2018). "Network-Based T-S Fuzzy Dynamic Positioning Controller Design for Unmanned Marine Vehicles." IEEE Transactions on Cybernetics 48 (9): 2750-2768.

Wynn Russell, Veerle Huvenne vd (2014). "Autonomous Underwater Vehicles (AUVs): Their past, present and future contributions to the advancement of marine geoscience." Marine Geology 352: 451-468.

Yorulmaz Murat ve Kaan Karabulut (2020). "Deniz Taşımacılığında Akıllı Gemiler: Gemi Kaptanlarının Bakış Açısı." Ekonomi İşletme ve Maliye Araştırmaları Dergisi 40-54.

Yorulmaz Murat ve Kaan Karabulut (2022). "Analyzing the factors determining the effectiveness of the international safety management code applied on ships through the fuzzy DEMATEL method." Safety Science (155)

Zhang Ke, Liwen Huang vd (2022). "A Novel Decision Support Methodology for Autonomous Collision Avoidance Based on Deduction of Manoeuvring Process." Journal of Marine Science And Engineering 10 (6).

Zhao Xiaoyuan, Haiwen Yuan ve Qing Yu (2021). "Autonomous Vessels in the Yangtze River: A Study on the Maritime Accidents Using Data-Driven Bayesian Networks." Sustainability 13 (9985).

3. Elektronik Kaynaklar

AAWA (2016). Remote and Autonomous Ships - The Next Steps. https://www.rolls-royce.com/~/media/Files/R/Rolls-Royce/documents/customers/marine/ship-intel/aawa-whitepaper-210616.pdf (Erişim tarihi: 15 Aralık 2022)

Bahtić Fatima (2022). Molslinjen inks deal with Cemre Shipyard for electric ferry duo. https://www.offshore-energy.biz/molslinjen-inks-deal-with-cemre-shipyard-for-electric-ferry-duo/ (Erişim tarihi: 15 Aralık 2022)

Deep Mind (2018). AlphaGo. https://deepmind.com/research/case-studies/alphago-the-story-so-far (Erişim tarihi: 15 Aralık 2022)

DNV (2022). The ReVolt A new inspirational ship concept. https://www.dnv.com/technology-innovation/revolt/# (Erişim tarihi: 15 Aralık 2022)

G20 (2019). G20 Japan: AI Principles. G20 INSIGHTS. https://www.g20-insights.org/related_literature/g20-japan-ai-principles/ (Erişim tarihi: 15 Aralık 2022)

IBM (2011). https://www.ibm.com/ibm/history/ibm100/us/en/icons/deepblue/ (Erişim tarihi: 15 Aralık 2022)

IMO MSC 105 (2022). Maritime Safety Committee 20-29 April 2022. https://www.imo.org/en/MediaCentre/MeetingSummaries/Pages/MSC-105th-session.aspx. (Erişim tarihi: 15 Aralık 2022)

IMO MSC 100/5 (2018). Regulatory Scoping Exercıse For The Use Of Maritime Autonomous Surface Ships (MASS) (Erişim tarihi: 15 Aralık 2022)

Joukes Mariah Kurtinaitis (2021). The Diffusion of MASS. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjYn4baqqn8AhUuRfEDHRkSBRIQFnoECA8QAQ&url=https%3A%2F%2Frepository.tudelft.nl%2Fislandora%2Fobject%2Fuuid%3Ab0bfb05f-83d2-4a47-a28d-bdb067793a3d%2Fdatastream%2FOBJ%2Fdownload&usg=AOv (Erişim tarihi: 15 Aralık 2022)

Kongsberg (2022). Autonomous Ship Project, Key Facts About Yara Birkeland. https://www.kongsberg.com/maritime/support/themes/autonomous-ship-project-key-facts-about-yara-birkeland/?OpenDocument= (Erişim tarihi: 15 Aralık 2022)

Liang Lee Hong (2019). NYK completes world's first autonomous ship trial voyage from China to Japan. https://www.seatrade-maritime.com/asia/nyk-completes-world-s-first-autonomous-ship-trial-voyage-china-japan. (Erişim tarihi: 15 Aralık 2022)

Mandra Jasmina Ovcina (2022). ASKO Maritime names two fully electric, autonomous 'sea drones'. https://www.offshore-energy.biz/asko-maritime-names-two-fully-electric-autonomous-sea-drones/ (Erişim tarihi: 15 Aralık 2022)

Mandra Jasmina Ovcina (2022). Cemre Shipyard lays keel for Norwegian zero-emission battery ferry. https://www.offshore-energy.biz/cemre-shipyard-lays-keel-for-norwegian-zero-emission-battery-ferry/ (Erişim tarihi: 15 Aralık 2022)

Maritime Executive (2021). Semi-Autonomous Sailings Start Aboard Shortsea Vessel in Belgium. https://maritime-executive.com/article/semi-autonomous-sailings-start-aboard-shortsea-vessel-in-belgium (Erişim tarihi: 15 Aralık 2022)

Maritime Executive (2022). China Launches its First Autonomous Container Ship Service. https://maritime-executive.com/article/china-reports-first-autonomous-containership-entered-service (Erişim tarihi: 15 Aralık 2022)

Maritime UK. (2019). Maritime Autonomous Surface Ships (MASS) UK Industry Conduct Principles and Code of Practice. https://www.maritimeuk.org/documents/478/code_of_practice_V3_2019_8Bshu5D.pdf. (Erişim tarihi: 12 Aralık 2022)

MOLFIN (2022). An AI Pet Robot with Emotional Capabilities. https://www.kickstarter.com/projects/vanguardindustries/moflin-an-ai-pet-robot-with-emotional-capabilities (Erişim tarihi: 10 Aralık 2022)

MUNIN (2016). Research in Maritime Autonomous Systems Project Results and Technology Potentials. http://www.unmanned-ship.org/munin/wp-content/uploads/2016/02/MUNIN-final-brochure.pdf (Erişim tarihi: 15 Aralık 2022)

Rothblum Anita (2000). Human Error and Marine Safety. https://bowles-langley.com/wp-content/files_mf/humanerrorandmarinesafety26.pdf (Erişim tarihi: 15 Aralık 2022)

Seafar (2020). Seafar. https://seafar.eu/shore-supported-navigation-for-135m-barge/ (Erişim tarihi: 15 Aralık 2022)

Seafar (2021). Seafar Remote Navigation. https://seafar.eu/10-semi-autonomous-seafar-vessels-announced/ (Erişim tarihi: 15 Aralık 2022)

Starlink (2022). Starlink Maritime. https://www.starlink.com/maritime (Erişim tarihi: 16 Aralık 2022)

The Nippon Foundation (2022a). The Nippon Foundation MEGURI2040 Fully Autonomous Ship Program.
https://www.nippon-foundation.or.jp/en/news/articles/2022/20220111-67000.html. (Erişim tarihi: 15 Aralık 2022)

The Nippon Foundation (2022b). The Nippon Foundation MEGURI2040 Fully Autonomous Ship Program.
https://www.nippon-foundation.or.jp/en/news/articles/2022/20220118-66716.html. (Erişim tarihi: 15 Aralık 2022)

The Nippon Foundation (2022c). 3rd and 4th Demonstration Tests of Fully Autonomous Ship Navigation Successfully Completed.
https://www.nippon-foundation.or.jp/en/news/articles/2022/20220207-67748.html. (Erişim tarihi: 15 Aralık 2022)

The Nippon Foundation (2022d). 5th Demonstration Test of Fully Autonomous Ship Navigation Successfully Completed.
https://www.nippon-foundation.or.jp/en/news/articles/2022/20220301-67775.html. (Erişim tarihi: 15 Aralık 2022)

The Nippon Foundation (2022e). 6th Demonstration Test of Fully Autonomous Ship Navigation Successfully Completed.
https://www.nippon-foundation.or.jp/en/news/articles/2022/20220314-68745.html. (Erişim tarihi: 15 Aralık 2022)

Yara (2022). The first ever zero emission, autonomous ship. https://www.yara.com/knowledge-grows/game-changer-for-the-environment/. (Erişim tarihi: 15 Aralık 2022)

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Kaan KARABULUT

Yabancı Dili: İngilizce

Eğitim Durumu

Lise: Kocaeli Körfez Fen Lisesi

Lisans: Deniz Harp Okulu – Elektrik Elektronik Mühendisliği

Çalıştığı Kurum

2009-halen:Deniz Kuvvetleri Komutanlığı

Eserleri:

(1)Yorulmaz, M., & Karabulut, K. (2020). Deniz Taşımacılığında Akıllı Gemiler: Gemi Kaptanlarının Bakış Açısı. Ekonomi İşletme ve Maliye Araştırmaları Dergisi, (s. 40-54).

(2)Karabulut, K., & Yorulmaz, M. (2021). Deniz Ulaştırmasında Akıllı Gemi Kavramı. S. Ilgın, & B. Sözer içinde, *2020 Sonrasında Deniz Ticareti ve Sigorta Hukuku: Olası Sorunlar* İstanbul: Vedat Kitapçılık. (s. 431-436).

(3)Yorulmaz, M., & Karabulut, K. (2022). Analyzing the factors determining the effectiveness of the international safety management code applied on ships through the fuzzy DEMATEL method. Safety Science (155).

ETİK KURUL İZNİ

Evrak Tarih ve Sayısı: 11.11.2022-E.319940

T.C.
KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
Sosyal ve Beşeri Bilimler Etik Kurulu

Sayı : E-10017888-100-319940
Konu : Kaan Karabulut'un etik kurul onay talebi hk.

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

İlgi : 31.10.2022 tarihli, 312943 sayılı ve "Kaan Karabulut'un etik kurul onay talebi hk." konulu yazı

Sosyal ve Beşeri Bilimler Etik Kurulu'nun 10/11/2022 tarih ve 2022/10 no lu toplantısında alınan 17 sıra sayılı kararı aşağıda sunulmuştur.

Bilgilerinize arz/rica ederim.

Karar No 17: Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğünün 31.10.2022 tarih ve 312943 sayılı yazısı görüşüldü. Denizcilik İşletmeleri Yönetimi Yüksek Lsians Programı öğrencisi Kaan KARABULUT'un, Doç. Dr. Murat YORULMAZ'ın danışmanlığında yürüttüğü "Akıllı Gemilerin Deniz Ulaştırmasındaki Etki Faktörlerinin Değerlendirilmesi" başlıklı yüksek lisans tezi kapsamında yapacağı anket uygulamasında, bilimsel araştırma ve yayın etiği açısından bir sakınca olmadığına oy birliği ile karar verildi.

Prof.Dr. İbrahim ŞİRİN
Kurul Başkanı