

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**





**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ORCID : - - -**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde**

**Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /**

**Tezin Savunma Tarihi : / /**

**Tez Danışmanı :**

**ORCID : - - -**

**Trabzon**

## ÖNSÖZ

Bu tez çalışması, otomatik yaşama sistemlerini ele almak ve ritim yaşama sistemlerini karşılıklı kıyaslayarak en uygun yaşama sistemini belirlemek amacıyla yazılmıştır.

Çalışmalarım ve akademik yaşantım süresince, bana her anlamda örnek olan, bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen, akademik disiplini kazanmamda destek sağlayan, maddi ve manevi desteğini esirgemeyen danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Devran YAZIR'a, ve çalışma arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmayı yaparken desteklerini her zaman hissettiğim kendisi de bir akademisyen olan babam Yılmaz NAZLIGÜL'e ve annem Döne NAZLIGÜL'e teşekkürlerimi bir kez daha belirtmek isterim.

Ayrıca çalışmam süresince desteklerinden ve bilgilerinden faydalandığım değerli hocalarım Prof. Dr. Muhammet BORAN'a ve Dr. Öğr. Üyesi Umut YILDIRIM'a teşekkürlerimi sunarım.

Yunus Emre NAZLIGÜL

Trabzon 2023

## TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “Mevcut ve Otomatikleştirilmiş Rıhtım Yanaşma Sistemlerinin SWOT Analizi ve En Uygun Yanaşma Sistemin Sezgisel Bulanık TOPSIS Yöntemi ile Belirlenmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Devran YAZIR’ın danışmanlığında tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 13/01/2023

Yunus Emre NAZLIGÜL

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET .....	VII
SUMMARY .....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XI
KISALTMALAR DİZİNİ .....	XII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş .....	1
1.2. Yanaşma Halatları .....	4
1.2.1. Baş Palamar Halatı .....	4
1.2.2. Baş Omuzluk (Pürmeçe) Halatı.....	4
1.2.3. Kıç Palamar Halatı .....	4
1.2.4. Kıç Omuzluk (Pürmeçe) Halatı.....	4
1.2.5. Spring Halatları .....	4
1.2.6. Açmaz Halatları.....	5
1.3. Manevra Sahası ve Ekipmanlar .....	5
1.3.1. El İncesi .....	8
1.3.2. Halata Bosa Vurmak.....	10
1.4. Halat ve Irgat Kazaları.....	10
1.4.1. Halatın Kopma Durumu .....	10
1.4.2. Halatın Sıyırılması.....	11
1.4.3. Halatın Sürekli Akması .....	12
1.4.4. Manevra Esnasında Kişisel Koruyucu Ekipman Donatımı .....	12
1.5. Yanaşma ve Rıhtımdan Ayrılma .....	12
1.5.1. Sakin Hava Koşullarında Sağa Dönüştü Sabit Adımlı Pervaneli Gemiyle Rıhtıma İskeleden Yanaşma .....	12
1.5.2. Sakin Hava Koşullarında Sağa Dönüştü Sabit Adımlı Pervaneli Gemiyle Rıhtıma Sancaktan Yanaşma .....	13
1.5.3. Rıhtımdan Esen Kuvvetli Rüzgârlarda Yanaşma .....	14
1.5.4. Rıhtıma Doğru Kuvvetli Esen Rüzgâr ve Pruvadan Gelen Akıntı ile İskeleden Yanaşma .....	15

1.5.5. Rıhtımdan Esen Rüzgârda Kalkış Manevrası.....	16
1.5.6. Rüzgârının Olmadığı ve Akıntının Baş Taraftan Geldiği İskele Taraftan Yanaşmış Bir Geminin Limandan Kalkış Manevrası.....	17
1.5.7. Rüzgârın Olmadığı, Durgun Suda ve Sancak Taraftan Yanaşmış Durumdaki Geminin Limandan Kalkış Manevrası.....	18
1.6. Literatür Taraması .....	19
1.7. Sezgisel Bulanık TOPSIS.....	22
1.8. Kriter ve Alternatiflerin Belirlenmesi.....	27
1.8.1 Kriter 1 - Sistemin Yatırım Maliyeti .....	27
1.8.2 Kriter 2 - Sistemin İşletme Maliyetleri.....	27
1.8.3 Kriter 3 - Sistemin Bakım-Tutum Maliyeti .....	27
1.8.4 Kriter 4 - Sistemin Deniz Koşullarına Adaptasyonu .....	28
1.8.5. Kriter 5 - Sistemin İnsan Sağlığı Açısından Emniyeti .....	29
1.8.6. Alternatif 1 - Konvansiyonel Yanaşma Sistemi .....	29
1.8.7. Alternatif 2 - Otomatik Vakumlu Yanaşma Sistemi .....	33
1.8.8. Alternatif 3 - Dinamik Yanaşma Sistemi .....	34
1.8.9. Alternatif 4 - Rıhtım Kilitleme Sistemi .....	36
1.8.10. Alternatif 5 - Otomatik Gemi/Rıhtım Yanaşma Sistemi .....	38
1.8.11. Alternatif 6 - Hızlı Serbest Bırakma Kancası.....	40
1.8.12. Alternatif 7 - Kavrama Tabanlı Otomatik Yanaşma .....	42
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	44
3. BULGULAR .....	48
3.1. Duyarlılık Analizi .....	52
3.2. SWOT (GZTF) Analizi .....	53
4. İRDELEME .....	56
5. SONUÇLAR.....	59
6. ÖNERİLER .....	61
7. KAYNAKLAR.....	63
8. EKLER .....	70
ÖZGEÇMİŞ	

## Yüksek Lisans Tezi

### ÖZET

# MEVCUT VE OTOMATİKLEŞTİRİLMİŞ RIHTIM YANAŞMA SİSTEMLERİNİN SWOT ANALİZİ VE EN UYGUN YANAŞMA SİSTEMİN SEZGİSEL BULANIK TOPSIS YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ

Yunus Emre NAZLIGÜL

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Devran YAZIR  
2023, 69 Sayfa, 22 Ek Sayfa

Denizcilikte çok sayıda yanaşma sistemi olmasına rağmen günümüzde en yaygın olarak kullanılan yanaşma sistemi konvansiyonel yanaşma sistemleridir. Günümüz dünyasında konvansiyonel yanaşma sistemleri bazı konularda yetersiz kalabilmekte ve çağımızın yanaşma ihtiyaçlarını tam olarak karşılayamamaktadır. Bu tez, yanaşma teknolojisindeki en son gelişmeleri açıklamakta ve piyasaya yeni sürülen otomatik yanaşma sistemlerini sınırlamaları, maliyetleri, etkinlikleri ve emniyet yönleri açısından ikili olarak karşılaştırmaktadır. Ayrıca bu çalışma, yeni otomatik yanaşma sisteminin tanker terminalleri ve kuru yük terminalleri özelinde yüksek trim koşulları, dökme yüklerin yüklenmesi ve tahliyesi, alçak güverteler ve yüksek rıhtım, başa veya kıça ivmeli gemilerde veya dönüş hızı olan gemilerde ve diğer bazı koşullarda nasıl başarısız olabileceğini, manevra esnasında, şifting veya warping sırasında ana makineyi çalıştırma ihtiyacını, gemi otomatik yanaşma sistemi ile rıhtıma yanaşmış iken draft sürveyi sırasında yanlış okuma durumlarını sorgulamıştır. Elde edilen bulgulara göre en uygun yanaşma sistemi sıralaması otomatik vakumlu yanaşma (%24)> rıhtım kilitleme sistemi (%20)> dinamik yanaşma sistemi (%17)> hızlı serbest bırakma kancası (%14)>konvansiyonel yanaşma sistemi (%12)> otomatik gemi/rıhtım yanaşma Sistemi (%8)> kavrama tabanlı otomatik yanaşma (%5) elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yanaşma, Otomatik yanaşma sistemleri, Otomatik vakum yanaşma sistemi, Dinamik yanaşma sistemi, Sezgisel bulanık TOPSIS

Master Thesis

SUMMARY

SWOT ANALYSIS OF EXISTING AND AUTOMATED MOORING SYSTEMS AND  
SELECTING OF THE MOST SUITABLE MOORING SYSTEM BY USING  
INTUITIONISTIC FUZZY TOPSIS METHOD

Yunus Emre NAZLIGÜL

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Maritime Transportation and Management Engineering Graduate Program  
Supervisor: Assist. Prof. Dr. Devran YAZIR  
2023, 69 Pages, 22 Appendix Pages

Even though there are abundant mooring systems in the maritime, widely used mooring systems are conventional mooring systems. In today's world, conventional mooring systems do not fully cover mooring needs, which can be insufficient on some issues. This master thesis describes the latest developments in mooring technology and compares these newly circulated automated mooring systems pair-wisely from their limitations, costs, effectiveness, and safety aspects. In addition, this thesis examines how the new automatic mooring system may fail in high trim conditions, loading and unloading of bulk cargoes, low decks and high berths, fore or stern acceleration vessels or vessels with turning speed, and in some other conditions, in particular for tanker terminals and dry cargo terminals. During the draft survey, the need to operate the main engine during shifting or warping, and the wrong reading situations during the draft survey while the ship was docked with the automatic berthing system were questioned. According to results, the most suitable mooring systems ranking has resulted as automated vacuum mooring (24%)> dock locking system (20%)>dynamic mooring system (17%)>quick release system (14%)>conventional mooring system (12%)> automated onboard/onshore mooring system (8%)>grip-based auto-mooring (5%).

**Key Words:** Mooring, Automated Mooring Systems, Automated vacuum mooring, Dynamic mooring system, IF-TOPSIS

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Baş kasara manevra sahası .....	5
Şekil 2. Irgatın kısımları .....	6
Şekil 3. Baş kasara panama loçası.....	7
Şekil 4. Kastanyolanın kısımları.....	7
Şekil 5. El incesi .....	8
Şekil 6. El incesinin hazırlanması .....	9
Şekil 7. El incesini rıhtıma fırlatma.....	9
Şekil 8. Bosa halatı .....	10
Şekil 9. Spring halatının Snap-back alanı.....	11
Şekil 10. 25 derecelik açı ile yanaşma.....	13
Şekil 11. Küçük açıyla rıhtıma yanaşma .....	14
Şekil 12. Kuvvetli rüzgârda rıhtıma yanaşma .....	15
Şekil 13. Kıyıya doğru şiddetli esen rüzgâr ve pruvadan gelen akıntıda iskeleden yanaşma .....	16
Şekil 14. Rıhtımdan esen rüzgârda kalkış manevrası .....	17
Şekil 15. Pruvadan gelen akıntıda limandan kalkış manevrası .....	18
Şekil 16. Sancak taraftan yanaşmış durumdaki gemini limandan kalkış manevrası.....	18
Şekil 17. Önerilen IF-TOPSIS yöntemi yaklaşımının aşamaları.....	26
Şekil 18. En uygun yanaşma sisteminin seçimine ilişkin hiyerarşi diyagramı.....	26
Şekil 19. Konvansiyonel yanaşma sistemi .....	30
Şekil 20. Tanker Terminalinde Konvansiyonel Yanaşma Sistemi .....	31
Şekil 21. 3 Baş Halat 2 Açmaz 4 Spring Halat vermiş dökme gemisi .....	32
Şekil 22. Gaz tankeri terminaline yanaşmış ve STS yapan LNG gemisi .....	33
Şekil 23. Otomatik vakumlu yanaşma sistemi.....	34
Şekil 24. Dinamik yanaşma sistemi.....	35
Şekil 25. Dinamik yanaşma sistemi parçaları.....	36
Şekil 26. x- eksen ve z- ekseninde hareket edebilen manyetik yanaşma sistemi .....	37
Şekil 27. x- eksen, y- eksen ve z- ekseninde hareket edebilen manyetik yanaşma sistemi.....	38
Şekil 28. Otomatik Gemi/Rıhtım Yanaşma Sistemi (Kıyı) .....	39
Şekil 29. Otomatik Gemi/Rıhtım Yanaşma Sistemi (Gemi) .....	40

Şekil 30. Hızlı Serbest Bırakma Kancası Yapısı .....	41
Şekil 31. Hızlı Serbest Bırakma Kancası.....	41
Şekil 32. Kavrama tabanlı yanaşma sistemi .....	42
Şekil 33. Kavrama tabanlı yanaşma sistemi (üst açıdan). .....	43
Şekil 34. Duyarlılık Analizi.....	53



## TABLULAR DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Tablo 1. Sezgisel bulanık dilsel değişkenler .....	22
Tablo 2. Kriter ağırlıkları .....	45
Tablo 3. Sezgisel bulanık TOPSIS dilsel değişkenler .....	46
Tablo 4. Karar vericilerin sonuca etkisi tablosu .....	46
Tablo 5. Birleştirilmiş sezgisel bulanık karar matrisi .....	48
Tablo 6. Her kriter için pozitif sezgisel bulanık çözümü .....	49
Tablo 7. Her kriter için Negatif İdeal Çözüm.....	49
Tablo 8. En uygun yaşama sistemlerinin sıralaması.....	51
Tablo 9. Farklı kriter ağırlıkları kullanarak vaka kombinasyonları.....	52
Tablo 10. Otomatik yaşama sistemleri ile Konvansiyonel Yaşama Sisteminin SWOT analizi ile kıyaslanması .....	54

## KISALTMALAR DİZİNİ

AMS	: Otomatik Yanaşma Sistemi
BAHP	: Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi
CO	: Karbonmonoksit
CO <sub>2</sub>	: Karbondioksit
Con-Ro	: Konteyner-Ro-Ro Gemisi
EPA	: Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı
GPS	: Küresel Konumlama Sistemi
IFS	: Sezgisel Bulanık Küme
IF-TOPSIS	: Sezgisel Bulanık TOPSIS
IFWA	: Sezgisel Bulanık Ağırlıklandırma Operatörü
IMO	: Uluslararası Denizcilik Örgütü
kN	: Kilonewton
kWh	: kilowat-saat
LNG	: Sıvılaştırılmış doğalgaz
MARPOL Ek VI	: Denizlerin Gemilerden Kirlenmesini Önleme Uluslararası Sözleşmesi Gemilerden Kaynaklı Hava Kirliliği
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
MOB	: Denize Adam Düştü
NIF	: Negatif Sezgisel Bulanık
NIS	: Negatif İdeal Çözüm
NO <sub>x</sub>	: Azot Oksitler
PIF	: Pozitif Sezgisel Bulanık
PIS	: Pozitif İdeal Çözüm
PM	: Partikül Madde
QRH	: Hızlı Serbest Bırakma Kancası
Ro-Ro	: Tekerlekli veya Tekerleksiz araçların gemiyle nakli
SBM	: Tek nokta bağlamalı şamandıra
SO <sub>x</sub>	: Sülfür Oksitler
SPM	: Tek bağlanma şamandırası
STS	: Gemiden gemiye transfer operasyonu
SWOT	: Güçlü yanlar, Zayıf yanlar, Fırsatlar, Tehditler

SWL	: Emniyetli Çalışma Limiti
TOPSIS	: İdeal Çözüme Benzerlik Bakımından Sıralama Performansı Tekniği
UK P&I	: Birleşik Krallık Koruma ve Tazminat Sigortası
ULCC	: Ultra Büyük Ham Petrol Gemisi
VLCC	: Çok Büyük Ham Petrol Gemisi
VOC	: Uçucu Organik Bileşik



## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Yanaşma işleminin terminolojik anlamı geminin halatlarını rıhtımdaki babaya volta ederek yanaştırmak iken, eski tarihlerde yaygın olarak bir gemiyi demirlemek için kullanıldığı bilinmektedir. Rıhtımlardaki babaların antik tarihine ulaşmamızı sağlayacak kadar net bir kanıt bulunmasa da eski çelik topların Napolyon Savaşları sırasında gemilerin yanaşma ve kalkması amacıyla rıhtımlara yaygın olarak yerleştirildiği bilinmektedir. Bu eski teknoloji kullanılamaz toplar, hayatlarını iskele babalarına dönüştürmüşlerdir (Robin, 2017).

Manevra esnasında her ne kadar yetenekli ve deneyimli bir mürettebata ihtiyaç duyulsa da manevranın esas başarısı insan gözlem kabiliyetine, mürettebatın sezgilerine ve ekip uyumluluğuna bağlıdır. Deniz taşımacılığı açısından bakıldığında ise geminin bir limandan başka bir limana, insan yaralanması, gemi kaybı, çatma ve çatışma da dahil olmak üzere herhangi bir deniz kazası ve çevre kirliliğine neden olmadan emniyetli bir biçimde bordalamak ve halatları babaya volta etmek manevrada esastır.

Bir deniz kazasına esas olabilecek ve geminin selametini olumsuz etkileyecek üç temel unsur vardır. Bunlar; çevre koşullarının uygun olmaması, geminin komuta edilmesini sağlayan kuvvetlerin efektif olmaması ve gemiyi kullanan kişinin yetersizliğidir (Zorba, 2007). CHIRP Maritime tarafından hazırlanan bir rapora göre 2018, 2019, 2020 ve 2021 yıllarında sırasıyla 10, 12, 8 ve 13 yanaşma esnasında halat bağlama kazası meydana gelmiştir (CHIRP Maritime, 2022). MACI, 2019'dan 2021'e kadar bağlama operasyonlarındaki kazalar ise %7,14, %5,26 ve %14,55 olarak bildirmiştir (Cayman Registry, 2020). Ekipman Hatası %5, halat veya çelik tel halat kaynaklı kaza %42, halat veya çelik tel halat kaynaklı kaza oranı %53'tür. Halat dışı kazalar; STS operasyonu kaynaklı kaza %3, ekipman kullanımı kaynaklı kaza %6, hava durumu kaynaklı kaza %10, yıkama kaynaklı kaza %10, römorkör kaynaklı kaza %13 iken, halat kaynaklı kazalar halat kaynaklı kaza %20, tambur kayması kaynaklı kaza %20, genel olarak manevra kaynaklı kaza %60 olarak belirlenmiştir (Cayman Registry, 2020).

Gemi manevrası oldukça karmaşık bilim dalı olup, bir gemi yakınındaki bir kıyımın olası bank etkisinden, yerel akıntılardan ve dalgadan ve rüzgârdan sürekli olarak dinamik bir şekilde etkilenir. Bu etkiler ve gelgit hareketi limandaki geminin iskelelerine ve rampalarına

ve hatta rıhtıma da zarar verebilir. Ayrıca, gelgit esnasında gemi tam olarak yanaşmış olsa bile borda iskelesi ve iskele konumu dinamik olarak sürekli bir şekilde değişecektir (Cargotec, 2017).

Gemiyi yanaştırma ve kalkış manevraları ise gemi yönetimi açısından en hassas, komplike ve kritik manevralardan biridir (Ahmed ve Hasegawa, 2013). Herhangi bir riskli durumla karşılaşmamak için geminin kullanılacağı deniz alanı, hava ve deniz koşullarının geminin kullanımına engel olmaması gerekmektedir. Aksi takdirde, örneğin dönüş manevrası yapmaya çalışan geminin yeterli bir deniz alanı yoksa ve komuta edilen kuvvetler gemide hava ve deniz koşullarının yarattığı olumsuz ve rotadan çıkartıcı kuvvetleri karşılayamıyorsa, ilgili manevranın yüksek ihtimalle kaza ile sonuçlanacağı aşikârdır.

Aynı şekilde, gemiye komuta eden kuvvetler de gemide istenen manevraları yapmak için yeterli düzeyde olmalıdır (Erol, 1987). Gemiyi sevk ve idare eden kaptan, uygulayacağı kuvvetleri yeterli yoğunlukta ve geminin çeşitli yerlerine hükmedecek şekilde yönlendirmelidir. Manevra esnasında uygulanan bu kuvvetler, gerektiğinde geminin hızını suya ve yere göre durdurabilir veya gemiyi istenilen yöne hareket ettirmek için uygulanabilir. Kaptan veya ilgili vardiya zabiti gemilerin yapısından kaynaklanan ve dış etkenlerin gemide oluşturduğu her türlü yalpalama ve istenmeyen diğer hareketleri ortadan kaldıracak şekilde elindeki kuvvetleri kullanmalıdır. Diğer bir deyişle, ancak yeterli deneyime sahip, uygun çevre koşullarında, gemiye komuta edecek gerekli kuvvet ve olanaklara sahip bir zabıt veya gemi kaptanı gemiyi kullanırken kazalardan kaçınabilecek emniyetli bir şekilde manevralar yapabilir.

Manevra esnasında konvansiyonel yanaşma sistemleri (halat ile yanaşma) yetersiz kalabilmekte ve zorluklar çıkarabilmektedir. Bazı durumlarda ise yanaşma ve gemiyi rıhtıma bağlamak oldukça zorlayıcı olabilir. Konvansiyonel yanaşma sisteminde, gelgit nedeniyle iskele ve rıhtımdaki babalar bazı durumlarda yüksekte ve güverte ise alçakta veya tam tersi olabilir. Bu istenmeyen koşullar, bu gemilere yetersiz halat açıları oluşturarak gemilerin rıhtımlara emniyetsiz bir şekilde bağlanmasına neden olabilir. Diğer bir ekstrem durum ise tipik açık deniz gelgiti yaklaşık 0,6 metre olmasına rağmen, yüksek gelgit durumlarında, örneğin Kanada'da, gelgit 16,3 metreye kadar çıkabilir (Dalrymple vd., 1978). Bu belirgin gelgit değişiklikleri, mürettebatın halatın deste olmasına göre halatlara periyodik bir şekilde boş koymak veya deste etmek için sürekli alarında olma gereksinimi oluşturabilir. Ayrıca, eş zamanlı olarak geminin yükleme veya tahliye operasyonlarını takip etmeyi olumsuz yönde etkileyebilir.

Halatlar ile yanaşmak 30 dakikadan fazla sürebilir. Manevra mürettebatının yerine geçmesi, halatların salya edilmesi ve hazırlanması, ırgatı çalıştırmak, loçalardan çok sayıda halat vermek ve halatı taşıyan kıyıdaki çalışanların pozisyon alması veya palamar botlarının yanaşma esnasında belli bir ivmeye sahip olan geminin palamarlarını rıhtıma uzatmada gecikmesi bu süreyi etkileyen faktörlerden sadece birkaç tanesidir. Ancak otomatik yanaşma sistemleri, bu süreyi halatın babaya volta edilmesinde 30 dakikadan 30 saniye gibi bir süreye indirebileceğini iddia etmektedir (Díaz-Ruiz-Navamuel vd., 2021).

Otomatik yanaşma sistemleri, tüm insan unsurlarını manevra sahasından uzaklaştıracak, insan kayıplarını ve yaralanmalarını ortadan kaldıracak birer liman altyapısını hazırlamayı vaat etmektedir. Ayrıca bu vaatler, sadece gemilerin baş ve kış halatlarını, rıhtımdaki babaların ve snap-back bölgelerinin kaldırılması, liman çalışanlarının rıhtımdan ve mürettebatın manevra alanlarında uzaklaştırılması ile sınırlı değildir. Ayrıca, otomatik yanaşma sistemleri, halatların güverte mürettebatı tarafından vermesine gerek kalmaması, terminal veya rıhtım ile borda hizalamayı, mesafe vermeyi ve zabıtlar için sürekli gelgit seviyesini izlemeyi ve gelgit cetvellerini ve hesaplamalarını ortadan kaldırarak, yanaşma süresini önemli ölçüde düşürerek süreci saniyelere indirmeyi ve hem mürettebat hem de zabıtlar için çok daha etkin liman periyodu vaat etmektedirler. Tüm bu nedenlerle, otomatik yanaşma sistemi üreticileri, liman yetkililerine ve gemi sahiplerine bu sistemler ile potansiyel zaman ve personel tasarruflarından, limandaki dizel yakıt emisyonlarındaki büyük düşüştürme bahsederek ve eş zamanlı olarak dramatik şekilde artan gemi trafiğine de işaret ederek ürünlerini pazarlamaya çalışmaktadırlar.

Bu tez çalışmasında, mevcut konvansiyonel yanaşma sistemi ile yeni olarak piyasaya sürülen otomatik yanaşma sistemleri karşılaştırılmıştır. Bunun için, çalışmada tüm sistem alternatifleri ve en uygun yanaşma sisteminde ele alınacak kriterler tek tek açıklanmış ve otomatik yanaşma sistemlerinin konvansiyonel yanaşma sisteminden güçlü ve zayıf yanları SWOT analizi ile ortaya konulmuştur. Ayrıca, literatür ve uzmanların belirlemiş olduğu yedi alternatif yanaşma sistemini kıyaslarken emisyon, enerji tüketimi, kurulum maliyeti, işletme maliyetleri, bakım maliyetleri, geminin altı hareketine uyulanabilirlik ve manevra personeli emniyeti açılarından sistemlerin özellikleri tartışılmıştır.

Elde edilen bilgiler Sezgisel Bulanık TOPSIS (IF-TOPSIS) yöntemi kullanarak tek matriste birleştirilerek tüm alternatifler karşılıklı olarak kıyaslanmış ve sıralanmıştır. Yapılan sıralama sonucunda en uygun yanaşma sistemi belirlenmiştir.

## **1.2. Yanaşma Halatları**

### **1.2.1. Baş Palamar Halatı**

Baş kasaradan rıhtıma doğru verilen, geminin geriye (boyuna hareket) gitmesini engelleyen palamar halatıdır. Rıhtımda pozisyonu sağlamak için deste edilirse, gemi ileri yönlü atalet sağlayacaktır. Çoğunlukla 45°'lik açıyla rıhtıma doğru verilir (Paulauskas, 2016).

### **1.2.2. Baş Omuzluk (Pürmeçe) Halatı**

Genellikle baş palamarın yeterli olmadığı durumlarda kullanılır. Geminin geriye olan ataletini engeller (Lee vd., 1975).

### **1.2.3. Kıç Palamar Halatı**

Kıç kasaradan rıhtıma doğru verilen, geminin ileriye (boyuna hareket) gitmesini engelleyen palamar halatıdır. Rıhtımda pozisyonu sağlamak için deste edilirse, gemi geri yönlü atalet sağlayacaktır. Çoğunlukla 45°'lik açıyla rıhtıma doğru verilir (URL-1).

### **1.2.4. Kıç Omuzluk (Pürmeçe) Halatı**

Genellikle kıç palamarın yeterli olmadığı durumlarda kullanılır. Geminin ileriye olan ataletini engeller (URL-2).

### **1.2.5. Spring Halatları**

Baş spring halatı geminin ileriye olan ataletini engeller iken Kıç spring halatı gemini geriye olan ataletini engeller. Koltuk halatları olarak da bilinir. Genellikle yanaşma manevrasında babaya volta edilen ilk halattır. Ayrıca, kalkış manevrasında güverteye en son alınan halattır (URL-3).

### 1.2.6. Açmaz Halatları

Kıç açmaz halatı, geminin rıhtım tarafından esen rüzgârdan geminin kıç tarafının denize doğru açmasını engelleyen halattır. Baş açmaz halatı ise geminin rıhtım tarafından esen rüzgârdan geminin baş tarafının denize doğru açmasını engelleyen halattır (Schelfn ve Östergaard, 1995).

### 1.3. Manevra Sahası ve Ekipmanlar

Yanaşma ekipmanları gemilerin limana varış ve limandan kalkışlarında halat operasyonları işleminin gerçekleştirebilmesini sağlayan donanımlardır (MEB, 2020).

Rıhtıma verilecek roda edilmiş halatlar, salya edilerek güverteye serilir. Babaların arasından ve/veya firdöndü üzerinden geçirilen halat, loçadan geçirilerek su seviyesine kadar indirilir (Şekil 1). Daha sonra palamar botuna verilir. Palamar botu, palamar halatını rıhtımdaki palamarcıya teslim eder ve palamarcı tarafından rıhtımdaki babaya volta edilir. Rıhtımdaki babaya volta edilen halat fenerlik veya tamburla deste edilir. Deste olan halata bosa vurularak tutulur ve gemi babasına sekiz yapılarak volta edilir.

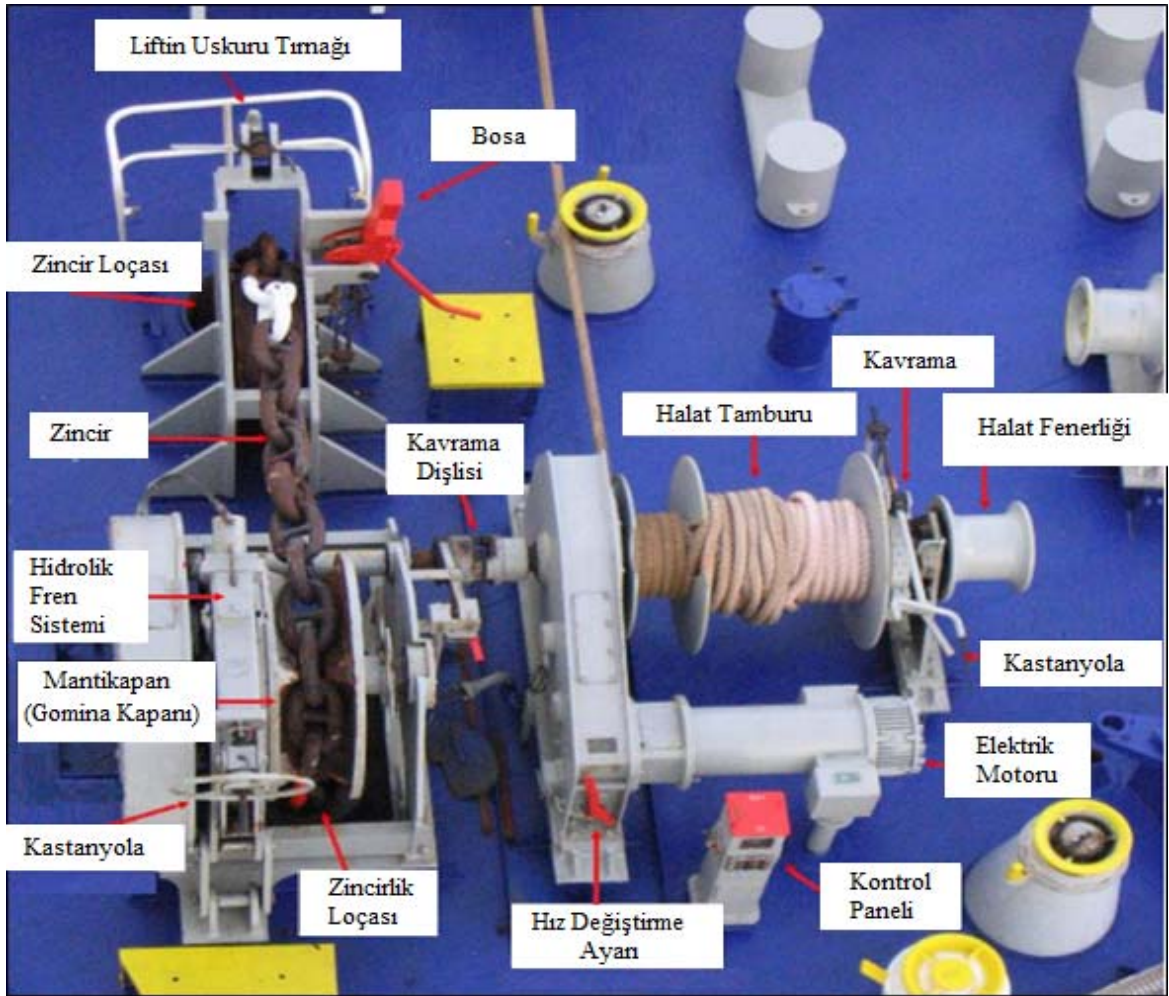


Şekil 1. Baş kasara manevra sahası (DNV, 2020).

Manevra sahasında halatın güverteye alınması veya deste edilmesinde iki farklı ırgat tipi kullanılmaktadır. Bunlar ırgat ve bocurgat olmak üzere ikiye ayrılır.

- Irgat: Halat tamburuna, halat fenerliğine, kavramaya ve kastanyolaya sahip olan bu yapı elektrik enerjisi ile çalışır. Baş kasarada kavrama dişlisi ile beraber demire iştiraklidir (Şekil 2).

- Bocurgat: Genellikle düşük tonajlı gemilerde ve gemilerin kıç kasarasında bulunur. Elektrik enerjisiyle çalışan bu yatay ırgat, yapısı itibariyle halat tamburu olan firdöndüye benzer.



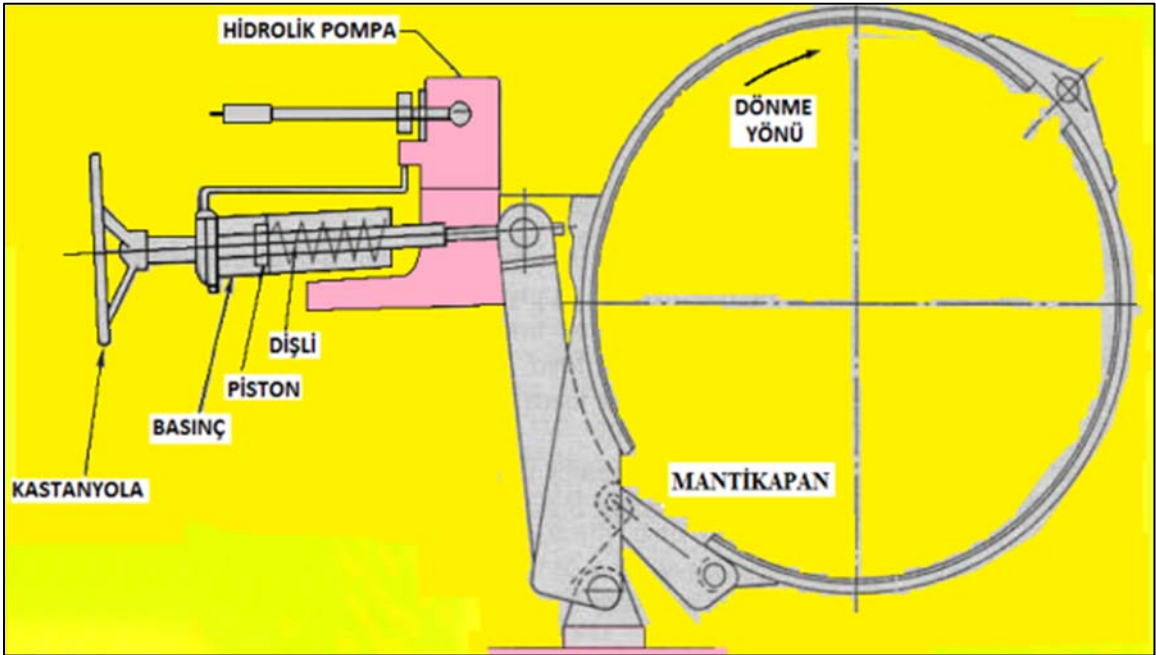
Şekil 2. Irgatın kısımları (MEGEP, 2015).

Baş kasaradaki panama loçası, halat loçası, gemi bitası ve bosa halatının konumları Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Baş kasara panama loçası (URL-4 2022).

Şekil 4'te Kastanyolanın hidrolik pompa, dişli, piston, basınç, mantıkapan kısımları gösterilmiştir.



Şekil 4. Kastanyolanın kısımları (MEGEP, 2015).

### 1.3.1. El İncesi

Literatürde Messenger halatı veya heaving line diye de sıklıkla kullanılan bu halat rıhtıma verilen düşük burgataya sahip bir kılavuz halattır. Bir tarafa güverteye bağlanan bu halatın diğer tarafı cevizdir (Şekil 5). Rıhtıma fırlatıldıktan sonra palamara bağlanır ve rıhtımdaki palamarcı tarafından verilmek istenen palamar halatının çekilmesinde kılavuz halat görevi görür.



Şekil 5. El incesi (MEGEP, 2015).

Palamar botu varsa verilmek istenen palamar halatları loçadan deniz seviyesine kadar indirilir ve güverte üzerinde salya edildiği kadar bot tarafından çekilebilir. Ancak botun olmadığı veya rıhtıma yanaşıldığı durumlar el ince kullanımı gereklidir. El incenin rıhtıma vaktinde varması oldukça önemlidir. Gemi rıhtımla aborda olup veya pozisyon sağlandığında palamarların bir an önce rıhtımdaki babaya volta edilmesi ve deste edilmesi istenecektir. Ancak el incisini doğru fırlatamamak, el incisini güverteye bağlamamak veya palamarcı tarafından düşürülmesi manevra süresini uzatabileceği gibi aynı zamanda geminin istenen pozisyonu tekrar sağlamasını güçleştirecektir (MEGEP, 2015).

Böylesi bir durumun yaşanmaması için manevra öncesi hazırlıkların yapılmış olması gerekmektedir. Messenger halatlarının güverteye bağlanması mesafe elverişli olduğu en uygun anda tek seferde gönderilmesi ve palamarın rıhtıma akması sağlanması gerekmektedir. Dolayısıyla el incisini rıhtıma doğru zamanda ve doğru hızda fırlatmak manevrayı etkileyen faktörlerden sadece bir tanesidir (Şekil 6).



Şekil 6. El incesinin hazırlanması (MEGEP, 2015).

El incesinin atılması:

- El incesi hazırlanırken elde roda edilen halat iki parçaya bölünür.
- Bir kısmı cevizi ilk fırlatılacak taraf olarak, diğer kalan kısım ise halatın salyası olarak düşünülebilir.

• Geri kalan bölümün yarısı bir ekle ve savrulacak bölüm sağ elde tutulur ve kuvvetlice atılır. Havada açılarak giden incenin sol el de tutulan bölümü de elden çıkartılır (Şekil 7).



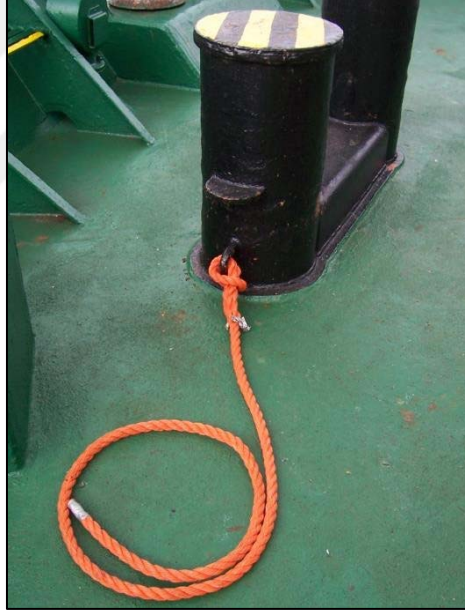
Şekil 7. El incesini rıhtıma fırlatma (MEGEP, 2015).

El incesi fırlatırken vücudun postürü oldukça önemlidir. Örneğin, iskele taraftaki rıhtıma atılacak bir el incesi için -sağ elini kullanan kişiler için- vücudun baş tarafa doğru

bakması, gücü belden alarak ayakları sabit tutup el incesi atılacak kolun 90°'ye yakın çevirerek cevizin bırakılarak fırlatılması gerekmektedir (MEGEP, 2015).

### 1.3.2. Halata Bosa Vurmak

Fenerliklerin üzerinde halatlar bırakılmamalıdır. Ayrıca, ırgat veya bocurgatın tamburu da bazı durumlarda geri kaçırabilir. Dolayısıyla, rıhtıma verilmiş halatlar gemi babasına sekiz yapılarak volta edilmelidir. Böylelikle, halatların bindirmesinden kaynaklanan ırgatın hasar görmesi faktörü de ortadan kaldırılacaktır (MEGEP, 2015). Halatın ırgattayken bosa halatı ile babaya volta edilerek bağlanması işlemi esnasında halatın geri akmasını engelleyici gemicilik bağına bosa veya yapılan işleme ise bosa vurmak adı verilir (Şekil 8).



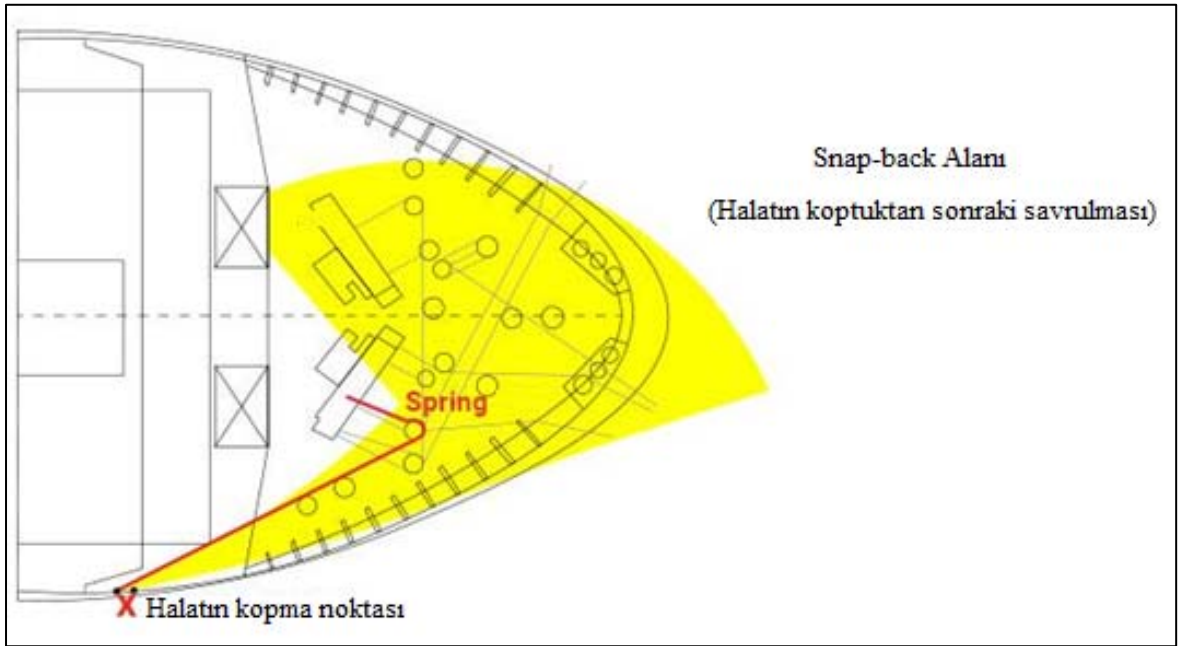
Şekil 8. Bosa halatı (MEGEP, 2015).

## 1.4. Halat ve Irgat Kazaları

### 1.4.1. Halatın Kopma Durumu

Her bir halatın kN cinsinden maksimum bir kesilme gücü vardır. Geminin rıhtıma yanaşması esnasında geminin başa veya kıça ivmeli olması, kalkış manevrasında halatların güverteye

alınamaması veya rıhtımda iken geminin tahliye yaparken halatlara yük binmesi gibi durumlarda halat önce maksimum esnekliğe ulaşacak ve daha sonra ise kopacaktır. Kopma işleme sonucu oluşan savrulma (snap-back), kopma noktasından itibaren öncelikle esnekliğin sönümlenmesi eylemini, daha sonra ise potansiyel enerjisini kinetik enerjiye çevirerek dairesel savrulma eylemin gerçekleştirecektir. Mürettebat halatın kopup ve esnekliğini sönümlendikten sonraki halatın dairesel savrulma eylemini gerçekleştireceği açılardaki alanlarda kesinlikle bulunmamalıdır (MEGEP, 2018). Bu alanlar sarı olarak işaretlenmeli ve manevra esnasında kesinlikle bulunulmamalıdır (Şekil 9).



Şekil 9. Spring halatının Snap-back alanı (Swedish Accident Investigation Authority, 2011).

#### 1.4.2. Halatın Sıyırılması

Halatlar fenerliklerde tutulmamalıdır. Eğer fenerlikler görevini yerine getiremeyip geri kaçırırmaya başlar ise halat loça yönünde akmaya başlayacaktır. Bu esnada halatı tutmaya çalışan zabıt veya tayfalar halatla beraber loçaya doğru gidebilir veya sürtünme kuvvetinin oluşturacağı etkilerden olumsuz etkilenebilirler. Bu durum manevra personelinin dışarı çekilmesi, sürtünmeye bağlı tahriş ve yanma gibi durumlarını ortaya çıkartabilir (MEGEP, 2018).

### 1.4.3. Halatın Sürekli Akması

Güverte üzerine salya edilmiş bir halatın akması normal bir durumdur ancak halatın atalet kazanarak sürekli bir biçimde akması durumu, halata basan kişinin ayağını kaybetmesine sebep olabilir (Yahşi, 2015). Kişi loçaya sıkışabilir, uzuv kaybı veya can kaybı ile sonuçlanabilir.

### 1.4.4. Manevra Esnasında Kişisel Koruyucu Ekipman Donatımı

Konvansiyonel Yanaşma Sistemi halat manevrasında, mutlaka eldiven giyilmesi gerekmektedir. Manevrada giyilecek bu eldiven, atmış olan çelik tel halatın çıplak eli tahrip etmesi, akan bir halatın sürtünmeden kaynaklanan tahriş ve yanma etkisine karşı koruyacaktır.

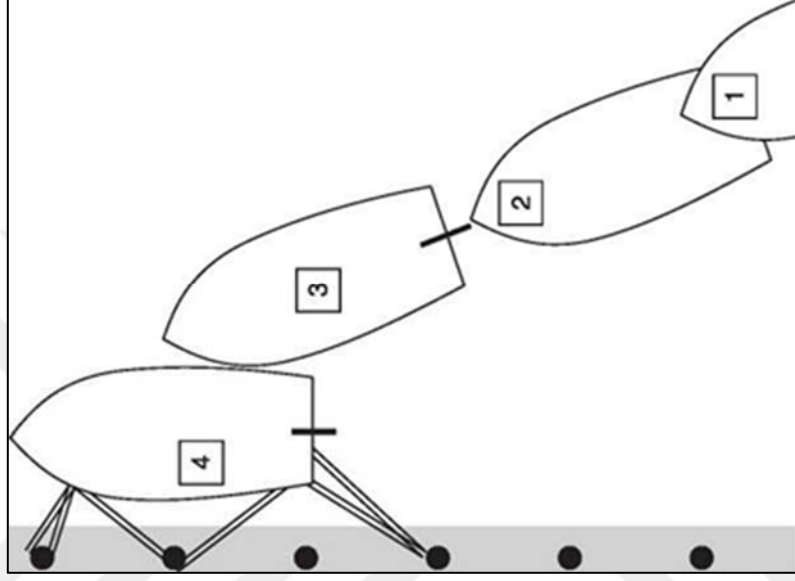
Ayrıca, kask giyilmesi olası messenger halatı cevzinin başınıza çarpmasını engelleyecektir. Kaskın dışı başınızı darbeye karşı koruyacak sert bir malzemedен yapılmıştır. Bu sert malzeme kaza esnasında kırılarak enerjiyi dışarı atacaktır. Aynı zamanda iç kısım ise esnek, yumuşak bir yapıda imal edilmiştir. Bu sayede şok enerjisi başın etrafına yayılacak ve mürettebatı koruyacaktır (Menteşe vd., 2017).

## 1.5. Yanaşma ve Rıhtımdan Ayrılma

### 1.5.1. Sakin Hava Koşullarında Sağa Dönüslü Sabit Adımlı Pervaneli Gemiyle Rıhtıma İskeleden Yanaşma

- Rıhtıma yaklaşık 25° açıyla yaklaşılır, makine telgrafına pek ağır yol ileri komutu verilir (Şekil 10).
- Geminin alacağı yol dikkate alınarak, gemi rıhtıma yaklaşınca makine telgrafına stop komutu verilir.
- Makine telgrafına tornistan komutu verilerek kış tarafının iskeleye dönmesine sağlanır ve gemi yavaş yavaş rıhtıma paralel edilir (House, 2007).
- Daha sonra makine stop edilir. Baş ve kış halatlar rıhtıma verilir ve gemi bağlanır (Anıker, 2010).

- Eğer geminin açısı tavsiye edilenden büyükse (pozisyon “3”) geminin kıçının rıhtıma dönüşünü sağlamak için küçük miktarlarda dümen sancağa basılır. Aşırı dümen açısı basmak çok hızlı dönmeye neden olabilir.
- Makinenin tornistan hareketi kış tarafta enine kuvvetlere sebep olacaktır ve kış tarafı rıhtıma doğru itecektir.



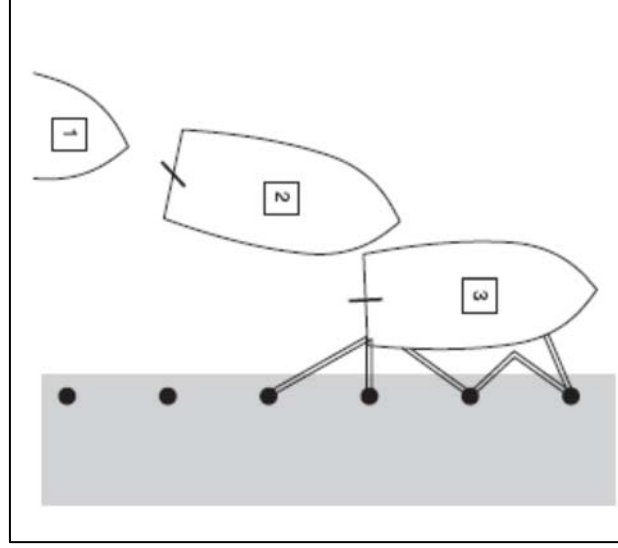
Şekil 10. 25 derecelik açı ile yanaşma (House, 2007).

### 1.5.2. Sakin Hava Koşullarında Sağa Dönüştü Sabit Adımlı Pervaneli Gemiyle Rıhtıma Sancaktan Yanaşma

Rıhtıma küçük açıyla yaklaşık olarak  $15^\circ$  ile yanaşılır, makineye pek ağır yol ileri komutu verilir. Geminin alacağı yol dikkate alınarak rıhtıma yaklaşınca makine stop edilir (Şekil 11).

- Rıhtıma yaklaşırken, kıçın rıhtıma savrulmasını sağlamak için dümen iskeleye basılmalıdır.
- Gemi rıhtıma yanaşınca makine stop edilir. Baş ve kış halatları gönderilerek gemi bağlanır (Aniker, 2010).

Geminin pruvasında dar bir alan kaldığındaki durumlarda ise ilk önce baş koltuk halatı gönderilmelidir.

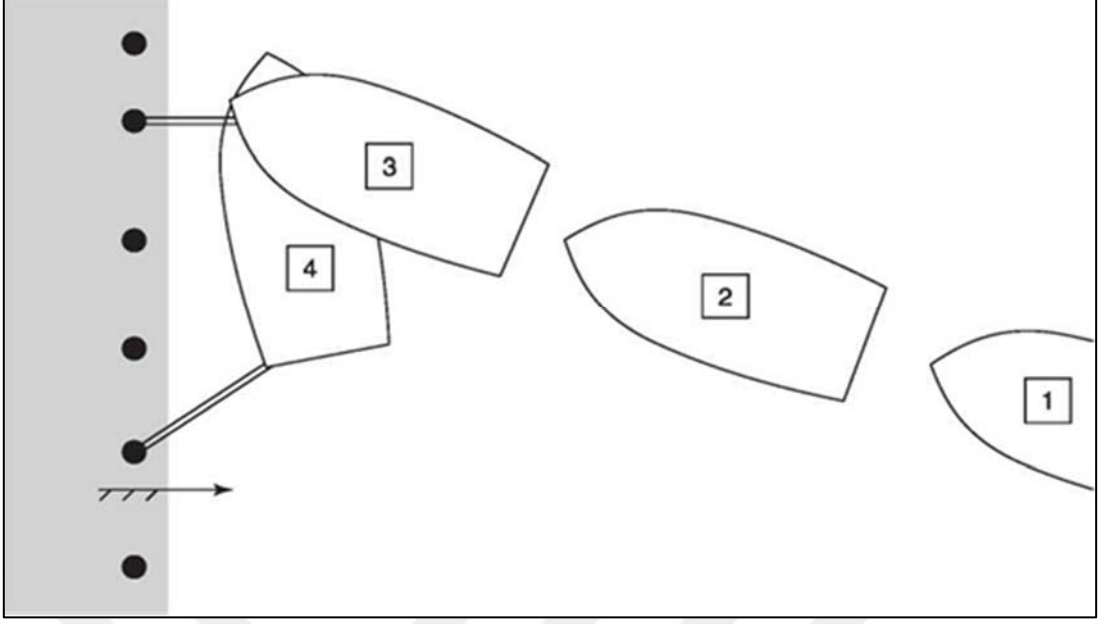


Şekil 11. Küçük açıyla rıhtıma yanaşma (House, 2007).

### 1.5.3. Rıhtımdan Esen Kuvvetli Rüzgârlarda Yanaşma

- Rüzgâr etkisinden kurtulmak için rıhtıma dik açıyla yanaşılır.
- Palamar botunun olduğunu varsayarak, kış halatı vermek için hazırlanır. Rıhtıma doğru pek ağır yol ileri vererek yaklaşılır.
- Makine stop edilir, Ardından baş tarafı rıhtımdan hemen uzakta tutmak için makineye tornistan komutu verilir. El incesi kullanarak gemiden halat vermektense baş halatı verilmesi daha doğrudur (House, 2007).
- Kış halat verilir ve rıhtıma bağlanır. Baş halata kaloma verilerek ve kış halata bindirerek gemiyi aborda edilir (Şekil 12).

Palamar halatını kıyıya götüreceğ bir palamar botunun varlığı bağlama halatını geç vermek zorunda kalmaktan kurtaracaktır. Aborda olduğunda, baş ve kış açmaz halatları verilerek geminin rıhtımdan açma ihtimalini azaltılır.



Şekil 12. Kuvvetli rüzgârda rıhtıma yanaşma (House, 2007).

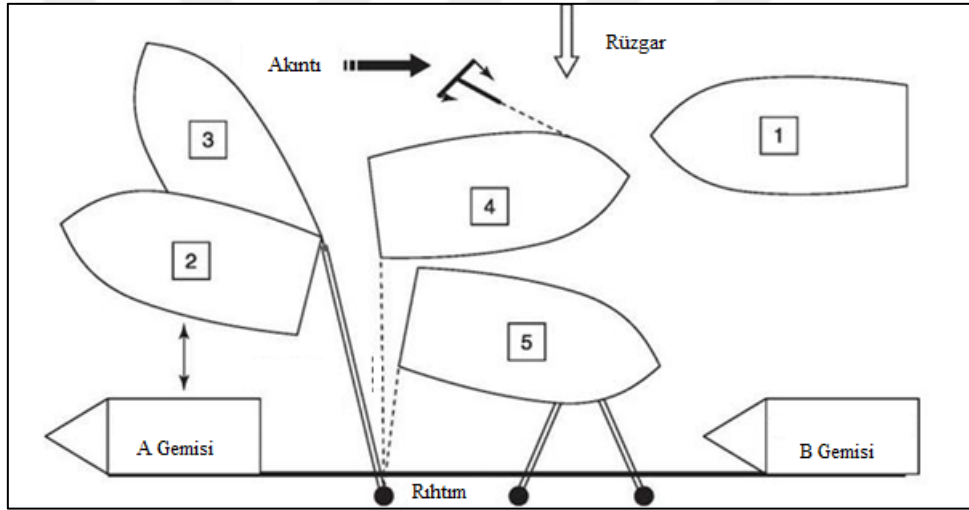
#### 1.5.4. Rıhtıma Doğru Kuvvetli Esen Rüzgâr ve Pruvadan Gelen Akıntı ile İskeleden Yanaşma

- Gemi pozisyon “1” de iken makine stop edilir, dümen sancak alabanda basılarak makine yarım yol ileri komutu verilir.
- Rıhtımın hemen dışına ve rıhtıma paralel bir konuma gelinir (kalkış manevrasında kullanılması için sancak taraf demiri hazırlaması gerekmektedir)
- Akıntı yönünde gemiyi tutmak için gemi manevra yapmalıdır.
- Gemi demir atmış “A” gemisine paralel konumunda manevra yapılır (House, 2007).
- Geminin sancak tarafı halihazırda emniyetli halde bulunan iki geminin arasına sahil tarafına esen rüzgâr ile yanaşılır.
- Halat, sancak baş taraftan palamar botu yardımıyla rıhtıma kadar uzatılır ve kış halat su yüzeyinin üstünde tutulur.
- Ana makineye önce pek ağır tornistan daha sonra ise makine stop komutu verilir. Bu hareket sayesinde geminin kışını enine itilerek rıhtıma doğru yanaştırılır. Dolayısıyla geminin baş tarafı sancak tarafa doğru hareket edecektir.
- Gemi, liman tarafında geçerli olan akıntı sayesinde dönecektir. Pozisyonunu tamamlamak için spring halatı sürekli deste edilmelidir. Rüzgâr da gemiyi rıhtıma doğru

gemiye hareket ettirmek isteyecektir. Eş zamanlı olarak iskele taraftan rüzgârın hareketini kontrol edebilmek için demir atılması gerekir.

- İleri yöndeki ataleti kontrol etmek için pruva sancağa çevrilir (pozisyon “5”). Gemi, baş ve kış tüm halatlardan deste edilmesi gerekmektedir. Aynı esnada da gemi rıhtıma yaklaştığında demirin kilit sayısının da artırılması gerekmektedir (House, 2007).

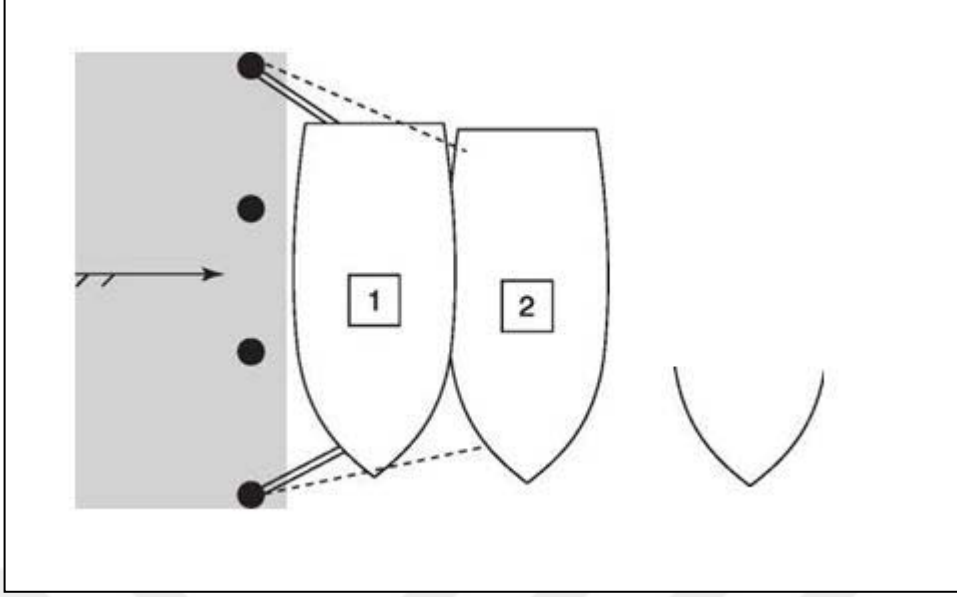
Rıhtıma doğru esen bir rüzgâr mevcut olduğunda manevra yapılan yerde demirin kullanılması (şekilde gösterildiği gibi) rıhtıma doğru yaklaşma oranını düşürecek. Eğer bir “açık deniz rüzgârı” mevcutsa, ilk pruvanın kıyıyı geçmesine izin vermemek için kışın taşınmamasına dikkat edilmesi gerekecektir ya da alternatif olarak başlangıçta kullanılan palamar botunu kullanılacaktır. Ek olarak akıntının etkileri, muhtemelen gemiyi iskeleye doğru ilerlemesinin sona ermesine neden olacaktır (Şekil 13).



Şekil 13. Kıyıya doğru şiddetli esen rüzgâr ve pruvadan gelen akıntıda iskeleden yanaşma (House, 2007).

#### 1.5.5. Rıhtımdan Esen Rüzgârda Kalkış Manevrası

- Baş halat ve kış halat (veya açmaz halatı) kalacak şekilde halatlar teklenir.
- Geminin rıhtımdan avara edilebilmesi için baş ve kış hatlara boş konulur. Kış rıhtımdan uzaklaştığında, kış hattını tutulur ve başın rıhtımdan biraz daha fazla uzaklaşmasını sağlar (House, 2007).
- İskeleden ayrıldıktan, baş ve kış halatları güverteye alındıktan sonra makineye yol verilir ve dümen devreye alınır (Şekil 14).



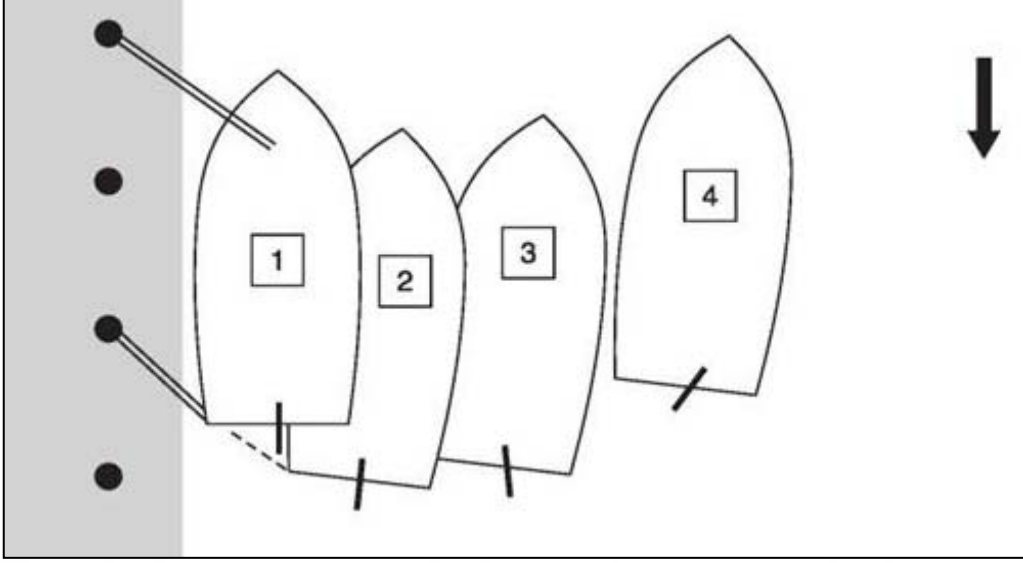
Şekil 14. Rıhtımdan esen rüzgârda kalkış manevrası (House, 2007).

Bu yöntem, Ro-Ro gibi yüksek friborda sahip gemiler için önerilir.

#### 1.5.6. Rüzgârının Olmadığı ve Akıntının Baş Taraftan Geldiği İskele Taraftan Yanaşmış Bir Geminin Limandan Kalkış Manevrası

Amaç geminin pruvasına doğru bir akıntı olduğunda geminin rıhtımdan avara edilmesidir. Rıhtım ile gemi bordası arasında kaldığında aradaki boşluk, akıntının akmasına izin vererek gemiyi rıhtımın dışına doğru iter.

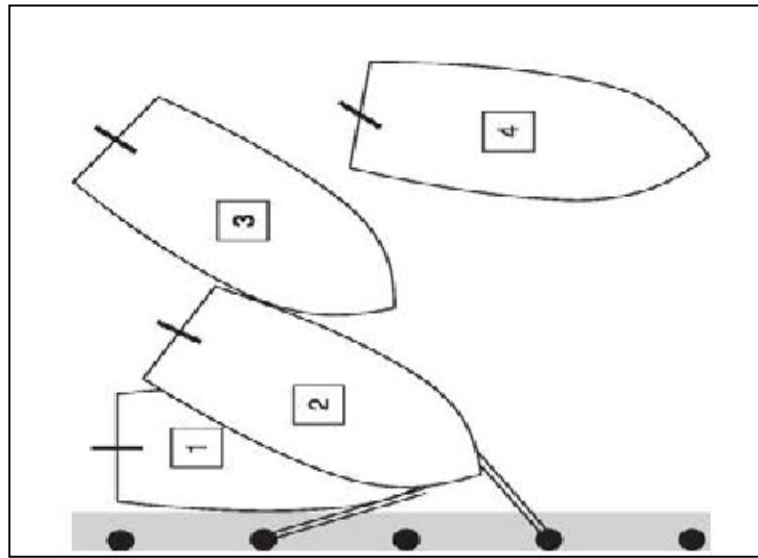
- Gemi, baş halat ve kış spring halatı kalana kadar halatlar teklenmelidir.
- Baş halata boş koyarken kış halat deste konumunda tutulmalıdır. Akıntı gemiyi sancak tarafa doğru açmasına ve geminin rıhtımdan ayrılmasına neden olacaktır. Rıhtım ve gemi tarafı arasında hareket eden akıntı geminin kış tarafını da rıhtımdan uzaklaştıracaktır (House, 2007).
- Makine telgrafına ağır yol ileri komutu verilir ve başa doğru ilerlenir. Daha sonra makine stop edilir ve kışa doğru hareket edilir.
- Akıntı yönünden limanda neta olduktan sonra ise makineye ileri yol komutu verilir (Şekil 15).



Şekil 15. Pruvadan gelen akıntıda limandan kalkış manevrası (House, 2007).

#### 1.5.7. Rüzgârın Olmadığı, Durgun Suda ve Sancak Taraftan Yanaşılmış Durumdaki Geminin Limandan Kalkış Manevrası

Amaç, gemiyi rıhtımdan avara ederek derin suya doğru hareket ettirmektir. Durgun su koşullarının hâkim olduğu yerlerde, gemiyi rıhtımdan uzaklaştırma manevrası yapmak için gelgit veya akıntıya alternatif bir yöntem kullanılmalıdır (House, 2007). Palamar hattının hat mî halat mî tedbirli kullanımı, teknenin ilk hareketini sağlar, böylece pervane kullanımı sağlanabilir (Şekil 16).



Şekil 16. Sancak taraftan yanaşılmış durumdaki gemini limandan kalkış manevrası (House, 2007).

## 1.6. Literatür Taraması

Günümüz gemilerinde yanaşmayı sağlayan kuvvetler ana makineler, pervaneler, dümenler, pruvalar, kıçlar, çapalar, halatlar, ırgatlar, vinçler ve römorkörlerden oluşmaktadır. Artan gemi boyutuna rağmen azalan mürettebat sayısı nedeniyle bu manevralar daha zor ve karmaşık hale gelmektedir (Yamazaki, 1997). Manevra yapmanın diğer bir zor tarafı tüm unsurları aynı anda ve etkili bir şekilde kullanmaktır. Bunu yaparken gemi idaresi de yavaş veya hızlı olmayacaktır. Manevra unsurları gemi için dümen, pervane, gemi motoru, pruva/kıç ve römorkördür. Normal şartlar altında, bir gemi kaptanının kendi tekniğini geliştirmesi yıllar alabilir ve bu da yanaşma manevrasının başarısını artırır.

Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO), “denizcilik endüstrisinin” uluslararası düzeyde dünyanın en tehlikeli endüstrilerinden biri olduğunu vurgulamıştır. Sluiskes’e (2016) göre, gemiler liman rıhtımlarına düzenli bir biçimde yanaşma ve kalkma manevrası yaparken, yapılan en tehlikeli işlerden birisi de gemiyi halatlarla bir rıhtıma yanaştırmaktır. Böylesi bir işi gerçekleştirmek için öncelikle doğru ekipmanlara, eğitilmiş mürettebata ihtiyaç bulunmaktadır. Roberts vd., (2014) son 70 yılda denizcilikte mesleki kaza ve yaralanma oranlarını ve bunun son yıllarda artıp artmadığını belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmalarında, zaman içinde genel anlamda ölümlü kaza oranlarında düşüş yaşandığını belirtmişlerdir. Ancak, kazaları önlemek için daha fazla önleyici ilave tedbirlerin “yanaşma ve gemi yedekleme sırasında” alınmalıdır şeklinde tavsiyede bulunmuşlardır. Kuzu ve Arslan., (2017) denizcilik faaliyetlerinin insan hayatına, navluna ve deniz çevresine potansiyel zarar verebileceği dolayısıyla risk değerlendirmesinin deniz taşımacılığında eskiden beri önemli olduğuna vurgu yaparak yanaşma esnasında risk değerlendirilmesinin önemine dikkat çekmişlerdir. Yine de tüm bu deneyim ve çabalara rağmen deniz kazalarının %80’inin insan kaynaklı olduğu görülmektedir (MSB, 1995). 1999’dan 2009’a kadar yanaşma ekipmanlarından kaynaklanan ve birçok denizcinin yaralanmasına neden olan büyük kazalar, UK P&I Club’a 34 milyon ABD dolarının üzerinde bir maliyete sebep olmuştur. Bu kazalarda, ırgatlardaki arızalar %5, tamburların kayması %42 ve halat ve tellerin kopması %53 oranında meydana gelmiştir (UK P&I CLUB, 2016).

İnsan kaynaklı (mesafe algılama, muhakeme, iletişim, deneyimsizlik, operasyonel) hataları ortadan kaldıracak bir sistemin geliştirilmesi, yanaşma manevrasının herhangi bir aksamaya yol açmadan tamamlanmasına yardımcı olacak ve geminin daha güvenli bir şekilde yanaşmasına imkân verecektir. Danilyn vd., (2021) yaptıkları çalışmada insansız

gemilerin hayata geçirilmesi için gereklilikleri açıklamış ve insansız gemiler için gereksinimlerin, uydular aracılığıyla navigasyon, dönüş hızı ve zaman sistemlerini içeren pusulaların olduğunu vurgulamışlardır. Piris vd., (2019) gemideki bazı konumlara yerleştirilebilecek işlemcinin yerdeki hızı, sudaki hızı ve ataleti ölçerek manevraya yardımcı olabileceğini belirtmişlerdir.

Gibbs vd., (2014) limanda yükleme veya tahliye süresinde tasarruf için otomatik yanaşma sistemlerinin iyi bir çözüm olabileceğini belirtmişlerdir. Kooji vd., (2018), otomatik yanaşmanın vakum veya manyetik pedler ile gerçekleştirilebileceğini ancak bu sistemlerin sadece belirli gemiler ve limanlar için uygun olduğunu ve güverte mürettebatı gerektirmediğini bildirmişlerdir. Sayyadi ve Rasa'ya (2016) göre, otomatik vakumlu yanaşma iki adıma ayrılmalıdır. Birinci adım, gemiyi düzgün bir şekilde aborda pozisyonuna getiren aktif durumdur. İkinci adım ise gemi hareketlerini kilitleyen daha pasif ve daha az enerji tüketim durumudur. İkinci adımda sistem, dalgalara, akıntılara, rüzgâra ve gelgitlere karşı pasif olarak karşı kuvvet uygulamaktadır. Mentjes vd., (2022), rıhtıma güvenli bir şekilde yanaşmak ve deniz emniyetini artırmak için bu otomatik yanaşma sistemlerine Lidar'ın eşlik etmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Ayrıca kaptan ve kılavuz kaptana, konvansiyonel yanaşma sistemleri yerine dönme ivmesi veya başa-kıça ivmeli olan gemi için sorun yaratabileceği konusunda bilgi verilmesi gerekliliğinden bahsetmişlerdir. Fiedler vd., (2019), Trelleborg Limanının otomatik yanaşma sistemlerine geçtiğini ancak limanın hala otonom gemiler için uygun olmadığını belirtmişlerdir. Ayrıca, lazerli ve GPS'li yanaşma yardım sistemlerinin gemilerin yanaşmalarına olan yardımlarından bahsetmişlerdir. Van der Burg (2010), Dinamik Halat Sistemi olan Likit Doğal Gaz (LNG) terminalinin halatlar üzerindeki rüzgâr ve dalga etkilerinin dinamik bir analizini simüle etmiş ve sonuçta yanaşmış geminin halat gerilimlerinin hareketlerinin önemli ölçüde azaldığını saptamışlardır. Gao vd., (2021) otomatik yanaşma sistemleri ve insansız operasyonların emniyeti artırdığını, gemi, mühendislik maliyetleri ile dalga hareketlerini azalttığını belirtmişlerdir. Otomatik yanaşma sistemleri, pedleri takarken veya çıkarırken manevra süresini otuz saniyenin altına indirebilir. Bu vakum pedleri, deniz koşullarına göre bir izleme sistemi tarafından izlenebilmekte ve kontrol edilebilmektedir (Cavotec, 2020). Ayrıca, Yan vd., (2022) 9,8 mm sacdan daha ince bir bordaya sahip geminin otomatik yanaşma sistemleri kullanılırken muhtemelen bordasında vakuma dayalı eğilme oluşabileceğini belirtmiştir. Díaz-Ruiz-Navamuel vd., (2021) rüzgâr etkisini hem otomatik yanaşma sistemleri hem de konvansiyonel yanaşma sistemleriyle karşılaştırmışlardır. Sonuçlar otomatik yanaşma

sistemlerinin konvansiyonel yanaşma sistemlerinden daha fazla emniyete ve rıhtımda daha az gemi hareketine sahip olduğunu göstermiştir. Sluiskes'e (2016) göre, otomatik yanaşma sistemleri, elektrik kesintisi olduğunda ciddi şekilde dezavantajlı olabilir. Bu elektrik arızası gemiyi öyle bir etkileyebilir ki, manyetik yanaşmada geminin rıhtımdan ayrılmasına ve bazı durumlarda başka bir manyetik alan etkisine girerek manyetik yanaşma sistemlerinin olumsuz etkilenmesine neden olabilmektedir.

Butsanets, (2019) insansız gemiler için bataryanın gerekli olduğunu, kablosuz şarjın şirketler tarafından üzerinde düşünülmesi gereken bir konu olduğunu iddia etmiştir. Nunes vd.'ne (2017) göre, CO<sub>2</sub> emisyonu küresel iklim değişikliği için en etkili sera gazı olarak kabul edilse de PM, VOC'ler, CO, NO<sub>x</sub> ve SO<sub>x</sub> gibi diğer gazlara daha fazla dikkat edilmesi gerekmektedir. Piris vd.'ne (2019) göre otomatik yanaşma sistemlerinin, konvansiyonel yanaşma sistemlerine göre CO<sub>2</sub> emisyonlarını %76 oranında azaltmaktadır. Himanen (2016), Dinamik Yanaşma Sistemini CO<sub>2</sub> nötr olduğunu iddia etmiştir. Ancak, hidrolik sistemler için hala elektrik enerjisine gereksinim duyulmaktadır. Bu hidrolik sistemler doğru halat gerilimi elde etmek için en az bir kez kurulmalıdır.

Uyanık vd., (2019) birçok karar verme sürecinde karar vericilerden toplanan veriler belirsiz, yetersiz olduğundan ve uzman görüşleri ile toplanabilecek dilsel değişkenler ile karar vericilere ağırlık atanabilmesinden dolayı IF-TOPSIS yöntemi kullanılabilirliğini ifade etmişlerdir. Rouyendegh'e (2020) göre belirsizlik varken, Sezgisel Bulanık Küme (IFS) değişkenlerini dilsel olarak ifade etmenin en uygun yollardan biri olduğunu belirtmişlerdir. Bu nedenle IF-TOPSIS yöntemi, belirsizlik olduğu durumlarda karar vermede ve karar vericilere IFS değerleri verilerek görüşler alınabilir. Aloini vd., (2014), neden IF-TOPSIS karar matrisinin oluşturulması için karar vericilerin görüşlerini ve karar vericilerin karşılaştırmasını yapmak için Sezgisel Bulanık Ağırlık Toplama (IFWA) operatörlerinin seçildiğini belirtmişlerdir. Bilgili vd.,'ne (2022) göre, IFWA operatörleri, karar vericiler arasında ağırlıklı ortalama almak için kullanılır. IF-TOPSIS yöntemi, Hamming mesafesine göre, sezgisel bulanık bir pozitif ve sezgisel bulanık negatif ideal çözümde bir TOPSIS yöntemidir. Zhang'a (2020) göre, duyarlılık analizi, değerleri farklı sezgisel değerlerle ayarlayarak değişken yöntem sonuçlarına uygulanabilir.

Literatürde denizcilik sektöründe IF-TOPSIS yöntemi, Altuntaş ve Yıldırım (2022) tarafından, Sezgisel bulanık TOPSIS yöntemi ile lojistik uzman seçimi'nde, Yazir, (2022) tarafından, Kuru/dökme yük gemilerinde kargo ambarı yangınları için sabit yangınla mücadele sistemlerinde IF-TOPSIS yönteminin uygulanması'nda, Nazligul vd. (2022)

tarafından, Geliştirilmiş Sezgisel Bulanık TOPSIS Yöntemi Uygulanarak Ticari Gemiler İçin Desalinasyon Sisteminin Seçimi'nde, Yazir vd. (2021) tarafından, Doğrudan İndirgenmiş Demirin Taşınması İçin İnert Gaz Sisteminin Seçimi'nde, Aikhuele (2020) tarafından, Güvenilirlik Kriterlerine Dayalı Sezgisel Bulanık TOPSIS Modeli ve MCGDM Problemlerini Çözmek İçin Dinamik Bir Matematiksel Operatör'de, Şenel vd. (2018) tarafından, FMEA tabanlı sezgisel Bulanık TOPSIS Yaklaşımı kullanılarak Türkiye'deki Denizcilik Sektöründeki limanların risk analizi'nde, kullanılmıştır.

### 1.7. Sezgisel Bulanık TOPSIS

TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), TOPSIS yaklaşımı, pozitif ve negatif ideal çözümler arasındaki mesafeleri göstermesi nedeniyle literatürde yaygın olarak tercih edilmektedir. Hwang ve Yoon (1981) tarafından önerilen bu teori, nispeten kapsamlı ve hesaplanması kolay olan hem ideal alternatifleri hem de negatif ideal alternatifleri kapsar (Yu ve Pan, 2021). Ek olarak, model yüksek oranda yorumlanabilir ve birçok uygulama alanına uygulanmıştır. TOPSIS yönteminde seçimleri sıralamak, sonuçları anlamak, yorumlamak ve kullanmak basittir. Karar vericilere farklı önemler sunmak, farklı önemler vererek farklı sonuçlar görmek ve sezgisel değerler vermede literatür tarafından onaylanmak mümkün olduğundan, bu tez çalışmasında TOPSIS yaklaşımının sezgisel bulanık genişletilmiş versiyonu kullanılmıştır. Kriterler ve alternatifler uzmanların yanıtladığı anketlere göre değerlendirildikten sonra seçenekler listelenir.

Bu tez çalışmasında, Shen vd.'nin (2018) IF-TOPSIS metodolojisi yaklaşımı kullanılmıştır. Alternatifler kümesi  $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$  ve ölçütler kümesi  $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ , iken, karar verme grubu eşit değildir. Karar verici gruplar aynı değildir ve her karar vericinin önemi birbirinden farklıdır.

Karar vericilerin değerlendirilmesinde, Tablo 1'de gösterildiği gibi sezgisel bulanık dilsel değişken terimleri kullanır.

Tablo 1. Sezgisel bulanık dilsel değişkenler (Efe ve Efe, 2018).

IF-Değişkenleri	$\mu$	$\nu$	$\pi$
Yüksek	0,75	0,10	0,15
Orta	0,60	0,25	0,15
Eşit	0,50	0,50	0,00
Düşük	0,25	0,60	0,15

Tablo 2'in devamı

Çok düşük	0,10	0,75	0,15
-----------	------	------	------

Karar vericiler, farklı deneyim ve bilgileri nedeniyle diğer karar vericilerden daha az veya daha fazla uzmanlık düzeyine sahip olabilir. Karar vericilerin ağırlık vektörü  $\lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_\ell\}$  ve  $\lambda \geq 0, k = 1, 2, \dots, \ell$ 'dir.  $\lambda_k \geq 0, k = 1, 2, \dots, \ell$  ve  $\sum_{k=1}^{\ell} \lambda_k = 1$  şeklinde kabul edilerek, Formül 1'deki gibi karar vericilerin ağırlık vektörleri uygulanır.

$$\lambda_k = \frac{\left( \mu_k + \pi_k \left( \frac{\mu_k}{\mu_k + \nu_k} \right) \right)}{\sum_{k=1}^{\ell} \left( \mu_k + \pi_k \left( \frac{\mu_k}{\mu_k + \nu_k} \right) \right)} \quad (1)$$

Birinci Adım: Karar vericilerin ağırlık vektörlerini hesapladıktan sonra sezgisel bulanık karar matrisi  $D = (\bar{x}_{ij})_{m \times n}$ , ( $i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$ )  $\bar{x}_{ij} = (\mu_{ij}, \nu_{ij})$  biçiminde üretilir, burada m alternatifleri ve n kriteri temsil eder.

$$D = (\bar{x}_{ij})_{m \times n} = \begin{matrix} & K_1 & K_2 & \dots & K_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} \bar{x}_{11}^* & \bar{x}_{12}^* & \dots & \bar{x}_{1n}^* \\ \bar{x}_{21}^* & \bar{x}_{22}^* & \dots & \bar{x}_{2n}^* \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{x}_{m1}^* & \bar{x}_{m2}^* & \dots & \bar{x}_{mn}^* \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (2)$$

İkinci Adım: Pozitif İdeal Çözüm,  $\bar{x}_j^+$ 'ye göre hesaplanır ve Formül 3'e göre  $K^+$ ,  $K^-$  ve  $1 \leq j \leq n$  olsun.

$$\bar{x}_j^+ = \begin{cases} (\max_{1 \leq i \leq m} \{\mu_{ij}\}, \min_{1 \leq i \leq m} \{\nu_{ij}\}) = (\mu_j^+, \nu_j^+), \text{ eğer } K_j \in K^+ \\ (\min_{1 \leq i \leq m} \{\mu_{ij}\}, \max_{1 \leq i \leq m} \{\nu_{ij}\}) = (\mu_j^-, \nu_j^-), \text{ eğer } K_j \in K^- \end{cases} \quad (3)$$

Üçüncü Adım: Negatif İdeal Çözüm,  $\bar{x}_j^-$ 'ye göre hesaplanır ve Formül 3'e göre  $K^+$ ,  $K^-$  ve  $1 \leq j \leq n$  olsun.

$$\bar{x}_j^- = \begin{cases} (\min_{1 \leq i \leq m} \{\mu_{ij}\}, \max_{1 \leq i \leq m} \{\nu_{ij}\}) = (\mu_j^-, \nu_j^-), \text{ eğer } K_j \in K^+ \\ (\max_{1 \leq i \leq m} \{\mu_{ij}\}, \min_{1 \leq i \leq m} \{\nu_{ij}\}) = (\mu_j^+, \nu_j^+), \text{ eğer } K_j \in K^- \end{cases} \quad (4)$$

Dördüncü Adım: Pozitif sezgisel bulanık matris ( $D^+$ ) Formül 5'te hesaplanır.

$$D^+ = (d(\bar{x}_{ij}, \bar{x}_j^+))_{m \times n} = \begin{matrix} & K_1 & K_2 & \cdots & K_n \\ A_1 & \left[ \begin{array}{cccc} (\bar{x}_{11}^*, \bar{x}_1^+) & (\bar{x}_{12}^*, \bar{x}_2^+) & \cdots & (\bar{x}_{1n}^*, \bar{x}_n^+) \end{array} \right] \\ A_2 & \left[ \begin{array}{cccc} (\bar{x}_{21}^*, \bar{x}_1^+) & (\bar{x}_{22}^*, \bar{x}_2^+) & \cdots & (\bar{x}_{2n}^*, \bar{x}_n^+) \end{array} \right] \\ \vdots & \left[ \begin{array}{cccc} \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \end{array} \right] \\ A_m & \left[ \begin{array}{cccc} (\bar{x}_{m1}^*, \bar{x}_1^+) & (\bar{x}_{m2}^*, \bar{x}_2^+) & \cdots & (\bar{x}_{mn}^*, \bar{x}_n^+) \end{array} \right] \end{matrix} \quad (5)$$

İki sezgisel bulanık sayı  $\alpha = (\mu_\alpha, \nu_\alpha)$  ve  $\beta = (\mu_\beta, \nu_\beta)$  arasındaki farkların hesaplanması Formül 6'da gösterilmiştir.

$$d(\alpha, \beta) = \sqrt{\frac{[\mu_\alpha(1 + \frac{2}{3}\pi_\alpha(1 + \pi_\alpha)) - \mu_\beta(1 + \frac{2}{3}\pi_\beta(1 + \pi_\beta))]^2 + [\nu_\alpha(1 + \frac{2}{3}\pi_\alpha(1 + \pi_\alpha)) - \nu_\beta(1 + \frac{2}{3}\pi_\beta(1 + \pi_\beta))]^2}{2}} \quad (6)$$

Boran ve Akay'a (2014) göre  $\mu_\alpha$  ve  $\nu_\alpha$  herhangi bir değerde iken  $[\mu_\alpha, \mu_\alpha + \pi_\alpha]$  ve  $[\nu_\alpha, \nu_\alpha + \pi_\alpha]$  eşit olacaktır.

Beşinci Adım: Negatif Sezgisel Bulanık Mesafe Matrisi ( $D^-$ ), Formül 7'ye göre hesaplanır.

$$D^- = (d(\bar{x}_{ij}, \bar{x}_j^-))_{m \times n} = \begin{matrix} & K_1 & K_2 & \cdots & K_n \\ A_1 & \left[ \begin{array}{cccc} (\bar{x}_{11}^*, \bar{x}_1^-) & (\bar{x}_{12}^*, \bar{x}_2^-) & \cdots & (\bar{x}_{1n}^*, \bar{x}_n^-) \end{array} \right] \\ A_2 & \left[ \begin{array}{cccc} (\bar{x}_{21}^*, \bar{x}_1^-) & (\bar{x}_{22}^*, \bar{x}_2^-) & \cdots & (\bar{x}_{2n}^*, \bar{x}_n^-) \end{array} \right] \\ \vdots & \left[ \begin{array}{cccc} \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \end{array} \right] \\ A_m & \left[ \begin{array}{cccc} (\bar{x}_{m1}^*, \bar{x}_1^-) & (\bar{x}_{m2}^*, \bar{x}_2^-) & \cdots & (\bar{x}_{mn}^*, \bar{x}_n^-) \end{array} \right] \end{matrix} \quad (7)$$

Altıncı Adım: Ardından, Formül 8 ve Formül 9'a göre karmaşık sezgisel bulanık (IF) mesafe matrisleri ( $D^* = D^- - D^+$ ) hesaplanır.

$$D^* = (Z_{ij}^*)_{m \times n} = \begin{matrix} & K_1 & K_2 & \cdots & K_n \\ A_1 & \left[ \begin{array}{cccc} Z_{11}^* & Z_{12}^* & \cdots & Z_{1n}^* \end{array} \right] \\ A_2 & \left[ \begin{array}{cccc} Z_{21}^* & Z_{22}^* & \cdots & Z_{2n}^* \end{array} \right] \\ \vdots & \left[ \begin{array}{cccc} \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \end{array} \right] \\ A_m & \left[ \begin{array}{cccc} Z_{m1}^* & Z_{m2}^* & \cdots & Z_{mn}^* \end{array} \right] \end{matrix} \quad (8)$$

$$D^* = \begin{matrix} & K_1 & K_2 & \dots & K_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} d(\bar{x}_{11}^*, \bar{x}_1^-) - d(\bar{x}_{11}^*, \bar{x}_1^+) & d(\bar{x}_{11}^*, \bar{x}_2^-) - d(\bar{x}_{11}^*, \bar{x}_2^+) & \dots & d(\bar{x}_{11}^*, \bar{x}_n^-) - d(\bar{x}_{11}^*, \bar{x}_n^+) \\ d(\bar{x}_{21}^*, \bar{x}_1^-) - d(\bar{x}_{21}^*, \bar{x}_1^+) & d(\bar{x}_{22}^*, \bar{x}_2^-) - d(\bar{x}_{22}^*, \bar{x}_2^+) & \dots & d(\bar{x}_{2n}^*, \bar{x}_n^-) - d(\bar{x}_{2n}^*, \bar{x}_n^+) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ d(\bar{x}_{m1}^*, \bar{x}_1^-) - d(\bar{x}_{m1}^*, \bar{x}_1^+) & d(\bar{x}_{m2}^*, \bar{x}_2^-) - d(\bar{x}_{m2}^*, \bar{x}_2^+) & \dots & d(\bar{x}_{mn}^*, \bar{x}_n^-) - d(\bar{x}_{mn}^*, \bar{x}_n^+) \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (9)$$

Yedinci Adım:  $\omega_j^*$  her kriter ( $K_j$ ) için optimal ağırlığa eşittir, her kriterin optimal ağırlığı Formül 10'a göre hesaplanır.

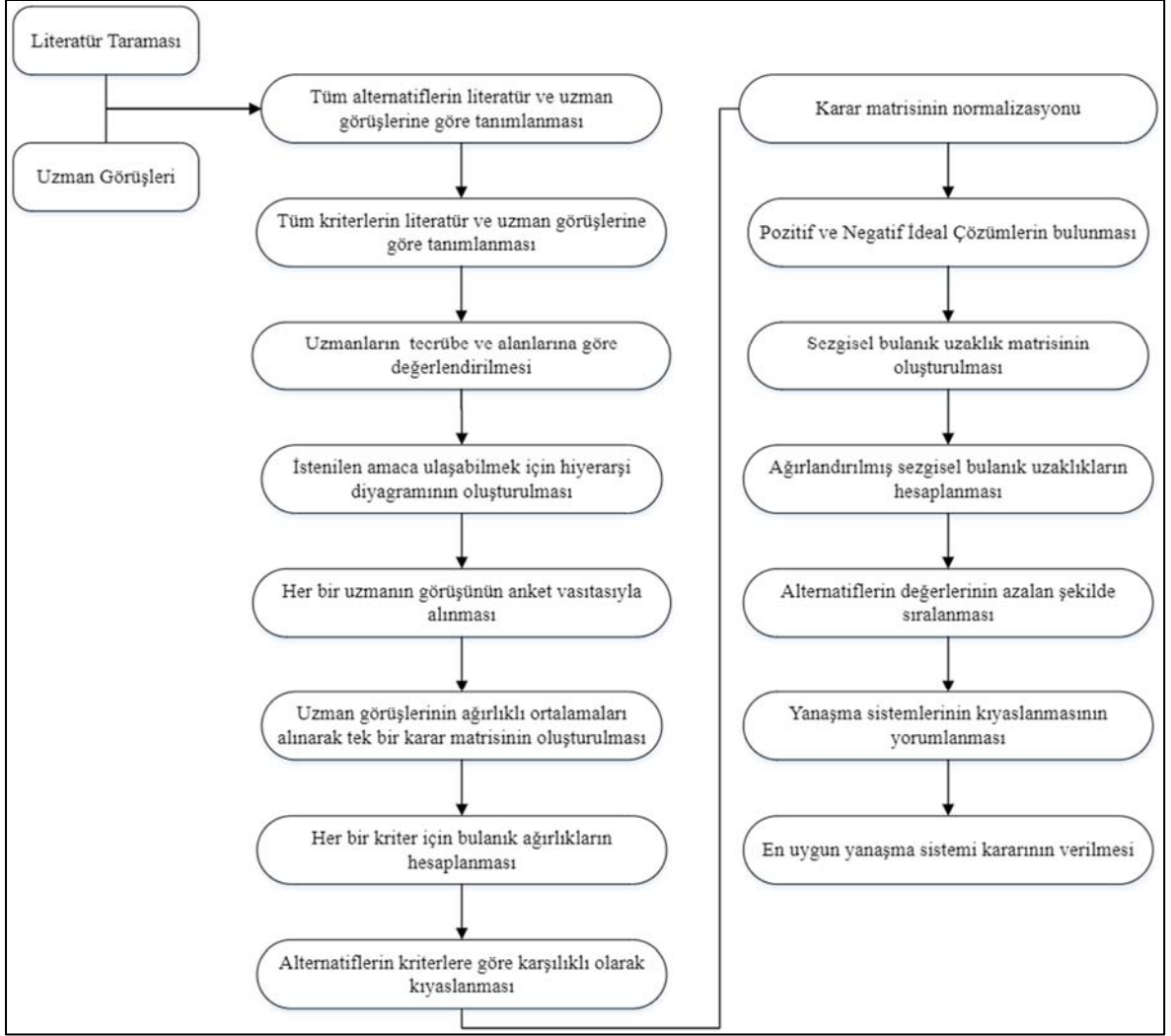
$$\omega_j^* = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^m |z_{ij} - z_{kj}|}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^m |z_{ij} - z_{kj}|} \quad (10)$$

Sekizinci Adım: Her alternatif için ağırlıklı sezgisel bulanık mesafe Formül 11'e göre hesaplanır.

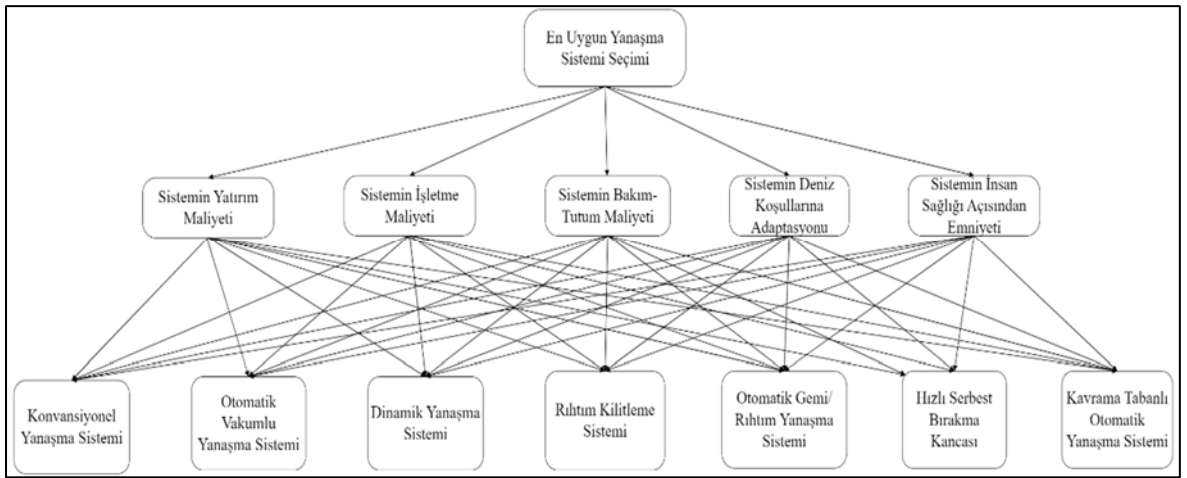
$$\check{D}_i = \sum_{j=1}^n \omega_j^* z_{ij}^*, i = 1, 2, \dots, m. \quad (11)$$

Dokuzuncu Adım: İlgili alternatifler  $\check{D}_i$  değerlendirmesine göre birinciden en aza doğru sıralanır. Sıralamada çıkan ilk alternatif olan en uygun alternatif elde edilir.

Bu tez çalışmasında, sezgisel bulanık kümeler kullanılarak optimum yaşama sistemi seçilmiştir. Bu çalışmada, Formül 1'deki IF-TOPSIS tekniği için uzman önceliklendirmeyi uygulamak üzere Tablo 1'deki sezgisel bulanık kümeleri kullanmıştır. Önceliklendirme teknikleri ve önemi verilmiştir. Daha doğru bulgular elde etmek için değerlendirmelerine uzman ağırlıkları uygulanır. Daha sonra IF-TOPSIS tekniği kullanılır. Şekil 17, ticari gemiler için en iyi yaşama sistemi için IF-TOPSIS yaklaşımının adımlarını göstermektedir.



Şekil 17. Önerilen IF-TOPSIS yöntemi yaklaşımının aşamaları.



Şekil 18. En uygun yanışma sisteminin seçimine ilişkin hiyerarşi diyagramı

## **1.8. Kriter ve Alternatiflerin Belirlenmesi**

Kriterler ve alternatifler uzman görüşleri ve literatür taramasına göre belirlenmiştir.

### **1.8.1 Kriter 1 - Sistemin Yatırım Maliyeti**

Himanen'e (2016) göre, Otomatik vakumlu yanaşma sistemi yirmi yıl dayanıklılığa sahiptir. Sadece 1 adet otomatik vakumlu yanaşma sistemi bloğunun 250 bin ile 300 bin avro arasında yatırım maliyeti gerektirdiği bilinmektedir. Koşullara ve geminin tonajına bağlı olarak, gereken sistemler ve ped sayıları değişebilir. Alternatif yanaşma sistemi olan Otomatik Manyetik Yanaşma Sisteminin satın alma maliyeti daha yüksektir. Manyetik pedlerin yüksek enerji sarfiyatı ve maliyeti nedeniyle manyetik yanaşma sisteminin liman tarafından satın alınması oldukça maliyetli olabilir. Bu nedenle yanaşma sistemini satın almak yerine kiralanması tavsiye edilmektedir (Cavotec, 2015).

### **1.8.2 Kriter 2 - Sistemin İşletme Maliyetleri**

Himanen'e (2016) göre, otomatik yanaşma sistemlerinin işletme giderleri doğrudan elektrik enerjisi harcamalarından oluşmaktadır. Bir sistem günde 20 kWh'ye kadar enerji tüketebilmektedir. 2 saatin üzerindeki elektrik kesintilerinin gerçekleşmeme ihtimali yüzde 99'un üzerinde olduğundan, sistem sahiplerinin herhangi bir kesinti maliyetine maruz kalmayacağı düşünülmektedir. Sistemin 20 yıllık ömrü olması ve konstrüksiyonunda geri dönüştürülebilir, çevre dostu malzeme kullanılması nedeniyle bertaraf maliyetleri oldukça düşüktür (Cavotec, 2015).

### **1.8.3 Kriter 3 - Sistemin Bakım-Tutum Maliyeti**

Yan vd.'ne. (2022) göre otomatik vakumlu yanaşma sistemlerinin bakımı, konvansiyonel yanaşma sistemlerindeki babalara göre çok daha zordur. Otomatik vakumlu yanaşma sistemi, konvansiyonel yanaşma sistemine göre daha karmaşık bir yapıya sahiptir. Yapısının yanı sıra santraller, hidrolik çalışma alanı vb. yardımcı ekipmanlara da sahiptir. Himanen'e (2016) göre, Vakum yanaşmada işçilik maliyetleri yılda 140.000 Euro iken, bakım maliyetleri sistem değerinin yaklaşık %2'sidir. Manyetik yanaşma sistemi de bakım

gerektirmektedir. Manyetik sistemin yedek parçaları düzenli olarak temizlenmelidir. Bu temizleme işlemleri sistemin ömrünü uzatır. Ancak vakum sistemi hidrolik kullandığından bileşenlerinin de yağlanması gerekir. Yüksek kullanılabilirlik ve güvenilirliği korumak için yağ yılda birkaç kez değiştirilmelidir. Yapılacak bakımlar sistemin ömrü üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir. Her yarım saatte bir olmak üzere vakum pompaları yalnızca otuz saniye çalışır. Sistemi temiz tutmak için yağların kontrol edilmesi ve çevre dostu yağ kullanılması gerekir.

#### **1.8.4 Kriter 4 - Sistemin Deniz Koşullarına Adaptasyonu**

Yan vd.'ne (2022) göre, manyetik ve vakumlu yanaşma sistemlerinin çok önemli büyük bir ortak dezavantajı vardır; yanal hareket. Kollar yanlamasına hareket edemediği için bu teknoloji şu anda sadece durgun sularda bulunan limanlarda kullanılabilir. Kol ve rıhtım arasındaki diğer bağlantılar kolların esnekliğini artırmak için kullanılabilir. Rotil cevap olabilir.

Sonuç olarak, gelecekte bilyeli mafsalın gücünü ve gücünü nasıl koruyabileceği konusunda daha fazla araştırma yapılmalıdır. Güçlü manyetik alanlar oluşursa geminin gövdesine veya haberleşme ekipmanlarına zarar verebilir. Ancak bu risk dikkate alınmamalıdır çünkü minik elektromıknatısların yan yana yerleştirildiği düz bir manyetik alan oluşturularak risk ortadan kaldırılabilir. Gelgit hareketleri sistem tarafından yönetilebilir, bu nedenle emniyet düzeyi üzerinde bir etkisi olmadığı varsayılmaktadır. Otomatik vakumlu yanaşmada da önemli bir tehlike yoktur. Bir arıza olasılığı olduğunda, sistem genellikle bir uyarı sinyali gönderir. Erken uyarı sistemi ile risk seviyesi önemli ölçüde azaltılır. Arıza durumunda sistem kapanmak zorunda kalabilir. Dinamik Yanaşma Sisteminde halatlar gereklidir. Konvansiyonel bir yanaşma sisteminin aksine, Dinamik Yanaşma Sistemi çok daha yüksek bir güvenilirliğe sahiptir. Olumsuz koşullar altında bile, hatların kopması önlenemez. Otomatik manyetik yanaşma sisteminin üreticisi olan Mampaey, sistem üzerinde gerçek bir kısıtlama olmadığını iddia etmektedir. Hesaplamalar, kuvveti artırmak için ek hidrolik kollar ve balataların eklenebileceğini de ortaya koymaktadır. Bu risk olasılığını azaltacaktır. İki ped her zaman birbiriyle uyumlu olarak çalışmaktadır. Gelgit değiştiğinde veya geminin draftı değiştiğinde iki yastık eş zamanlı olarak iş birliği yapmalıdır. Bu harekete Pedlerin “yürümesi” adı verilmektedir. Pedler, gelgit veya geminin su çekimi değiştiğinde tamamen otomatik olarak ayrılacak, hareket edecek ve geminin

bordasına yeniden bağlanacaktır. Örneğin gemi yük tahliye ederken draftı azalacaktır. Kollardaki ve/veya pedlerdeki gerilim belirli bir seviyeye ulaştığında, iki pedin altta olan kısmı ayrılacak, yukarı hareket edecek ve geminin bordasına yeniden bağlanacaktır. Teknoloji uyarlanabilir yapıya sahip olup daha güçlü bir çekme kuvveti gerekirse, ped sayısı veya ped boyutu ayarlanabilmektedir.

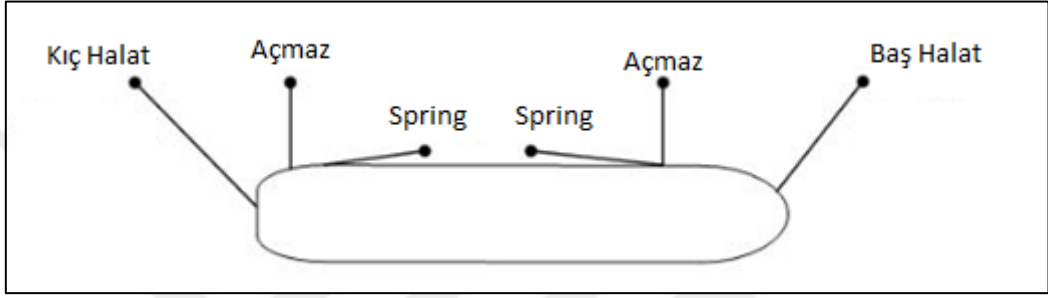
#### **1.8.5. Kriter 5 - Sistemin İnsan Sağlığı Açısından Emniyeti**

Yağlı ekipman veya yağlı güverte yüzeyi, buzlu ekipman veya buzlu güverte yüzeyi ve hatta iyi aydınlatılmamış yanaşma alanı, yanaşma ekibi için ciddi sonuçlar doğurabilmektedir. Ağır hava şartları mürettebatın denize adam düşmesi (MOB) pozisyonu almasına neden olabilirken, sisli hava beklenmedik sonuçlara yol açabilmektedir. Deste, aşırı gerilmiş halatlar veya hatta eski ve bakımı yapılmamış halatlar, ilgili ipin kopmasına, savrulmasına ve ciddi yaralanmalara neden olabilir. İletişim kaybı veya kaptanın yanlış anlaşılması gibi bazı durumlar halatla ilgili istenmeyecek bir durum olarak sonuçlanabilmektedir. Baret, eldiven gibi kişisel koruyucu ekipmanların giyilmemesi, mürettebatın ciddi bedensel yaralanmalara yol açmasına neden olabilir; bu durum, gemideki denizcilerin yanı sıra liman işçileri için de geçerli olabilir. Rıhtıma yanaşma veya kalkış işlemi oldukça tehlikeli olmakla birlikte aynı zamanda kalifiye mürettebat pratiğidir. Manevra mürettebatın iyi eğitim alması, düzenli talim yapması, kişisel koruyucu ekipmanlarla donatılması ve ayrıca periyodik bakımları yapılmış yanaşma ekipmanları ile çalışması gerekmektedir. İstenmeyen durumların üstesinden gelmek için, yanaşma sistemi seçiminde “önce emniyet” olması açısından bu kriter önemli bir kriter olacaktır (Zamakonayards, 2012).

#### **1.8.6. Alternatif 1 - Konvansiyonel Yanaşma Sistemi**

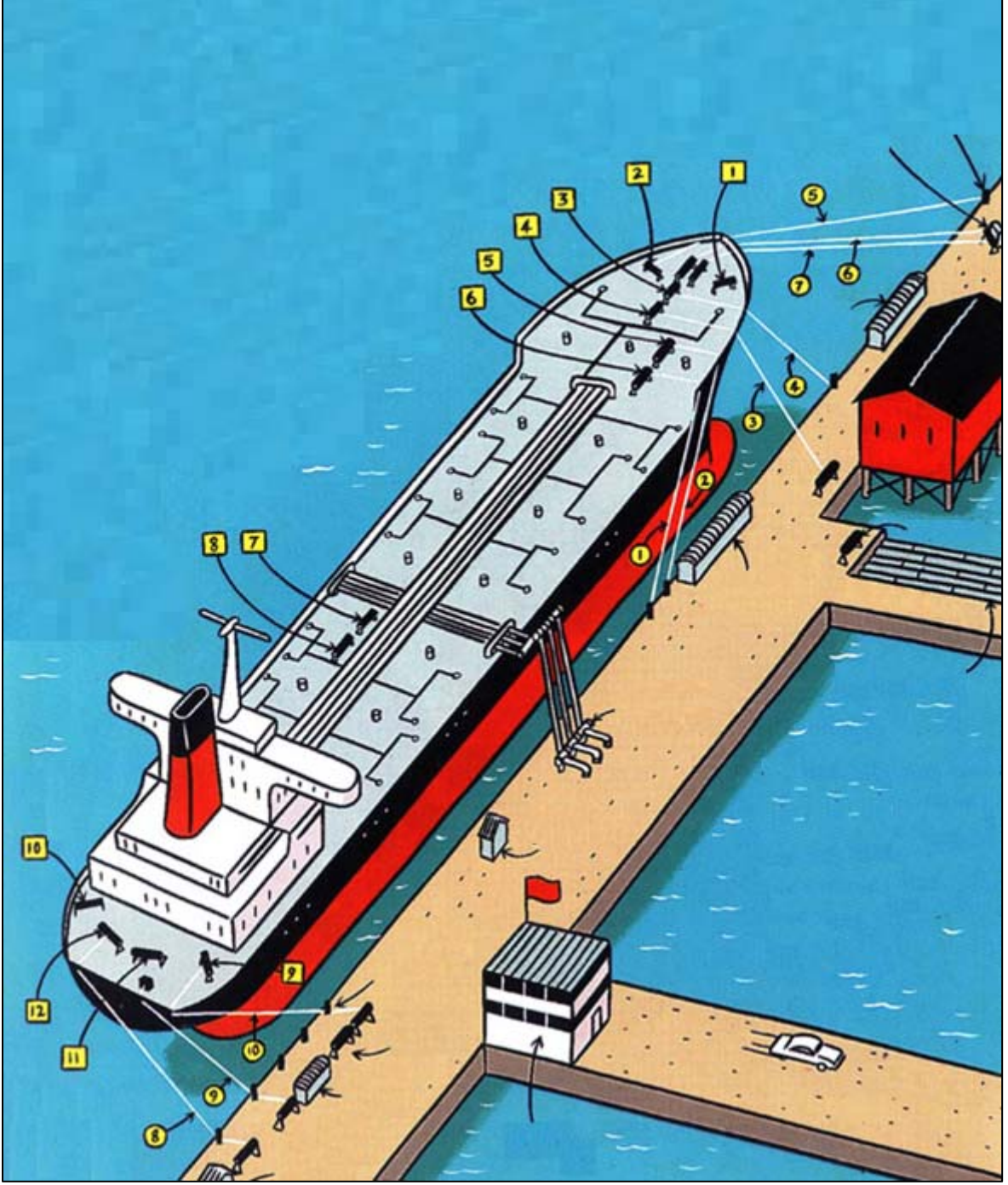
Schelfn ve Östergaard’a (1995) göre, bir yanaşma sistemi aşağıda listelenen olayların bir kısmının veya tamamının neden olduğu kuvvetlere dayanabilmelidir; rüzgâr, akıntı, geminin başa veya kıça olan ivmesi, dalgaların etkileri, buz ve gelgitler. Limanda bariz baş-kıç hareketleri, dalga koşulları, yükleme veya tahliye durumunda, geminin yanaşma noktalarında ağır yükler oluşabilir. Rıhtıma ekstra birer halat vermek, genellikle mevcut halatların deste olma durumunu ortadan kaldırmaz. Halatların yapısından kaynaklanan

elastiklik, yanaşma esnasında esneklik sağlayarak ve dalga kaynaklı kuvvetler en aza indirir. Gelgit seviyesinin değişikliğinden veya geminin tahliye operasyonlarından kaynaklanan geminin yükselmesinden kaynaklanan kuvvetlerin, halatlara periyodik olarak boş koyularak telafi edilmesi gerekmektedir. Bununla birlikte, konvansiyonel yanaşma sistemi sadece manevra yapan mürettebat için değil, aynı zamanda büyük bir liman işletmeciliğinde çalışmakta olan palamarcıların halatları babaya volta etmesi de zaman alıcıdır. Ancak bu süreç, kalkış manevrasında hızlı serbest bırakma kancaları ile düşürülebilir (Şekil 19).



Şekil 19. Konvansiyonel yanaşma sistemi (URL-5, 2022)

Şekil 20’de tanker terminaline yanaşmış bir tanker gemisinin yanaşma planı görülmektedir. Tanker, kıçtan üç halat vermiş, baştan yedi halat vermiştir. Dolayısıyla ilgili geminin kıçtan halatları güverteye almaya başladığı ve kalkış öncesi halatları teklediği tahmin edilebilir. Vasat kısmından terminalin manifoldlarına bağlı olduğu ve yük operasyonu gerçekleştirdiği görülmektedir.



Şekil 20. Tanker Terminalinde Konvansiyonel Yanaşma Sistemi (URL-6, 2022)

Şekil 21’de 3 Baş Halat 2 Açmaz 4 Spring Halat vermiş bir kuru yük gemisi görülmektedir. Ayrıca dikkatle incelendiğinde Messenger halatlarının hala gemi ve rıhtım arasında olduğu gözükmemektedir. Buradan hareketle geminin yeni yanaşmış olduğu tahmin edilebilir. Demirin boyalı olması, halat kasaların ve gövdelerinin yeni olmasından hareketle geminin tersaneden yeni çıktığını tahmin edilmektedir.



Şekil 21. 3 Baş Halat 2 Açmaz 4 Spring Halat vermiş dökme gemisi (URL-7, 2022).

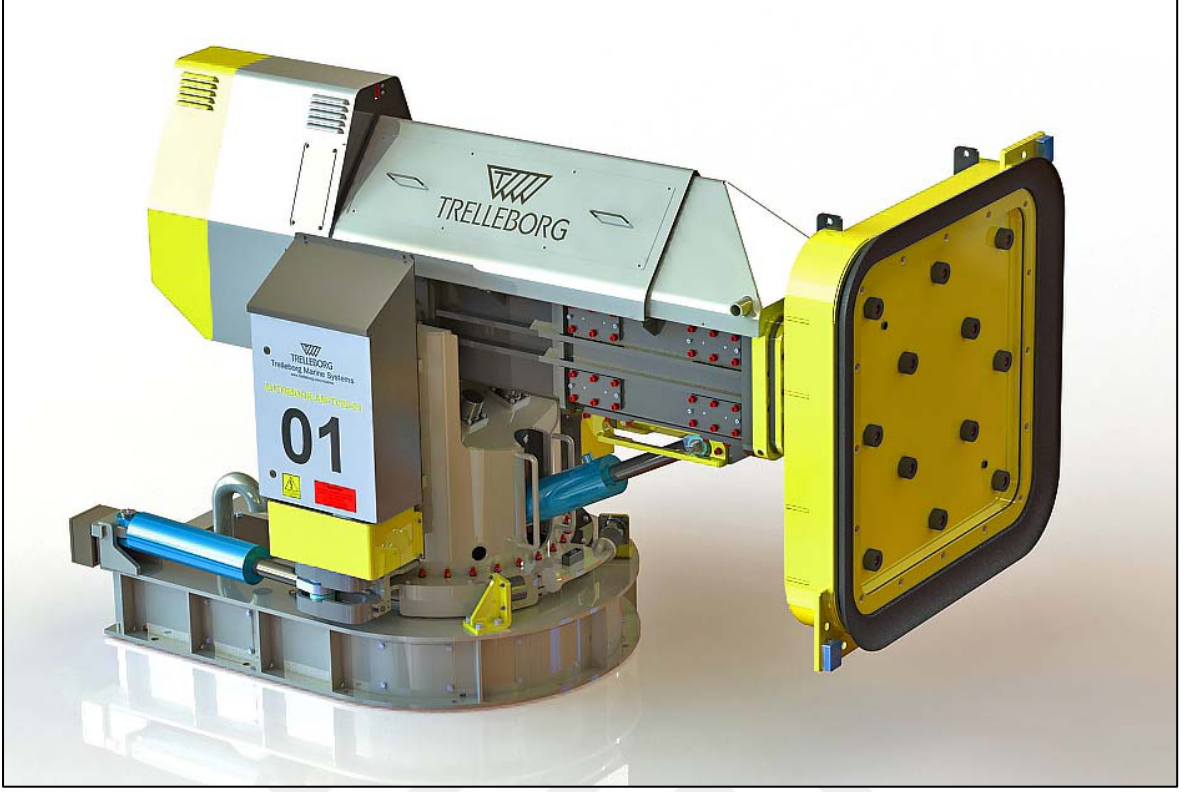
Gaz tankeri terminaline yanaşmış ve STS yapan LNG gemisi ise Şekil 22'de gösterilmiştir.



Şekil 22. Gaz tankeri terminaline yanaşmış ve STS yapan LNG gemisi (URL-8, 2022)

### 1.8.7. Alternatif 2 - Otomatik Vakumlu Yanaşma Sistemi

Yan vd.'ne (2022) göre otomatik vakumlu yanaşma sistemi, denizcilik sektöründeki gelişmekte olan en yeni teknolojilerden biridir. Otomatik yanaşma sisteminin vakumu, yalnızca tekne rıhtıma birkaç metre uzaklıkta çalışmaktadır. Manevra sırasında, vakum pedleri gemiyi sürekli olarak rıhtıma doğru çeker. Yanaşma tamamlandıktan sonra, otomatik vakumlu yanaşma sistemi gemileri rıhtıma tamamen yanaştırır. Sistem elektrik kesilirse veya sistem kapatılırsa bile vakum mekanizması sayesinde gemileri iki saat sabit tutabilmektedir. Otomatik vakumlu yanaşma sistemi, kuvvetli rüzgâr, dalga ve gelgit etkilerine karşı gemiyi hareket ettirebilme ve geminin konumunu düzeltebilme yetkinliğine sahiptir. Sistem, geminin hızı ve rıhtımdan uzaklığı ölçebilecek sensörlere sahiptir. Bilgisayar sistemi verileri ve analizleri kullanırken, monitör de yanaşma için gerekli bilgileri göstermektedir. Kondratyev vd., (2021), otomatik yanaşma sistemlerinin tarihçesini analiz etmiştir. En eski otomatik yanaşma vakumlu pedi 1969'da ortaya çıkmış olup, en yeni otomatik vakumlu yanaşma pedi 2013'ün Montgomery versiyonu olarak adlandırılan 5. Nesildir (Şekil 23).

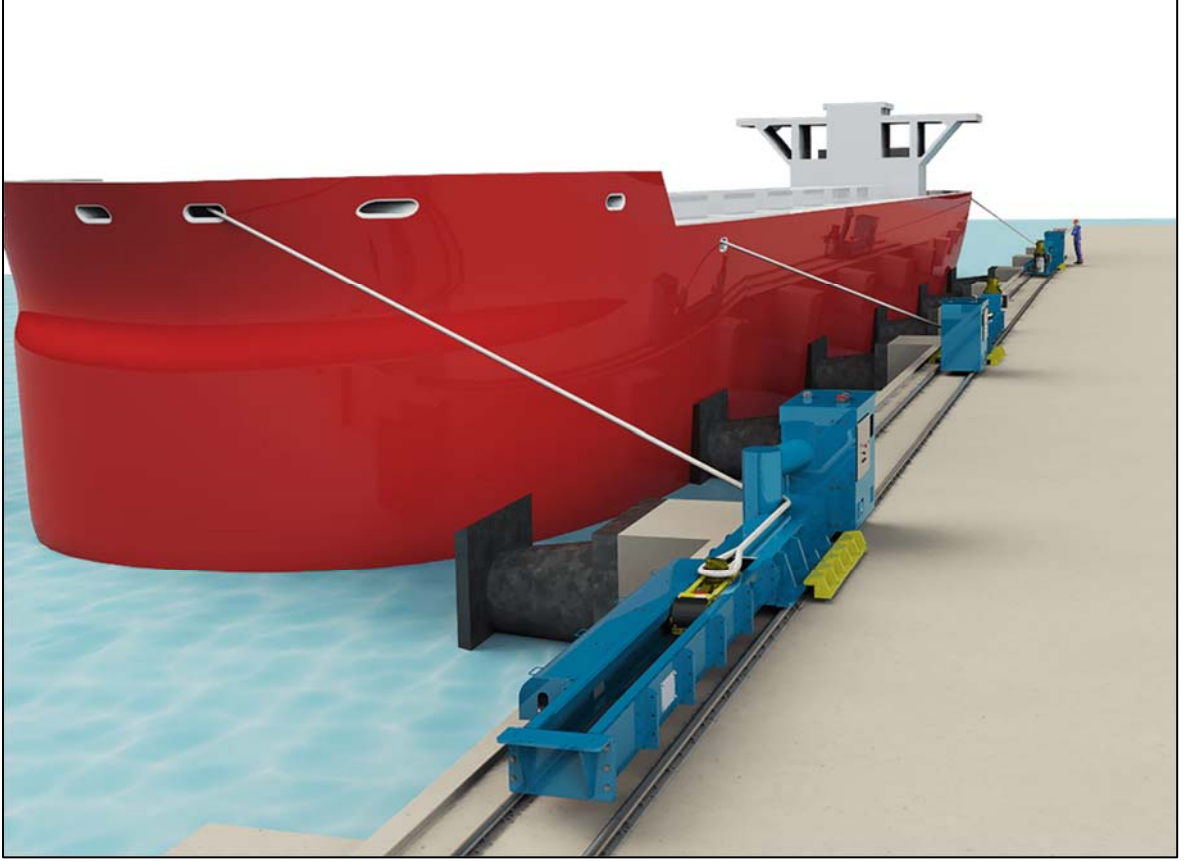


Şekil 23. Otomatik vakumlu yanaşma sistemi (URL-9, 2022)

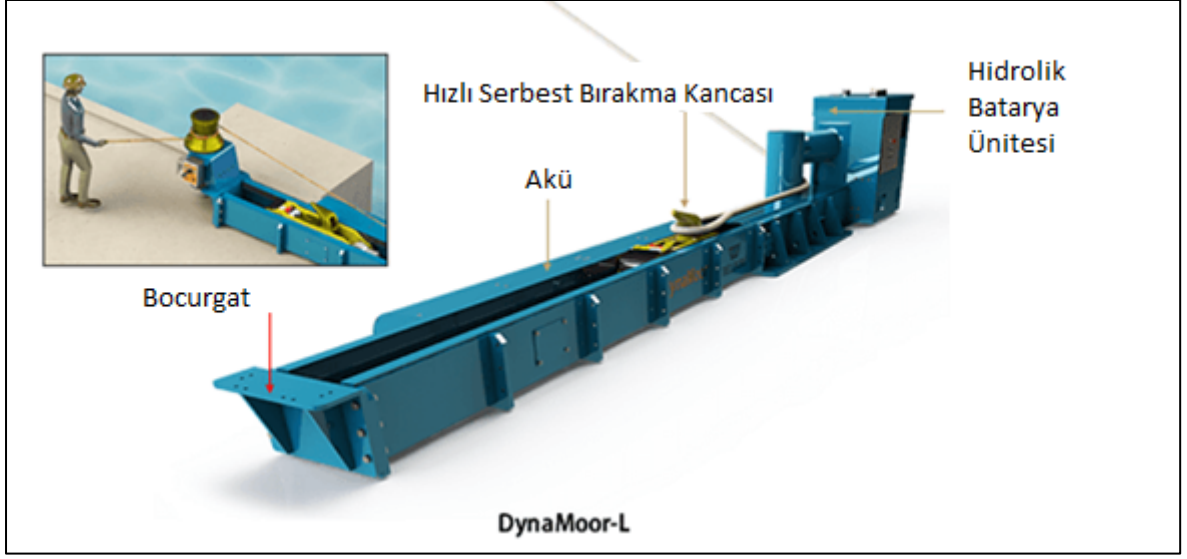
### 1.8.8. Alternatif 3 - Dinamik Yanaşma Sistemi

Trelleborg'a (2021) göre, Dinamik Yanaşma Sistemi, halatlara aktif olarak boş koyma ve deste etme işlemi gerçekleştirerek tüm halatlarda sürekli biçimde sabit halat gerginliğini korumayı vaat etmektedir. Ek olarak, Dinamik Yanaşma Sistemi'ne bağımsız birer sistem olarak, Hızlı Serbest Bırakma Kancaları, diğer otomatik yanaşma sistemleri ve Akıllı Baba çözümleri gibi kapsamlı bir rıhtım çözümleri istenildiği takdirde birleştirilebilmektedir. Dinamik Yanaşma Sistemi, gemi halatları ve ırgat ile birlikte kullanılabilir gibi kendi başına bağımsız olarak da çalışabilmektedir. Farklı gemi yanaşma planları için Dinamik Yanaşma Sistemi Üniteleri istenildiği gibi raya üzerine monte edilebilir ve isteğe bağlı olarak sistemin üzerine bir bocurgat takılabilir. Ekstra emniyet kilitleri, yanlış veya yetkisiz operasyonu durdurabilir. Teknoloji, ayrıca acil bir durumda yanaşma halatlarını uzaktan serbest bırakabilme yeteneğine sahip olmakla birlikte ve her bir halatın bindirme oranını sürekli olarak takip etmektedir. Tüm halatlar, ayrıntılı makara sistemlerine gerek olmaksızın istenildiğinde güverteye alınabilir. Sistem, geminin hareketlerini azaltarak zabıt ve tayfa sınıfının tahliye ve yükleme operasyonlarına öncelik verme fırsatını vermektedir. Yük

transfer operasyonu sırasında halatları manevra mürettebatına daha az bağımlı tutarak, insan hatalarından kaynaklanan halatların kopma ihtimalini ortadan kaldırmaktadır. Ayrıca, yanaşma sürecini hızlandırarak ve iş yükünü azaltarak etkinliği artırır (Trelleborg, 2022d). Genel olarak, bu sistemler sabit bir gerilim sağlayarak işçilik maliyetlerini en aza indirirken, konvansiyonel yanaşma sistemine kıyasla daha fazla enerji harcamaktadır ve bu enerji de sistemin çalışması için gerekmektedir. Sistem konvansiyonel yanaşma sistemine göre, konvansiyonel yanaşmanın üzerine sistemin entegrasyonu için de vakit harcamaktadır. Ancak, sistemin konvansiyonel halatlar ve yanaşma gerektirmesi, sistemin ayarlanması, kurulum için maliyeti gerektirmesine ve hidrolik için enerji kullanmasına sebebiyle bu sistemlerin faydasının maliyetlerine değip değmediği sorgulanmaktadır (Şekil 24, 25).



Şekil 24. Dinamik yanaşma sistemi (URL-10, 2022)



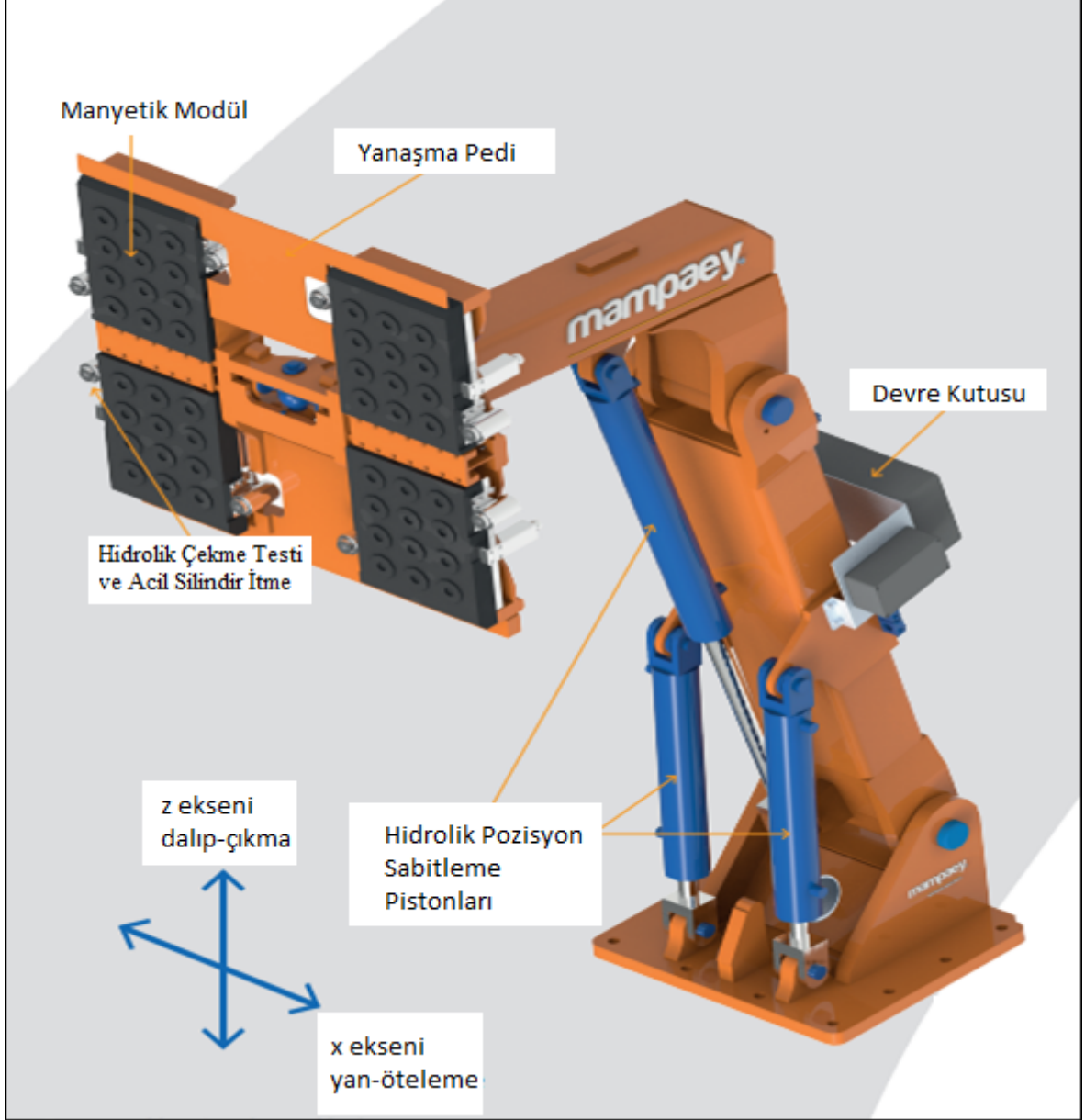
Şekil 25. Dinamik yanaşma sistemi parçaları (URL-11, 2022)

#### 1.8.9. Alternatif 4 - Rıhtım Kilitleme Sistemi

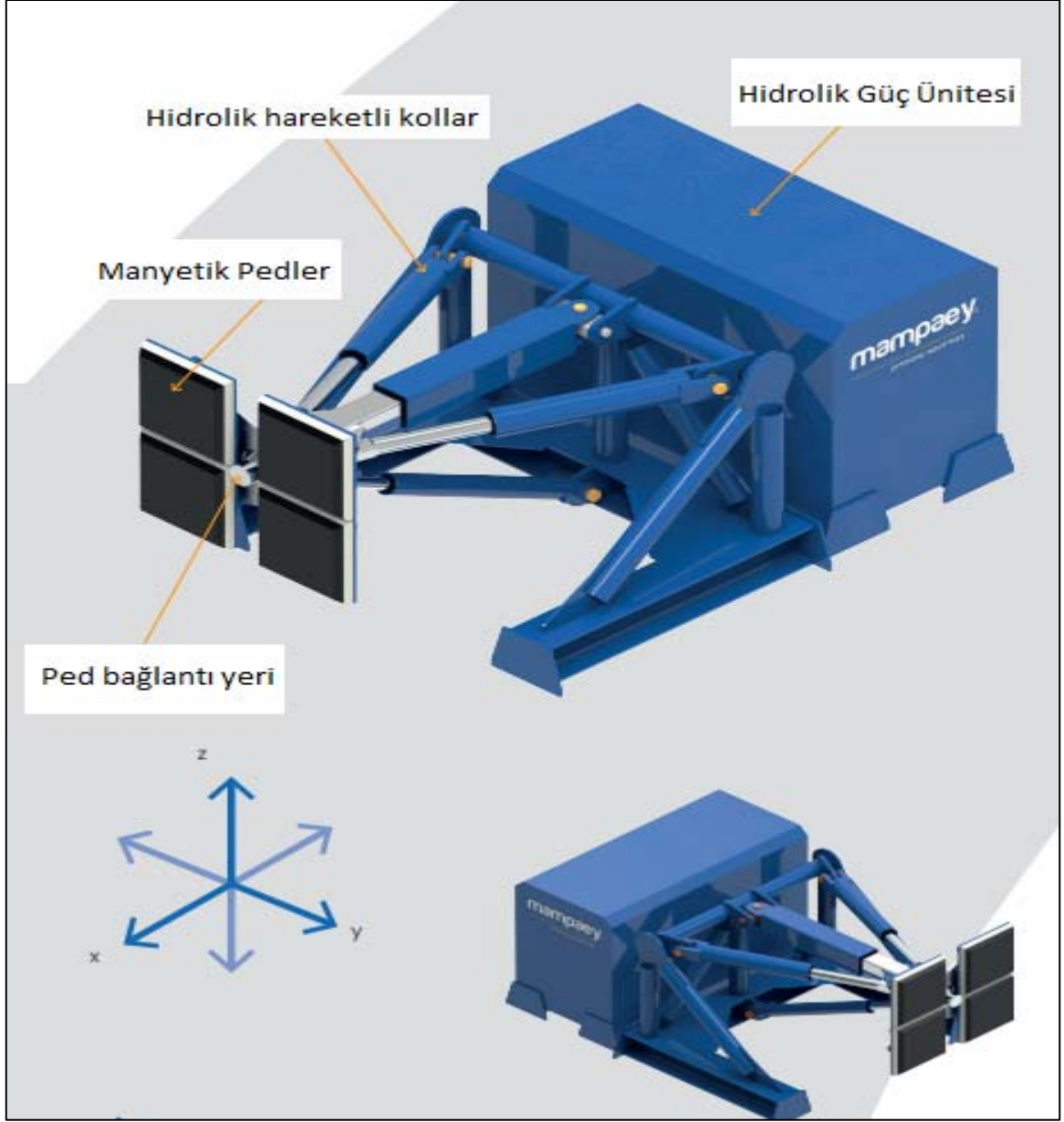
Gao'ya (2020) göre, Rıhtım Kilitleme Sistemi, "Dutch Mampaey Dock" tarafından geliştirilen otomatik bir manyetik yanaşma sistemidir. İsveç'te yerleşik Trelleborg, Shore Tension ve AutoMoor gibi diğer rakip şirketler ile birleşerek otomatik manyetik yanaşmayı bugüne kadar getirmiştir.

Otomatik manyetik yanaşma sistemleri, kıyı ve gemi mürettebatında yaralanma ihtimalini ortadan kaldırmayı ve geminin hareketlerini x-,y- ve z- eksenleri üzerinden sürekli monitör ederek daha hızlı yanaşma ve kalkış sürelerini ve emniyetli liman periyodunu sağlamaktadır. Irgatları ortadan kaldırmayı veya yanaşma esnasında daha az hava kirliliği gibi otomatik vakumlu yanaşma sistemleriyle neredeyse aynı vaatleri vermektedir. Ancak, otomatik vakum yanaşma sistemine kıyasla aynı boyuttaki pedlerle daha büyük yük taşıma kapasitesine sahip gemileri yanaştırmayı vaat etmektedir. Bununla birlikte, daha küçük pedler  $m^2$  başına daha fazla çekme kuvveti sağlayacağından borda sacının eğilmesine sebep olabilecek dezavantajlara sahiptir. 9,8 mm'den daha az sac kalınlığının eğilmesinin sözkonusu olabileceği bilinmektedir (Yan vd., 2022). Ayrıca, manyetik pedler manyetik alanlar oluşturarak, birkaç metre içerisindeki diğer manyetik ortamlar ve elektronik cihazlar ile enterferans oluşturabileceği düşünülmektedir. Bununla birlikte, manyetik pedlerin, vakum sisteminden daha fazla enerji tükettiği bilinmektedir. Ancak, daha küçük pedler

VLCC veya ULCC gemilerinin açık denizde SBM, SPM ve STS operasyonlarını olan ihtiyacı ortadan kaldırarak terminale yanaşma konusunda emsal teşkil edebilir (Şekil 26, 27).



Şekil 26. x- eksenı ve z- ekseninde hareket edebilen manyetik yanaşma sistemi (URL-12, 2022)



Şekil 27. x- eksen, y- eksen ve z- ekseninde hareket edebilen manyetik yavaşma sistemi (URL-12, 2022)

#### 1.8.10. Alternatif 5 - Otomatik Gemi/Rıhtım Yavaşma Sistemi

Yarı-otomatik yavaşma veya Moorex adı da verilen Otomatik Gemi/Rıhtım Yavaşma Sistemi, limanlarda hızlı, basit ve emniyetli yavaşma operasyonları sağlar. Deniz ve gelgit hareketlerini sürekli takip ederek mürettebata olan ihtiyacı azaltır. Otomatik gemi/rıhtım yavaşma sistemi ile aynı anda çok sayıda gemiye hizmet verilebilir. Sistem, gemi ile kıyı tarafı arasındaki arayüzde güvenliğin yükseltilmesi açısından kritik faydalar sağlamaktadır. Sistem ile birlikte konvansiyonel yavaşma halatları ortadan kaldırılabilir ve kara tarafında

palamarcı işgücüne ihtiyaç ortandan kalkmaktadır. Ek olarak, bu otomatik yanaşma sisteminde Macgregor bilgisayarlı yanaşma sistemi kalkış esnasında ve gelgit sırasında uzaktan çalıştırılabilmektedir (Macgregor, 2022). Otomatik Gemi/Rıhtım Yanaşma Sistemi, rıhtım içine yerleştirilmiş ve hızlı ve kompakt tel halat kullanırken, halatların geri kopma riskinin olduğu da bilinmelidir.

Şekil 28’de otomatik gemi/rıhtım yanaşma sisteminin çelik tel halatla gemiyi nasıl tuttuğu gösterilmektedir. Rıhtıma yerleştirilmiş ve rıhtımdan geminin bordasına uzatılan çelik tel halat gemiye bağlanır ve çelik tel halat ırgat vasıtasıyla rıhtımdan sürekli olarak çekilmeye başlar. Ancak, unutulmamalıdır ki çelik tel halat da tamburdan geri kaçabilir. Bakım yapılmaz ise, çalışma saati ve maksimum SWL’nin üzerine çıkılırsa kopabilir. Çelik tel halat da koptuğu durumda snap-back alanı oluşturacaktır. Bu ilgili alanların sarı biçimde rıhtımda markalanıp şablon vurulması gerekmektedir. Şekil 29 ise gemi bünyesinden rıhtıma verilen çelik tel halatı göstermektedir. Şekil üzerinden görülebileceği üzere gemi bünyesine takılan bu sistemler gemiye ekstra ağırlık, armatöre mali zorluk, mürettebata da ek güverte ekipmanı bakım-tutum işi çıkartmaktadır.



Şekil 28. Otomatik Gemi/Rıhtım Yanaşma Sistemi (Kıyı) (URL-13, 2022)



Şekil 29. Otomatik Gemi/Rıhtım Yanaşma Sistemi (Gemi) (URL-13, 2022)

#### **1.8.11. Alternatif 6 - Hızlı Serbest Bırakma Kancası**

Hızlı Serbest Bırakma Kancaları (QRH), günümüzün gelişmiş yanaşma ihtiyaçları için tasarlanmış konvansiyonel yanaşma sistemini kolaylaştırma modülüdür. 1972’de dünyanın dört bir yanındaki rıhtımlarda yaygın olarak kullanılan QRH’ler, yanaşma halatlarının emniyete alınmasını, hızlı bir şekilde ve gerektiğinde geminin gerçekten de etkin bir şekilde rıhtımdan ayrılmasını sağlar. Tüm rıhtımlara ve boyutlara uygulanabilen bu sistem gerekli düzenlemelerle yanaşma sahalarının manevra emniyetini ve kullanım kolaylığını öne çıkarır. Hızlı Serbest Bırakma Kancası, tüm petrol, gaz, kimyasal ve dökme gemilerine uyum sağlayabilir. Standardize hale getirilmiş bir QRH, daha kalkış manevralarında süreyi kısa periyotlara indirerek halatları emniyetli ve etkili hale getirir (Şekil 30, 31) (Trelleborg, 2022a).



Şekil 30. Hızlı Serbest Bırakma Kancası Yapısı (URL-14, 2022)



Şekil 31. Hızlı Serbest Bırakma Kancası (URL-15, 2022)

### 1.8.12. Alternatif 7 - Kavrama Tabanlı Otomatik Yanaşma

Kavrama tabanlı otomatik yanaşma sistemi bir dikey kilitleme sistemidir. Sistem göz ve kilitli hidrolik kollardan oluşmaktadır. Gemi bordasını yanaşmak için konumlandırıldığında, mapa rıhtımdan geminin bitasına (baba) dikey olarak uzatılır ve ardından bir mapa ile sabitlenir. Sistem, gemi sahibinin ihtiyaçlarına göre yeniden inşa edilebilirken, genel gereksinim, kavrama tabanlı otomatik yanaşma cihazı başına 1000 kN çekme kuvveti civarındadır. Ancak, sistem kıyıda bir kontrol paneli ve geminin köprüsünde bir alarm paneli tarafından tutarlı bir şekilde izlenmelidir (Macgregor, 2017). Sisteme, metre cinsinden rıhtımdan uzaklığı, yaklaşma açısını ve veri analizini sağlayan lazer sensörler olan Rıhtım Yardım Sistemi (Dock Aid System) eklenerek, sistem daha tutarlı hale getirilebilir (Trelleborg, 2022b). Ayrıca bu pakete yk izleme sistemi eklenerek yanaşan geminin potansiyel gerilimleri gerçek zamanlı olarak monitör tarafından okunabilir hale getirilebilmektedir (şekil 32) (Trelleborg, 2022c).



şekil 32. Kavrama tabanlı yanaşma sistemi (URL-16, 2022)

Şekil 33 kavrama tabanlı yanaşma sisteminin üstten çekilmiş halini göstermektedir. Bu sistem gemi belirli bir noktaya kadar bordasal açıldığında ve belirli bir draft aralığında kusursuz çalışacaktır. Ancak trim, meyil, geminin başa veya kıça ilerleme durumunda, geminin kendi ekseninde dönme yaratması durumunda sistemin kırılacağı üzerinde durulmaktadır. Uzmanlara göre bu sistemler askeri gemiler, Ro-Ro gemileri için uygun olabilirler ancak hacimsel harici yüksek tonaj ve draft değişikliği ön görülen gemiler için uygun değildir.



Şekil 33. Kavrama tabanlı yanaşma sistemi (üst açıdan) (URL-16, 2022).

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Kriterlerin ağırlıklandırılması Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. BAHP yöntemiyle kriterler kendi aralarında sıralanmış ve ağırlıkları hesaplanmıştır. Alternatifler ise IF-TOPSIS yöntemi kullanılarak sıralanmıştır. BAHP yöntemi, sadece “karar vericilerin deneyimlerine dayanmayan” sonucu hesaplamakla kalmaz, aynı zamanda karar vericilerin her birini aynı ve eşit olduğunu kabul eder. Bu nedenle, tüm karar vericilerin deneyim ve bilgi bakımından aynı eşitliğe sahip olduğu düşünülerek ve farklı cevapların da eşit öneme sahip olduğu kabul edilerek geometrik ortalamasına göre sonuçların hesaplanması, karar vericilerin sağduyusu olan sadece kriterleri sıralamaktan öteye gidemeyeceği şeklinde intiba yaratmaktadır. Halbuki, karar vericiler de IF-TOPSIS yöntemiyle sezgisel değerler atanarak kendi aralarında kıyaslanarak sıralanabilmektedir (Duleba vd., 2021).

Karar vericilerin ağırlıkları, kendi tecrübi değerlendirmelerine göre sonucu ciddi oranda etkileyebilir. Sonuç üzerindeki etkin yüzdesinin değerlendirilmesi, karar vericilerin ilgili alandaki deneyimlerinden ve çalışmayı kavrayışından oluşmaktadır.

Bu tez çalışmasında, daha farklı ve daha net bir sonuç elde etmek için kriterler BAHP yöntemi ile sıralanmış ve alternatifler elde edilen sezgisel değerlere göre IF-TOPSIS yöntemi kullanılarak sıralanmıştır. Dolayısıyla, IF-TOPSIS yöntemiyle her karar verici, deneyimlerine göre değerlendirilmiş ve sonucu etkileme yüzdesel değerleri hesaplanmıştır. Böylece her karar verici farklı göreceli önem kazanmıştır. Diğer bir deyişle, çalışmanın sonucu, karar vericilerin aritmetik ortalaması bir ağırlıklandırma metodu kullanılmıştır.

### 2.1. Bulanık Analitik Hiyerarşi Proses Yönteminin Uygulanması

BAHP yönteminin literatürde yaygın olma sebeplerinden biri de insan beyninin sadece 0 ve 1 prensibiyle çalışmaması ve insan düşüncelerinde gri alanların bulunmasıdır. Mesela gece ile gündüz arasında alacakaranlık vardır. Ayrıca, sıcak ve soğuk su arasında ılık su mevcuttur. Bu bulanık mantığı matematiksel evrende çözebilmek için ikili sistemdeki kalan gri alanları üçgen bulanık sayılarla tamamlar. Bu üçgen bulanık sayılar,  $x = \{l, m, u\}$  olarak tanımlanan üçgen üyelik fonksiyonlarından oluşur ve m bu üçgenin tepe noktasıdır.

Bu çalışmada BAHP yönteminin uygulama adımları aşağıdaki şekilde yapılmıştır.

Adım 1: 20 denizcilik uzmanının ankete verdiği her bir cevap bir karar matrisi haline getirilmiş ve daha sonra 20 karar matrisinin geometrik ortalaması alınarak tek bir karar matrisinde birleştirilmiştir.

Adım 2: Her bir kriterin bir değeriyle ikili olarak karşılaştırılmasıyla birlikte her bir kriterin ağırlıkları ölçülmüştür. Belirlenen 5 kriterin hepsinin ağırlıkları Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 3. Kriter ağırlıkları

Kriter	Ağırlık
K1	0.2025
K2	0.1487
K3	0.0889
K4	0.2469
K5	0.3130

Tablo 2’ye göre kriter ağırlıkları “Sistemin insan sağlığı açısından güvenliği” (%31,30) > Sistemin deniz şartlarına uyumu (%24,69) > Sistemin yatırım maliyetleri (%20,25) > “Sistemin işletme maliyetleri” (%14,87) > “Sistemin bakım maliyetleri” (%8,89) şeklinde sıralama göstermiştir.

## 2.2. Sezgisel Bulanık-TOPSIS Yönteminin Uygulanması

IF-TOPSIS yönteminin uygulaması, uzman görüşleri alınarak gerçekleştirilmiştir. Alınan tüm görüşler, ağırlıklı ortalama kullanılarak tek bir karar matrisine aktarılmıştır. Ancak, ağırlıklandırma işlemi için her bir uzman tecrübesine göre Tablo 3’teki dilsel değişkenler vasıtasıyla sezgisel olarak puanlanma yapılmıştır. Sezgisel Bulanık-dilsel değişkenler ile puanlanmış uzmanların daha sonra kendi aralarındaki yüzdesel sonuca etkileme değerleri bulunmuştur.

Karar vericilerin ağırlıkları Formül 1’de ve ayrıca sonuç üzerindeki etki yüzdeleri Tablo 3’te gösterilmiştir. Elde edilen sonuca tesir etme yüzdeleri ise Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4. Sezgisel bulanık TOPSIS dilsel değişkenler (Guo, 2013).

<b>Dilsel Değişkenler</b>	$\mu$	$\nu$	$\pi$
Mutlak Derecede Yüksek	1.00	0.00	0.00
Çok Kuvvetli Derecede Yüksek	0.80	0.10	0.10
Kuvvetli Derecede Yüksek	0.70	0.20	0.10
Biraz Daha Yüksek	0,60	0,30	0,10
Eşit Önemli	0.50	0.50	0.00
Biraz Daha Düşük	0.30	0.60	0.10
Kuvvetli Derecede Düşük	0.20	0.70	0.10
Çok Kuvvetli Derecede Düşük	0.10	0.80	0.10
Mutlak Derecede Düşük	0.00	1.00	0.00

Tablo 5. Karar vericilerin sonuca etkisi tablosu

<b>Uzman</b>	<b>Pozisyon</b>	<b>Tecrübe</b>	<b>Eğitim</b>	$\mu$	$\nu$	$\pi$	<b>Sonuca etkisi</b>
Uzman 1	Akademisyen	14	Doktora	0,80	0,10	0,10	%7,05
Uzman 2	Akademisyen	10	Doktora	0,70	0,20	0,10	%6,17
Uzman 3	Akademisyen	8	Doktora	0,60	0,30	0,10	%5,29
Uzman 4	Akademisyen	8	Doktora	0,60	0,30	0,10	%5,29
Uzman 5	Akademisyen	4	Yüksek Lisans	0,30	0,60	0,10	%2,64
Uzman 6	Gemi Kaptanı	17	Lisans	1,00	0,00	0,00	%7,93
Uzman 7	Gemi Kaptanı	16	Lisans	1,00	0,00	0,00	%7,93
Uzman 8	Gemi Kaptanı	14	Lisans	0,80	0,10	0,10	%7,05
Uzman 9	Gemi Kaptanı	10	Lisans	0,70	0,20	0,10	%6,17
Uzman 10	Gemi Kaptanı	10	Lisans	0,70	0,20	0,10	%6,17
Uzman 11	Emekli Gemi Kaptanı	18	Lisans	1,00	0,00	0,00	%7,93
Uzman 12	Emekli Gemi Kaptanı	18	Lisans	1,00	0,00	0,00	%7,93
Uzman 13	Birinci Zabit	8	Lisans	0,60	0,30	0,10	%5,29
Uzman 14	Birinci Zabit	8	Lisans	0,60	0,30	0,10	%5,29
Uzman 15	Birinci Zabit	7	Lisans	0,50	0,50	0,00	%3,96
Uzman 16	İkinci Zabit	4	Lisans	0,30	0,60	0,10	%2,64
Uzman 17	İkinci Zabit	3	Yüksek Lisans	0,20	0,70	0,10	%1,76

Tablo 6'ün devamı

Uzman 18	İkinci Zabit	3	Lisans	0,20	0,70	0,10	%1,76
Uzman 19	Üçüncü Zabit	2	Lisans	0,10	0,80	0,10	%0,88
Uzman 20	Üçüncü Zabit	2	Lisans	0,10	0,80	0,10	%0,88

Tablo 4. Karar vericilerin sonuca etkisi tablosuna göre, 2 yıldan az deneyime sahip uzmanlar (0,10, 0,80, 0,10), 15 yıldan fazla deneyime sahip uzmanlar (1,00, 0,00, 0,00), ancak bu yıllar arasındaki deneyimler Tablo 3'e göre kademeli  $\mu$ ,  $\nu$ ,  $\pi$  değerleri ile olarak eşleştirilmiştir.

### 3. BULGULAR

Her bir karar vericinin görüşü, IFWA operatörleri kullanılarak birleştirilmiş ve Sezgisel Bulanık Karar Matrisi'nde bir araya getirilmiştir. Tablo 5, ifade edilen sezgisel dilsel değişken tarafından şekillendirilmiş her bir karar vericinin sonucunun yüzdesel değerlerle çarpılması sonucu elde edilen karar vericilerin bir birleşik karar matrisinin sezgisel bulanık halini göstermektedir.

Tablo 7. Birleştirilmiş sezgisel bulanık karar matrisi

	K1			K2			K3		
$\mu$	$\nu$	$\pi$	$\mu$	$\nu$	$\pi$	$\mu$	$\nu$	$\pi$	
0,440	0,460	0,100	0,285	0,615	0,100	0,126	0,774	0,100	
0,320	0,580	0,100	0,270	0,630	0,100	0,180	0,720	0,100	
0,340	0,560	0,100	0,240	0,660	0,100	0,126	0,774	0,100	
0,320	0,580	0,100	0,255	0,645	0,100	0,162	0,738	0,100	
0,100	0,800	0,100	0,120	0,780	0,100	0,126	0,774	0,100	
0,360	0,540	0,100	0,210	0,690	0,100	0,108	0,792	0,100	
0,120	0,780	0,100	0,120	0,780	0,100	0,100	0,800	0,100	
	K4			K5					
$\mu$	$\nu$	$\pi$	$\mu$	$\nu$	$\pi$				
0,200	0,700	0,100	0,155	0,745	0,100				
0,650	0,250	0,100	0,800	0,100	0,100				
0,425	0,475	0,100	0,527	0,373	0,100				
0,550	0,350	0,100	0,800	0,100	0,100				
0,175	0,725	0,100	0,248	0,652	0,100				
0,375	0,525	0,100	0,341	0,559	0,100				
0,125	0,775	0,100	0,155	0,745	0,100				

Adım 1: PIS (Pozitif İdeal Çözüm),  $\bar{x}^+ = (\bar{x}_1^+, \bar{x}_2^+, \bar{x}_3^+, \bar{x}_4^+, \bar{x}_5^+)$  kümesinden oluşan  $\bar{x}_j^+$  olarak sembolize edilir.  $\bar{x}^+ = (\bar{x}_1^+, \bar{x}_2^+, \bar{x}_3^+, \bar{x}_4^+, \bar{x}_5^+)$  Formül 3 kullanılarak PIF (Pozitif Sezgisel Bulanık) çözümü oluşturulmuştur. Her kriter için PIS, Tablo 6'da gösterilmektedir.

Tablo 8. Her kriter için pozitif sezgisel bulanık çözümü

$\bar{x}_j^+$	$\mu$	$\nu$	$\pi$
$\bar{x}_1^+$	0,440	0,460	0,100
$\bar{x}_2^+$	0,285	0,615	0,100
$\bar{x}_3^+$	0,180	0,720	0,100
$\bar{x}_4^+$	0,650	0,250	0,100
$\bar{x}_5^+$	0,800	0,100	0,100

Adım 2: NIS (Negatif İdeal Çözüm)  $\bar{x}_j^-$  şeklinde sembolize edilir ve

$\bar{x}^- = (\bar{x}_1^-, \bar{x}_2^-, \bar{x}_3^-, \bar{x}_4^-, \bar{x}_5^-)$  kümesinden oluşur. Formül 4 kullanılarak NIF (Negatif Sezgisel Bulanık) çözümü oluşturulmuştur. Her kriter için NIS, Tablo 7’de gösterilmiştir.

Tablo 9. Her kriter için Negatif İdeal Çözüm

$\bar{x}_j^-$	$\mu$	$\nu$	$\pi$
$\bar{x}_1^-$	0,100	0,800	0,100
$\bar{x}_2^-$	0,120	0,780	0,100
$\bar{x}_3^-$	0,100	0,800	0,100
$\bar{x}_4^-$	0,125	0,800	0,775
$\bar{x}_5^-$	0,155	0,800	0,745

Adım 3: PIF Uzaklık Matrisi ( $D^+$ ), Formül 5 kullanılarak hesaplanmış ve aşağıda gösterilmiştir.

$$D^+ = \left( d(\bar{x}_{ij}, \bar{x}_j^+) \right)_{7 \times 5} = \begin{matrix} & & K_1 & K_2 & K_3 & K_4 & K_5 \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \\ A_5 \\ A_6 \\ A_7 \end{matrix} & \left( \begin{array}{ccccc} 0,000 & 0,000 & 0,058 & 0,483 & 0,692 \\ 0,129 & 0,016 & 0,000 & 0,000 & 0,000 \\ 0,107 & 0,048 & 0,058 & 0,242 & 0,293 \\ 0,129 & 0,032 & 0,019 & 0,107 & 0,000 \\ 0,365 & 0,177 & 0,058 & 0,510 & 0,592 \\ 0,086 & 0,081 & 0,077 & 0,295 & 0,493 \\ 0,343 & 0,177 & 0,086 & 0,564 & 0,692 \end{array} \right) \end{matrix}$$

Adım 4: NIF Mesafe Matrisi ( $D^-$ ) Formül 7 kullanılarak oluşturulmuş ve aşağıda gösterilmiştir.

$$D^- = (d(\bar{x}_{ij}, \bar{x}_j^-))_{7 \times 5} = \begin{matrix} & K_1 & K_2 & K_3 & K_4 & K_5 \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \\ A_5 \\ A_6 \\ A_7 \end{matrix} & \left( \begin{array}{ccccc} 0,365 & 0,177 & 0,028 & 0,081 & 0,000 \\ 0,236 & 0,161 & 0,086 & 0,564 & 0,692 \\ 0,258 & 0,129 & 0,028 & 0,322 & 0,399 \\ 0,236 & 0,145 & 0,067 & 0,456 & 0,692 \\ 0,000 & 0,000 & 0,028 & 0,054 & 0,100 \\ 0,279 & 0,097 & 0,009 & 0,268 & 0,200 \\ 0,021 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 \end{array} \right) \end{matrix}$$

Adım 5: Sezgisel Bulanık Uzaklık Matrisi, Formül 8 ve Formül 9 kullanılarak oluşturulmuş ve aşağıda gösterilmiştir.

$$D^* = (Z_{ij}^*)_{7 \times 5} = \begin{matrix} & K_1 & K_2 & K_3 & K_4 & K_5 \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \\ A_5 \\ A_6 \\ A_7 \end{matrix} & \left( \begin{array}{ccccc} 0,365 & 0,177 & -0,030 & -0,403 & -0,692 \\ 0,107 & 0,145 & 0,086 & 0,564 & 0,692 \\ 0,150 & 0,081 & -0,030 & 0,081 & 0,106 \\ 0,107 & 0,113 & 0,047 & 0,349 & 0,692 \\ -0,365 & -0,177 & -0,030 & -0,456 & -0,493 \\ -0,086 & -0,081 & -0,077 & -0,295 & -0,493 \\ -0,322 & -0,177 & -0,086 & -0,564 & -0,692 \end{array} \right) \end{matrix}$$

Adım 6: Kriterlerin optimal ağırlıkları Formül 10'a göre belirlenmiştir

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^7 \sum_{k=1}^7 |Z_{i1} - Z_{k1}| &= 13,309, & \sum_{i=1}^7 \sum_{k=1}^7 |Z_{i2} - Z_{k2}| &= 7,599, \\ \sum_{i=1}^7 \sum_{k=1}^7 |Z_{i3} - Z_{k3}| &= 3,057, & \sum_{i=1}^7 \sum_{k=1}^7 |Z_{i4} - Z_{k4}| &= 21,896, \\ \sum_{i=1}^7 \sum_{k=1}^7 |Z_{i5} - Z_{k5}| &= 30,088 \end{aligned}$$

Daha sonra,  $\omega_j^*$  değeri  $\sum_{j=1}^5 \sum_{i=1}^7 \sum_{k=1}^7 |Z_{ij} - Z_{kj}| = 13,309 + 7,599 + 3,057 + 21,896 + 30,088 = 75,949$  olarak hesaplanmıştır.

$$\omega_1^* = \frac{13,309}{75,949} = 0,175, \quad \omega_2^* = \frac{7,599}{75,949} = 0,100, \quad \omega_3^* = \frac{3,057}{75,949} = 0,040,$$

$$\omega_4^* = \frac{21,896}{75,949} = 0,288, \quad \omega_5^* = \frac{30,088}{75,949} = 0,396$$

Adım 7: “Ağırlıklı Sezgisel Bulanık Mesafesi” Formül 11’e göre her bir  $D_i^*$  kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\begin{aligned}\tilde{D}_1 &= \sum_{j=1}^5 \omega_j^* z_{1j}^* = -0,310, & \tilde{D}_2 &= \sum_{j=1}^5 \omega_j^* z_{2j}^* = 0,473, & \tilde{D}_3 &= \sum_{j=1}^5 \omega_j^* z_{3j}^* = 0,098, \\ \tilde{D}_4 &= \sum_{j=1}^5 \omega_j^* z_{4j}^* = 0,407, & \tilde{D}_5 &= \sum_{j=1}^5 \omega_j^* z_{5j}^* = -0,410 & \tilde{D}_6 &= \sum_{j=1}^5 \omega_j^* z_{6j}^* = -0,306, \\ & & \tilde{D}_7 &= \sum_{j=1}^5 \omega_j^* z_{7j}^* = -0,514\end{aligned}$$

Adım 8: Adım 7’deki her bir  $D_i^*$ ’nin hesaplanmasından sonra, her bir  $D_i^*$  için Sezgisel Bulanık Mesafe Değeri azalan şekilde sıralanmıştır.

$\tilde{D}_i$  puanı en düşük olan alternatif en uygun olmayan alternatif olarak görülürken,  $\tilde{D}_i$  puanı en yüksek olan alternatif ise en uygun yaşama sistemi alternatifi olarak kabul edilmiştir. En uygun gemi yaşama alternatifi, listelenen yedi alternatif arasından beş kritere göre karşılıklı karşılaştırılmış ve sonuçlar Tablo 8’de gösterilmiştir.

Tablo 10. En uygun yaşama sistemlerinin sıralaması

Alternatifler	Yaşama Tipi	$D_i$
A1	Konvansiyonel Yaşama Sistemi	-0,310
A2	Otomatik Vakum Sistemi	0,473
A3	Dinamik Halat Sistemi	0,098
A4	Rıhtım Kilitleme Sistemi	0,407
A5	Otomatik Gemi/Rıhtım Yaşama Sistemi	-0,410
A6	Hızlı Serbest Bırakma Kancası	-0,306
A7	Kavrama Tabanlı Otomatik Yaşama Sistemi	-0,514

Birleştirilmiş karar vericilerin matrisine IF-TOPSIS yöntemi uygulamasından elde edilen bulgulara göre en uygun yaşama sistemlerinin sıralaması  $A2 > A4 > A3 > A6 > A1 > A5 > A7$  şeklindedir. Alternatifler en uygun yaşama sisteminden, en uygun olmayan yaşama sistemine göre şu şekilde sıralanmıştır; “Otomatik Vakum Sistemi” (0,473)> “Rıhtım Kilitleme Sistemi” (0,407)> “Dinamik Halat Sistemi” (0,098)> “Hızlı Serbest

Bırakma Kancası” (-0,306)> “Konvansiyonel Yanaşma Sistemi” (-0.310)> “Otomatik Gemi/Rıhtım Yanaşma Sistemi” (-0.410)> “Kavrama Tabanlı Otomatik Yanaşma Sistemi (-0.514).”

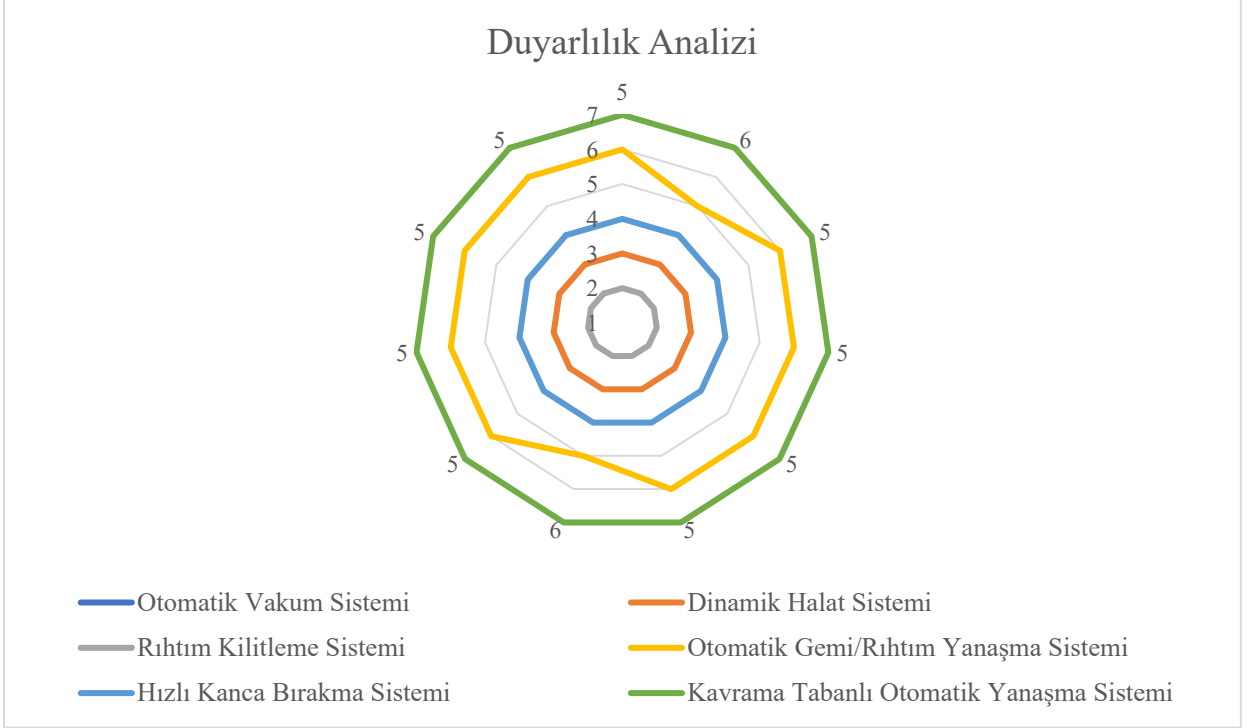
### 3.1. Duyarlılık Analizi

Yapılan duyarlılık analizi neticesinde, Kriter 1’in mutlak derecede düşük olduğu ve mutlak derecede yüksek olduğu durumlarda sonuç mevcut durumun aksine, A5>A1 şeklinde gerçekleşmektedir (Tablo 9). Kriter 1’in sistemin yatırım maliyeti olduğunu ele alınırsa, Konvansiyonel Yanaşma Sistemi’nin yatırım maliyeti sadece halat gereksinimi olduğu gerekçesiyle oldukça düşüktür. Bu durumda ise Otomatik Gemi/Rıhtım Yanaşma Sistemi Konvansiyonel Yanaşma Sistemi’nin gerisinde kalmaktadır. Ankete katılan uzmanların gerekçesinin gemi üzerinde ekstra bilinmeyen ağırlık (constant) oluşturacak ve yatırım maliyetini arttıracığı şeklinde olduğu tahmin edilmektedir.

Tablo 11. Farklı kriter ağırlıkları kullanarak vaka kombinasyonları

Vaka No	Vaka	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
Vaka 1	Mevcut Sonuç	5	1	3	2	6	4	7
Vaka 2	K1 mutlak derecede yüksek, kalan kriterler aynı	6	1	3	2	5	4	7
Vaka 3	K2 mutlak derecede yüksek, kalan kriterler aynı	5	1	3	2	6	4	7
Vaka 4	K3 mutlak derecede yüksek, kalan kriterler aynı	5	1	3	2	6	4	7
Vaka 5	K4 mutlak derecede yüksek, kalan kriterler aynı	5	1	3	2	6	4	7
Vaka 6	K5 mutlak derecede yüksek, kalan kriterler aynı	5	1	3	2	6	4	7
Vaka 7	K1 mutlak derecede düşük, kalan kriterler aynı	6	1	3	2	5	4	7
Vaka 8	K2 mutlak derecede düşük, kalan kriterler aynı	5	1	3	2	6	4	7
Vaka 9	K3 mutlak derecede düşük, kalan kriterler aynı	5	1	3	2	6	4	7
Vaka 10	K4 mutlak derecede düşük, kalan kriterler aynı	5	1	3	2	6	4	7
Vaka 11	K5 mutlak derecede düşük, kalan kriterler aynı	5	1	3	2	6	4	7

Şekil 20’de Duyarlılık Analizinde yapılan her bir kriter maksimizasyonu ve minimizasyonunda alternatiflerin hareketleri radar grafiği şeklinde gösterilmiştir. Şekilde Alternatif 1 ve Alternatif 5’in Vaka 2 ve Vaka 7’deki sapmaları gözükmemektedir.



Şekil 34. Duyarlılık Analizi

### 3.2. SWOT (GZTF) Analizi

SWOT analizi, kökeni Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats’den gelmekte olup, Türkçe anlamı ise ilgili alternatifin Güçlü yönlerini, Zayıf yönlerini, Fırsatlarını, Tehditlerini (GZTF) ortaya çıkartan bir analiz türüdür .

Tablo 10’da Otomatik yanaşma sistemleri ile Konvansiyonel Yanaşma Sisteminin SWOT analizi ile kıyaslanması verilmiştir.

Tablo 12. Otomatik yanaşma sistemleri ile Konvansiyonel Yanaşma Sisteminin SWOT analizi ile kıyaslanması

	<b>Olumlu</b>	<b>Olumsuz</b>
<b>İçsel</b>	<p style="text-align: center;"><b>Güçlü Yönler</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yakıt tüketimini azaltma</li> <li>• CO<sub>2</sub> emisyonunu azaltma</li> <li>• İş güvenliğini ve emniyeti artırma</li> <li>• Liman periyodunu azaltma</li> <li>• Palamar botu hizmetini ortadan kaldırma</li> <li>• Rıhtım kapasitesini artırma</li> <li>• Liman işçi sayısını minimize etme</li> <li>• Yanaşmanın sensörler vasıtasıyla uzaktan monitör edilebilmesini sağlama</li> <li>• Yüksek Gel-git esnasında halatlara otomatik olarak boş koyma veya deste etme</li> <li>• Yükleme ve tahliye esnasında personelin halatlara boş koyma ve deste etmesine gerek kalmaması</li> <li>• Geminin genişliğinin ve uzunluğu fark etmeksizin rıhtımın uzunluğu fark etmeksizin ped genişliği kadar rıhtımın yeterli olması</li> <li>• VLCC ve ULCC gibi rıhtıma sığmayan, SPM, SBM veya STS yapan gemilerin de terminale yanaşma fırsatı verilmesi</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Zayıf Yönler</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Warping ve Şifting sırasında halat gerekmesi</li> <li>• Parsel yükleme veya tahliye sonrası vakum etkisi sebebiyle sahte meyil, yük kayması ve alabora olma riski</li> <li>• Römorkörler için hala halat verme gerekliliği ve halat bulundurma mecburiyeti</li> <li>• Olağandışı-yüksek trimde oluşabilecek durumlarda otomatik yanaşma sisteminin gemiyi tutup tutamayacağını belirsiz olması</li> <li>• Sistemin yedeğinin olmaması</li> <li>• Sert rüzgârlarda sistemin ne derece çalışacağını test edilmemesi</li> <li>• Elektrik kesilmesi sonucunda sistem kendini kilitlemesine rağmen yükleme ve tahliyenin akıbeti</li> <li>• Ro-Ro veya Yolcu gemileri dışında draftı yüksek olan gemilerde sistemin ne derece efektif olacağını belirsiz olması</li> <li>• İskele-sancak arasında sistemin vakum etkisi sebebiyle yaratacağı eğilme momenti ve kesme kuvvetlerinin hesaplanamaması</li> <li>• İskele-sancak vakum farkı sebebiyle baş-kıç arasında gemi kırılmasında hasar kontrol kitapçığının olmaması</li> <li>• Sistemin gemiye etkileyebileceği kuvvetlerin stabilite kitapçıklarının tersane tarafından hesaplanmamış olması</li> </ul>

Tablo 13'un devamı

	<b>Fırsatlar</b>	<b>Tehditler</b>
<b>Dışsal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2030 yılına kadar yıllık büyüme oranı yüzde 3,86 olarak beklenmektedir.</li> <li>• 2030 yılında piyasa büyüklüğünün 1.755,58 milyon dolar olacağı tahmin edilmektedir.</li> <li>• Birkaç yıl ömrü olan halatların yirmiden fazla yıl dayanaklı olduğu iddia edilen bu sistemlere karşı rekabet edemeyeceği düşünülmektedir.</li> <li>• Gemi sahipleri halat maliyetlerinin azalmasını ve liman periyodunun azalmasını, dizel yakıt girdilerinin ve emisyonun azalmasını olumlu olarak karşılamaktadır.</li> <li>• Liman otoriteleri bu sistemlerin çevreci olması sebebiyle diğer limanlara karşı üstünlük sağlamak istemektedir. Sürdürülebilirlik ve emisyonu azaltıcı tedbirler adı altında düşük vergi ve krediye ulaşma imkanları mevcuttur.</li> <li>• Ayrıca liman otoriteleri rıhtım personeli ve palamar botunun aradan çıkartılmasını olumlu karşılamaktadırlar.</li> <li>• Sensörlerde, robotik sektöründe, yazılım sektöründe gelişme ve 5G teknolojisi farklı yeni nesil yanaşma sistemlerini ortaya çıkartmakta olup, sektörün kademeli şekilde büyüyeceğine işaret etmektedir.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yüksek yatırım maliyetleri, sistemin trafiği az olan bölgelerde kendini amorti edemeyeceğini düşündürmektedir.</li> <li>• Oluşabilecek stabilite hataları sisteme olan güveni azaltabilir.</li> <li>• Oluşabilecek gemi burulma ve bükülmeleri sisteme olan güveni azaltabilir.</li> <li>• Bazı denizcilik şirketleri binlerce yılı aşan halatla yanaşma alışkanlığı mevcut olduğunu, bu sistemlerin birer hobi amaçlı olduğunu gereksiz ve maliyetli olduğunu düşünmektedirler.</li> <li>• Bazı denizciler halatla yanaşmanın optimum seviyeye ulaştığını, otomatik yanaşma sisteminin emekleme seviyesinde olup mevcut halin kabul edilemez olduğunu savunmaktadırlar.</li> <li>• Bazı denizcilik şirketleri otomatik römorkör sistemleri gelişip, halatların tümünden gereksiz hale gelinceye kadar bu yanaşma sisteminin gemide mevcut halatlar varken gereksiz olduğunu ve ek mali külfet getireceğini savunmaktadırlar.</li> <li>• Politik ve ekonomik açıdan ise işgücü kaybı ve kalıcı iş kaybı sendikalar ve liman çalışanları ve denizciler açısından geleceğe yönelik olumsuz trend çizmektedir.</li> </ul>

#### 4. İRDELEME

Bu tez çalışmasında, mevcut konvansiyonel yanaşma sistemi ile piyasaya sürülen yeni otomatik yanaşma sistemleri karşılaştırılmıştır. Bunun için, çalışmada tüm alternatif sistemler, en uygun yanaşma sisteminde ele alınacak kriterler belirlenmiş ve otomatik yanaşma sistemlerinin konvansiyonel yanaşma sisteminden güçlü ve zayıf yanları SWOT analizi ile ortaya konulmuştur. Ayrıca, literatür taraması yapılarak ve uzman görüşleri alınarak belirlenen yedi alternatif yanaşma sistemi kıyaslanırken emisyon, enerji tüketimi, kurulum maliyeti, işletme maliyetleri, bakım maliyetleri, geminin altı hareketine uyarlanabilirlik ve manevra personeli emniyeti açılarından sistemlerin özellikleri uzmanlarca karşılıklı olarak kıyaslanmıştır.

Kuzu ve Arslan, (2017) farklı yanaşma sistemlerinin Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi ile kıyaslaması çalışmalarında Otomatik Vakumlu Yanaşma Sistemi %49,91, Konvansiyonel Yanaşma Sistemi %25,30, Otomatik Manyetik Yanaşma Sistemi %24,79 elde etmişlerdir. Bu tez çalışmasında ise sıralama, Otomatik Vakum Sistemi"> "Rıhtım Kilitleme Sistemi (Otomatik Manyetik Yanaşma Sistemi"> "Dinamik Halat Sistemi">"Hızlı Serbest Bırakma Kancası"> "Konvansiyonel Yanaşma Sistemi"> "Otomatik Gemi/Rıhtım Yanaşma Sistemi"> "Kavrama Tabanlı Otomatik Yanaşma Sistemi" şeklinde elde edilmiştir.

Himanen, (2016) alternatif yanaşma sistemleri üzerine yaptığı çalışmasında yanaşma halatlarının eski, tehlikeli, sürdürülemez ve insan gücüne dayalı olduğunu belirtmiş ve modern standartları sağlamak için ciddi gelişmelere ihtiyaç olduğunu vurgulamıştır. Otomatik Vakumlu Yanaşma Sistemi, Otomatik Manyetik Yanaşma Sistemi ve Dinamik Yanaşma Sistemi alternatiflerinin karşılaştırdıkları çalışmalarında emniyet açısından Otomatik Vakum Sistemi Acil Durum Jeneratörüne gerek kalmadan, elektrik kesintisi durumunda iki saate kadar pedlerin gemiyi tutabilmesi sebebiyle ilk sırada, Otomatik Vakum Yanaşma Sistemi elektrik kesintisi sırasında acil durum jeneratörü devreye alınmaya kadar olan süreçte geminin rıhtımdan avara olacağı bilindiğinden ve kesintisiz elektrik gerektirdiği sebebiyle ikinci sırada, Dinamik Yanaşma Sisteminin, Konvansiyonel yanaşma sisteminin modernize edilmiş hali olup, geminin hali hazırda yanaşmış olması gerekmesi ve sistemin kurulması için zaman gerektirmesi sebebiyle üçüncü sırada yer almıştır.

Van Bodegom vd., (2013), çalışmalarında Otomatik Yanaşma Sistemlerini karşılıklı olarak kıyaslamışlardır. Yapılan çalışmada, Otomatik Manyetik Yanaşma Sisteminin

dezavantajları, sistemin elektrik arızasına uğraması, tehlikeli manyetik alan oluşturması, geminin manyetik olarak indüklenmesi ve sürekli monitör edecek çalışana ihtiyaç şeklinde belirtilmiştir. Manyetik Durdurma Plakaları adı verilen yüksek verimli manyetik alayım plakaları manyetik alanı kesebilecek bir önlem olarak öne çıkartılmıştır. Ancak, Van Reenen, (2015) Otomatik Manyetik Yanaşma Sisteminin manyetik alanı azaltmak için Yarı-Kalıcı Dört Kutup manyetik sisteminin bordada manyetizma oluşmasını engelleyebileceğini belirtmiştir.

Van der Molen vd., (2016) Geraldton Limanı yanaşma konfigürasyonu çalışmalarında Konvansiyonel Yanaşma Sisteminde halatın 304 kN'a kadar dayanklı olduğunu ancak Otomatik Vakum Yanaşma Sisteminde ise bu çekme kuvvetinin bordasal kaymada 200 kN, baş-kıç harekette ise 100 kN'a kadar dayanıklı olduğunu belirtmişlerdir. Ancak yapılan literatür çalışmasında yeni MoorMaster Otomatik Vakumlu Yanaşma Sistemleri 300 kN kapasiteye ulaştığı görülmektedir.

Popesco, (2009) Otomatik Vakumlu Yanaşma Sisteminde, tipik 3 rıhtımlı konteyner limanında, yanaşmanın 20 dakikaya kadar kısaldığını, yanaşma ve römorkör hizmetlerinin 325,000 USD, STS kreyn verimliliğinin 265,000 USD kâr, bakım maliyetlerinin 53,000 USD gider olmak üzere net 537,000 USD kâr gerçekleştiğini belirtmiştir.

Alternatiflerin sıralanmasında beklenti, manyetik ve vakumlu yanaşma sistemlerinin aynı tutuş gücünü yaratması ve aynı sıralamayla sonuçlanması şeklinde iken bulgulara göre manyetik yanaşma sistemlerinin eş değer pedler ile kıyaslandığında daha yüksek tutuş gücüne sahip olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, literatür taraması ve uzman görüşü, manyetik yanaşmanın vakumlu yanaşmaya göre üç kata kadar daha düşük maliyetli olabileceğini göstermiştir.

Ayrıca, literatür taramasına göre otomatik manyetik yanaşma sisteminin otomatik vakumlu yanaşmaya göre daha az veya daha küçük m<sup>2</sup> bir ped gerektirdiği bilinmektedir (Díaz-Ruiz-Navamuel, 2021). Bu daha küçük pedler Otomatik Yanaşma Sistemlerinin kapasitesini aynı rıhtımda daha az çabayla kapasitelerini -eğer liman draftı yeterliyse- VLCC ve ULCC gemilerine doğru genişletebilir. Bununla birlikte tanker terminalleri veya rıhtımlar, gemi boyu kısıtlı rıhtımlar gibi durumlarda otomatik manyetik yanaşma ile çok daha etkin bir şekilde kullanılabilir ve rıhtımlar için geliştirme veya daha fazla yatırım politikaları ise gereksiz görülerek, ilerideki muhtemel faz genişlemeler ve projeler yürürlükten kaldırılabilirliği bu çalışmaya katılan uzmanlar tarafından vurgulanmıştır.

Ek olarak, daha kuvvetli manyetik pedler bordada m2 başına ton cisinden çekme kuvvetini artıracaktır. Bu durumda eğer borda sacı oluşturulan ton cinsinden çekme kuvvetine dayanaklı ve mm cinsinden yeterince kalın değilse muhtemel hasarlara sebep olabilecektir (Yan vd., 2022).

Ancak, uzman görüşleri pekâlâ birer teori olarak kabul edilmelidir. Çünkü, geminin tek taraflı yüklenmesi veya yükün yer değiştirmesi sırasında aynı anda geminin sürekli olarak bir bordadan çekilmesi güverte zabitlerine draft sörvey esnasında meyil hesabında yanlış güven verebilir ve gemi rıhtımdan avara olduktan sonra geminin alabora olması veya kırılma ve burkulma sonuçlarını ya da yükün kayması sonucunu doğurabilir. Ayrıca uzmanlar bu sistemler için şirketlerin bordasal rüzgârlar ve olası elektromanyetik dalgalanmalar için tatmin edici veriler paylaşmadığını beyan etmişlerdir.

Yukarıda bahsedilen tüm bu durumlar göz önüne alındığında, otomatik yanaşma sistemlerinin manevrada personel emniyeti açısından önemi ve Konvansiyonel Yanaşma Sistemine karşı ciddi bir alternatif olduğu gerçeği bir kez daha ortaya konulmaktadır.

## 5. SONUÇLAR

Belirlenmiş yedi yanaşma sistemi alternatiflerini kendi aralarında sıralamak ve en uygun yanaşma sistemini seçebilmek için yanaşma konusunda uzmanlaşmış yirmi yedi denizcilik sektörü uzmanına anketler vasıtasıyla yanaşma sisteminin kıyaslanması yapılacak şekilde sorular sorulmuş ve bu sorulara verilen yanıtlar bir araya toplanmıştır. Cevaplanan anketler tek tek incelenmiştir. Tutarlılık İndeksi (TI) ve Rassal Tutarlılık İndeksi (RTI) oranı tutarlılık oranı olarak kabul edilmiş ve Tutarlılık Oranı 0.1'in altında kalan anket cevapları tutarsız olarak kabul edilmiştir (Toksarı, 2007). Tutarlı olmayan yedi anket yanıtı karar matrisinden çıkartılmıştır. Tutarlı kabul edilen yirmi anket yanıtının her biri birer karar matrisine çevrilmiştir. Oluşturulan yirmi karar matrisi karar vericilere ağırlık atanarak çarpılmış ve tüm matrislerin ağırlıklı ortalaması alınarak tek bir karar matrisine dönüştürülmüştür. Elde edilen matrise IF-TOPSIS yöntemi uygulanmıştır.

Anketlerden elde edilen matrise IF-TOPSIS Yöntemin uygulanmasından sonra alternatifler sıralaması Otomatik Vakumlu Yanaşma>Rıhtım Kilitleme Sistemi>Dinamik Yanaşma Sistemi>Hızlı Serbest Bırakma Kancası>Konvansiyonel Yanaşma Sistemi>Otomatik Gemi/Rıhtım Yanaşma Sistemi> Kavrama Tabanlı Otomatik Yanaşma olarak elde edilmiştir.

Sonuçlar incelendiğinde hem konvansiyonel yanaşma sistemine hem de hızlı serbest bırakma kancası sistemine sahip bir geminin sadece konvansiyonel yanaşma sistemine kıyasla daha iyi olduğu belirlenmiştir. Bu sayede geminin kalkışı veya yanaşması esnasında ilave liman görevlisi ihtiyacı ortadan kalkacak, halatları babadan kaldırırken el yaralanmaları meydana gelmeyecek ve aynı iskele babasını kullanan birden fazla gemide halat sıkışması önlenmiş olacaktır (Kuzu ve Arslan, 2017). Böylelikle, aynı iskele babasına bağlı olan birden fazla gemi bulunması durumunda, bir geminin kalkışı diğer geminin deste olan halatlarını gevşetmesini gerektirmeyeceği için maliyet ve zaman anlamında problem oluşturmayacaktır.

Ayrıca otomatik gemi/rıhtım yanaşma sisteminin 6. alternatif olarak sıralanmasının nedeni uzman görüşlerine göre, sistemin diğer sistemlere kıyasla armatörlere ek maliyetler getirmesi gemi güverte ve bordaların bünyesinde büyük yapısal değişiklikleri gerektirmesidir (Macgregor, 2022). Sistemin kompaktlığı ve tel halat sistemine olan güven her ne kadar uzmanlar tarafından büyük ölçüde desteklense de bu sistemlerin gemiye

yerleştirilmesi ilk yatırım maliyeti dışında, bilinmeyen ağırlıkları (constant) arttırırken, toplam yükleme kapasitesini düşüreceği, klas onayı gerektirmesi, uzun süreçte yapılan sefer sayıları ile birlikte kârlılığı azaltması, bakım gibi ek maliyetlerle birlikte yukarıda belirtilen faktörler uzmanların görüşlerini bu sistemin sürdürülemez olduğunu ve her gemiye entegre edilmesinin de mümkün olmayacağını, ayrıca güverte ekipmanlarının bakımının ise güverte mürettebatı tarafında ek birer iş yükü getireceğini belirtmişlerdir.

Kavrama tabanlı otomatik yanaşmanın son alternatif olarak sıralanmasının sebebi, sistemin yeterince esnek ve denize adaptif bir yapıda olamamasıdır (Macgregor, 2017). Yüksek gelgitlerde ve hatta normal gelgitlerde, olağan dışı yükleme veya tahliye durumları ve şiddetli rüzgârlar, ilerleme ivmesine neden olabilecek ve kavrama tabanlı otomatik yanaşma sistemindeki rıhtım kavramasını kırabilecektir.

Liman başkanlığı bazı durumlarda, liman içinde rıhtım değiştirmek gibi bir talepte bulunabilir (Lin vd., 2018). Gemide halatlar mevcut olmadığı sürece, rıhtım değişikliği sadece ana makine kullanılarak yapılabilecektir. Bu durum kalkış ve yanaşma manevrasının tekrarı anlamına gelebilir. Buna ek olarak römorkör hizmeti de gerektirebilir. Halat olmadan rıhtım değişikliği vakit kaybı, yakıt gideri, çevre kirliliği, römorkör hizmetleri alınması gibi ek maliyetler, liman periyodunun uzaması gibi sonuçlar doğurabilir. Ayrıca, gemi halatlara ve babalarına halat bağlamak için liman işçilerine ihtiyaç duyulursa da gemi hareketlerinin hem limandan hem de gemi tarafından monitör edilmesine gerek duyulmaktadır.

Otomatik yanaşma sistemleri, dökme gemilerin, ham petrol, kimyasal tanker veya gaz tankerlerin yüklenmesi ve tahliyesi gibi bazı durumlarda tehlikeli olabilir. Otomatik yanaşma sistemlerinin, geminin baş-kıç vurma (pitching) ve yalpa (rolling) yapmasına izin vermediği bilinerek, gemilerin baş, vasat ve kıç draftlarından draft sörveyörler ve birinci zabıtlar tarafından altı noktadan düzenli takip edilmelidir (Sandaruwan, 2010). Yükleme veya tahliye işleminden sonra, gemi rıhtımdan kalkacak kadar emniyetli görünebilir ancak bunun nedeni sahte bir meyil olabilir, çünkü otomatik yanaşma sistem hâlâ gemiye bağlıdır. Otomatik yanaşma sisteminin gemiden ayrılmasından sonra, gemiye trim (baş ve kıç draft farkı) ve ağır deniz koşullarında gemiye kesme kuvveti ve eğilme momentine maruz bırakabileceği gibi muhtemelen balast da geminin kondisyonunu önemli ölçüde değiştirebilecektir. Bu durumda, balast tankları arasında perde valfleri varsa açılarak geminin dengesi sağlanabilir.

## 6. ÖNERİLER

Ro-Ro, Con-Ro ve Yolcu gemilerinde otomatik yanaşma sistemlerin adaptasyonu diğer gemi tiplerine kıyasla daha uygun çıkmıştır. Bunun sebebinin düşük gemi draftı ve düşük trim farkı olduğu tahmin edilmektedir. Baş ve kış draftlar arasında 3 metreden daha fazla trim farkı olduğu durumlarda otomatik yanaşma sistemlerinin dayanıklılığının konusunda daha fazla araştırma yapılması ve sorgulanması önerilir.

Aynı limanda bir gemiyi farklı rıhtımlar arasında kaydırmak, halatla yanaşmaya göre çok daha fazla efor gerektirecek ve bu otomatik yanaşma sistemleriyle halatlar gereksiz hale gelirken, römorkör ve römorkör halatlarına duyulan ihtiyaç ve geminin halatlarına duyulan ihtiyaç ise her zaman aynı kalacaktır. Römorkörlere vakum/manyetik pedler takılması olasılığı daha önce düşünülmüş olsa da otomatik yanaşma sistemlerinin römorkörlere pratikte uygulanabilirliği kapsamlı bir şekilde sorgulanmalıdır. Halatların tamamen kaldırıldığı bir manevrada unutulmamalıdır ki halatlar olmadan kuvvet çarpan kaldırma avantajı da ortadan kalkacaktır. Bu eksikliğin üstesinden gelmek için, halatlara eşdeğer kuvvet çarpy kuvvet kolu avantajı sağlayacak farklı ve eşdeğer bir çözüm düşünülmelidir.

Ek bir nokta ise otomatik yanaşma sistemlerinin bir geminin bordası üzerindeki olası etkilerin iyice hesaplanması gerekliliğidir. Böylece, gemiye etki eden eğilme momenti, kesme kuvveti diyagramları ve gemi üzerindeki potansiyel diğer etkiler geminin onaylı yükleme programı üzerinde grafiklerle ayrıntılı olarak incelenebilecektir. Bu sayede, yükleme veya tahliye esnasında kaptan, birinci zabit veya yükleme sorumlusu geminin bütünlüğünü koruyacak tedbirleri alabilir ve yükleme, tahliye veya balast operasyonuna çok daha erken müdahale edebilirler.

Denizcilik sektörü geleneklere bağlı bir meslek dalı olup yaşanan her hadise veya kaza üst üste silsile şeklinde mesleki hafızayı güçlendirmiştir. Bu acı tecrübeler ve mesleki hafızalar yerlerini uluslararası zorunlu şartlara itmiştir. Bu şartlardan bir tanesi ise her sistemin mutlaka bir yedeği olma zorunluluğudur. Örneğin haberleşme sistemleri için duplikasyonlar, fenerler için yedek fenerler, Aldis lambası için yedek pil ve lamba, Acil durum VHF'ler için ise yedek batarya, gemi demiri için yedek demir, çift ECDIS yoksa harita, çift radar zorunluluğu şeklinde örnekler sıralanabilir. Otomatik yanaşma sistemleri için hali hazırda bu sistemlerin yedeği veya çiftlemesi mevcut değildir. Bu sistemlerin çifti

olmadığı her durum veya rıhtım için gemide mutlaka halatların bulundurulması gerekmektedir. Dolayısıyla, yedek-otomatik yanaşma sistemi önerilmektedir.

Parsel yükleme veya tahliye sonrası vakum etkisi sebebiyle seyir esnasında sahte meyil, yük kayması ve alabora olma riski mevcut olacağından bu potansiyel durumlara draft-sörvey aşamasında katsayı benzeri çözüm getirilmesi önerilmektedir.

Sert rüzgârlarda veya ağır hava şartlarında sistemin ne derece çalışacağına test edilmemiş olup test edilmesi ve rapor çıkartılması önerilmektedir.

Elektronik arıza durumunda veya elektrik kesilmesi sonucunda sistem kendini kilitlemesine rağmen yükleme ve tahliyenin akıbeti belirsizdir. Bu durumda limanın farklı bir çözüm getirmesi önerilmektedir.

Otomatik yanaşma sisteminin iskele-sancak arasında vakum etkisi sebebiyle yaratacağı eğilme momenti ve kesme kuvvetlerinin hesaplanamaması, iskele-sancak vakum farkı sebebiyle baş-kıç arasında gemi kırılmasında durumunda hasar kontrol kitapçığının olmaması, sistemin gemiye etkileyebileceği kuvvetlerin stabilite kitapçıklarının tersane tarafından hesaplanmamış olması sebepleriyle, tersanelerin bu sistemleri kullanacak gemilere ayrı klas onaylı bir stabilite kitapçık üretmesi ve bu kitapçık/kitapçıkların sistemin kullanılacağı liman otoritesi tarafından sertifika şeklinde kontrol edilmesi, bayrak devletlerinin ise bu kitapçık/kitapçıkları ve/veya sertifikaları zorunlu hale getirmesi ve ilgili denet ve kontrollerde mevcudiyetinin olup olmadığının sorulması ve gerekirse yaptırım yapılması önerilmektedir.

## 7. KAYNAKLAR

- Aikhuele, D. O., 2020. Intuitionistic Fuzzy TOPSIS Model Based on Reliability Criteria and a Dynamic Mathematical Operator for Solving MCGDM Problems. *Multi-Criteria Decision Analysis in Management*. 169-188. IGI Global.
- Akkuş, M. ve Bozaoğlu, A. S., 2019. Van Gölü Havzasındaki Amatör Balıkçılığın Sosyo Ekonomik Analizi, *Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*, 4,3, 506-512.
- Aloini, D., Dulmin, R. ve Mininno, V., 2014. A peer IF-TOPSIS based decision support system for packaging machine selection. *Expert Systems with Applications*, 41, 5, 2157-2165.
- Altuntas, G. ve Yildirim, B. F., 2022. Logistics specialist selection with intuitionistic fuzzy TOPSIS method. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 42, 1, 1-34.
- Anker, A. T., 2010. Kaptanın Manevra Kılavuzu, Denizler Kitabevi.
- Arslan, O., Zorba, Y. ve Svetak, Y., 2018. Fault Tree Analysis of Tanker Accidents During Loading and Unloading Operations at The Tanker Terminals. *Journal of ETA Maritime Science*, 6,1, 3–16.
- Bilgili, F., Zarali, F., Ilgün, M. F., Dumrul, C. ve Dumrul, Y. 2022. The evaluation of renewable energy alternatives for sustainable development in Turkey using intuitionistic fuzzy-TOPSIS method. *Renewable Energy*, 189, 1443-1458.
- Boran F. E. ve Akay, D., 2014. A biparametric similarity measure on intuitionistic fuzzy sets with applications to pattern recognition, *Information Sciences*, 255, 45-57.
- Butsanets A. ve Ol'khovik, E., 2019. Development of Technical Means for Mooring the Unmanned Vessels, *International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon)*, 1-3,
- Cayman Registry, Accidents and Incidents Reported to MACI, 1–12. <https://www.cishipping.com/policy-advice/casualty-investigations> 12 Kasım 2022.
- Cargotec, Mooring and auto mooring solutions: peace-of-mind mooring 2017. Macgregor. <https://www.scribd.com/document/459897462/45317-pdf> 15 Kasım 2022.
- Cavotec, <https://www.cavotec.com/en/your-applications/ports-maritime/automated-mooring> 18 Kasım 2022.
- CHIRP Maritime, MAIB Accident Reports Reference Library. <https://www.chirpmaritime.org/reference-library/> 15 Kasım 2022.

- Dalrymple, R. W., Knight, R. J. ve Lambiase, J. J. 1978. Bedforms and their hydraulic stability relationships in a tidal environment, Bay of Fundy, Canada. Nature, 275, 5676, 100-104.
- Danilin, G. V., Sokolov, S. S., Knysh, T. P. ve Singh, V. 2021. Unmanned Navigation Development Prospects Based on Structural Analysis of Automated Vessel Control System. In Journal of Physics: Conference Series 2096, 1, 012185, IOP Publishing.
- Díaz-Ruiz-Navamuel, E., Ortega-Piris, A., Pérez-Labajos C. A. ve Andrés, M. A. 2021. Wind safety limits on ships docked with two different mooring systems. Developments in Maritime Technology and Engineering. 351-360. ISBN: 9781003216599.
- DNV (Det Norske Veritas). 2010. A new look at safe mooring, Maritime Impact. <https://www.dnv.com/expert-story/maritime-impact/A-new-look-at-safe-mooring.html> 24 Kasım 2021.
- Duleba, S., Alkharabsheh A. ve Gündoğdu, F. K. 2021. Creating a common priority vector in intuitionistic fuzzy AHP: A comparison of entropy-based and distance-based models. Annals of Operations Research, 318, 163-187.
- Efe. B. ve Efe, Ö. F., 2018. Intuitionistic fuzzy number based group decision making approach for personnel selection. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 23, 3, 11-26.
- Erol, A., 1987. Gemi Kullanma, İstanbul. Güryay Matbaacılık Tic. Ltd. Şti
- Fiedler, R., Bosse, C., Gehlken, D., Brümmerstedt, K. ve Burmeister, H. S. 2019. Autonomous vehicles' impact on port infrastructure requirements. Fraunhofer Center for Maritime Logistics and Services CML, Hamburg.
- Gao, F., Hu, K., Shen, W. J. ve Li, Y. 2021. Study on the Safety Guarantee of Ship Mooring from Frequent Cable Accidents. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 621, 1, 012007, IOP Publishing.
- Gibbs, D., Rigot-Muller, P., Mangan ve J., Lalwani, C. 2014. The role of sea ports in end-to-end maritime transport chain emissions. Energy Policy, 64, 337-348.
- Guo, J. 2013. Hybrid multiattribute group decision making based on intuitionistic fuzzy information and GRA method. International Scholarly Research Notices.
- House, D. J., 2007. Ship Handling Theory and Practice, 1-245. Elsevier. ISBN: 9780750685306
- Hwang, C. L. ve Yoon K., 1981. Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications, Berlin Heidelberg New York, Springer-Verlag.
- Himanen, L. Alternative mooring systems. Bachelor Thesis, Degree Programme in Logistics, University of Applied Sciences.

[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/111541/Himanen\\_Laura.pdf?sence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/111541/Himanen_Laura.pdf?sence=1)  
19 Eylül 2022.

IMO. Fourth Greenhouse Gas Study 2020  
<https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Fourth-IMO-Greenhouse-Gas-Study-2020.aspx>.19 Eylül 2022.

Kondratyev, S. I., Boran-Keshishyan, A. L., Slitsan, A. E. ve Popov, V. V. 2021. Human-machine system as a control shell in the implementation of mooring operations. *Journal of Physics: Conference Series*, 2061, 1, 012045. IOP Publishing.

Kooij, C., Loonstijn, M., Hekkenberg, R. G. ve Visser, K. 2018. Towards autonomous shipping: Operational challenges of unmanned short sea cargo vessels. *Marine Design XIII*, 871-880. CRC Press, ISBN: 9780429440519

Kuzu, A. C. ve Arslan, Ö. 2017. Analytic comparison of different mooring systems. In *Global perspectives in MET: Towards Sustainable, Green and Integrated Maritime Transport*, 265-274

Lee, T. T., Nagai, S. T. ve Oda, K. T. 1975. On the determination of impact forces, mooring forces and motions of supertankers at marine terminal. *Offshore Technology Conference*. OnePetro.

Lin, M., Lin, W., Huang, W. ve Ning, J., 2018. From Mooring to Mooring: The Critical Issues of Out-Docking, Towing and Mooring of Immersed Tunnel Element in Hong Kong-Zhuhai-Macao Bridge Project. *The Thirteenth ISOPE Pacific/Asia Offshore Mechanics Symposium*. OnePetro.

Macgregor, Auto-mooring [https://www.macgregor.com/globalassets/tts/product-sheets/auto-mooring\\_4page.pdf](https://www.macgregor.com/globalassets/tts/product-sheets/auto-mooring_4page.pdf) 29 Eylül 2022.

MEB, 2020. Gemicilik ve Gemi Manevraları Atölyesi, Millî Eğitim Bakanlığı, 186.

MEGEP, 2015. Güverte İşlemleri. Mesleki Eğitim ve Öğretim Sistemini Güçlendirme Projesi. Millî Eğitim Bakanlığı. 129.

MEGEP, 2018. Personel Emniyeti ve Sosyal Sorumluluk. Millî Eğitim Bakanlığı. 1-58.

Menteşe, G., Ebru, İ., Özcan, B., 2017. Gemi inşa sanayinde iş sağlığı ve güvenliği bilincinin incelenmesi. *Mühendis ve Makina*, 58, 688, 53-78.

Mentjes, J., Wiards, H. ve Feuerstack, S. 2022. Berthing Assistant System Using Reference Points. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10, 3, 385.

Nazligul, Y. E., Yazir, D. ve Sahin, B., 2022. Selection of Desalination System for Commercial Vessels by Implementing Improved Intuitionistic Fuzzy TOPSIS Method. *Mathematical Problems in Engineering*, 2022, 5739682.

- Nunes, R.; Alvim-Ferraz, M.; Martins, F.; Sousa, S. 2017. Assessment of shipping emissions on four ports of Portugal. Environ. Pollut. 231, 1370–1379.
- Paulauskas, V. 2016. Ship and quay wall mooring system capability evaluation. Transportation Research Procedia, 14, 123-132.
- Piris, A. O., Díaz-Ruiz-Navamuel, E., Pérez-Labajos, C. A. ve Chaveli, J. O. 2018. Reduction of CO2 emissions with automatic mooring systems. The case of the port of Santander. Atmospheric Pollution Research, 9, 1, 76-83.
- Popesco, O., Automating the mooring process. AAPA Facilities Engineering Seminar and EXPO. [https://aapa.files.cms-plus.com/SeminarPresentations/2009Seminars/09Facilities/09FACENG\\_Popesco\\_Otonell.pdf](https://aapa.files.cms-plus.com/SeminarPresentations/2009Seminars/09Facilities/09FACENG_Popesco_Otonell.pdf) 17 Aralık 2022.
- Robins, N. 2017. The Ships That Came to the Pool of London: From the Roman Galley to HMS Belfast. Amberley Publishing Limited.
- Rouyendegh, B. D., Yildizbasi, A. ve Yilmaz, I. 2020. Evaluation of retail industry performance ability through integrated intuitionistic fuzzy TOPSIS and data envelopment analysis approach. Soft Computing, 24, 16, 12255-12266.
- Sandaruwan, D. 2010. A Ship Simulation System for Maritime Education. The International Journal on Advances in ICT for Emerging Regions, 3, 2.
- Sayyaadi, H. ve Rasa, R. 2016. Dynamics modeling of the MoorMaster unit and investigate the interaction between the moored ship and the MoorMaster. International Journal of Coastal and Offshore Engineering, 1, 7-13.
- Şenel, M., Şenel, B. ve Havle, C. A. 2018. Risk analysis of ports in Maritime Industry in Turkey using FMEA based intuitionistic Fuzzy TOPSIS Approach. ITM Web of Conferences 22, 01018. EDP Sciences.
- Schelfn, T. E. ve Östergaard, C. 1995. The vessel in port: Mooring problems. Marine structures, 8, 5, 451-479.
- Shen, F., Ma, X., Li, Z., Xu, Z. ve Cai, D. 2018. An extended intuitionistic fuzzy topsis method based on a new distance measure with an application to credit risk evaluation, Information Sciences, 428, 105-119.
- Sluiskes, B. 2016. Safety in Mooring. Terra et Aqua, 143, 14-19.
- Swedish Accident Investigation Authority. 2011. Final Report from Fatal Accident on Board the Morraborg in Holmsund port, Västerbotten.
- Trelleborg, 2022a. Quick Release Hooks. <https://www.trelleborg.com/en/marine-and-infrastructure/products-solutions-and-services/marine/docking-and-mooring/quick-release-hooks> 29 Eylül 2022.

- Trelleborg, 2022b. SmartDock Laser Docking Aid System <https://www.trelleborg.com/en/marine-and-infrastructure/products-solutions-and-services/marine/docking-and-mooring/docking-aid-system/smart-dock-laser> 29 Eylül 2022.
- Trelleborg, 2022c. Mooring Load Monitoring <https://www.trelleborg.com/en/marine-and-infrastructure/products-solutions-and-services/marine/docking-and-mooring/mooring-load-monitoring> 29 Eylül 2022.
- Trelleborg, 2022d. A Dynamic Mooring Solution to Improve Throughput, Efficiency And Safety <https://www.trelleborg.com/marine-and-infrastructure/-/media/marine-systems/resources/brochures/downloads/dynamoor-brochure.pdf?rev=4f991bcd023444629d7924b09ac72f7b> 29 Eylül 2022.
- Trelleborg, 2021. Launches New Interactive Dynamoor Experience <https://www.trelleborg.com/en/marine-and-infrastructure/news-and-events/news/trelleborg-launches-new-interactive-dynamoor-experience> 29 Eylül 2022.
- Toksarı, M. 2007. Analitik hiyerarşi prosesi yaklaşımı kullanılarak mobilya sektörü için ege bölgesi'nde hedef pazarın belirlenmesi. Yönetim ve Ekonomi, 14, 1, 171-180.
- UK P&I CLUB, Risk Focus: Understanding mooring incidents 2016 <https://www.ukpandi.com/media/files/imports/13108/bulletins/2937-understandingmooringincidents.pdf> 19 Eylül 2022.
- URL-1, <http://shipsbusiness.com/safe-mooring.html> Kıç Palamar Halatı. 09 Eylül 2022.
- URL-2, <https://marine-courses.com/2020/08/mooring-ropes-for-ships-types-of.html> Kıç Omuzluk (Pürmeçe) Halatı. 12 Eylül 2022.
- URL-3, <https://deckskills.tripod.com/cadetsite/id131.html> Spring Halatları. 12 Eylül 2022.
- URL-4, <https://fr.depositphotos.com/stock-photos/navire-de-mer.html> Baş kasara panama loçası 14 Eylül 2022.
- URL-5, [https://www.dnv.com/Images/SM\\_NB\\_BreastLine\\_500\\_tcm8-202296.jpg](https://www.dnv.com/Images/SM_NB_BreastLine_500_tcm8-202296.jpg) Konvansiyonel Yanaşma Sistemi 22 Eylül 2022.
- URL-6, <http://sailor-ru.narod.ru/chapter3/3-20.htm> Tanker Terminalinde Konvansiyonel Yanaşma Sistemi 02 Ekim 2022.
- URL-7, [https://samsonrope.com/images/default-source/default-album/6-mooring-line-selection.jpg?sfvrsn=9eb7dc94\\_3](https://samsonrope.com/images/default-source/default-album/6-mooring-line-selection.jpg?sfvrsn=9eb7dc94_3) 3 Baş Halat 2 Açmaz 4 Spring Halat vermiş dökme gemisi. 15 Ekim 2022.
- URL-8, [https://samsonrope.com/images/default-source/default-album/img-box-21b230cb3acb142e3b497b228ee223248.png?sfvrsn=2ff448c5\\_6](https://samsonrope.com/images/default-source/default-album/img-box-21b230cb3acb142e3b497b228ee223248.png?sfvrsn=2ff448c5_6) Gaz Tankeri Terminaline yanaşmış STS yapan LNG gemisi. 15 Ekim 2022.

- URL-9, <https://www.worldcargonews.com/news-in-print/news-in-print/trelleborg-automated-mooring-system-35058> Otomatik Vakumlu Yanaşma Sistemi. 12 Kasım 2022.
- URL-10, [https://www.trelleborg.com/marine-and-infrastructure/-/media/marine-systems/products-services-and-solutions/listing-images/docking-and-mooring/automated-mooring-systems/dynamoor\\_berthing\\_thumbnail.png?h=749&w=1024&rev=8300976da68a4dfd8895e78f3bd1488a&hash=322CD216C82C3C84CD55F3B2827A9E7F](https://www.trelleborg.com/marine-and-infrastructure/-/media/marine-systems/products-services-and-solutions/listing-images/docking-and-mooring/automated-mooring-systems/dynamoor_berthing_thumbnail.png?h=749&w=1024&rev=8300976da68a4dfd8895e78f3bd1488a&hash=322CD216C82C3C84CD55F3B2827A9E7F) Dinamik Yanaşma Sistemi. 17 Kasım 2022.
- URL-11, <https://www.marinecurrents.com/wp-content/uploads/Offshore/DynoMoor-expected-to-contribute-safe-and-efficiency-in-mooring-operation.png> Dinamik Yanaşma Sistemi Parçaları. 17 Kasım 2022.
- URL-12, <https://mampaey.com/wp-content/uploads/2017/08/Brochure-Mampaey-intelligent-Dock-Locking-System.pdf> X ve Z Akslarında hareket edebilen Manyetik Yanaşma Sistemi. 19 Kasım 2022.
- URL-13, <https://www.macgregor.com/globalassets/picturepark/imported-assets/45317.pdf> Otomatik Gemi/Rıhtım Yanaşma Sistemi (Kıyı). 24 Kasım 2022.
- URL-14, <https://prosertek.com/wp-content/uploads/ganchos.jpg> Hızlı Serbest Bırakma Kancası Yapısı. 28 Kasım 2022.
- URL-15, <https://www.trelleborg.com/marine-and-infrastructure/-/media/marine-systems/products-services-and-solutions/headers/docking-and-mooring/quick-release-hooks/herobanner-quick-release-hook.jpg?rev=57bccdcb21ef4ed2896eccd615666239> Hızlı Serbest Bırakma Kancası. 29 Kasım 2022.
- URL-16 [https://www.macgregor.com/globalassets/tts/product-sheets/auto-mooring\\_4page.pdf](https://www.macgregor.com/globalassets/tts/product-sheets/auto-mooring_4page.pdf) Kavrama Tabanlı Yanaşma Sistemi. 01 Aralık 2022.
- Uyanik, C., Tuzkaya, G., Kalender, Z. T. ve Oguztimur, S. 2020. An integrated DEMATEL–IF-TOPSIS methodology for logistics centers’ location selection problem: an application for Istanbul Metropolitan area. *Transport*, 35, 6, 548-556.
- Van Bodegom, W., Bonifacio J., van der Meijden, F., Sprenger, G. ve Sprott, D., 2013. Alternative Berthing Improvement and Innovation. Rotterdam Mainport University of Applied Sciences.
- Van der Burg, G., 2011. ShoreTension: secured to shore at all times. *Port Technology International*, 52, 43–46.
- Van der Molen, W., Scott, D., Taylor, D. ve Elliott, T., 2016. Improvement of mooring configurations in Geraldton Harbour. *Journal of Marine Science and Engineering*, 4, 1, 3.

- Van Reenen, W. Dock Lock: Automatic Magnetic Mooring. United Nations Economic Commission for Europe. [www.unece.org/trans/main/dgdb/ac2/ac2inf23.html](http://www.unece.org/trans/main/dgdb/ac2/ac2inf23.html). 14 Aralık 2022.
- Yahşi, M., 2015. Denizde Emniyet Ders Notları, Fatsa Deniz Bilimleri Fakültesi. Ordu Üniversitesi.
- Yamazaki, Y., 1997. Report on Marine Education and Simulators in Europe and America, Bulletin of The Japan Institute of Navigation, 131, 26-36.
- Yan, K., Zhang, S., Oh, J. ve Seo, D. W. 2022. A Review of Progress and Applications of Automated Vacuum Mooring Systems. Journal of Marine Science and Engineering, 10, 8, 1085.
- Yang, K. U., Hur, J. G., Choi, M. S., Yeo, D. J. ve Byun, J. H. 2017. Study on ship automatic berthing system with mooring lines. China Ocean Engineering, 31, 1, 19-29.
- Yang, X., Yin, Y. ve Lian, J.-J., 2019. Numerical study on the hydrodynamic performance of the semi-spade rudder and propeller, Advances in Mechanical Engineering, 11, 1, 1-18.
- Yazir, D., 2022. Application of IF-TOPSIS method on fixed fire fighting systems for cargo hold fires on the dry/bulk cargo ships. Ocean Engineering, 260, 111891.
- Yazir, D., Sahin, B. ve Alkac, M., 2021. Selection of an Inert Gas System for the Transportation of Direct Reduced Iron. Mathematical Problems in Engineering, 2021, 8529724.
- Yu, D. ve Pan, T. 2021. Tracing knowledge diffusion of TOPSIS: A historical perspective from citation network. Expert Systems with Applications, 168, 114238.
- Zadeh, L. A., 1996. Fuzzy sets, fuzzy logic, and fuzzy systems: selected papers by Lotfi A. Zadeh, Advances in Fuzzy Systems – Application and Theory, World Scientific, 6, 394-432. ISBN:978-981-02-2422-6.
- Zamakonayards, Safety Guide for Mooring Practice of Offshore Vessels <https://www.zamakonayards.com/en/safety-guide-for-mooring-practice-of-offshore-vessels>. 26 Şubat 2022.
- Zhang, L., Zhan, J., Yao, Y. 2020. Intuitionistic fuzzy TOPSIS method based on CVPIFRS models: an application to biomedical problems. Information Sciences, 517, 315-339.
- Zorba, Y., 2007. Ship Maneuvering Lecture Notes, Dokuz Eylül University, Deck Department, İzmir, Turkey.

## 8. EKLER

### Ek 1. Araştırma Anketi

#### Mevcut ve Otomatikleştirilmiş Rıhtım Yanaşma Sistemlerinin SWOT Analizi ve En Uygun Yanaşma Sistemin Sezgisel Bulanık TOPSIS Yöntemi ile Belirlenmesi

Araştırmayı Yapacak Olan Akademik Personel

Karadeniz Teknik Üniversitesi

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Devran YAZIR

Araştırmacı : Arş. Gör. Yunus Emre NAZLIGÜL

Yapılacak olan "Mevcut ve Otomatikleştirilmiş Rıhtım Yanaşma Sistemlerinin SWOT Analizi ve En Uygun Yanaşma Sistemin Sezgisel Bulanık TOPSIS Yöntemi ile Belirlenmesi" başlıklı tez araştırmasında otonom gemi sistemlerinin önayağı olarak kabul edilen otonom yanaşma sistemi unsurlarından biri olan rıhtımdaki yanaşma sistemlerinin birbirleri ile karşılıklı olarak kıyaslanması amaçlanmaktadır.

Bu ankette "Gemilerde En uygun yanaşma sistemi" sorusuna cevap aranmaktadır. Sizlerin çok değerli katılımlarınız ve cevaplarınız için teşekkür ederiz.

#### 1) Uyuğuunuz

T.C.

Yabancı Uyruk .....(Lütfen belirtiniz)

#### 1) Cinsiyetiniz

Kadın

Erkek

Ek 1'in devamı

## 2) Yaşınız

- 18-24
- 25-31
- 32-38
- 39-45
- 46-52
- 53-59
- 60+

## 3) Eğitim Düzeyiniz

- İlkokul
- Ortaokul
- Lise
- Lisans
- Yüksek Lisans
- Doktora

## 4) Denizcilik mesleğinde toplam çalışma yılınız

- 0-3
- 3-6
- 6-11
- 12-17
- 18-23
- 24-29
- 30+

Ek 1'in devamı

### 5) Çalıştığınız Pozisyon

- Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Çalışanı
- Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü Çalışanı
- Liman Başkanı
- Liman Personeli
- Denizcilik Şirketi Genel Müdürü
- Denizcilik Şirketi Teknik Müdürü
- Denizcilik Şirketi DPA
- Tersane Müdürü
- Tersane Çalışanı
- Gemi İnşa Mühendisi
- Akademisyen
- Kılavuz Kaptan
- Römorkör Kaptanı
- Römorkör Tayfası
- Kaptan
- Birinci Zabit
- İkinci Zabit
- Üçüncü Zabit
- Güverte Stajyeri
- Güverte Lostromosu
- Usta Gemici
- Gemici
- Diğer .....(Lütfen Belirtiniz)

### 6) Otomatikleştirilmiş yanaşma sistemleri (automated mooring systems) hakkında bilgi sahibi misiniz?

- Evet
- Hayır

Ek 1'in devamı

**7) İleride, gemilerdeki Otomatikleştirilmiş Rıhtım Yanaşma Sistemlerinin, mevcut Konvansiyonel Yanaşma Sisteminin yerini alabileceğini düşünüyor musunuz?**

- Evet  
 Hayır  
 Diğer .....(Lütfen Belirtiniz)

**8) Eklemek istediğiniz bir şeyler var mı? Dilek ve önerileriniz? (İsteğe bağlı)**

.....





































## Ek 2. Etik Kurul Raporu



GİZLİ

T.C.

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ  
Hukuk Müşavirliği

18.05.2022 14:17  
E-82554930-050.01.04-243460  
03480643

Sayı : E-82554930-050.01.04-243460-2942  
Konu : Dr. Öğr. Üyesi Devran YAZIR'ın Etik  
Kurul Kararı

18.05.2022

İlgi : 16.05.2022 tarihli ve E-26014373-050.01.04-242510 sayılı yazı.

### Dr. Öğr. Üyesi Devran YAZIR

KTÜ-Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi öğretim üyelerinden Dr. Öğr. Üyesi Devran YAZIR'ın "**Mevcut ve Otomatikleştirilmiş Rıhtım Yanaşma Sistemlerinin SWOT Analizi ve En Uygun Yanaşma Sistemin Sezgisel Bulanık TOPSIS Yöntemi ile Belirlenmesi**" adlı çalışmada kullanmak için gerekli olan Etik Kurul İncelemesi yapılmış ve başvuruza onay verilmiştir. Bilgilerinize ve gereğini rica ederim.

Prof. Dr. Akif CİNEL  
Rektör Yardımcısı

Ek: Dr. Öğr. Üyesi Devran YAZIR'ın Etik Kurul Kararı (Sayfa 5)

Bu belge güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.  
Doğrulama Kodu: 332B891C-8D31-4D5A-9645-B36E815B6AF0  
Doğrulama Adres: <https://www.turkiye.gov.tr/karadeniz-teknik-universitesi-ebys>

61080 – Trabzon /  
TÜRKİYE  
Tel: 04623772107

Faks: 04623774399

[www.ktu.edu.tr](http://www.ktu.edu.tr)

Ayrıntılı Bilgi İçin İrtibat  
Belgin ŞEN  
[hukukmusavirligi@ktu.edu.tr](mailto:hukukmusavirligi@ktu.edu.tr)

Sayfa  
1 / 1



## ÖZGEÇMİŞ

İlköğretim eğitimini Yekta Baydar İlköğretim Okulu'nda ve lise öğrenimini Keşan Anadolu Lisesinde tamamladı. 2018 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Bölümü'nde lisans öğrenimini tamamlayarak Uzakyol Vardiya Zabiti ehliyeti aldı. 2020 yılında Anadolu Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme Lisans Programı'ndan mezun oldu. Aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı. 2021 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı. Aynı yıl Anadolu Üniversitesi İşletme Anabilim Dalı Pazarlama Yönetimi Tezsiz Yüksek Lisans Programı'na ve Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Felsefe Lisans Programı'na başladı. 2022 yılında Selection of Desalination System for Commercial Vessels by Implementing Improved Intuitionistic Fuzzy TOPSIS Method adlı makalede yazar olarak görev aldı. Yazar iyi seviyede İngilizce bilmektedir.