KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DENİZ ULAŞTIRMA İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KILAVUZ KAPTANLI GEMİ KAZALARININ ANALİZİ

DOKTORA TEZİ

Refik CANIMOĞLU

MAYIS 2025
TRABZON

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KILAVUZ KAPTANLI GEMİ KAZALARININ ANALİZİ

Refik CANIMOĞLU
ORCID : - - -

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce
"DOKTOR (DENİZ ULAŞTIRMA İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ)"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih :25 /05 /2025
Tezin Savunma Tarihi :22 /05 /2025

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Umut YILDIRIM
ORCID : - - -

Trabzon 2025

ÖNSÖZ

Bu çalışma HFACS ve ARM yöntemleri kullanılarak kılavuz kaptanlı gemi kazalarının sebeplerinin araştırılması, bu sebepler arasındaki ilişkilerin ortaya konması ve kazalara sebep olan hataların önüne geçilmesi için çözüm önerilerinin sunulması amacıyla Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Programı'nda Hazırlanmıştır.

Tez çalışmam boyunca hiçbir desteğini esirgemeyen ve bilim insanı olma yolundaki ilk adımlarımı atarken kıymetli bilgileriyle ve tecrübesiyle yolumu aydınlatan danışmanım Sayın Doç. Dr. Umut YILDIRIM'a teşekkürlerimi ve minnetimi sunarım. Ayrıca, yapıcı eleştirileri ve önerileri ile tezime büyük katkıları bulunan saygıdeğer Öğretim Üyeleri Sayın Prof. Dr. Muhammet BORAN'a ve Sayın Doç. Dr. Hasan ÖLMEZ'e saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışması süresinde hiçbir yardımdan kaçınmayan ve daima yanımda olan değerli arkadaşım Seyid Mahmud Esad DEMİRCİ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen ve bu zorlu süreçte her an yanımda hissettiğim sevgili aileme ve değerli vakitlerini ayırarak görüşlerini paylaşıp çalışmalarıma katkı sunan değerli uzmanlara çok teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasının bundan sonraki çalışmalara katkı sağlamasını temenni ederim.

Refik CANIMOĞLU
Trabzon 2025

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora tezi olarak sunduğum “Kılavuz Kaptanlı Gemi Kazalarının Analizi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Umut YILDIRIM’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. 22/05/2025

Refik CANIMOĞLU

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ IV
İÇİNDEKİLER V
ÖZET VII
SUMMARY VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ IX
TABLOLAR DİZİNİ X
KISALTMALAR LİSTESİ XI
1. GENEL BİLGİLER 1
1.1. Giriş 1
1.2. Deniz Kazaları 3
1.3. Literatür Taraması 7
1.3.1. Çatışma Kazaları Literatürü 8
1.3.2. Çatma Kazaları Literatürü 10
1.3.3. Karaya Oturma Kazaları Literatürü 11
1.3.4. Kılavuz Kaptanlı Gemi Kazaları Literatürü 13
1.4. HFACS Yöntemi ve Deniz Kazalarının Analizinde Kullanımı 16
1.4.1. Deniz Kazalarında HFACS-MA 20
1.5. Birliktelik Kuralı Madenciliği (ARM) 24
1.5.1. Denizcilik Literatüründe ARM 28
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR 33
2.1. Çalışmanın Aşamaları 33
2.2. Çalışmanın Veri Seti 38
3. BULGULAR 39
3.1. Çatışma Kazaları 39
3.2. Çatma Kazaları 50
3.3. Karaya Oturma Kazaları 61
4. TARTIŞMA 72

4.1. Çatışma Kazaları 74
4.2. Çatma Kazaları 77
4.3. Karaya Oturma Kazaları 79
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 82
6. KAYNAKLAR 87
ÖZGEÇMİŞ

Doktora Tezi

ÖZET

KILAVUZ KAPTANLI GEMİ KAZALARININ ANALİZİ

Refik CANIMOĞLU

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Umut YILDIRIM
2025, 96 Sayfa

Kılavuz kaptanlık, denizyolu taşımacılığında seyir emniyetini sağlamada önemli bir rol oynamaktadır. Kılavuz kaptanlar yerel su yolları, akıntılar ve hava koşulları hakkında derinlemesine bilgiye sahiptir ve gemileri karmaşık su yollarında emniyetli bir şekilde yönlendirirler. Ancak, kılavuzluk sularında deniz kazaları halen yaşanmakta ve çevre kirliliği, can kayıpları ve maddi kayıplar dahil olmak üzere ciddi çevresel, ekonomik ve operasyonel hasara yol açabilmektedir. Bu nedenle, kılavuzluk operasyonlarında sürekli iyileştirmeler yapılması bu riskleri en aza indirmek için hayati önem taşımaktadır. Bu çalışmada, HFACS metodolojisi ve ARM'de Apriori algoritmasının birlikte kullanılmasıyla, kılavuz kaptanlarla seyir yapan gemilerde karaya oturma, çatışma ve çatma kazalarının oluşumuna sebebiyet veren faktörler ve gemi özellikleri incelenmiş ve faktörler arasında güçlü birliktelik kuralları elde edilmiştir. Çalışmamızın bulguları, çatışma kazalarında en yüksek frekans değerine sahip kök sebeplerin sırasıyla gemiler arası iletişim eksikliği, doğru manevrayı öngörememek ve durumsal farkındalık eksikliği olduğunu ortaya koymaktadır. Çatma kazalarının sonuçları incelendiğinde kılavuz kaptan-gemi iletişim sorunları, manevra planlama hataları ve doğru manevrayı öngörememek faktörlerinin kaza oluşumlarında en yüksek frekans değerine sahip olduğu görülmektedir. Karaya oturma kazalarında kılavuz kaptan-gemi iletişim sorunları, durumsal farkındalık eksikliği ve uygunsuz sefer planı kaza sebepleri arasında en sık görülen kaza faktörleridir. HFACS yöntemiyle elde edilen sonuçlar ARM yöntemiyle değerlendirilmiş ve her kaza tipi için kaza faktörleri arasındaki önemli ilişkiler tespit edilmiştir. Elde edilen kurallar literatürle karşılaştırılmış ve kaza riskinin minimuma indirilmesi amacıyla alınabilecek tedbirler hakkında öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kılavuz Kaptan, Gemi Kazaları, HFACS, ARM, Apriori Algoritması

PhD Thesis

SUMMARY

INVESTIGATION OF MARITIME ACCIDENT CAUSATIONS ON SHIPS NAVIGATING WITH PILOTS

Refik CANIMOĞLU

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Maritime Transportation and Management Engineering Graduate Program
Supervisor: Assist. Prof. Dr. Umut YILDIRIM
2025, 96 Pages

Pilotage is crucial for maintaining navigational safety in the shipping industry. Pilots possess extensive expertise in local waterways, currents, and meteorological conditions, enabling them to maneuver vessels safely through complex waterways. Nonetheless, maritime incidents continue to occur in pilotage waters, resulting in significant environmental, economic, and operational damage, including pollution, fatalities, and material losses. Consequently, ongoing enhancements in pilotage procedures are essential to mitigate these hazards. This study utilized the HFACS methodology and the Apriori algorithm in ARM to analyze the factors and ship features that contribute to grounding, collision, and contact accidents in vessels operating with pilots, enabling the identification of strong association rules among these factors. The results of our study indicate that the most prevalent root causes of collision accidents are, in order, inadequate communication between vessels, inability of predicting the appropriate maneuver, and deficiency in situational awareness. Analysis of collision accident outcomes reveals that issues in pilot-ship communication, errors in maneuver planning, and inability of predicting the appropriate maneuver are the most prevalent factors in accident occurrences. Pilot-ship communication issues, poor situational awareness, and inadequate voyage planning are the most frequent reasons contributing to grounding accidents. The outcomes derived from the HFACS approach were assessed using the ARM method, revealing substantial correlations among accident factors for each type of accident. Finally, the derived rules were compared with existing literature, and recommendations were proposed to mitigate accident risk.

Key Words : Maritime Pilotage, Maritime Accidents, HFACS, ARM, Apriori Algorithm

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. HFACS yapısı 18
Şekil 2. HFACS-MA yapısı 20
Şekil 3. Çalışmanın akış şeması 37
Şekil 4. Çatışma kazaları 4. seviye baskın faktörler frekans grafiği 42
Şekil 5. Çatışma kazası 4. seviye faktörleri birliktelik kuralları dağılım grafiği 46
Şekil 6. Çatışma kazası 4. seviye kurallar ağı 47
Şekil 7. Çatma kazaları 4. seviye baskın faktörler frekans grafiği 53
Şekil 8. Çatma kazası 4. seviye faktörleri birliktelik kuralları dağılım grafiği 57
Şekil 9. Çatma kazası 4. seviye kurallar ağı 58
Şekil 10. Karaya oturma kazaları 4. seviye baskın faktörler frekans grafiği 64
Şekil 11. Karaya oturma kazası 4. seviye faktörleri birliktelik kuralları dağılım grafiği .. 68
Şekil 12. Karaya oturma kazası 4. seviye kurallar ağı 69

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Avrupa'da kaza tipine göre gemi kazası istatistikleri 4
Tablo 2. Çalışmada kaza raporları kullanılan kaza araştırma kurumları 33
Tablo 3. Karaya oturma ve çatışma kaza analizine katkı sunan uzmanlar 34
Tablo 4. Çatma kaza analizine katkı sunan uzmanlar 35
Tablo 5. Örnek kaza sebepleri 36
Tablo 6. Kaza tiplerine ait incelenen araştırma raporlarının veritabanları. 38
Tablo 7. Çatışma kazalarına ait HFACS-MA yapısı 40
Tablo 8. Çatışma kazaları seviye 4 birliktelik kuralları 48
Tablo 9. Çatma kazalarına ait HFACS-MA yapısı 51
Tablo 10. Çatma kazaları seviye 4 birliktelik kuralları 58
Tablo 11. Karaya Oturma kazalarına ait HFACS-MA yapısı 62
Tablo 12. Karaya oturma kazaları seviye 4 birliktelik kuralları. 69
Tablo 13. Kaza tiplerine göre en sık görülen kök sebepler. 72

KISALTMALAR LİSTESİ

AHP	: Analitik Hiyerarşi Süreci (Analytical Hierarchy Process)
ARM	: Birliktelik Kuralı Madenciliği (Association Rule Mining)
BN	: Bayes Ağları (Bayesian Network)
BRM	: Köprüüstü Kaynak Yönetimi (Bridge Resource Management)
BTM	: Köprüüstü Ekip Yönetimi (Bridge Team Management)
CN	: Kompleks Ağ Analizi (Complex Network)
COLREG	: Denizde Çatışmayı Önleme Yönetmeliği (Collision Regulations)
CPA	: En Yakın Yaklaşma Mesafesi (Closest Point of Approach)
DTO	: Deniz Ticaret Odası
ECDIS	: Elektronik Harita Gösterim ve Bilgi Sistemi (Electronic Chart Display and Information System)
EMSA	: Avrupa Denizcilik Emniyet Ajansı (European Maritime Safety Agency)
FTA	: Hata Ağacı Analizi (Fault Tree Analysis)
FSA	: Formal Emniyet Değerlendirmesi (Formal Safety Assessment)
GISIS	: Küresel Entegre Denizcilik Bilgi Sistemi (Global Integrated Shipping Information System)
HFACS	: İnsan Hatası Analiz ve Sınıflandırma Sistemi (Human Factor Analysis and Classification System)
HFACS-MA	: İnsan Hatası Analiz ve Sınıflandırma Sistemi – Denizcilik Kazaları (Human Factor Analysis and Classification System – Maritime Accidents)
ICS	: Uluslararası Denizcilik Odası (International Chamber of Shipping)
IMO	: Dünya Denizcilik Örgütü (International Maritime Organization)
ISM	: Emniyet Yönetim Kodu (International Safety Management)
KDD	: Veritabanında Bilgi Keşfi (Knowledge Discovery in Databases)
LHS	: Sol Taraf (Left Hand Side)
MAIB	: Deniz Kazası Araştırma Kurulu (Marine Accident Investigation Branch)
MCA	: Çoklu Uyum Analizi (Multiple Correspondence Analysis)
MLC	: Denizcilik Çalışma Sözleşmesi (Maritime Labour Convention)
P&I	: Koruma ve Tazmin Sigorta Kulübü (P&I Club)
RHS	: Sağ Taraf (Right Hand Side)
SLIM	: Başarı Olasılık İndeks Yöntemi (Success Likelihood Index Method)

SMCP	: Standart Denizcilik İletişim Kalıpları (Standard Marine Communication Phrases)
STAMP	: Sistem Teorik Kaza Modeli ve Süreç (Systems theoretic accident model and process)
STCW	: Gemi Adamlarının Eğitim Belgelendirme ve Vardiya Tutma Standartları (Standards of Training Certification and Watchkeeping)
VHF	: Çok Yüksek Frekans (Very High Frequency)
VTS	: Gemi Trafik Servisleri (Vessel Traffic Services)
4-MOP	: 4M Ters Çevrilmiş Piramit Yöntemi (4M Overturned Pyramid)

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Ekonomide küreselleşmenin büyüyerek yayılmasının bir sonucu olarak deniz taşımacılığı taşıma hacmini sürekli artırarak emtia ticaretinde dünya çapındaki en önemli ulaşım aracı haline gelmiştir (Wang vd., 2019). Denizyolu taşımacılığı, dünya ticaret hacminin %83'lük kısmını karşıladığı için global ticaretin sürdürülebilirliği açısından denizyolu taşımacılığının emniyeti büyük önem taşımaktadır (DTO, 2024). Gemi kazalarının yoğun trafik ve kısıtlı sular sebebiyle liman manevraları ve kısıtlı sularda seyir esnasında gerçekleşmesi daha olasıdır (Yildiz vd., 2022). Deniz taşımacılığının son yıllarda çok büyük oranlarda büyüme kaydetmesi özellikle dar kanallar, boğazlar, seyir yapılan nehirler ve liman bölgelerinde deniz trafiğinin katlanarak büyümesini sağlamıştır (Wu vd., 2020). İstatistiklere göre 500 groston üzeri gemi sayısı son 10 yılda %25,12 oranında artarken bu gemilerin groston olarak büyüme oranı aynı periyot için %46,53 olmuştur. Bu istatistikler gemi sayısı ile birlikte gemi boyutlarının da arttığını göstermektedir ve bu durum manevraları daha riskli hale getiren bir etken olarak karşımıza çıkmaktadır (Westrenen, 1995). Büyüyen gemi boyutları ve yoğunlaşan deniz trafiği özellikle kısıtlı sularda deniz kazaları riskini arttıran faktörlerdir (Wild, 2011; Lappalainen vd., 2014; Sánchez vd., 2021). Kısıtlı sularda seyir veya manevra yapan gemilere bölgeyi iyi bilen, risklere ve tehlikelere hakim bir kılavuz kaptanın desteği bu bölgelerde risklerin azaltılması noktasında önemli bir yere sahiptir. Deniz kazalarının yoğun yaşandığı bu bölgelerde sorunun çözümüne katkı sunma potansiyeline sahip çalışmamız global ticaretin sürdürülebilirliği ve denizcilik emniyetinin arttırılması noktasında sektöre katkı sağlayacaktır.

Liman terminallerinde ve tehlikeli su yollarında deniz kazası risklerini azaltmak için çoğu yetkili otorite gemilerin emniyetli geçişini sağlamak amacıyla kendi sorumluluk alanlarında seyir sırasında kılavuzluk uygulamasını zorunlu kılmıştır (Wu vd., 2020). Kılavuzluk, bilgi ve deneyim sağlaması sebebiyle denizyolu taşımacılığı için kritik öneme sahip bir meslektir (Hontvedt, 2015; Park vd., 2019). Kılavuz kaptanlar, öngörülemeyen hava koşulları, akıntılar ve yoğun trafik nedeniyle zorlu koşullar yaratabilen kıyı sularında seyir yaparken gemi mürettebatıyla birlikte çalışırlar (Aydin vd., 2022). Kılavuz kaptanlar

genel olarak operasyonu yönettikleri ve yerel liman otoriteleri, römorkörler, gemi trafik servisleri ve manevra ekipleriyle koordinasyonu ve iletişimi sağladıklarından kılavuzluk hizmetinin ana bileşeni kabul edilirler (Uğurlu vd., 2017). Kılavuz kaptanların ana görevleri gemilerin tehlikeli bölgelerden geçişi esnasında gemi hızını ve dümen komutlarını yöneterek ve sığlık, akıntı, rüzgar, gemi trafiği, geminin manevra karakteristiği gibi etkenleri de dikkate alarak geminin emniyetli seyrini ve manevrasını sağlamaktır (Westrenen, 1996). Kılavuz kaptanların seyir yapılan bölgenin özelliklerine hakim oldukları düşünülebilir (Camliyurt vd., 2022). Bunun yanında gemi kaptanları geminin manevra karakteristiği, personel özellikleri gibi konularda kılavuz kaptanlardan daha bilgili olacaktır. Bu durum göz önüne alındığında gemi kaptanı ve kılavuz kaptanın birbirlerinin hareket ve komutlarını kontrol etmeleri ve mevcut durum için bu kararların uygun olup olmadığını değerlendirmeleri geminin emniyetli idaresi için pozitif etki yaratacaktır (Gard P&I, 2014; Standard P&I Club, 2016). Bu durum göz önünde bulundurulduğunda kaptan ve kılavuz kaptan arasındaki işbirliğinin gerekli önlemlerin alınmasını sağlayarak tehlikeli sularda seyrederken deniz kazaları riskini azaltacağı sonucuna varılabilir. Kılavuzluk servisinin kullanılmasının karaya oturma, çatma, çatışma gibi kaza risklerini azalttığı bilinen bir gerçek olmasına rağmen kazalar halen gerçekleşmektedir. Kılavuz kaptanla seyir yapan gemilerin deniz kazalarına karışması son zamanlarda denizcilik literatüründe popüler bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır (Wu vd., 2020). Kılavuz kaptanla seyrin karmaşık yapısı son yıllarda araştırmacıları denizciliğin emniyetini arttırmak amacıyla araştırma yapmaya ve denizde emniyeti arttırmak için öneriler ve teknikler geliştirmeye yöneltmiştir. Teknolojinin gelişmesi, denizcilik alanındaki yenilikler ve gelişmeler, emniyetin arttırılması için geliştirilen yeni kurallar ve daha birçok gelişmeye rağmen denizcilik kaza istatistikleri bu önlemlerin yetersiz kaldığını ve kaza oluşum oranını iyileştirici etkilerinin çok kısıtlı kaldığını göstermektedir (Ćorović ve Djurović, 2013; Maternova vd., 2023).

Bir kaza, genellikle çeşitli hata ve başarısızlıkların etkileşimidir (Akyuz, 2015; Kaptan vd., 2021b). Deniz seferlerinin başlangıç ve bitiş bölümleri genellikle kılavuz kaptan yardımına ihtiyaç duyulan en kritik aşamalardır (Tunçel vd., 2023a). Bu durumlar aynı zamanda kılavuzluk faaliyetlerini daha karmaşık ve potansiyel olarak tehlikeli hale getirmektedir. Kılavuz kaptanlık, gemilerin limanlara giriş ve çıkışlarında, dar kanallardan ve zorlu su yollarından emniyetli ve etkili geçişini sağlayarak denizcilik endüstrisinde çok önemli bir rol oynamaktadır. Kılavuz kaptanlar, bu bölgelerde gemilerin emniyetli seyir

yapmasını sağlamak için yardım sunarlar (Öztürk vd., 2024). Kılavuz kaptanın yardımı emniyet risklerinin önemli ölçüde azaltılmasını sağlasa da bu riskleri tamamen ortadan kaldırmamaktadır (Oraith vd., 2021).

Deniz kazalarının büyük oranda insan hatası sebebiyle oluştuğu artık birçok otorite tarafından kabul gören bir durumdur. Bu kazaların özellikle dar kanallar, kısıtlı sular ve liman manevraları esnasında daha sık gerçekleştiği bilinen bir gerçektir (Yıldırım vd., 2015). Bu durumda belirtilen bölgelerde yaşanan deniz kazalarının sebeplerini ortaya koyarak problemleri azaltıcı tedbirler geliştirmeye katkı sunmak denizcilik alanında emniyetin ve sürdürülebilirliğin sağlanması için elzemdir. Çalışmamızın hedefi, kılavuz kaptanlı gemilerde gerçekleşen çatışma, çatma ve karaya oturma kazalarının sebeplerini analiz etmek ve bu nedensel faktörler arasındaki ilişkileri ortaya çıkarmaktır. Nedensel faktörlerin ve bunlar arasındaki ilişkinin boyutunun belirlenmesi, kılavuz kaptanlarla seyir ve manevra yapmanın risklerine ışık tutacak ve denizcilik paydaşlarının bu riskleri azaltmak için önlem almasına olanak sağlayacaktır. Çalışmamız 3 ana aşamadan oluşmaktadır; kaza raporları incelenerek kaza sebeplerinin tanımlanması, kaza sebeplerinin HFACS-MA yapısı içinde sınıflandırılması, kaza nedenleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi. Çalışmadan elde edilen çıktılar kılavuz kaptanlı kazalara sebep olan baskın faktörleri ortaya koyarak yetkili kurum ve kuruluşlara kazalara karşı alınabilecek tedbirlerin önceliklendirilmesi konusunda bilgi sağlayacaktır.

1.2. Deniz Kazaları

Uluslararası Denizcilik Örgütü'ne (IMO) göre denizcilik kazası, bir kişinin ölümü veya ciddi şekilde yaralanması, bir geminin kaybı veya kaybolduğunun varsayılması, önemli maddi hasar oluşması veya ciddi çevresel zarar meydana getiren olaylar olarak tanımlanmaktadır (IMO, 2008). Tablo 1, EMSA (Avrupa Denizcilik Emniyet Ajansı) tarafından yayınlanan Avrupa'da gerçekleşmiş denizcilik kazalarına ait istatistikleri vermektedir. Literatürde çatışma, çatma, karaya oturma, yangın ve patlama, batma, alabora olma olayları deniz kazası olarak tanımlanırken; kazaya yakın olay, makine arızası, dümen arızası, yük kaybı, yük kayması, denize adam düşmesi olayları ise geminin, mürettebatın ve çevrenin emniyetini tehdit eden veya edebilecek istenmeyen olaylar olarak tanımlanmaktadır (Eurostat, 2019; Transportation Safety Board of Canada, 2024).

Tablo 1. Avrupa'da kaza tipine göre gemi kazası istatistikleri (EMSA, 2024)

	Çatışma	Çatma	Karaya oturma	Yangın -Patlama	Su alma -Batma	Alabora olma -Yatma
2014	548	302	292	125	72	17
2015	481	329	282	139	74	18
2016	548	276	248	103	47	9
2017	493	341	261	109	63	18
2018	487	315	262	108	45	20
2019	562	343	241	113	53	20
2020	368	327	230	116	54	8
2021	457	349	252	133	52	7
2022	397	332	212	133	46	15
2023	418	348	232	135	42	13

Denizcilik sektörü dünya ticaretindeki etkisi ve gemilerin çevreye ve insana etkileri göz önüne alındığında sürdürülebilir gelecek için büyük önem taşıyan bir sektördür. Bu sebeple denizde meydana gelen kazaların tedarik zincirleri, insan hayatı ve doğal yaşam alanları gibi birçok alanda büyük etkileri olmaktadır. Kazaların nedenleri arasında gemideki teknik sistemlerde meydana gelen arızalardan insan hatalarına kadar geniş bir kazaya sebep olan faktörler ağı mevcuttur. Ancak yapılan araştırmalar en baskın sebebin insan faktörü olduğunu vurgulamaktadır (Özdemir ve Güneroğlu, 2015; Shi vd., 2021;Chowdhury et al., 2024). Denizcilik kazaları konusundaki literatür incelendiğinde insan faktörünün de kendi içinde alt başlıkları olduğu görülmektedir. Denizcilik kazalarının önlenmesi ancak geçmiş kazalardan ve tecrübelerden ders çıkarılması yoluyla mümkündür (Wang ve Fu, 2022). Bu amaçla özellikle son yıllarda insan hatalarını anlamak ve bu hataların altında yatan sebepleri analiz etmek amacıyla deniz kazası incelemeleri önem kazanmıştır. Deniz kaza incelemelerinde özellikle hataların sistematik olarak sınıflandırılarak incelenmesi popüler ve etkili bir yöntemdir. Kaza sebeplerinin sınıflandırılması ve kazaları meydana getiren çeşitli seviyelerde şart ve hataların nasıl oluştuklarının incelenmesi kaza oluşumunu anlamamıza yardımcı olmaktadır.

İletişim eksiklikleri, denizcilik kaza raporları ve literatürde üzerinde sıklıkla durulan bir konudur. Gemi personelinin iletişim ve birlikte çalışma becerilerindeki eksiklikler deniz kazalarının gerçekleşmesine sebep olabilmektedir (Chauvin vd., 2013). Bu durum Hetherington vd. tarafından denizcilik emniyetinin etkili bir şekilde sağlanabilmesi için iletişimin ana bir bileşen olduğu şeklinde tanımlanmıştır (Hetherington vd., 2006). Kılavuz kaptanlı seyir sırasında kaptan-kılavuz kaptan bilgi alışverişi, köprüüstü ekibi ile kılavuz

kaptanın uyumu, anlaşılabilirlik ve dil becerileri gibi iletişimin etkin rol oynadığı birçok durum söz konusudur ve bu aşamalarda yaşanan aksaklıklar gemi kazalarının oluşumuna yol açabilmektedir (MAIB, 2008). Kazalara sebep olabilecek iletişim eksikliği kılavuz kaptanlı gemilerde kılavuz kaptan ile gemi personeli arasındaki iletişimin yanı sıra kılavuz kaptanlar arası ve gemi trafik servis operatörleriyle olan iletişimde de görülebilmektedir (Chauvin vd., 2013). Bir diğer etken ortak dil olarak İngilizce kullanılıyorsa dil becerilerinin zayıflığı sebebiyle yanlış anlaşılmalara ve ifadelere sebep olunabilmesi sonucunda komutların farklı algılanmasıdır. Kazaların birçoğu kılavuz kaptan ile köprüüstü ekibinin yeterli dil becerilerine sahip olması ve etkili bir iletişim kurabilmesi ile önlenebilirdi (Gard P&I, 2006). Gard, kılavuz kaptanlı seyir esnasında yaşanan bir diğer iletişim zorluğunun kaptan ile kılavuz kaptanın bilgi alışverişi yapmasına yeterli zaman bulunmaması olarak tanımlamaktadır (Gard P&I, 2014). Bu durumun sebeplerinden birinin kılavuz kaptanın gemiye katılış noktasının sıklıkla haritada belirtilen ve resmi olarak atanmış bölge yerine limana daha yakın bir noktadan gerçekleştirilmesi olarak belirtilmiştir.

Tek başına emniyetsiz bir eylem olarak görülmeyen fakat emniyetsiz eylemlerin oluşumuna sebep olan alt nedenler denizcilik kazalarının oluşumuna etki eden faktörlerdendir. Yorgunluk, deniz kazalarıyla sonuçlanabilecek insan hatalarına yol açabilecek bir etkendir. Örneğin yorgunluk, ölçülmesi zor bir etken olduğundan kaza raporlarında önemli bir etken olarak tanımlanmaktan genelde kaçınılmaktadır (Grech vd., 2002). Denizcilikte yorgunluğun kazalara ve istenmeyen durumlara katkısının önlenmesi amacıyla gemi personelinin çalışma ve dinlenme saatleriyle ilgili standartlar getirilmiştir (ILO, 2006). Kılavuzluk anında emniyetli gemi operasyonlarına büyük ölçüde etki eden taraflardan olan kılavuz kaptanların yorgunluk seviyesinin geminin emniyetli sevk ve idaresini etkileyeceği değerlendirilmelidir. Karar verme aşamasında tarafların birbiriyle yanlış, eksik veya etkisiz iletişimi, bilgi paylaşımı ve dikkatin başka görev veya uygulamalara yönelmesi durumsal farkındalık konusunda zaaflar doğurabilir. Durumsal farkındalık, sığlıklar, bölgedeki gemi trafiği, olası riskler gibi o an gemi emniyetini etkileyebilecek her konuda çevrede olup biteni kavrama ve olası risklere karşı hazırlıklı olma durumudur (Hetherington vd., 2006). Bu konuda ortaya çıkabilecek sorunlar seyir ve manevra emniyetini büyük ölçüde riske atacaktır. Kılavuzluk esnasında operasyon performansına büyük ölçüde etki edecek olan tarafların durumsal farkındalık durumu karar verme sürecinde önemli bir rol oynayacaktır. Karar verme süreci, olası riskleri tanımlama,

olası çözüm ve seçenekleri anlama ve değerlendirme, her seçenek için riskleri gözden geçirme ve en iyi seçeneği uygulama aşamalarından oluşur ve durumsal farkındalıkla yakından ilgili bir süreçtir. Durumsal farkındalığın zayıf olduğu durumlarda kılavuz kaptanın veya gemi personelinin emniyetli kararlar verme veya emniyetli seçeneklere yönelme olanakları olmayacaktır (Safahani, 2015). Acejo vd. çatışma ve çatma kaza sebeplerini incelediklerinde kazaya sebep olan etkenler içinde en baskın rolün yetersiz gözcülükten kaynaklı emniyet açıklarına ait olduğunu tespit etmişlerdir (Acejo vd., 2018). Aynı çalışmada gözcülük ile ilgili hataları yine emniyetsiz eylemlerin alt nedenleri içerisinde değerlendirilen iletişim eksikliği takip etmiştir.

Emniyetsiz eylemler, genellikle çalışanların bilerek yaptıkları ihlaller veya bilmeden yaptıkları hatalar ile ortaya çıkan emniyet açıklarıdır. Bu hata ve ihlaller insan faktörü kaynaklıdır ve denizcilik kazalarında önemli bir yer tutarlar. Yetersiz eğitim, bilgi eksikliği, yorgunluk, olumsuz psikolojik durum, prosedür ihlalleri, iletişim eksikliği, kurumsal kültür ve ortam gibi birçok etken bu hataların oluşumunda etkilidir. Bu durum, emniyetsiz eylemlerin oluşumunun bir süreç gerektirdiği ve bazı faktörlerin bu süreçte emniyetli operasyon üzerindeki olumsuz etkileri sebebiyle insan hatalarına sebep olduğu anlamı taşımaktadır. Ma vd. (2024) emniyetsiz eylemler içinde bulunan emniyetli hızın uygulanmaması, planlanan rotanın takip edilmemesi, uygunsuz yük bağlama operasyonları gibi etkenlerin deniz kazalarının oluşumuna büyük oranda sebebiyet verdiğini belirtmektedir. Wang ve Hu (2022) tarafından yapılan çalışmada çatışma kazalarında emniyetsiz davranış olarak nitelenen hatalar içinde kazaya etkisine en sık rastlanan davranışlar sırasıyla emniyetsiz hız, manevra ve uyarı bildirimlerinin verilmemesi, uygunsuz kararlar verilmesi, uygunsuz kaza önleyici eylemler ve yetersiz VHF iletişimi olarak listelenmiştir.

Literatür incelendiğinde gemi kazalarına etki eden tüm faktörlerin gemi kaynaklı olmadığı görülmektedir (Mullai ve Paulsson, 2011; Puisa vd., 2018; Acejo vd., 2018). Hava şartları, görüş durumu, akıntı, idarelerin yapı, prosedür ve kural açıkları gibi dış etkenler de kazalarda rol oynayabilmektedir. Bu konularda oluşan emniyet risklerinin ortaya konması ilgili idarenin ek tedbirler alarak emniyeti iyileştirmesini sağlayacaktır. Liman veya su yolu yapısının geçiş yapacak gemilere uygun olmaması, yoğun sis, güçlü akıntılar, gemi operasyon planlamaları, kılavuz kaptan ve römorkör planlamaları gibi etkenlere karşı alınacak tedbir ve iyileştirmeler ilgili idarelerin alacağı tedbirlerle mümkün olacaktır. Puisa vd. (2018) gemi kazalarındaki dış faktörleri klas kuruluşları, gemi ekipman

üreticileri, VTS (gemi trafik servisleri), bayrak devletleri gibi kuruluşlardan kaynaklı etkenler olarak tanımlamıştır. Kural koyma yetkisi olan bu kuruluşların planlama ve kuralları oluşturma hususunda yapacakları hatalar gemi kazalarının oluşumuna sebebiyet verebilecek faktörler arasında değerlendirilmektedir. Denizcilik alanındaki birçok çalışma dış faktörleri ve doğa şartlarını birbirinden ayrı değerlendirmektedir. Mullai ve Paulsson (2011) yaptıkları deniz kazaları analizinde dış faktörlerin kaza oluşumuna sebep olan faktörler içinde etkin rolü oynadığı tespitinde bulunmuşlardır. Aynı çalışmada görüş, deniz durumu, rüzgar gibi etkenler çevre şartları başlığı altında değerlendirilmiş ve dış faktörlerden ayrı olarak ele alınmıştır. Yapılan analizlerde çevresel şartların özellikle çatışma ve karaya oturma kazalarındaki ortak etkisine dikkat çekilmiştir. Acejo vd. (2018) dış etkenleri üçüncü taraf eksiklikleri olarak tanımlamıştır. Yaptıkları çalışmaya göre tüm deniz kazaları ele alındığında kazaya sebep olan faktörlerin %8,4 kadarı üçüncü tarafların hatalarından kaynaklanmaktadır.

Kılavuz kaptanlı gemi kazaları, karmaşık liman sahası, farklı gemilerdeki farklı gemi adamı ve ekipman özellikleri, kılavuz kaptan üzerindeki fiziksel ve psikolojik baskılar, kılavuzluk istasyonu ve denizcilik emniyet otoritelerindeki yönetim faktörleri, iletişim eksiklikleri gibi çeşitli parametrelere odaklanarak birçok araştırmacı tarafından araştırılmıştır (Nuutinen ve Norros, 2009; Zhang vd., 2020; Abreu vd., 2022). Kılavuz kaptan, geminin kritik su yollarındaki seyir, liman varışı, limandan ayrılma gibi operasyonlarda gemi personeline destek sunmak amacıyla kısa süreliğine gemiye katılım sağlamaktadır. Kılavuz kaptanın ve gemi personelinin birbirlerini tanımaması, yetkinliklerini tam olarak bilememesi gibi etkenler göz önüne alındığında kılavuzluk operasyonları kendi içinde bazı riskler barındırmaktadır. Çalışmamız bu risklerin neler olduğunu ve risklerin birbirine etkilerini incelemek amacını taşımaktadır.

1.3. Literatür Taraması

Deniz kazaları, sürdürülebilir deniz taşımacılığı için önemli bir risk unsurudur. Literatürde deniz kazaları kaza tipine göre sınıflandırılmış ve kazalara sebep olan faktörler incelenerek deniz kazalarının azaltılması için öneriler sunulmuştur. Kaza sebeplerinin ve çözüm önerilerinin ortaya konması, kaza oluşumunu azaltmak amacıyla kural koyucu otoriteler, gemi işletme şirketleri ve liman devletleri gibi ilgili tarafların önlem almasını kolaylaştıracağından kazaları azaltıcı bir etki yaratması beklenmektedir.

1.3.1. Çatışma Kazaları Literatürü

Çatışma kazaları büyük oranda birçok faktörün etkisi sonucu meydana gelir. İnsan hatası, çevresel etkiler, teknik arızalar, etkisiz iletişim gibi birçok faktörün bir veya birkaçının bir araya gelmesi çatışma kazalarının oluşumunda etkili bir rol oynayabilmektedir. Bu kazalar sonucunda insan yaşamını, çevreyi ve ticari paydaşları olumsuz etkileyen sonuçlar açığa çıkmaktadır (Demirci vd., 2022). Özellikle tanker gemilerinin bu kazalara karışması petrol veya kimyasal madde sızıntılarının oluşması sebebiyle ekosisteme büyük zararlar verebilmektedir (Uğurlu vd., 2015b). Çevre ve insan hayatı üzerinde böyle büyük riskler barındıran çatışma kazalarının literatürde de sıklıkla araştırıldığı görülmektedir.

Lan vd. (2023b) çatışma kazaları için risk faktörlerini tespit etmek ve kaza şiddetini tahmin etmek için Birliktelik kuralı madenciliği (ARM) ve Kompleks ağ analizi (CN) yöntemlerini kullanarak bir araştırma yapmışlardır. Bu çalışmada iletişim eksikliği, risk değerlendirme yetersizlikleri, denetim eksikliği, gemiler arası iletişim hataları ve emniyetli hızla seyir yapılmaması ana risk faktörlerini oluşturan öğeler olarak tespit edilmiştir. Çalışma, risklerin azaltılması için insan hatalarını ve çevresel etkileri analiz ederek ve gemi operasyonlarında gözetimi ve iletişimi arttıracak prosedürler oluşturarak emniyet uygulamaları geliştirmeyi önermişlerdir.

Antao vd. (2023), gemi çatışma kazalarında riske etki eden faktörleri araştırmışlardır. Gemi yaşı, gemi uzunluğu, gemi tipi, klas kuruluşu, gemi bayrağı ve coğrafi konum bu çalışmada değerlendirilen riski etkileyen faktörlerdir. Sonuç olarak, dar su yollarında çatışma kazalarının oluşmasında gemi tipi ve coğrafi konumun en etkili faktörler olduğu tespit edilmiştir.

Tunçel vd. (2023b) dökme yük ve genel kargo gemileri için çatışma ve karaya oturma kazalarında risk faktörlerini tespit etmek amacıyla risk analizi çalışması yapmışlardır. Çalışma sonucunda çatışma riskini en çok arttıran faktörlerin COLREG kurallarına uyulmaması ve durumsal farkındalık eksikliği olduğu bildirilmiştir.

Uflaz vd. (2023), sınırlı sularda çatışma kazalarına sebep olan riskleri araştırmıştır. Bulguları, yetersiz gözetim, Radar'ın hatalı kullanımı ve COLREG kurallarının uygulanması sırasındaki hataların kısıtlı sularda çatışma kazalarına sebebiyet veren en etkili insan hataları olduğunu göstermektedir.

Ugurlu ve Cicek (2022) çatışma kazalarının temel sebeplerini tespit etmek amacıyla Hata ağacı analizi (FTA) ve Çoklu uyum analizi (MCA) kullanmışlardır. Çalışmada çatışma kazalarının nedenleri incelenen çatışma kazalarından FTA yöntemiyle elde edilmiş ve nedenler arasındaki ilişkiler MCA yöntemiyle saptanmıştır. Analizler sonucunda çatışma kazalarının %94,7'sinin insan hatası kaynaklı olduğu tespit edilmiştir. COLREG (Denizde Çatışmayı Önleme Yönetmeliği) kural ihlallerinin, durumsal farkındalık eksikliğinin, seyir yardımcılarının hatalı kullanımının ve manevra hatalarının kazaya sebep olan en kritik faktörler olduğu belirtilmiştir. Ugurlu ve Cicek, risklerin azaltılması için eğitim içeriğinin geliştirilmesi, otonom sistemlerin yaygınlaştırılması, personelin iş yükünün iyileştirilmesi ve dil bariyerinin aşılması amacıyla Standart Denizcilik İletişim Kalıplarının (SMCP) kullanılmasını önermişlerdir.

Aydin vd. (2021), Bulanık bayes ağlarını kullanarak dar kanallarda gemi çatışma kazalarının risk faktörlerini araştırmıştır. Çalışmaları, dar su yollarında gemi çatışma olasılığının arttığını ve en yüksek risk faktörünün gemiler arasındaki yetersiz iletişim olduğunu ortaya koymuştur. İkinci ve üçüncü en yüksek risk faktörleri sırasıyla yetersiz ISM (Emniyetli yönetim sistemi) prosedürü uygulaması ve yetersiz köprüüstü personeli olarak rapor edilmiştir.

Uğurlu vd. (2020) Karadeniz'de meydana gelen çatışma, karaya oturma ve batma kazalarını analiz etmek için HFACS ve Bayes ağlarını kullanmıştır. Araştırmada, kazaların büyük çoğunluğunun boğazlar ve liman alanları gibi kıyı bölgelerinde meydana geldiği ortaya çıkmıştır. Çatışma-çatma kazalarına ilişkin bulgularda, kazalara yol açan en etkili faktörlerin dış koşullar ve liman sahasında seyir hataları olduğu tespit edilmiştir.

Korcak ve Balas (2020), çatışma kazalarının olasılığını azaltmak amacıyla İstanbul Boğazı'nda daha iyi bir geçiş programı için neler yapılabileceği konusunda araştırma yapmıştır. Araştırma, boğaz geçiş planlamasının çatışma olasılığını azaltmada veya artırmada önemli bir etkiye sahip olduğu sonucuna varmıştır.

Martins ve Maturana (2013) Bayes ağları (BN) yöntemini kullanarak tanker tipi gemilerde çatışma kazalarında insan hatası kaynaklı riskleri belirlemeyi hedeflemiştir. Çalışmaya göre gözcülük hataları, radar kullanma hataları, iletişim eksiklikleri, yorgunluk ve kurumsal kültür eksikliklerinin tankerlerde çatışma riskini en çok arttıran insan faktörleri olduğu tespit edilmiştir. Çalışma, eğitim programlarında iyileştirmeler, standartlaştırılmış prosedürler ve acil durum planlarının etkinliğinin arttırılması üzerinde yapılacak çalışmalar ile risklerin azaltılabileceğini belirtmektedir.

1.3.2. Çatma Kazaları Literatürü

Denizcilik dilinde çatma kazası, bir gemi ile çatışma veya karaya oturma olarak sınıflandırılanlar dışında iskele, şamandıra, başka bir gemi veya yapı gibi sabit veya yüzen bir cisim arasındaki fiziksel teması ifade eder (Wang vd., 2021). Çatma kazalarının ciddiyeti, gemilere veya yapılara minimum düzeyde zarar veren küçük olaylardan, ciddi hasara, yaralanmalara ve hatta ölümlere neden olan büyük kazalara kadar değişebilir (Weng ve Guorong, 2019). Bu kazalar, seyir hataları, olumsuz hava koşulları, ekipman arızası, insan hatası veya bu faktörlerin bir kombinasyonu gibi çeşitli faktörler nedeniyle meydana gelebilir (Akten, 2006). Çatma kazaları da dahil olmak üzere deniz kazaları, gemilere, yüke, çevreye ve mürettebat ile yolcuların emniyetine zarar verme potansiyeli nedeniyle denizcilik operasyonlarında önemli bir endişe kaynağıdır (Yildirim vd., 2015). Literatürde çatma ve çatışma kazalarının nedensel faktörlerinin genellikle birlikte incelendiği görülmektedir (Sui vd., 2023; Bogalecka, 2024). Fakat çatışma kazalarının hareketli en az iki gemi arasında, çatma kazalarının ise hareketli bir gemi ve üzerinde yol olmayan sabit bir yapı arasında gerçekleştiği dikkate alındığında bu kaza tiplerinin birbirlerinden bağımsız değerlendirilmesi kaza analizlerini daha etkili yapacaktır.

Bhardwaj vd. (2024) yaptıkları çalışma ile gemilerin petrol platformlarına çatma kazalarının nedenlerini incelemeyi amaçlamıştır. Yapılan çalışmada çeşitli kaza araştırma birimlerinin yayınladığı 557 adet kaza raporu incelenmiş ve insan hataları, dış faktörler ve ekipman arızaları kaza sebeplerinin temel nedenleri olarak gruplanmıştır. Araştırmanın bulgularına göre çatma kazalarına etki eden sebeplerin oransal dağılımı %30 insan hatası, %22 ekipman arızası, %15 çevresel faktörler şeklinde sunulmuştur. Bunların dışında kalan faktörlerin kaza inceleme raporlarında yeterince detay sunulmaması sebebiyle sınıflandırılamayan faktörlerden oluştuğu belirtilmiştir. Ayrıca insan hataları içinde en büyük hata kaynağının %75 oran ile yanlış karar alma olduğu ve bu faktörü %10,8 oranla operatör hatasının izlediği belirtilmiştir. Dış faktörler ele alındığında en büyük hata kaynağı %82 oranla olumsuz hava şartları olarak tespit edilmiştir. Ekipman arızaları grubunda ise makine arızası ve makine gücü ile ilgili olumsuzluklar sırasıyla %21 ve %10 ile en büyük hata kaynağı olarak tespit edilmiştir.

Bogalecka (2024), gemi yaşı, gemi tipi, olay yeri ve gemiye, çevreye ve insanlara etkilerini dikkate alarak çatışma ve çatma kazalarının istatistiklerini araştırmıştır. İlgili veriler Küresel Entegre Denizcilik Bilgi Sistemi (GISIS) veri tabanında 2004-2021 yılları

arasındaki deniz kazası inceleme raporlarından toplanmıştır. Araştırma, kazaların yüzde 7'sini çatma kazalarının oluşturduğunu göstermektedir. Çatma kazaları en sık sırasıyla limanda, liman yaklaşımı sırasında ve nehirde meydana gelmektedir. Sonuç olarak araştırma, etkili iletişimin, emniyetli seyrüsefer uygulamalarının ve denizde kazaları önlemek için belirlenen kural ve prosedürlere uymanın bu tür kazaları azaltmanın kilit noktaları olduğunu göstermektedir.

Uğurlu vd. (2018) kaza raporlarından yolcu gemilerindeki 70 çatma ve çatışma kazasını incelemiş ve İnsan faktörü analizi ve sınıflandırma sistemini (HFACS) kullanarak nedensel faktörleri kategorize etmişlerdir. Sonuç olarak, denizcilerin emniyetsiz davranışlarının %35,01 oranla kaza nedenleri üzerinde en büyük etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Ece (2012), İstanbul Boğazı'nda meydana gelen gemi kazalarını analiz etmek amacıyla bir araştırma yapmıştır. Sonuç olarak çatma kazalarının tüm kazaların %11,2'sini oluşturduğu tespit edilmiştir. Kazaların en büyük nedeninin insan hatası olduğu, bunu akıntı ve kötü hava koşullarının takip ettiği belirlenmiştir. Araştırma, insan hatasını azaltmak amacıyla, gemilerin özellikle kötü hava ve güçlü akıntı durumlarında kılavuz kaptan görevlendirmesinin teşvik edilmesini önermektedir.

1.3.3. Karaya Oturma Kazaları Literatürü

Çağdaş köprüüstü ekipmanları, yeni teknolojiler ve geliştirilmiş emniyet önlemleri uygulanmasına rağmen deniz kazaları meydana gelmeye devam etmektedir. Bu nedenle, gelecekte meydana gelmelerini önlemek için bu olayların nedenlerini analiz etmek çok önemlidir (Yıldırım vd., 2015). Gemilerin karaya oturmasına sebebiyet veren ana değişkenlerin analizi, yetkililerin denizcilik alanında yaşanan en yaygın kaza türleri arasında yer alan bu kazalara karşı önleyici tedbirler uygulaması için oldukça önemlidir. Fu vd., Arktik nakliyesinde karaya oturma kazası nedensel faktörlerini analiz etmiştir (Fu vd., 2022). Bulgular, uygunsuz trafik durumu, zayıf durumsal farkındalık ve seyir teknolojisinin etkisiz kullanımının karaya oturma kazalarına önemli derecede sebebiyet verdiğini göstermektedir.

He vd. (2022) denizcilerin gemi karaya oturma olaylarına yol açan emniyetli olmayan eylemlerindeki çok sayıda değişkenin karmaşık ilişkisini ve nedenselliğini belirlemek için bir araştırma yapmıştır. Bulgular, kurumsal faktörlerin denizciler arasında

emniyetli olmayan eylemlerin kaza oluşum sebepleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Dahası, emniyetli olmayan eylemleri doğrudan etkileyen tek değişken, emniyetli olmayan eylemlerin ön koşullarını içeren katmandır.

Hasanspahic vd. (2021) deniz kazalarında insan hatasının hayati önemini incelemiştir. Çalışmaları, emniyetli olmayan eylemler için ön koşulları, örgütsel etkileri ve emniyetli olmayan eylemleri baskın faktör sınıfları olarak belirlemiştir. Çalışma ayrıca sırasıyla operatörlerin durumu, kurumsal iklim, kurumsal süreç ve rutin ihlallerin ikinci seviye nedensel faktörlerde en sık gözlemlenen faktörler olduğunu vurgulamaktadır.

Sakar vd. (2021) karaya oturma kazalarının risk faktörlerini değerlendirmek için bir çalışma yürütmüştür. Çalışma, seyir emniyeti ile ilişkili 34 parametre arasında karaya oturma kazalarının COLREG içindeki gözcülük kuralının ihlali, ECDIS'in verimsiz kullanımı ve radarın verimsiz kullanımı tarafından güçlü bir şekilde etkilendiğini ortaya koymuştur. Sonuçlar gelecekteki kazaları önlemek için etkili bir seyir vardiyası tutmanın önemli olduğunu göstermektedir.

Turna & Öztürk (2020) ECDIS kullanımıyla ilişkili karaya oturma olaylarının nedensel unsurlarını incelemiştir. Araştırma bulguları, ECDIS ile ilişkili prosedürlerin ve yetersiz eğitimin, özellikle uyarı ayarları açısından cihazın yanlış yapılandırılmasının kazalara yol açtığını göstermektedir. Seyir emniyeti için önemli bilgiler sağlayan ECDIS cihazlarının, operatörler için etkin eğitimler uygulanarak daha verimli bir şekilde kullanımının sağlanması önerilmektedir.

Yıldırım vd. (2019) çatışma ve karaya oturma kazalarına neden olan faktörleri belirlemek amacıyla bir araştırma yapmıştır. Bulgularına göre, birincil nedenler arasında karar hataları, kaynak yönetimi eksiklikleri, ihlaller, iletişim hataları ve beceriye dayalı hatalar yer almaktadır.

Uğurlu vd. (2015a) petrol tankerlerinde karaya oturma kazalarını incelemiş ve bunların %91 oranında ekonomik kayba, %9 oranında ise kirliliğe yol açtığını belirtmişlerdir. Araştırmalarına göre, karaya oturma kazalarına sebebiyet veren başlıca faktörler vardiya zabitinin yorumlama başarısızlığı ve köprüüstü ekip yönetiminde etkili iletişim eksikliğidir.

Akyüz (2015), karaya oturma kazası nedensel faktörlerini elde etmek amacıyla bir araştırma yapmıştır. Bu araştırmaya göre, yetersiz emniyet gereklilikleri, düzensiz ve kirli iş yerleri, ağır iş yükü ve uzun vardiyalar olarak tanımlanabilecek kötü ve uygunsuz çalışma ortamı, karaya oturma kazalarının birincil nedenidir. Zaman kısıtlaması ve

olumsuz hava koşullarının ise sırasıyla karaya oturma kazalarına en kritik ikinci ve üçüncü sebebiyet veren faktörler olduğu bulunmuştur.

1.3.4. Kılavuz Kaptanlı Gemi Kazaları Literatürü

Son yıllarda yapılan araştırmalara göre denizcilik sektörünün karşılaştığı en büyük zorlukların ve felaketlerin oluşmasında ana etken insan hatasıdır. Deniz kazaları üzerine yapılan akademik çalışmalar insan hatasının birincil kaza sebebi olma eğiliminin devam ettiğini göstermektedir (Chauvin vd., 2013; Yıldırım vd., 2015; Othman vd., 2015). Teknolojik gelişmeler, IMO (Dünya Denizcilik Örgütü) tarafından düzenlenen yeni kurallar ve denizcilik emniyeti alanında uzmanlar ve akademisyenler tarafından yapılan çalışmalar insan hatasının kaza istatistiklerine olan olumsuz yöndeki katkısını düşürememiştir (Akyuz ve Celik, 2014; Maternova vd., 2023). Bunun sonucu olarak ölümler ile birlikte çevre felaketleri ve mal kayıpları yaşanmaya devam etmiştir.

Öztürk vd. (2024) tarafından yürütülen çalışma, deniz kazalarında kılavuzluk operasyonları sırasında kaptan ve kılavuz kaptanlar arasındaki bilgi alışverişinin hatalar üzerindeki etkisini incelemiştir. Çalışmada Bayes ağları ve SLIM (Başarı olasılık indeks yöntemi) yöntemleri kullanılarak uzman görüşleri ışığında bir çalışma yapılmıştır. Araştırmacıların bulguları, bilgi alışverişi sürecindeki en önemli faaliyetlerin gemilerin acil durum planını ve seyir bilgilerini tartışmak olduğunu göstermektedir. Deneyim, bilgi ve ekip çalışmasının etkinlik düzeyi, belirtilen görevlerde en yüksek insan hatası olasılığına sahip performansı etkileyen üç en önemli etken olarak tanımlanmaktadır.

Seyfzadehdarabad vd. (2023) yaptıkları çalışmada kılavuz kaptanların geçmişte yapmış oldukları insan hataları ile bilişsel becerileri arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Çalışmada hafıza, odaklanma durumu, durumsal farkındalık, planlama becerisi gibi işlevsel becerilerin kılavuz kaptanların emniyetli operasyon yürütme yetisi üzerindeki etkilerini değerlendirmeyi hedeflemişlerdir. Araştırmada geçmişte insan hatası yaptığı raporlanmış kılavuz kaptanlar ile hata kaydı bulunmayan kılavuz kaptanlar üzerinde Vienna test sistemi ile çeşitli bilişsel testler yapılmıştır. Analizler sonucunda geçmişinde insan hatası kaydı bulunmayan kılavuz kaptanların hafıza testinde daha yüksek puan aldıkları belirlenmiştir. Bu sonuç kılavuz kaptanların komplike bilgi yükünü kaldırabilme yetilerinin emniyetli operasyonlar için önemli bir faktör olduğu şeklinde değerlendirilmiştir. Durumsal farkındalık konusunda da kazaya karışmamış kılavuz kaptanların testlerde daha iyi

performans sergilediği tespit edilmiştir. Buna göre yetersiz durumsal farkındalık insan hatasında önemli bir etkendir. Araştırma aynı zamanda kılavuz kaptanların çoklu görev uygulamalarında dikkatlerini etkili bir biçimde görevler arasında dağıtabilmesinin önemini de vurgulamıştır. Araştırmaya planlama yeteneği konusunda geçmişinde kazaya karışmış ve karışmamış kılavuz kaptanlar arasında anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir.

Kim vd. (2023) Busan Limanı'ndaki iskeleye çatma kazalarını Sistem teorik kaza modeli ve süreç (STAMP) yöntemini kullanarak analiz etmişlerdir. Analiz, bir gemi kazası baz alınarak yapılmıştır. Kaptan ile kılavuz kaptan arasındaki bilgi alışverişinin yetersiz olması, kılavuz kaptanın deneyimine ve kararlarına gereğinden fazla güvenilmesi, köprüüstü ekip yönetimi prosedürlerinin etkili uygulanamaması, gemi ve mürettebatın işletmeci şirket tarafından yetersiz yönetimi kazanın ana etkenleri olarak belirtilmiştir. Araştırmada ayrıca kılavuz kaptanın tecrübesine gereğinden fazla güvendiği ve kaza öncesinde önleyici tedbirler almadığı da vurgulanmıştır.

Guo vd. (2023), Fonksiyonel rezonans analiz yöntemi (FRAM) ve Dinamik bayes ağını kullanarak gemi kılavuzluk operasyonlarının çatışma kazalarına ilişkin risk faktörlerini ve bu faktörler arasındaki ilişkileri araştırmışlardır. Çalışmada bir geminin kılavuz kaptanla geçişi esnasındaki operasyonel süreçler değerlendirilmiş ve geminin AIS ve Radar verileri kullanılmıştır. Çalışmanın bulguları yetersiz gözcülüğün ve trafik yoğunluğunun kaza risklerini arttırdığını, ayrıca liman giriş-çıkış manevralarının diğer bölgelerdeki manevralara kıyasla daha büyük kaza riski taşıdığını ortaya koymuştur. Eğitim etkinliğinin arttırılması, köprüüstü seyir yardımcılarının entegrasyonunun sağlanması, otonom sistemler, iş yükü optimizasyonu ve riskli bölgeler için ek tedbirler planlanması önlemlerinin kaza risklerini azaltıcı etki yaratacağı yazarlar tarafından belirtilen çözüm önerileridir.

Demirci vd. (2022), kılavuz kaptanlı gemi kazalarında insan hatası etkilerini ortaya koymak için bir çalışma yürütmüştür. Çalışmaları, kaptan ve kılavuz kaptan deneyiminin ve mürettebat eğitiminin, diğer risk faktörlerine kıyasla temel belirleyiciler olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, bu çalışmanın sonuçları kaptan ve kılavuz kaptan arasındaki işbirliği ve iletişimin artırılmasının kazaları önlemede başarılı olabileceğini göstermektedir.

Abreu vd. (2022) kılavuzluk operasyonlarında insan güvenilirliğini incelemiştir. Araştırma bulguları, yerel su yolu bilgisi, eğitim ve deneyim ile emniyet kültürüne bağlılığın performansın birincil belirleyicileri olduğunu göstermektedir. Ayrıca, gemiye

fazladan bir kılavuz kaptanın dahil edilmesinin kaza olasılığını yaklaşık 2,38 ila 3,49 kat azalttığı, ancak gemide kılavuz kaptanın olmamasının kaza olasılığını yaklaşık 5,15 ila 8,92 kat artırdığı vurgulanmaktadır.

Ceylan vd. (2021) dar su yollarında meydana gelen çatma kazalarını analiz etmek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada "Vitaspirit" gemisinin İstanbul Boğazı'nda kılavuz kaptanla seyir yaparken bir yalıya çarptığı kaza incelenmiş ve bu kazaya yol açan etkenler ortaya konmaya çalışılmıştır. Yapılan inceleme, ana makine arızası, gemi içi ve gemi-kılavuz kaptan iletişim eksikleri, kaptanın karar hataları, durumsal farkındalık eksikliği, gemi otomasyon sistemindeki eksikler ve yetersiz acil durum prosedürlerinin kazada etkin rol oynadığını göstermiştir. Yazarlar çalışma sonucu olarak kritik gemi bileşenlerinin daha sık ve ciddi denetlenmesi, iletişim ve karar alma süreçlerinde iyileştirmeler planlanması, teknolojik geliştirmelerle otonom karar destek sistemlerinin uygulanması ve eğitim ve farkındalık programları ile mürettebatın kriz yönetimi ve teknik farkındalık konularında gelişmesinin sağlanmasını çözüm önerileri olarak sıralamıştır.

Oraith vd. (2021) kılavuzluk operasyonları sırasında meydana gelen insan hatalarının etkilerini incelemişlerdir. Bu çalışmada kaza raporlarından kazalara sebebiyet veren faktörler çıkarılmış ve Analitik hiyerarşi süreci (AHP) kullanılarak uzman görüşleri alınarak ikili karşılaştırmalar yapılmıştır. Araştırmaları, kılavuzluk kazalarının birincil nedenlerinin köprüüstü ekibi yönetimindeki teknik olmayan hatalar ve teknik beceri eksikliği olduğunu göstermektedir. Dil engeli, etkili iletişim eksikliği ve kaptan-kılavuz kaptan bilgi alışverişindeki başarısızlık, teknik olmayan hataların birincil nedenleri olarak belirlenmiştir. Bu çalışma, kılavuzluk kazalarına sebebiyet veren ana faktörü, yetersiz eğitim ve deneyim eksikliğinden kaynaklanan gemi kullanma becerilerindeki yetersizlik olarak belirlemiştir. Teknik beceri eksiklikleri arasında en büyük önem bu faktöre verilmiştir.

Hu vd. (2021), kılavuz kaptanlı gemilerde çatışma kazalarının nedenlerini HFACS ve Bayes ağları yöntemlerini kullanarak analiz etmek amacıyla bir araştırma yürütmüştür. Bu çalışmada, çatışma kazaları riskinin en yüksek olduğu durumu liman giriş manevrası olarak belirtmişlerdir. Bulgular, limana giriş sırasında kazalara yol açan en önemli faktörlerin politika boşlukları, kaynak yönetimi, hataları düzeltme başarısızlıkları, insan performansı, kişisel durum ve ihmal olduğunu ortaya koymaktadır.

Zhang vd. (2020) tarafından yürütülen çalışma, deniz kılavuzluğunda kazaların oluşumuna sebebiyet veren unsurları belirlemeyi amaçlamıştır. Bulguları, emniyetli

olmayan hareketlerin ve ön koşulların kazaların nedenlerinde birincil belirleyiciler olduğunu göstermiştir. Emniyetli olmayan hareketlerin ana nedenleri ihmal, rutin hatalar, kılavuzluk deneyimi ve kural ihlalleri olarak belirlenirken, ön koşullar ekip çalışmasına ve bireysel emniyet bilincine atfedilmiştir.

Ernstsen ve Nazir (2018), kılavuzluk kazalarındaki insan hatalarını araştırmıştır. Çalışmada kılavuz kaptanlar ve gemi kaptanları ile görüşülerek ve kılavuzluk operasyonları gözlemlenerek kılavuzluk operasyonlarındaki hata kaynakları belirlenmiştir. Hata türlerinin en yaygınının eylem hataları olduğu belirtilmiş ve bu eylem hataları gerçekleştirilmesi gereken bir görevin gerçekleştirilememesi olarak açıklanmıştır. Bu hataların temel kaynağı teknik bilgi eksikliği ve ekipman sorunları olarak tanımlanmıştır. İkinci en sık görülen hata türü ise iletişim hataları olmuştur. Burada bahsedilen iletişim hataları ekip üyelerinin etkili iletişim kuramaması olarak tanımlanmıştır. İletişim hatalarının temel sebepleri kültürel farklılıklar ve dil farklılıkları olarak belirtilmiştir. İletişim hatalarının özellikle sınırlı görüş ve yoğun trafik durumlarında artış gösterdiğinin altı çizilmiştir.

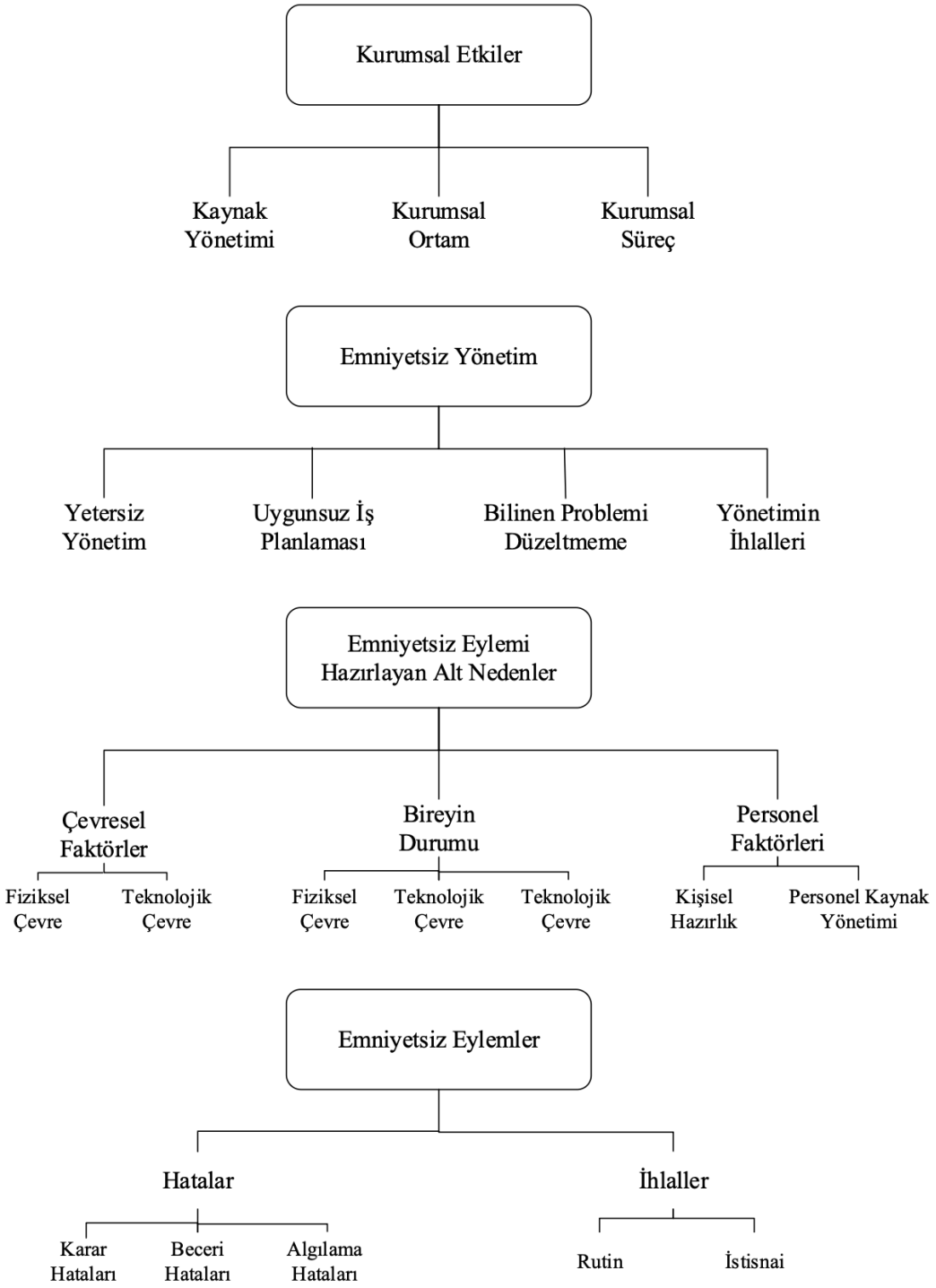
Literatürde özellikle kılavuzluk operasyonlarını incelemese de kılavuzluğun içerdiği risklere değinen makaleler bulunmaktadır. Göksu ve Arslan (2023), gemi yanaşma ve ayrılma operasyonları sırasında oluşabilecek riskleri tespit etmek amacıyla bir araştırma yürütmüştür. Kılavuz kaptanın yetersiz operasyon kabiliyeti ve eğitim boşlukları en yüksek risk faktörleri arasında değerlendirilmiştir. Erol vd. (2018), İstanbul Boğazı geçişi için gemi kazası nedensel faktörlerini analiz etmiştir. Araştırmalarında kılavuzluk hizmetinin olmaması veya deneyimsiz bir kılavuza sahip olmak Boğaz'da kaza olasılığını büyük ölçüde artırdığını vurgulamışlardır. Chauvin vd. (2013), deniz kazalarına neden olan insan ve organizasyonel faktörleri incelemek için bir araştırma yürütmüşlerdir. Araştırmaları, bir kılavuzla seyir sırasında köprüüstü kaynak yönetiminin etkili bir şekilde uygulanmasının sınırlı sularda deniz kazalarını önlemede önemli bir rol oynadığına dair kanıtlar sağlamıştır.

1.4. HFACS Yöntemi ve Deniz Kazalarının Analizinde Kullanımı

Deniz kazalarının can kaybı, çevre kirliliği ve maddi kayıp gibi ciddi sonuçları olabilmektedir. Bu kazaların oluşumunda insan hataları önemli bir rol oynamaktadır. Bu sebeple insan hatalarının etkilerini anlama ve azaltma konusu denizcilik alanında uzunca

zamandır üzerinde çalışılan bir konudur (Demirci ve Gülmez, 2021). İnsan faktörleri analizi ve sınıflandırma sistemi (HFACS), çeşitli sektörlerde insan hatasını ve buna sebebiyet veren faktörleri analiz etmek için değerli bir araç olarak ortaya çıkmıştır. Başlangıçta havacılık için geliştirilen HFACS, o zamandan beri emniyeti iyileştirmek için denizcilik dahil birçok alana uyarlanmıştır (Dönmez ve Uslu, 2018).

Denizcilik kazaları incelenirken HFACS yapısında yapılan bazı küçük değişikliklerle revize edilmiş HFACS yapıları ortaya konmuştur. Bu revize yapılardan bazıları HFACS-MA, HFACS-PV, HFACS-Coll ve HFACS-Ground olarak verilebilir. HFACS-MA genel olarak denizcilik kazalarının analizi amacıyla orijinal yapıda revizyonlar yapılmasıyla ortaya konmuştur (Chen vd., 2013). Aynı şekilde yine orijinal HFACS yapısında yapılan revizyonlarla HFACS-Coll çatışma kazalarının ve HFACS-Ground ise karaya oturma kazalarının incelenmesi amacıyla geliştirilen sınıflandırma yöntemleridir (Chauvin vd., 2013; Mazaheri vd., 2015). HFACS-PV yapısı yolcu gemisi kazalarının analizinde kullanılmak üzere ortaya çıkmıştır (Uğurlu vd., 2018). Revize edilmiş haliyle denizcilik alanında kaza analizlerinde sıklıkla kullanılan HFACS, kazalara sebebiyet veren faktörlerin sınıflandırılmasında etkili bir yöntem olarak kabul edilmektedir. HFACS yapısı uzman görüşlerine göre sınıflandırma yapmaktadır ve incelenen farklı tipte kazaların incelemesinin yapıda revizyon yapılmasıyla daha iyi ele alınabileceği düşünüldüğünde orijinal yapı araştırmacılar tarafından revize edilmiştir (Kaptan vd., 2021a). Shappel ve Wiegmann tarafından geliştirilen HFACS yapısı Şekil 1'de gösterildiği gibidir.

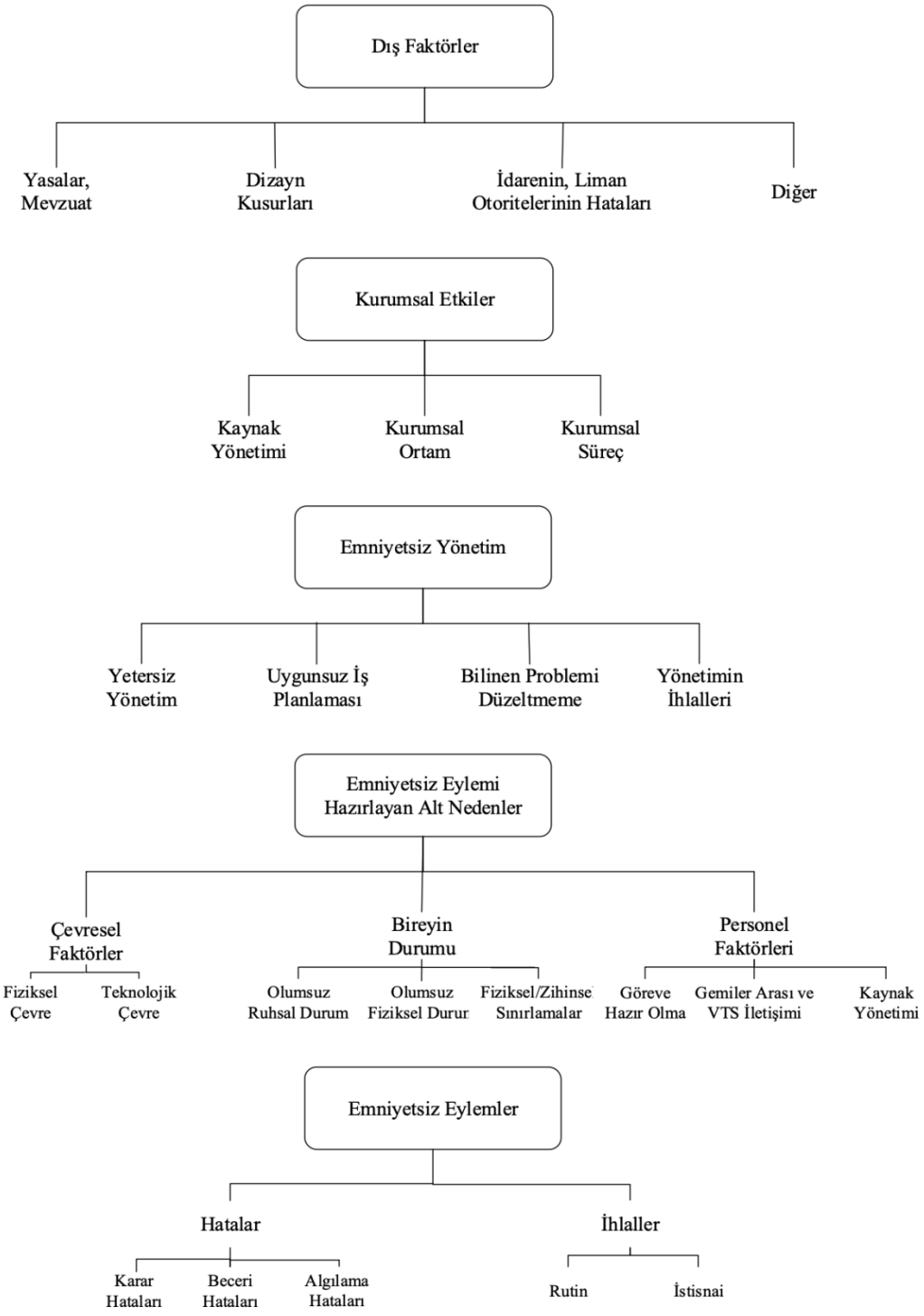


Şekil 1. HFACS yapısı (Shappell ve Wiegmann, 2000)

HFACS-MA yapısı "Örgütsel Etkiler" ile "Emniyetsiz Yönetim" ana kriterlerini HFACS yapısından değiştirmeden almıştır. Bunun yanında "Emniyetsiz Eylemi Hazırlayan Alt Nedenler" ve "Emniyetsiz Eylemler" ana kriterleri üzerinde kısmi revizyonlar

yapılmıştır. Bu yöntem, "Emniyetsiz Eylemler" ana kategorisinin altında bulunan hatalar kategorisinde yapılan revizyon ile orijinal HFACS çerçevesinden farklılık göstermektedir. Hatalar, karar hataları, beceri hataları ve algılamaya dayalı hatalar olmak üzere 3 alt kategoriye ayrılır. Karara dayalı hatalar alt kategorisinde, bireylerin problem çözme ya da operasyon icra etme rutinleri sonucu yanlış eylemlerden kaynaklanan hatalar kategorize edilmektedir. Beceri temelli hatalar, hafıza, dikkat ve teknik eksikliklerden kaynaklanan faktörleri içerir. İhlaller ise, eylemin bilinçli olarak kurallara uygun olmamasından kaynaklanan faktörleri sınıflandırır. Orijinal yapıdaki bir diğer değişiklik "Emniyetsiz Eylemi Hazırlayan Alt Nedenler" ana kriterinin içindeki personel faktörleri alt kategorisinin içindeki sınıflamanın; köprüüstü kaynak yönetimi, gemiler arası ve gemi trafik hizmetleri (VTS) iletişimi, ve göreve hazır olma alt kategorileri olarak düzenlenmesidir (Kaptan vd., 2021a).

Çalışmamızda deniz kazalarının analizi amacıyla Şekil 2'de gösterilen ve Chen vd. tarafından geliştirilmiş olan HFACS-MA yapısı kullanılmıştır. Bu yapının orijinal HFACS yapısından farkı HFACS yapısında 4 ana kriter varken HFACS-MA yapısında 5 ana kriter bulunması ve bazı ana kriterlerin iç yapısının değiştirilmesidir. HFACS yapısı içinde bulunmayıp HFACS-MA yapısı içine dahil edilen ana kriter "Dış Faktörler" kriteridir. Bu ana kriterin yapı içerisinde bulunması kaza sebeplerinin doğru tanımlanabilmesi için önemlidir. Örneğin Denizde Çatışmayı Önleme Yönetmeliği (COLREG) gibi kural veya kanun bazlı kurallarda oluşabilecek hatalar veya net olmayan kural ve talimatlar orijinal HFACS yapısı içinde kesin olarak bir kategoriye sokulamayacak durumdadır. Bunun yanında otorite tarafından hatalı veya yetersiz bilgi içeren harita basımları yine en iyi bu ana başlık altında değerlendirilebilir. HFACS kullanarak denizcilik kazalarını inceleyen çalışmalarda böyle bir boşluğu doldurduğu için HFACS-MA yapısı çalışmamız için orijinal HFACS yapısına ve türetilmiş diğer HFACS yapılarına tercih edilmiştir.



Şekil 2. HFACS-MA yapısı (Chen vd., 2013; Yıldırım vd.2019)

1.4.1. Deniz Kazalarında HFACS-MA

HFACS-MA yapısı, denizcilik kazalarını analiz etmek için nedensel faktörleri sınıflandırmaya ilişkin IMO yönergelerini kapsadığı ve insan faktörlerinin kazalara etkisini

belirlerken kanıtlara dayalı bir sınıflandırma yaptığı için denizcilik kaza analizlerinde etkili bir yöntem olarak kabul edilmektedir (Chen vd., 2013). Bu özelliklerinden dolayı yapı denizcilik kaza analizlerinde sıklıkla kullanılmıştır.

Nasur vd. (2025) gemilerin limandan acil olarak ayrılmak durumunda kalmaları halinde karşılaşacakları olası riskleri belirlemek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada otonom ve insanlı gemi operasyonları ele alınmış olup potansiyel risklerin değerlendirilmesi ve karşılaştırılması amaçlanmıştır. Çalışmaya göre insanlı ve otonom gemilerde acil durum prosedürlerinin birbirlerine benzer oldukları fakat uzaktan kontrol sistemlerinin otomasyon gemilerde bazı değişikliklere sebep olduğu belirtilmiştir. Çalışmada kullanılan HFACS-MA yöntemine göre otonom gemilerde insan faktörü tamamıyla süreç dışı bırakılamamakta, sadece süreç içindeki rolü değişkenlik göstermektedir. Otonom gemilerde tasarım hatalarının insanlı gemilere kıyasla daha etkili bir kaza faktörü olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca otonom gemilerin halatların çözülmesi aşamasında ve gemideki rüzgar, trim gibi etkenlerin algılanmasında bu bilgilerin sadece elektronik verilere dayalı olarak algılanacağından zorluklar yaşanacağı belirtilmiştir. Sonuç olarak otonom gemilerde insan faktörünün belirli ölçüde sürece etki edeceği ve bu faktörlerin azaltılması için çözümler geliştirilmesi önerilmiştir.

Qiao vd. (2024) gemilerin batma kazalarının önüne geçmek adına batma kazalarındaki kaza oluşum nedenlerini ve bu nedenlere sebebiyet veren faktörleri HFACS-MA yöntemiyle sınıflandırmıştır. Sınıflandırma sonrasında, hataya sebep olan oluşumlar arasındaki ilişkiler FSA (Resmi emniyet değerlendirmesi) yöntemiyle ortaya konmuştur. Çalışmanın sonuçları çoğu nedenin organizasyonel etkiler ile yetersiz denetim çatısı altında toplandığını göstermiştir. Mürettebatın hataları, gemi işletme ve yönetim eksikliklerine kıyasla batma kazalarında daha az etkili bulunmuştur. Hatalar arasında ise emniyet ve ekonomik çıkar arasındaki ters orantı en baskın koşul olarak belirtilmiştir. Gemi yönetiminin emniyetsiz eylemlere teşvik edici uygulama ve yönlendirmelerinin kazalarda arttırıcı bir etkisinin olduğu ortaya konmuştur. Yazarlar, yönetim ve denetimin arttırılması, eğitimler aracılığıyla mürettebatın gemi ekipman ve operasyonlarına aşinalığının sağlanması, teknolojik iyileştirmeler ve idarelerin gemileri uzaktan izleyerek operasyonlarının takip edilmesi aracılığıyla batma kazalarının önüne geçilebileceğini savunmuştur.

Hasanspahic vd. (2023) çatışma, çatma ve karaya oturma kazalarına sebep olan en etkili faktörleri tespit etmek amacıyla HFACS-MA ve 4-MOP (4M Ters çevrilmiş piramit

yöntemi) yöntemlerini kullanmışlardır. Yapılan çalışma insan hataları içinde en sık rastlanan hataların operatörün durumu ve rutin ihlaller olduğunu ortaya koymuştur. Operatörün durumu içinde değerlendirilen etkenlerin durumsal farkındalık eksikliği, yorgunluk, alkol etkisi, hastalık, yetersiz bilgi ve yetkinlik olduğu belirtilmiştir. Rutin ihlallerin ise personelin işi bitirme sürecini hızlandırmak amacıyla yaptığı prosedür ve kural ihlallerinden oluştuğu sonucuna varılmıştır. Çalışmada ayrıca en sık görülen makine kaynaklı faktörün yazılım hataları olduğunu ve bu hataların harita yazılımları ile bilgisayar programı yazılımlarından oluştuğu belirtilmiştir. Çevresel etkenlerden en baskın faktörlerin düşük görüş, akıntılar ve kuvvetli rüzgar olduğu sonucuna varılmıştır. Yönetim aşamasında ise kazalara sebebiyet veren en etkili faktörlerin yetersiz denetim ve organizasyonel süreç olduğu belirtilmiştir. Bu faktörler arasında kazalarda en etkili olanların sırasıyla insan hatası ve yönetim hataları olduğu belirtilmiş ve bu hatalara etkili eğitimler, gemide aşinalık eğitimleri, gemideki emniyet toplantıları ve risk yönetim planlamaları ile iyileştirmeler yapılması önerilmiştir.

Adumene vd. (2022) HFACS-MA yapısını Bayes ağları (BN) ile sentezleyerek kritik denizcilik operasyonlarında insan hatasını ve bu hataları etkileyen faktörleri analiz etmişlerdir. Araştırma, 3 tane denizcilik kaza senaryosu analizi ile gerçekleştirilmiştir. Kaza sebepleri HFACS-MA yapısında sınıflandırıldıktan sonra Bayes ağları yapısı oluşturulmuştur. Oluşturulan BN yapısı ile etkili risk faktörleri arasındaki olası karmaşık etkileşimlerin tespit edilmesi sağlanmıştır. Çalışma, bir denizcilik operasyonu ile ilgili bilinen bir dizi bilgi ile insan ve sistem performansı açısından olası risklerin ortaya konabileceğini göstermiştir.

Wrobel vd. (2021) otonom ticaret gemileri özelinde insan faktörlerinin emniyete olan etkisini araştırmak amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Bu araştırmada HFACS-MA yapısındaki kaza faktörlerinin uzmanlara anket yoluyla ilişki dereceleri sorulmuş ve otonom gemilerde hangi faktörlerin kazalarda daha etkili olabileceği araştırılmıştır. Araştırma sonucunda operatörün ruhsal ve fiziksel durumu bu kazalarda en önemli etken olarak belirlenmiştir. Mevcut problemin düzeltilmemesi ise sistemin emniyetli işleyişi için kritik bir zaaf olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca organizasyonel süreç ve kaynak yönetiminin operasyon emniyeti üzerindeki kayda değer etkisi üzerinde durulmuştur. Araştırmada uygunsuz operasyon planlaması ve çevresel koşulların kaza oluşumu üzerinde diğer faktörlere göre daha az etkisi olacağı sonucuna varılmıştır. Araştırma sonucunda risklerin azaltılması için operatörün eğitimi, sorunların tespiti ve çözümü için etkili bir

emniyet yönetim sistemi, kaynak yönetimi ve teknolojik çevre konularında geliştirmeler ve iyileştirmeler yapılmasını önermişlerdir.

Paolo vd. (2021) denizcilik kazalarının oluşumuna sebebiyet veren faktörleri belirlemek, sınıflandırmak ve insan hatasının denizcilik kazalarındaki rolünü değerlendirmek üzere bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada GISIS üzerinden elde ettikleri kaza raporlarını kullanarak bu raporlarda belirtilen kaza sebeplerini HFACS-MA yapısı ile sınıflandırmışlardır. Çalışmaya göre insan hatalarının sık görüldüğü kaza tipleri çatışma, karaya oturma ve iş kazalarıdır. Yangın durumlarında ise kazanın sebeplerinin daha çok donanım kaynaklı olduğu ve insan hatasının etkisinin daha kısıtlı olduğu sonucuna varılmıştır. Süreç içinde büyük negatif etkileri olan insan hataları olarak karar hataları ve yetersiz gözetim tanımlanmıştır. Eğitim, organizasyon yapısı, teknolojik altyapı ve prosedür konularında yapılacak iyileştirme ve geliştirme faaliyetlerinin sorunun çözümüne katkı sunacağı belirtilmiştir.

Chen (2020), deniz kazalarının sebeplerini HFACS-MA yöntemiyle ele almış ve sonrasında analiz sonuçlarını araştırdığı kaza tiplerindeki ortak faktörleri belirlemek amacıyla GRA (Gri ilişki analizi) yönteminde girdi olarak kullanmıştır. Uygulanan yaklaşımın sonuçlarının yalnızca ele alınan kazalardaki ortak faktörleri göstermekle kalmayıp, aynı zamanda analiz edilen her kazaya ilişkin kapsamlı bir anlayış ortaya koyduğu savunulmuştur. Çalışmada ortak faktörlerin tüm kazalarda ortak olmadıkları vurgulanmış ve sıklıkla kaza oluşumuna yol açan faktörler arasında görülen etkenler belirlenmiştir. Çalışma, yetersiz eğitim, yazılım sorunları, kural hataları, ve istisnai ihlallerin kazalardaki etkisini vurgulayan sonuçlar ortaya koymuştur.

Wang vd. (2020) HFACS-MA yapısını kullanarak 3 deniz kazasının meydana gelmesine sebep olan faktörleri analiz etmişlerdir. Çalışmada incelenen 3 kazanın benzerlikleri ve farkları incelenmiştir. Kazaların ilkinde kaptanın aşırı yükleme ve kötü hava şartlarında seyri sürdürme gibi karar hataları, organizasyonel etkilerde gemi planlı bakım eksikleri ve yetersiz denetim faktörleri ön plana çıkarılmıştır. İncelenen ikinci kazada dengesiz yükleme ile stabilitenin bozulması, acil durum prosedürlerinin yetersizliği ve personelin kriz yönetim eksiklikleri en etkili faktörler olarak belirtilmiştir. Üçüncü kazada ağır hava şartları uyarılarına rağmen seyre çıkılması ve personelin acil durum prosedürleri konusundaki eğitim yetersizlikleri kazaya sebep olan en etkili hatalar olarak değerlendirilmiştir. Çalışmada yapılan sınıflandırma sonucunda kazaların hepsinde organizasyonel etkiler ile emniyet kültürü eksikliklerinin, iletişim eksikliklerinin ve kriz

durumunda liderlik yetersizliklerinin ortak kusurlar olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışma kazaların önüne geçilebilmesi için emniyetli yönetim sisteminin daha etkili uygulanmasını, personele kriz yönetimi ile ilgili simülasyon eğitimleri verilmesini, elektronik seyir sistemleri ile hava raporu izleyen sistemlerin entegrasyonunun sağlanmasını ve yetkili idareler tarafından regülasyonların revize edilerek güçlendirilmesini önermektedir.

1.5. Birliktelik Kuralı Madenciliği (Association Rule Mining - ARM)

Birliktelik kuralları madenciliği olarak adlandırılan ARM yöntemi, büyük veri kümeleri içindeki ilginç ilişkileri veya kalıpları keşfetmek için kullanılan bir veri madenciliği ve makine öğrenimi tekniğidir. Birlikte bulunmalarına dayalı olarak farklı öğeler veya değişkenler arasındaki ilişkileri veya bağımlılıkları ortaya çıkarmayı amaçlayan bir yöntemdir.

ARM yöntemiyle yapılan analiz sonuçlarında kullanılan 3 ana çıktı değeri mevcuttur. Bu değerler destek (support), güven (confidence) ve lift değerleridir. Destek değeri, ele alınan değişkenin tüm yapı içinde kaç defa görüldüğünü veren bir değerdir. Kaza analizine uyarlayacak olursak bir kaza sebebinin kaç adet kazada görüldüğünü veren bir değer olacaktır. Örneğin 20 adet kaza incelenmişse ve x faktörü bu kazaların 5 tanesinde rol almışsa x faktörünün destek değeri 5:20=0,25 olacaktır. Güven değeri, bir değişkenin görüldüğü durumda diğer bir değişkenin görülme oranını veren bir değerdir. Yine aynı örneklem üzerinden gidecek olursak x faktörünün rol aldığı kazalarda y faktörünün görülme oranı güven değerini verecektir. X faktörü 5 kazada kazaya sebep olan faktörler arasındaysa ve y faktörü bu 5 kazanın 4 tanesinde görülmüşse bu durumda güven değeri 4:5=0,80 olacaktır. Lift değeri ise örüntünün önemini belirtir. Lift değerinin yüksek olması, ortaya koyulan kuralın değerlendirmeye değer olduğunu gösterecektir. Bu değer x ve y'nin birlikte görüldüğü kazaların destek değerinin x'in görüldüğü kazaların destek değeri ve y'nin görüldüğü kazaların destek değerinin çarpımına bölünmesiyle bulunmaktadır. Örnek verecek olursak 20 kazalık bir veri tabanında x faktörü 5 kazada, y faktörü 7 kazada, x ve y faktörleri birlikte 4 kazada görülmüşse lift değeri 0,2:(0,25*0,35) olarak hesaplanacaktır. Bu durumda lift değeri 2,29 olacaktır. Bu değerin yüksek olması elde edilen kuralın anlamını arttıracaktır.

ARM yöntemi, veritabanında bilgi keşfi yapılmasını sağlayan bir yöntemdir. Veritabanlarında Bilgi Keşfi (Knowledge Discovery in Databases - KDD), verilerden

yararlı bilgi veya kalıpları keşfetme sürecini ifade eder. KDD'nin amacı verilerden anlamlı ve değerli bilgiler çıkarmaktır; bunlar daha sonra karar verme, tahmin ve diğer amaçlar için kullanılabilecektir (Garcia vd., 2014). KDD, veritabanı yönetimi, istatistik, makine öğrenimi ve alana özgü uzmanlığı içeren çok disiplinli bir alandır. Nihai amaç, ham verileri bilinçli kararlar vermek ve altta yatan süreçlere veya olaylara dair içgörü kazanmak için kullanılabilecek eyleme geçirilebilir bilgiye dönüştürmektir.

Bu aşamada HFACS ile oluşturulmuş olan kaza sebepleri veri seti KDD süreci yardımıyla analiz edilir. KDD süreci tipik olarak beş adımdan oluşur; veri işleme, veri madenciliği, model değerlendirme, sonuçtan yararlanma ve bilgi sunumu.

Adım 1: Veri Ön İşleme: Ham veriler genellikle kalabalık, alakasız bilgiler ve eksik değerler içerir. Veri ön işleme, verilerin temizlenmesini ve analiz için uygun bir formata dönüştürülmesini içerir. Bu adım aynı zamanda eksik değerlerin ele alınmasını, aykırı değerlerin ele alınmasını ve verilerin normalleştirilmesini de içerebilir. Bu adımda veriler, analiz için daha uygun bir biçimde temsil edilecek şekilde dönüştürülür. Apriori algoritması, veri madenciliği adımında kullanılacak bir analiz tekniği olarak, oluşturulan verinin işlem verisine dönüştürülmesidir. İşlem verilerinin elde edilebilmesi için benzersiz gemi IMO numaraları işlem kimliği olarak kabul edilir. Böylece bu adımda her seviyeye ait işlem veri seti elde edilmiştir.

Adım 2: Veri Madenciliği: Bu adım, verilerdeki kalıpları, ilişkileri veya eğilimleri keşfetmek için çeşitli algoritmaların ve tekniklerin uygulandığı çok önemli bir adımdır. Yaygın veri madenciliği teknikleri arasında kümeleme, sınıflandırma, regresyon analizi ve birliktelik kuralı madenciliği bulunur. Birliktelik kuralı madenciliği, veri kümelerindeki bir dizi değişken arasındaki ilginç ilişkileri veya ilişkileri keşfetmeyi amaçlayan bir veri madenciliği tekniğidir. Apriori algoritması birliktelik kuralı madenciliği için klasik ve yaygın olarak kullanılan bir algoritmadır. 1994 yılında Agrawal ve Srikant tarafından önerilmiştir (Agrawal ve Srikant, 1994). Algoritma, bir öğe kümesinin sık olması durumunda tüm alt kümelerinin de sık olması gerektiğini öne süren "apriori özelliği" ilkesine göre çalışır. Apriori algoritması, sık görülen öğe kümelerini keşfetmek ve verilerden anlamlı ilişkiler çıkarmak için sistematik, düzey odaklı bir yaklaşım kullanır. Algoritma, veri kümesindeki bireysel öğeleri temsil eden, boyut 1'in sık görülen öğe kümelerini tanımlayarak başlar. Daha sonra k boyutunda sık görülen öğe kümelerini birleştirerek k+1 boyutunda aday öğe kümelerini üretir. Daha sonra algoritma, her aday öğe kümesinin desteğini (frekansını) saymak için veri kümesini tarar. Budama adımında,

belirli bir minimum destek eşiğini karşılamayan aday öğe kümeleri, nadir görüldükleri için atılır. Bu aday oluşturma, veri kümesini (D) tarama ve budama işlemi, daha sık öğe kümeleri türetilemeyene kadar tekrarlanır. Sık öğe kümeleri belirlendikten sonra Apriori algoritması, kullanıcı tanımlı bir güven eşiğine dayalı olarak birliktelik kuralları oluşturmaya devam eder. Bu kurallar, veri kümesindeki farklı öğeler veya olaylar arasındaki ilişkileri genellikle $X \rightarrow Y$ biçiminde ifade eder; burada $X \cap Y=\emptyset$ ve $X,Y \subseteq I$. Oluşturulan kuralın parçaları olarak, X ve Y'ye sırasıyla öncül (Sol Taraf, LHS) ve sonuç (Sağ Taraf, RHS) adı verilir. Denklem (1), öğe kümesini içeren işlemlerin D'deki toplam işlem sayısına oranını temsil eden bir öğe kümesinin (X) destek değerini hesaplamak için kullanılır. Desteği hesaplamak için Denklemler (2) ve (3) kullanılır ve bir birliktelik kuralı için güven değerleri ($X \rightarrow Y$). Sırasıyla birliktelik kurallarının faydasını ve kesinliğini temsil ederler (Han vd., 2011).

$$\textbf{Destek}\ (\mathbf{X}) = \frac{\textbf{X'in görüldüğü öğe sayısı}}{\textbf{Veri kümesindeki toplam öğe sayısı}} \tag{1}$$

$$\textbf{Destek}\ (\mathbf{X \rightarrow Y}) = \frac{\textbf{X ve Y'nin birlikte görüldüğü öğe sayısı}}{\textbf{Veri kümesindeki toplam öğe sayısı}} \tag{2}$$

$$\textbf{Güven}\ (\mathbf{X \rightarrow Y}) = \frac{\textbf{X ve Y'nin birlikte görüldüğü öğe sayısı}}{\textbf{X'in görüldüğü öğe sayısı}} \tag{3}$$

Bu adımda, tüm potansiyel birliktelik kurallarını oluşturmak ve örüntüyü keşfetmek için sırasıyla 0,01 ve 0,01 minimum destek ve güven değerleri seçilir.

Adım 3: Örnek Değerlendirme: Bağlantılar keşfedildikten sonra, bunların önem ve kullanışlılığının belirlenmesi için değerlendirilmeleri gerekir. Bu, modellerin kalitesinin ve analizin hedeflerine uygunluğunun değerlendirilmesini içerir. Birliktelik kurallarının modeli, çeşitli ilgi çekicilik ölçümlerindeki kısıtlamalarla değerlendirilir. En yaygın olarak tanınan ölçümler, destek ve güven eşik değerleri üzerindeki kısıtlamalarla ilişkili olanlardır.

Bu adımda oluşturulan kurallar dağılım grafiği ile görselleştirilerek oluşturulan kuralların destek ve güven çerçevesinde dağılımının değerlendirilmesi sağlanır. Kuralların dağıtımı genel modeli anlamak için çok önemlidir. Böylece güçlü birliktelik kuralları elde etmek için destek ve güven eşik değerleri belirlenir.

Adım 4: Sonuçlardan Yararlanma: Veri madenciliğinde sonuçların kullanılması, veri madenciliği teknikleri ve analizlerinin sonuçlarından anlamlı ve eyleme dönüştürülebilir bilgiler elde etme sürecini ifade eder. Veri madenciliği yoluyla kalıplar, ilişkiler veya bilgiler keşfedildikten sonraki adım, değer elde etmek veya bilinçli kararlar vermek için bu bulgulardan yararlanmayı içerir.

Bu adımda 3. adımda elde edilen kurallar lift değerine göre değerlendirilir. Apriori algoritması bağlamında lift değeri, madencilik süreci sırasında keşfedilen birliktelik kurallarının gücünü ve önemini değerlendirmeye yardımcı olan bir ölçüdür. Artış, iki öğenin birlikte ortaya çıkmasının gözlemlenen olasılığını, olayların bağımsız olduğu varsayımı altında beklenen olasılıkla karşılaştırarak hesaplanır.

Bir birliktelik kuralı X → Y için lift değeri Denklem (4) kullanılarak hesaplanır. Burada Destek (X∪Y), X ve Y maddelerinin bir arada bulunmasının desteğidir.

$$\mathbf{Lift}(\mathbf{X} \rightarrow \mathbf{Y}) = \frac{\mathbf{Destek}\ (\mathbf{X} \cup \mathbf{Y})}{\mathbf{Destek}\ (\boldsymbol{X})\ .\mathbf{Destek}\ (\mathbf{Y})} \tag{4}$$

Lift değerinin yorumu aşağıdaki gibidir:

- Lift = 1 ise: X ve Y bağımsızdır. X'in ortaya çıkışı Y'nin oluşumunu etkilemez ve bunun tersi de geçerlidir.
- Lift > 1 ise: X ve Y pozitif korelasyona sahiptir. X'in ortaya çıkması Y'nin olasılığını artırır. X değerinin 1'den önemli ölçüde büyük olması güçlü bir pozitif korelasyonu gösterir.
- Lift < 1 ise: X ve Y negatif ilişkilidir. X'in ortaya çıkması Y'nin olasılığını azaltmaktadır.

Bu adımda anlamlı ve eyleme geçirilebilir birliktelik kurallarının seçilmesi için lift değeri bir kriter olarak kullanılır. Daha yüksek lift değerleri daha güçlü ilişkileri gösterir, bu da bu kuralları daha ilgi çekici hale getirir ve karar verme açısından potansiyel olarak yararlı hale getirir.

Adım 5: Bilgi: KDD sürecindeki bilgi, sistematik ve tekrarlanan bir seçim, ön işleme, dönüştürme ve değerlendirme süreci yoluyla verilerden elde edilen anlamlı ve eyleme dönüştürülebilir bilgileri temsil eder. Amaç, ham verileri, karar almayı desteklemek ve çeşitli alanlarda olumlu sonuçlar elde etmek için kullanılabilecek değerli içgörülere

dönüştürmektir. Bu adımda, elde edilen en güçlü birliktelik kurallarına göre kaza nedenleri arasındaki ilişkiler yorumlanır. HFACS yapısında tanımlanan her katmana KDD işlemi gerçekleştirilir.

ARM yönteminin HFACS yapısına uygulanması ve bu sayede kazaya sebep olan faktörlerin kendi içlerindeki koşullu ilişkilerin tespiti bu çalışma ile elde edilen çıktılardır. Algoritmanın çalışma prensibi gereği sadece geçmiş kaza verilerinden faydalanılmış ve geminin yaşı, manevra bölgesi, gemi boyutları, gemi tipi ve kazaya sebep olan faktörlerin kaza oluşumuyla aralarındaki ilişkiler ve bu ilişkilerin düzeyi tespit edilmiştir. Geminin uzunluğu, yaşı, tipi ve seyir alanı ayrıştırmaları literatürden incelenerek yapılmış, ve bu etkenler bir sonuç çıktısı olamayacağı için uzman görüşleri ışığında yalnızca kazaya sebebiyet veren faktörlerle herhangi bir ilişkileri olup olmadığını belirlemek için girdi olarak kullanılmıştır (Uğurlu vd., 2015b; Eleftheria vd., 2016; Bye ve Aalberg, 2018; Uğurlu vd., 2020; Fan vd., 2022).

Büyük veri kümelerinde manuel hesap yapmak pek mümkün olmayan bir durumdur. Çalışmamızda birliktelik kuralları "R Studio versiyon 4.3.1." programı kullanılarak elde edilmiştir. ARM yöntemi, R programlama dilinde "arules" paketi ile kullanılmıştır.

1.5.1. Denizcilik Literatüründe ARM

ARM yönteminin denizcilik alanında kullanımı son yıllarda popülerlik kazanmıştır. Yöntem özellikle denizcilik alanında yapılan kaza analizi çalışmalarında (Shanshan vd., 2020; Çakır vd., 2021; Özaydın vd., 2022; Lan vd., 2023a; Sahin ve Bolat, 2024) oldukça yaygın kullanılsa da gemi denetimi eksiklik bulgularının analizi (Chung vd., 2020; Osman vd., 2021; Sevgili ve Töz, 2022; Demirci ve Cicek, 2023), istihdam için gemiadamları gerekliliklerinin değerlendirilmesi (Peng vd., 2023) ve deniz trafiğinin analizi (Zhu, 2011; Hadzagic vd., 2013) gibi farklı denizcilik araştırma alanlarında da kullanılmıştır.

Caesar ve Tamakloe (2024), Amerika Birleşik Devletleri karasularında gerçekleşmiş denizcilik kazalarını inleyerek kazaya etki eden faktörleri ve gemilerin bayrak devletlerinin kazalarla ilişkisini incelemiştir. Bu çalışmada kazalara sebebiyet veren faktörlerin yaralanma, ölüm ve kayıp kişi olaylarını nasıl etkilediği araştırılmıştır. Yapılan analizlerde, düşük kapasiteli yolcu gemilerinin kazalara en çok karışan gemiler olduğu tespit edilmiştir. Bahama bayrağı taşıyan gemilerin ölümle, ABD bayrağı taşıyan gemilerin yaralanma ve Singapur bayrağı taşıyan gemilerin ise kayıp kişi ile sonuçlanan kazalarla daha yakından

ilişkili olduğu görülmüştür. Bunun yanında büyük yolcu gemilerinin mevcut tıbbi rahatsızlıklarda ölüm durumuyla ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca yolcuların, yedek çeken servis gemilerinin ve gemi personelinin yaralanma olaylarıyla ilişkisi bulunduğu belirlenmiştir. Çalışmada dikkat çeken diğer bir bulgu, tanker gemilerinin, balıkçı teknelerinin, gemi kaptanlarının ve mürettebat üyelerinin kayıp kişi vakalarıyla ilgili kazalarla ilişkili olma ihtimalinin yüksek olmasıdır.

Cao vd. (2024) deniz kaza araştırma raporlarından kazaya sebep olan risk faktörlerini belirledikleri bir veritabanı oluşturarak dökme yük gemileri, konteyner gemileri, balıkçı tekneleri ve petrol tankerlerinde kaza riskini arttıran durumları incelemişlerdir. Oluşturulan veritabanı ARM yöntemi kullanılarak Apriori algoritması ile incelenmiş ve kaza oluşumuna sebebiyet veren risk faktörleri arasındaki ilişkiler saptanmıştır. Yapılan araştırma sonucunda farklı gemi tipinde kazaya sebep olan kritik risk faktörlerinin önemli farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Bu sebeple kaza önleyici tedbirler planlanırken gemi tipine özgü risk unsurlarının dikkate alınması gerekliliğine dikkat çekilmiştir.

Sevgili (2024), liman devleti kontrollerinde tespit edilmiş olan eksikliklerden oluşturduğu veri setini kullanarak gemilerdeki deniz kirliliğiyle mücadele eksikliklerine sebep olan faktörleri ARM yöntemiyle tespit etmeyi hedeflemiştir. Çalışmada eksiklikler, gemi özellikleri, coğrafi bölge gibi etkenler arasındaki ilişkiler Apriori algoritması ile değerlendirilmiştir. Gemi bayrağı ve klas kuruluşunun eksikliklerin sayısını etkileyen önemli değişkenler olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca liman devleti denetlerindeki denetim türünün tespit edilen eksikliklerin sayısında etkili olduğu belirlenmiştir. Tespit edilen eksikliklerin denetim yapılan coğrafi bölgeyle ilişkili olduğu çalışmanın bulgularından bir diğeridir. Yazar, etkili denetim stratejileri, eğitim ve teknoloji entegrasyonu ile sorunun iyileştirilebileceğini önermiştir.

Lan vd. (2023a) gemilerin tamamıyla kaybı ile sonuçlanan deniz kazalarının analizi amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada 2010-2020 yılları arasında gerçekleşmiş gemi kazaları incelenmiş ve bu kazalardan elde edilen veriler ARM Eclat algoritması ile değerlendirilmiştir. Çalışma sonuçları, 20 yaş üzeri gemilerde geminin tam kaybıyla sonuçlanan deniz kazalarının gerçekleşme olasılığının daha yüksek olduğunu göstermiştir. Ayrıca çalışmadan elde edilen diğer bir bulgu, kaza türü batma ve gövde/makine hasarı olduğunda kazaların geminin tam kaybıyla sonuçlanma oranının oldukça yüksek olduğudur.

Alexopoulos (2023), petrol ürünlerinin lojistik sorunlarından biri olan tanker tipi gemilerde korsan saldırısına uğrama durumunun oluşma ihtimalini arttıran etkenleri analiz etmiştir. Bu çalışmada ARM yönteminin Apriori algoritması kullanılmıştır. Yazar, gemilerin kıyıya yakınlığı, tankerlerin seyir hali ve diğer saldırılara zaman ve seyir bölgesi olarak yakınlık gibi etkenleri dikkate almıştır. Çalışma sonuçları, korsanların kıyıya yakın seyir yapan gemilere saldırma olasılığının daha yüksek olduğunu ve seyir durumu "demirde" olan tankerlerin saldırıya daha açık olduklarını göstermiştir. Sonuçlar ayrıca saldırıların mevsimle bir ilişkisi bulunmadığını ve saldırılar arasında önceki saldırılara yakın veya uzak zamanlarda saldırılması hususunda anlamlı bir zaman ilişkisi kurulamadığını göstermiştir.

Qi vd. (2023), gemilerde yangın kazalarını incelemek için ARM yöntemini kullanmışlardır. Araştırmada yangın kazası araştırma raporları incelenerek beş temel başlıktan oluşan bir veri seti oluşturulmuştur; kaza sonuçları, gemi tipi, yangın çıkış mahalli, yanıcı madde ve yangın sebebi. Bu veri seti Apriori algoritması kullanılarak değerlendirilmiş ve kaza etkenleri arasındaki güçlü ilişkiler tespit edilmiştir. Sonuçlar, hem tankerlerde hem de kuru yük gemilerinde yangına sebep olan en belirgin yanıcı maddenin yağ olduğunu göstermektedir. Ana yangın sebebi ise gemi ekipman veya araçlarında meydana gelen hasar veya arıza olarak belirtilmiştir. Bu tespitler ışığında gemi yangın kazalarına önlem olarak bakım ve kontrolün düzenli yapılmasının sağlanması ve emniyet önlemlerinin arttırılarak risk yönetiminde etkinliğin sağlanması önerilmiştir. Bunların yanında yağ temelli yangınlara karşı personelin eğitim düzeyinin ve farkındalığının arttırılması, gemi ekipman ve sistemlerinin düzenli aralıklarla kontrolünü sağlayacak protokoller ve yağ yangınları özelinde daha etkili bir otomatik yangın söndürme sistemi entegrasyonunun riskleri oldukça azaltacağı belirtilmiştir.

Demirci ve Çiçek (2023), deniz taşımacılığında gemileri denetleme etkinliğini artırmak amacıyla gemilerin geçmişteki denetim kayıtlarını kullanarak oluşturdukları veri setiyle eksiklikler arasındaki örüntüleri ARM yöntemiyle incelemişlerdir. Bu çalışmada Apriori algoritması kullanılmıştır. Yapılan çalışma ile gemi yaşı, tipi, büyüklüğü, bayrak devleti, klas kuruluşu gibi özellikleri bilindiği durumda gemide bulunma ihtimali yüksek olan eksikliklerin belirlenebileceği ve gemiye özgü detaylı bir denetim gerçekleştirilebileceği belirtilmiştir. Diğer bir deyişle, gemi özelliklerinin bilinmesi durumunda gemide denet esnasında karşılaşılabilecek eksikliklerin tahmin edilmesi

sağlanmaktadır. Bu yöntemin gemi denetlerini zaman ve etkinlik bakımından iyileştirici bir etkisinin olacağı savunulmuştur.

Özaydın vd. (2022) Türkiye'de boyu 12 metreden uzun balıkçı teknelerinde meydana gelmiş olan raporlanmamış iş kazalarını BN ve ARM yöntemleriyle ele almışlardır. Kaza sebepleri ve bu faktörlerin oluşumuna sebebiyet veren etkenler BN yöntemiyle değerlendirilmiştir. Bunun yanında gün durumu, tekne boyu, denizin durumu ve balıkçı teknesinin tipi gibi değişkenlerin kaza oluşumlarındaki etkisi ARM yöntemi kullanılarak Apriori algoritması ile analiz edilmiştir. Çalışma, tekneden denize düşme kazalarının, bir cismin personele çarpması kazalarının ve sıkışma kazalarının hangi durumların bir araya gelmesi durumunda ölümcül olma riskinin yüksek olduğunu değerlendirmiştir. Bulgular ışığında balıkçı teknelerinde ölümcül iş kazalarının oluşumunun önüne geçilmesi amacıyla alınabilecek önlemlere dikkat çekilmiştir.

Li vd. (2021) çalışmalarında gemi ve çevre kaynaklı dış faktörlerin insan hatalarına etkilerini incelemek amacıyla ARM ve BN yöntemlerini sentezlemişlerdir. Çalışmada çatışma kaza raporlarından yararlanılarak bir veri seti oluşturulmuştur. ARM ile oluşturulan kurallar, BN yapısının oluşturulmasında kullanılmıştır. Yazarlar, bu yöntemle yapılan çalışmanın yalnızca nesnel kaza verilerini kullandığından objektif sonuçlar ürettiğini belirtmiştir. Elde edilen sonuçlar, görüş mesafesi, günün saati ve konumun insan hatası oluşma olasılığını en çok etkileyen çevresel faktörler olduğunu ortaya koymuştur. Mevsim ilkbaharken, belirli deniz alanlarında ve gündüz saatlerinde yargı hatası oluşma olasılığının %83 olduğu belirlenmiştir. Gemiden kaynaklı dış faktörlerden ise gros tonaj, gemi tipi ve emniyetli hız ile insan hataları arasında güçlü ilişkiler tespit edilmiştir. Bunun yanında büyük gemilerin yüksek hızla seyir yapması durumunda personelin karar hatası yapma olasılığının arttığı değerlendirilmiştir.

Changhai ve Shenping (2019), deniz kazalarının meydana gelmesine sebep olan nedenler arasındaki gizli ilişkileri tespit etmek amacıyla ARM yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada Apriori algoritması kullanılarak kaza faktörleri arasındaki birliktelik kuralları araştırılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre liman havzalarında kaza oluşum sıklığı diğer bölgelere göre daha fazladır. Liman havzalarında gerçekleşen kazalarda ön plana çıkan 2 etken vardır; insan hatası ve yük gemileri. Buna göre bu 2 etkenin görülmesi durumunda kaza oluşum riskinin arttığı değerlendirilmiştir. Ayrıca havanın sisli olduğu durumlarda kaza oluşumu riskinin arttığı sonucuna varılmıştır.

Weng ve Li (2019), Fujian deniz alanında gerçekleşen denizcilik kazalarını etkileyen faktörleri incelemek için ARM yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada ele alınan kazalar hafif ve ciddi kaza olmak üzere iki grupta ele alınmış ve Apriori algoritması kullanılarak hafif kazalar için 66, ciddi kazalar için 228 adet birliktelik kuralı tespit edilmiştir. Birliktelik kuralları incelendiğinde her iki kaza şiddeti grubunun da küçük gemiler, iyi görüş şartları, şiddetli olmayan rüzgar ve dalga durumu ve ilkbahar mevsimi ile aralarında ilişki bulunduğu tespit edilmiştir. Yazarlar, ciddi kaza oluşumu etkileyen etken sayısının hafif kazalarla kıyaslandığında daha fazla olduğunu belirtmektedir. Dikkat çeken bir bulgu, gözcülük hatalarının az ciddi kazalarda belirleyici bir risk faktörü olmamasına rağmen ciddi kazalarda etkili bir risk faktörü olarak tespit edilmesidir. Çalışma ayrıca seyir durumu gibi bazı faktörlerin yalnızca belirli şartlar altında etkin bir risk faktörü olduğunu göstermektedir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Çalışmanın Aşamaları

Çalışmamızın ilk aşaması, kılavuz kaptanlı gemi kazalarının toplanması aşamasıdır. Çalışma kapsamında hedefimiz kılavuz kaptanların seyir ve manevra aşamalarında gemi köprüüstü ekibiyle birlikte çalıştığı durumlarda gerçekleşen kazaları incelemek olduğundan bu şartı sağlamayan gemi kazaları incelemeye alınmamıştır. Araştırma dahilinde incelenen kaza raporları 2000 yılından sonra gerçekleşmiş 500 groston üzeri büyüklükteki kılavuz kaptanlı gemilerin karıştığı kazalardan oluşmuştur. Ayrıca çalışma kapsamında çatma, çatışma ve karaya oturma kazaları ayrı ayrı incelenmiştir. Araştırmamızda kaza raporları kullanılan kaza araştırma birimleri Tablo 2'de listelendiği gibidir.

Tablo 2. Çalışmada kaza raporları kullanılan kaza araştırma kurumları

Çatışma Kazaları		
Kaza Araştırma Kuruluşu	**Kısaltma Karşılığı**	**Ait Olduğu Ülke**
Deniz Kazaları Araştırma Bölümü	MAIB	Birleşik Krallık
Federal Denizcilik Kaza Soruşturma Bürosu	FSU	Almanya
Panama Denizcilik Otoritesi	PMA	Panama
Avustralya Ulusal Kaza ve Kaza Araştırması Kurulu	ATSB	Avustralya
Ulusal Taşımacılık Emniyet Kurulu	NTSB	ABD
Danimarka Denizcilik Otoritesi Deniz Kazalarını Araştırma Bölümü	DMA	Danimarka
Japonya Ulaştırma Emniyeti Kurulu	JTSB	Japonya
Çatma Kazaları		
Kaza Araştırma Kuruluşu	**Kısaltma Karşılığı**	**Ait Olduğu Ülke**
Deniz Kazaları Araştırma Bölümü	MAIB	Birleşik Krallık
Panama Denizcilik Otoritesi	PMA	Panama
Ulusal Taşımacılık Emniyet Kurulu	NTSB	ABD
Japonya Ulaştırma Emniyeti Kurulu	JTSB	Japonya
Kanada Taşımacılık Emniyeti Komisyonu	TSB-C	Kanada
Avustralya Ulusal Kaza ve Kaza Araştırması Kurulu	ATSB	Avustralya
Deniz Olaylarını Soruşturma Kurulu	BEAmer	Fransa

Tablo 2'nin devamı

Karaya Oturma Kazaları		
Kaza Araştırma Kuruluşu	**Kısaltma Karşılığı**	**Ait Olduğu Ülke**
Deniz Kazaları Araştırma Bölümü	MAIB	Birleşik Krallık
Federal Denizcilik Kaza Soruşturma Bürosu	FSU	Almanya
Panama Denizcilik Otoritesi	PMA	Panama
Avustralya Ulusal Kaza ve Kaza Araştırması Kurulu	ATSB	Avustralya
Ulusal Taşımacılık Emniyet Kurulu	NTSB	ABD
Danimarka Denizcilik Otoritesi Deniz Kazalarını Araştırma Bölümü	DMA	Danimarka
Kanada Taşımacılık Emniyeti Komisyonu	TSB-C	Kanada
Japonya Ulaştırma Emniyeti Kurulu	JTSB	Japonya
İsveç Kaza Araştırma Kurulu	SHK	İsveç
Kaza Araştırma Kurulu	AIBN	Norveç
Deniz Kazaları Araştırma Kurulu	MCIB	İrlanda

Kaza raporlarının elde edilmesi sonrasında deniz tecrübesi bulunan ve deniz kazaları ile ilgili tecrübeye sahip bir uzman grup belirlenmiştir. Uzman grup çatma kazalarında 3 kişiden, çatışma ve karaya oturma kazalarında 5 kişiden oluşmuştur. Uzman grupla yapılan toplantılar sonucunda kaza raporları incelenerek bu raporlarda yer alan kaza oluşum sebepleri bir Excel sayfasına listelenmiştir. Çalışmanın karaya oturma ve çatışma kaza analizlerine sebebiyet veren uzmanlarla ilgili ayrıntılı bilgi Tablo 3'te sunulmaktadır.

Tablo 3. Karaya oturma ve çatışma kaza analizine katkı sunan uzmanlar

Uzmanlar	Yeterlilik	Mevcut Pozisyon	Gemi Tecrübesi	Mevcut Pozisyonda Tecrübesi
Uzman 1	Uzakyol Kaptan	Akademisyen	18 Yıl	12 Yıl
Uzman 2	Uzakyol Kaptan	Akademisyen	14 Yıl	8 Yıl
Uzman 3	Uzakyol Kaptan	P&I Sörveyörü	12 Yıl	6 Yıl
Uzman 4	Uzakyol Birinci Zabit	Liman Devleti Denetçisi	6 Yıl	13 Yıl
Uzman 5	Uzakyol Birinci Zabit	Deniz Kazası Araştırmacısı	6 Yıl	9 Yıl

Çalışmanın çatma kaza analizlerine sebebiyet veren uzmanlarla ilgili ayrıntılı bilgi Tablo 4'te sunulmaktadır.

Tablo 4. Çatma kaza analizine katkı sunan uzmanlar

Uzmanlar	Yeterlilik	Mevcut Pozisyon	Gemi Tecrübesi	Mevcut Pozisyonda Tecrübesi
Uzman 1	Uzakyol Kaptan	Akademisyen	18 Yıl	12 Yıl
Uzman 2	Uzakyol Kaptan	Akademisyen	14 Yıl	8 Yıl
Uzman 3	Uzakyol Birinci Zabit	Liman Devleti Denetçisi	6 Yıl	13 Yıl

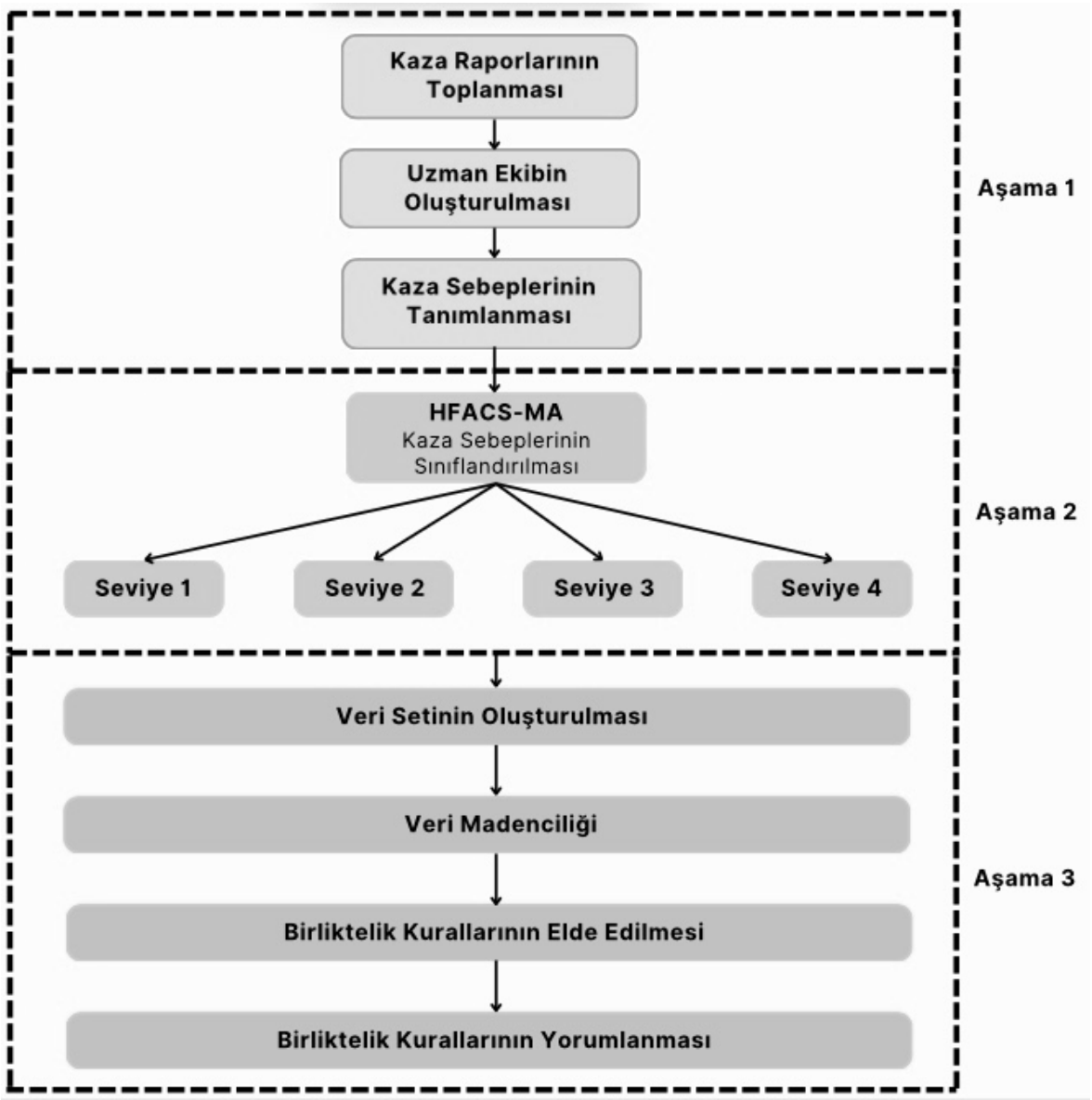
Kaza raporlarından kaza sebeplerinin çıkarılması sonrasında 2. aşamaya geçilmiştir. 2. aşama, kaza sebeplerinin uzman görüşlerine başvurularak HFACS-MA yapısı içinde listelenmesidir. Bu aşamada HFACS-MA yapısı temel alınarak kaza sebepleri 5 katman ve 4 seviye altında sınıflandırılmıştır. Katmanlar, HFACS-MA içinde bulunan 5 temel kaza faktöründen oluşmaktadır; dış faktörler, kurumsal etkiler, emniyetsiz yönetim, emniyetsiz eylemi hazırlayan alt nedenler, emniyetsiz eylemler. Seviyeler ise en genel kaza faktörü 1. seviye ve kök sebep 4. seviye olacak şekilde uzman görüşleriyle oluşturulmuştur. Bu aşamada oluşturulan HFACS-MA sınıflandırmasının yanında veri setine uzmanların önerileri ile gemi tipi, gemi yaş aralığı, seyir bölgesi, ve geminin büyüklüğünü temsil etmek üzere geminin tam boy aralığı dahil edilmiştir. Ayrıca geminin IMO numarasına veri setinde tanımlayıcı eleman olarak kullanılmak üzere yer verilmiştir. Oluşturulan veri setinde kaza faktörlerinin raporlarda belirtilen sebepleri ve uzman görüşleri ile HFACS-MA yapısı temel alınarak 4 seviyede yapılan sınıflandırma örneği Tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo 5. Örnek kaza sebepleri

Kaza No	HFACS Sv.1	HFACS Sv.2	HFACS Sv.3	HFACS Sv.4	Nedenler
1	Emniyetsiz eylemler	İhlaller	Rutin	Kişisel telefon görüşmeleri	Kılavuz kaptan kişisel telefon görüşmeleri ile meşgul.
1	Emniyetsiz eylemi hazırlayan alt nedenler	Personel faktörleri	Köprüüstü Kaynak yönetimi	Kılavuz kaptan-gemi iletişim sorunları	Kılavuz kaptan ile K/Ü ekibi iletişimi ve bilgi değişimi minimum seviyede.
1	Emniyetsiz eylemi hazırlayan alt nedenler	Çevresel faktörler	Fiziksel çevre	Sığ su	Gemi kanal dışına çıkarken sığlaşan su sebebiyle dümeni kontrol etmek zorlaşıyor.
1	Emniyetsiz eylemi hazırlayan alt nedenler	Personel faktörleri	Köprüüstü Kaynak yönetimi	Sefer planlaması	Etkisiz sefer planlaması. Kılavuz kaptanun yazılı planı yok, gemi sefer planında dönüşe başlama noktası gibi detaylar işlenmemiş.
2	Emniyetsiz eylemi hazırlayan alt nedenler	Bireyin durumu	Olumsuz ruhsal durum	Durumsal farkındalık	Gemide eğitim gören bir kaptan mevcut. Eğitim, ekipte dikkat dağınıklarına sebep oldu.
2	Emniyetsiz eylemi hazırlayan alt nedenler	Çevresel faktörler	Fiziksel çevre	Görüş	Sis faktörü, geminin diğer gemiyi gözcülükle görmesine engel oldu.
2	Emniyetsiz eylemi hazırlayan alt nedenler	Personel faktörleri	Gemiler arası ve VTS iletişimi	Gemiler arası iletişim	Gemi, diğer geminin çağrısını duymuyor.
2	Emniyetsiz eylemler	İhlaller	Rutin	Uluslararası regülasyonlar - COLREG	Gemi (kaptan veya kılavuz kaptan emriyle) siste vermesi gereken ses sinyallerini vermiyor.
2	Emniyetsiz eylemi hazırlayan alt nedenler	Personel faktörleri	Köprüüstü Kaynak yönetimi	Takım çalışması	Kılavuz kaptan aynı anda civardaki gemileri takip, radar gözlemi, VTS ile iletişim, römorkörlerle iletişim görevlerini yürütüyordu. K/Ü ekibinden yeterli destek alamadı. Kılavuz kaptan destek talebinde bulunmadı.

Aşama 2'nin tamamlanması sonrasında veri seti ARM uygulamasını gerçekleştirmek üzere güncellenmiştir. 3. aşamanın ilk adımı olarak ARM yöntemi R Studio programı versiyon 4.3.1 kullanılarak uygulanacağından veri setindeki bilgiler programın algılayacağı şekilde düzenlenmiştir. Bu aşamada gemi tanımlayıcı bilgisi olarak her gemide geminin kendisine özgü bir numara olan IMO numarası kullanılmıştır. Veri seti programa uygun olacak şekilde düzenlendikten sonra veri madenciliği ile kaza faktörleri ve gemi özellikleri arasındaki birliktelik kuralları tespit edilmiştir. Tespit edilen birliktelik kuralları arasından

güçlü ilişkileri ortaya çıkarmak adına dağılım grafiği kullanılarak uzman görüşleri ile destek ve güven değerlerinin anlamlı şekilde ayrıştığı bölgeler saptanmış ve bu yöntemle destek ve güven eşik değerleri belirlenmiştir. Eşik değerlerinin belirlenmesi, birliktelik kuralları içinde güçlü olan kuralların ortaya konmasını sağlamaktadır. Belirlenen eşik değerlerinin yanında lift değeri 1'den büyük olan kurallar dikkate alınmıştır. İncelenen her kaza tipi için güçlü birliktelik kurallarının tespit edilmesi sonrasında kurallar yorumlanarak mevcut literatür ile karşılaştırılmıştır. Çalışmanın akış şeması şekil 3'te gösterilmektedir.



Şekil 3. Çalışmanın akış şeması

2.2. Çalışmanın Veri Seti

Çalışmanın veri seti oluşturulurken Tablo 2'de belirtilen kaza araştırma kurumlarının denizcilik kazası araştırma raporları derlenmiştir. HFACS-MA yönteminin zayıf kabul edildiği yönlerden biri kaza raporlarını hazırlayan araştırmacıların öznel görüşlerine dayanması olduğundan, kaza sebepleri detaylı raporlar yayınlayan 11 farklı kuruluşun veritabanından alınmıştır. Araştırma sonucunda 2002-2020 yılları arası yayınlanmış 44 adet çatışma kazası raporu, 2000-2019 yılları arası yayınlanmış 22 adet çatma kazası raporu ve 2002- 2022 yılları arası yayınlanmış 26 adet karaya oturma kazası raporunun incelemesi yapılmıştır. Toplamda incelenen kaza araştırma raporu sayısı 92 olmuştur. Kaza tiplerine göre ayrıştırılmış incelenen kaza araştırma raporlarının ait olduğu veritabanları ve her veritabanından incelenen kaza adetlerinin detayları Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6. Kaza tiplerine ait incelenen araştırma raporlarının veritabanları

Çatışma Kazaları		**Çatma Kazaları**		**Karaya Oturma Kazaları**	
Kuruluş	**Rapor Adedi**	**Kuruluş**	**Rapor Adedi**	**Kuruluş**	**Rapor Adedi**
NTSB	14	NTSB	10	PMA	7
FSU	13	PMA	4	FSU	4
PMA	5	MAIB	4	ATSB	3
JTSB	5	JTSB	1	JTSB	3
MAIB	3	TSB-C	1	NTSB	2
DMA	3	BEAmer	1	TSB-C	2
ATSB	1	ATSB	1	MAIB	1
				SHK	1
				AIBN	1
				MCIB	1
				DMA	1
Toplam	44	Toplam	22	Toplam	26

Veritabanlarından kaza sebepleri çıkarılmış ve bu nedenler HFACS-MA yapısı içerisinde uzman grubun görüşleri dikkate alınarak sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma sonrasında gemi ve kaza bilgilerinin yer aldığı Excel dökümanı "R Studio" programı içinde çalışacak şekilde organize edilmiştir. Excel dökümanı R Studio programına yüklenerek veriler analiz edilmiş ve kazaya sebep olan faktörler arasındaki etkileşimler keşfedilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Çatışma Kazaları

Kılavuz kaptan eşliğinde seyir yapan gemilerde meydana gelen çatışma kazalarında insan faktörleri arasındaki ilişkilerin incelenmesi amacıyla çalışmanın iş akışı üç ana adım üzerine kurulmuştur. Temel olarak Aşama 1, kaza araştırma raporlarına ve uzman görüşlerine dayalı olarak kaza nedenlerinin toplanmasına yönelik veri çıkarılmasını kapsar. Aşama 2'de kaza nedenleri HFACS yapısına ve katmanlarına göre sınıflandırılarak kaza nedenleri veri seti oluşturulmuştur. Aşama 3'te Veri Tabanında Bilgi Keşfi (KDD) süreci takip edilerek her katmandaki kaza nedenleri analiz edilir.

Kılavuz kaptanlı çatışma kazalarının incelenmesi için 44 adet kaza raporu ayrıntılı şekilde incelenmiştir. İncelenen kaza raporlarından toplam 286 adet kaza oluşumuna sebebiyet veren faktör çıkarılmış ve bu faktörler uzman görüşleriyle HFACS-MA yapısı referans alınarak 4 seviyede sınıflandırılmıştır. Uzman görüşüne göre her bir neden, katman ve seviyelerde tanımlanan ilgili öğelerle eşleştirilerek bir veri seti oluşturulmuştur. Veri setinin her bir sütunu, gemi IMO numarası, gemi tipi, gemi uzunluğu, gemi yaşı, kaza bölgesi ve kaza inceleme raporlarında belirtilen kazaya sebebiyet veren faktörlerden oluşmaktadır. Çatışma kazalarına ait kaza sebepleri sınıflandırma tablosu Tablo 7'de sunulmuştur. Tabloda yer alan seviyeler seviye 1 en genel, seviye 4 kök sebep olmak üzere genelden özele doğru sıralanmaktadır. Tabloda bulunan katmanlar ise HFACS-MA yapısı içerisinde bulunan ana faktörlerdir. Tabloda sınıflandırılan faktörlerin yanında bulunan rakamlar faktörlerin görülme sıklığını vermektedir.

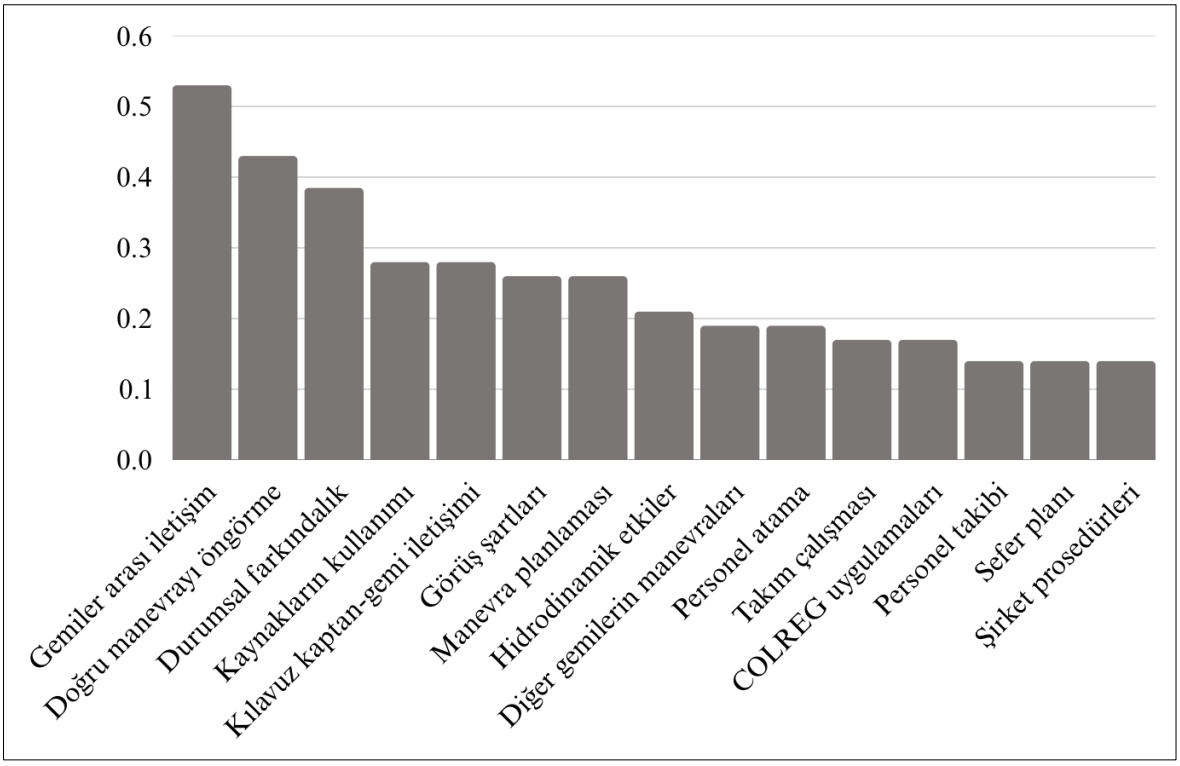
Tablo 7. Çatışma kazalarına ait HFACS-MA yapısı

	Seviye 1	**Seviye 2**	**Seviye 3**	**Seviye 4**
Katman 1	Dış Faktörler (34)	Yasal Boşluklar (1)	Yerel Yasalar (1)	Yerel Gemi Adamı Gereklilikleri (1)
		Tasarım Kusurları (5)	Liman Dizaynı (1):	Liman Dizayn Kusurları (1)
			Gemi Dİzaynı (4):	Makine Dairesi Ergonomisi (1), Köprüüstü Ergonomisi (1), Kronik Dümen Sorunları (1), Kronik Makina Sorunları (1)
		Yönetim Kusurları (28)	Bayrak Devleti (1):	Safe Manning (1)
			Diğer Gemiler (12):	Diğer Gemilerin Manevra Hataları (8), Uygunsuz Bilgi Paylaşımı (1), Diğer Gemilerin Yapısı (1), Diğer Gemilerin Operasyon Planlaması (2)
			VTS (8):	Hatalı Bilgi Paylaşımı (4), Uygunsuz Trafik Kontrolü (3), Uygunsuz İş Planlaması (1)
			Liman Devleti (6):	Yerel Trafik Regülasyonları (5), Etkisiz Römorkör Planlaması (1)
			Haritalar (1):	Haritada Eksik Bilgi (1)
Katman 2	Kurumsal Etkiler (16)	Kaynak Yönetimi (8)	İnsan Kaynakları (4):	Yetersiz Personel Eğitimi (3), Yetersiz Personel Donatımı (1)
			Teknik Kaynaklar (4	Yetersiz Köprüüstü Ekipmanları (1), Yetersiz Makina Bakımı (2), ISM sistemi Eksikleri (1)
		Kurumsal İklim (2)	Planlama (2):	Kılavuzluk Planlaması (2)
		Kurumsal Süreç (6)	Prosedürler (6):	Makine Dairesi Prosedürleri (1), Liman Devleti Prosedürleri (3), Seyir Prosedürleri (2)
Katman 3	Emniyetsiz Yönetim (27)	Yetersiz Denetim (13)	Risk ve Tehlike Değerlendirmesi (3):	Uygunsuz Risk Değerlendirmesi (1), Tehlikeye Yetersiz Müdahale (2)
			Gözetim (10):	Verilen Komutların Takibi (7), Etkisiz Kılavuz Kaptan Desteği (2), Etkisiz Kaptan Talimatları (1)
		Uygunsuz İş Planlaması (13)	Personel Değişim Operasyonları (1):	Kılavuz Kaptan Değişim Bölgesi (1)
			Operasyon Planlaması (12):	Manevra Planlaması (12)
		Bilinen Problemi Düzeltememe (1)	Gemi Ekipman Arızaları (1):	Bilinen Dümen Arızaları (1)
		İdari İhlaller (0)		

Tablo 7'nin devamı

	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3	Seviye 4
Katman 4	Emniyetsiz Eylemi Hazırlayan Alt Nedenler (152)	Yazılım (0)		
		Personel (109)	Olumsuz Zihinsel Durum (26):	Durumsal Farkındalık Eksikliği (21), Seyir Yardımcılarına Aşırı Güven (1), Panik (1), Yorgunluk (3)
			Olumsuz Fiziksel Durum (0):	
			Fiziksel/Zihinsel Sınırlamalar (3):	Tecrübe Eksikliği (3)
			Köprüüstü Kaynak Yönetimi (54):	Uygunsuz Personel Atama (9), Net Olmayan Komutlar (2), Köprüüstü Ekipmanlarının Etkisiz Kullanımı (12), Etkisiz Takım Çalışması (7), Gemi-Kılavuz Kaptan İletişim Sorunları (14), Kaptan-Kılavuz Kaptan Yetki Çekişmesi (1), Uygunsuz Sefer Planı (7), İç İletişim Eksikliği (2)
			Göreve Uygunluk (1):	Alkol (1)
			Dış İletişim (25):	Gemi-Gemi İletişimi (23), Gemi-VTS İletişimi (2)
		Çevresel Etkiler (42)	Fiziksel Çevre (34):	Görüş (11), Hidrodinamik Etkiler (9), Sığ Su (5), Dar Geçit Etkisi (3), Akıntı Etkisi (3), Hava Şartları (2), Gece Durumu (1)
			Teknolojik Çevre (8):	Dümen Arızası (2), Seyir Yardımcıları Arızası (3), Makina Arızası (2), Yetersiz Makina Gücü (1)
		Donanım (1)	Ekipman Entegrasyonu (1):	Seyir Cihazları Entegrasyonu (1)
Katman 5	Emniyetsiz Eylemler (57)	Hatalar (37)	Kural Hataları (1):	Seyir Kuralları (1)
			Beceri Hataları (35):	Uygun Manevrayı Öngörememek (22), Gemiler Arası Durumu Algılayamamak (3), Bilgiyi Doğru Kullanamamak (4), Hatalı Manevra Zamanlaması (3), Etkisiz Römorkör Kullanımı (2), Verilen Komutları Doğru Uygulayamamak (1)
			Bilgi Hataları (1):	Gemi Ekipmanlarına Aşina Olmamak (1)
		İhlaller (20)	Rutin İhlaller (18):	Şirket Prosedürleri (6), BTM (4), COLREG (7), Kişisel Telefon Görüşmeleri (1)
			İstisnai İhlaller (2):	Yerel Prosedür İhlalleri (2)

Tablo 7’de birinci seviye en genel faktörleri içermektedir. Seviye 2, seviye 1'in alt faktörlerini, seviye 3, seviye 2'nin alt faktörlerini ve seviye 4, seviye 3'ün alt faktörlerini içermektedir. Sınıflandırmanın ardından seviye 4'te belirtilen kök nedenler ARM kullanılarak değerlendirilmektedir. Seviye 4 içinde bulunan kaza faktörlerinin kaza raporlarında en sık rastlananları şekil 4’teki grafikte gösterilmektedir.



Şekil 4. Çatışma kazaları 4. seviye baskın faktörler frekans grafiği

Emniyetsiz eylemi hazırlayan alt nedenler katmanının görülme sayısı 152 olarak tespit edilmiştir ve bu da hataların %53,15'ine karşılık gelmektedir. Sonuçlar, bu katmanın kaza nedenini önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir. Özellikle, emniyetsiz eylemi hazırlayan alt nedenler alt faktörlerinden biri olan personel faktörleri, 109 hatayla seviye 2'de en yüksek görülme sıklığına sahiptir. 54 olayla, köprüüstü kaynak yönetimi sorunları diğer faktörlere kıyasla seviye 3'te çok daha yaygın görülmüştür. Son olarak, gemi-gemi iletişim sorunları, seviye 4'teki 286 kaza nedensel faktörü arasında 23 olayla çatışma olaylarının en sık görülen nedeni olarak tespit edilmiştir.

Katman 1, dış faktörlerin oluşturduğu hataları kapsamaktadır. Çatışma kazalarının oluşumuna sebebiyet veren toplam 286 kaza faktörü içinde dış faktörlerin etkin olduğu

kaza sebebi sayısı 34 olarak tespit edilmiştir. Bu katmanın ikinci seviyesinde yönetim kusurları 28 frekans ile en baskın faktördür. Katmanın üçüncü seviyesinde diğer gemilerin hataları 12 frekans değeri ile en baskın faktör olarak görülmektedir. Bunun yanında VTS hataları ve liman devleti hataları sırasıyla 8 ve 6 frekans değeri ile katmanın 3. seviyesinde en sık karşılaşılan faktörlerden olmuşlardır. Kök sebepleri oluşturan seviye 4'e bakıldığında diğer gemilerin manevra hatalarının 8 frekans değeri ile diğer faktörlerden ayrışarak kazalarda etkili bir rol oynadığı görülmektedir. Bunun yanında liman devletlerinin oluşturduğu yerel trafik düzenlemeleri, VTS'lerin hatalı bilgi paylaşımları ve VTS'lerin uygunsuz trafik kontrolü sırasıyla 5, 4 ve 3 frekans değerleriyle bu seviyedeki dikkat çeken diğer kaza faktörleri olmuştur.

Katman 2, kazalarda rol oynayan kurumsal etkilerin bulunduğu katmandır. Kurumsal etkiler, 286 kaza faktörü içinde 16 defa görülmüştür. Bu katmanın ikinci seviyesinde kaynak yönetimi 8, kurumsal süreç 6 ve kurumsal iklim 2 frekans değerine sahiptir. Katmanın üçüncü seviyesinde prosedür hataları 6 frekans değeri ile en sık görülen kaza faktörüdür. İnsan kaynaklarının yönetimi, teknik kaynakların yönetimi ve planlama hataları sırasıyla 4, 4 ve 2 frekans değeri ile bu seviyedeki diğer kaza oluşumuna sebebiyet veren sebeplerdir. Kurumsal etkilerin dördüncü seviyesinde liman devleti prosedür hatalarından ve yetersiz personel eğitiminden kaynaklı kusurların kaza sebepleri arasında görülme sayısı her iki hata kaynağı için 3 olmuştur. Yetersiz makine bakımı, kılavuzluk planlama hataları ve seyir prosedürleri hataları bu seviyede 2 frekans değeri ile diğer kaza faktörleridir.

Katman 3, emniyetsiz yönetim faktörlerinin oluşturduğu katmandır ve 286 kaza faktörü içinde toplam 27 adet emniyetsiz yönetimden oluşan hata tespit edilmiştir. Bu katmanın 2. Seviyesinde yetersiz denetim ve uygunsuz iş planlaması faktörleri her birinden 13 adet hata kaynaklanmak suretiyle en baskın hata kaynaklarıdır. Bu faktörlerin yanında bilinen problemin düzeltilmemesi kaza oluşumlarında 1 defa görülmüştür. Katmanın üçüncü seviyesinde operasyon planlaması hataları 12 frekans değeri ile en sık görülen hata kaynağı olmuştur. Bunun yanında gözetim faktörü 10 frekans değeri ile en sık görülen ikinci hata kaynağı olarak dikkat çekmektedir. Kök sebeplerin listelendiği dördüncü seviyede ise manevra planlaması konusunda yapılan hatalar 12 frekans değeri ile en baskın kaza faktörü olarak tespit edilmiştir. Bunun yanında verilen komutların takibi ile ilgili yapılan hatalar ise 7 frekans değeri ile dikkat çeken diğer bir kök sebep olarak dikkat çekmiştir. Bu faktörlere ek olarak etkisiz kılavuz kaptan desteği ve tehlikeye yetersiz

müdahale hatalarının kök sebepler içinde 2 defa kazalarda rol aldığı görülmektedir. Bu faktörlerin dışında kalan kök sebepler ise 1 frekans değerine sahiptir.

Katman 4, emniyetsiz eylemi hazırlayan alt nedenlerin bulunduğu katmandır. Bu katman, 286 kaza faktörü arasında 152 frekans değeri ile kaza oluşumunda en etkili hata katmanıdır. Katmanın ikinci seviyesi incelendiğinde personel etkenleri 109 frekans değeri ile en baskın hata faktörü olmaktadır. Bunun yanında bu seviyedeki çevresel etkilerden kaynaklı hata adedi 42 olarak karşımıza çıkmakta ve kaza oluşumunu kayda değer şekilde etkilemektedir. Üçüncü seviyede köprüüstü kaynak yönetiminden kaynaklı hatalar 54, fiziksel çevre 34, personelin olumsuz zihinsel durumu 26, ve dış iletişim 25 frekans değerleri ile kaza oluşumlarında en baskın hata kaynakları olarak tespit edilmiştir. Dördüncü seviyeye, yani kök sebeplere baktığımızda 23 frekans değeri ile gemi-gemi iletişim sorunları hata kaynakları içinde en baskın öğe olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu seviyede baskınlık düzeyi olarak gemi-gemi iletişim sorunlarını 21 frekans değeri ile durumsal farkındalık eksikliği, 14 frekans değeri ile gemi-kılavuz kaptan iletişim sorunları, 12 frekans değeri ile köprüüstü ekipmanlarının etkisiz kullanımı, 11 frekans değeri ile olumsuz görüş durumu, ve 9 frekans değeri ile uygunsuz personel atama ve hidrodinamik etkiler izlemektedir. Bu etkenlerin yanında etkisiz takım çalışması, uygunsuz sefer planlaması ve sığ su etkisinin oluşturduğu zorlukların kılavuz kaptanlı çatışma kazalarında sırasıyla 7, 7 ve 5 frekans değeri ile azımsanmayacak etkilerinin olduğu görülmektedir.

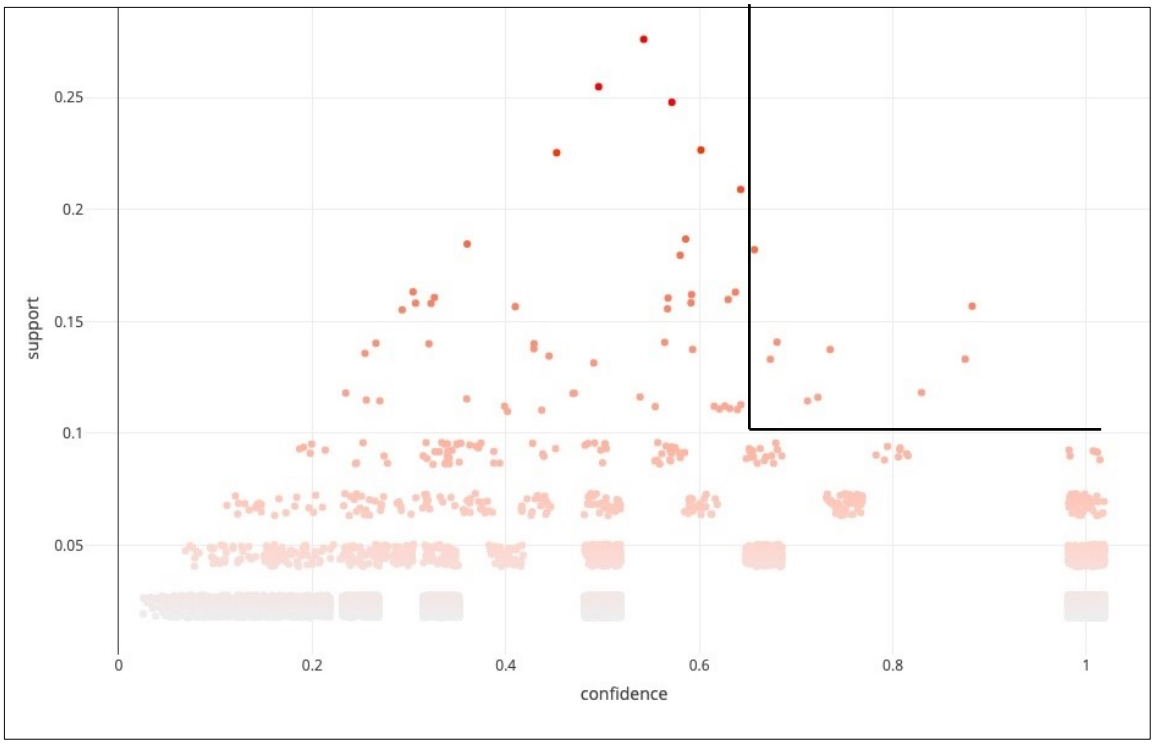
HFACS-MA içinde bulunan son katman olan katman 5, emniyetsiz eylemleri içeren katmandır. 286 faktörün içinde 57 faktör bu katmana aittir. Katmanın ikinci seviyesinde hataların 37, ihlallerin ise 20 frekans değeri olduğu görülmektedir. Üçüncü seviye incelendiğinde bu katmana ait 2 baskın faktör dikkat çekmektedir; beceri hataları ve rutin ihlaller. Beceri hataları 35 frekans değerine sahiptir ve bu katman içinde yer alan en baskın faktördür. Rutin ihlaller ise 18 frekans değeri ile emniyetsiz eylemler katmanında yer alan diğer bir önemli hata kaynağıdır. Kök sebepler incelendiğinde beceri hatalarından olan uygun manevrayı öngörememek tüm veritabanında 22 defa görülen oldukça önemli bir kaza faktörü olarak dikkat çekmektedir. Bunun yanında COLREG kurallarının rutin ihlalleri 7, şirket prosedürlerinin rutin ihlalleri 6, BTM kurallarının rutin ihlalleri 4 ve bilgiyi doğru kullanamamaktan kaynaklı hatalar 4 frekans değerleriyle bu seviyede karşılaşılan diğer önemli kaza faktörleri olmuştur.

Çatışma kazalarının kök sebeplerine bakıldığında en sık rastlanan faktör 23 frekans değeri ile gemi-gemi iletişimindeki yetersizlik olarak tespit edilmiştir. Kaza raporları

incelendiğinde gemiler arası iletişim sorunlarının oluşma sebebinin iki temel faktörü olduğu görülmektedir. Bu faktörlerden biri gemilerin iletişim kurma gereksinimi duymamaları ve seyir yardımcıları ile çatışma riskini öngörüp kaçınma manevralarını buna göre planlamak niyetinde olmalarıdır. Diğeri ise gemilerden biri telsiz çağrısı yapsa dahi diğer geminin bu çağrıya cevap vermemesidir. Frekans değeri en yüksek ikinci kaza faktörü 22 frekans değeri ile uygun manevrayı öngörememek olmuştur. Kaza raporlarına göre bu faktörü oluşturan sebepler makine gücünün duruma uygun kullanılmaması ve emniyetli hızla seyir yapılmaması, dümen komutlarının hatalı olması ve gemileri geçerken veya gemilere yol verilirken olası diğer tehlikelerin tam olarak dikkate alınmamasıdır. 21 frekans değeri ile durumsal farkındalık eksikliği çatışma kazalarında üçüncü en sık rastlanan kaza faktörüdür. Bu faktörü tetikleyen etkenlerin köprüüstü ekip üyelerinin manevra haricinde işlerle meşgul olması ve görev değişiminin yarattığı dikkat dağınıklığı olduğu görülmektedir. Fakat kaza raporlarında bu kaza faktörüyle ilgili dikkat çeken diğer bir konu sıklıkla dikkat dağınıklığı bulunduğunun belirtilmesi ve bunun sebebiyle ilgili bilgi verilmemesidir. En baskın dördüncü kaza faktörü 14 frekans değeri ile gemi-kılavuz kaptan iletişim sorunlarıdır. Kaza raporları incelendiğinde bu faktörün oluşumuna sebep olan etkenlerin ağırlıklı olarak taraflar arasındaki bilgi paylaşımının yetersiz olması, dil bariyeri ve manevra sorumluluğunun kimde olduğu konusunda yaşanan karmaşadan kaynaklandığı görülmektedir. Kazalarda görülme sıklığına bakıldığında beşinci ve altıncı sıralarda 12 frekans değeri ile manevra planlamasındaki hatalar ve köprüüstü ekipmanlarının etkisiz kullanımı gelmektedir. Manevra planlamasındaki hataların daha çok kanalların veya seperasyonların sınırına yakın seyir yapılacak şekilde plan yapılması ve gemilerin karşılıklı geçişlerinin emniyetsiz bir yere denk gelecek şekilde planlanması olduğu görülmektedir. Köprüüstü ekipmanlarının etkisiz kullanımını oluşturan durumlar ise sıklıkla Radar ve gemi düdüğünün yeterince etkili kullanılamaması olarak tespit edilmiştir.

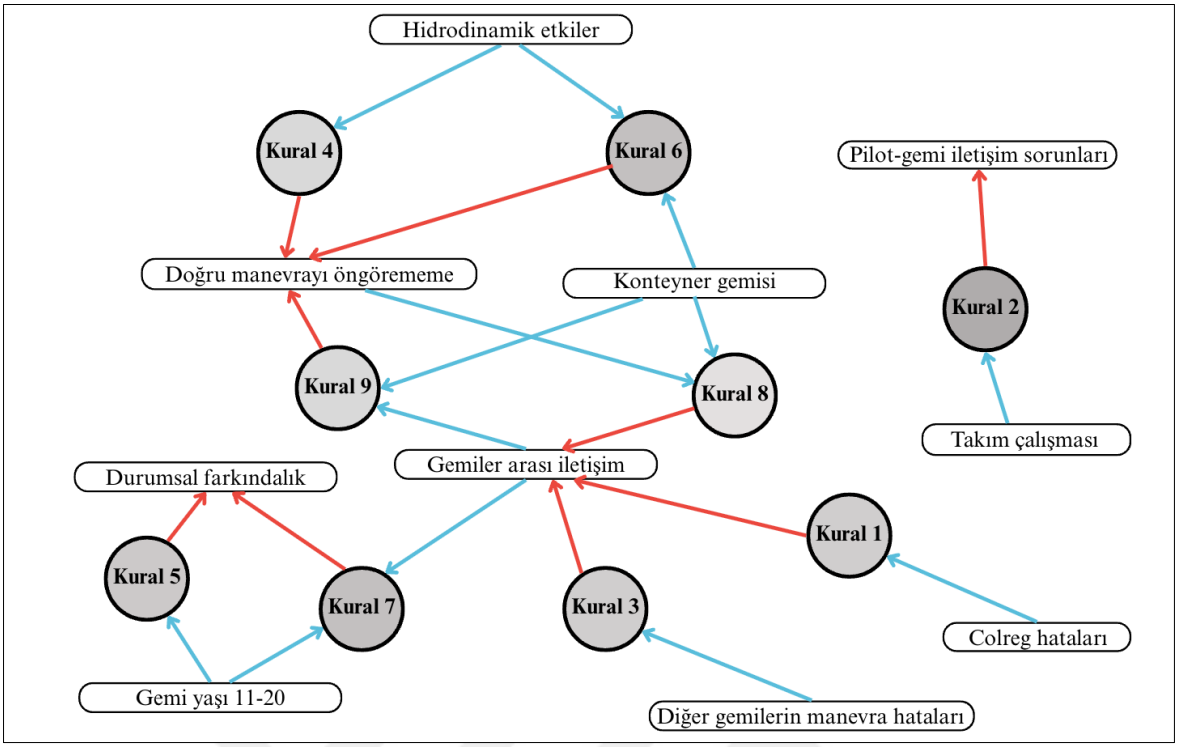
Sınıflandırmadan sonra, seviye 4'te belirtilen temel nedenler ARM kullanılarak değerlendirilmiştir. HFACS-MA'nın uygulanmasının ardından, geminin uzunluğu, tipi, yaşı, seyir alanı ve IMO numarası, seviye 4'teki parametreleri içeren bir Excel sayfasına aktarılmıştır. ARM'de, IMO numarası işlem tanımlama aracı olarak kullanılmıştır. Geminin uzunluğu, tipi, yaşı ve seyir alanı, bu değişkenlerde ilişkilerin çıktısı olamayacağından, kazaya sebebiyet veren faktörler üzerinde herhangi bir etkilerinin olup olmadığını belirlemek için yalnızca girdi olarak kullanılmıştır. ARM'yi uygulamak için R Studio

(Sürüm 4.3.1) kullanılmıştır. Veri madenciliği 19.636 kural üretmiştir. Şekil 5, kuralların eşik değerlerini belirlemek için kullanılan seviye 4'teki kazaya sebebiyet veren faktörlerin arasındaki birliktelik kurallarının dağılım grafiğini göstermektedir.



Şekil 5. Çatışma kazası 4. seviye faktörleri birliktelik kuralları dağılım grafiği

Destek ve güven için eşik değerleri şekil 5'te yer alan dağılım grafiği referans alınarak uzman görüşleriyle sırasıyla 0,10 ve 0,65 olarak belirlenmiştir. Lift değeri 1'den büyük olan ilişki kuralları dikkate alınmış ve ilişkiler ağı bu kriterlere göre oluşturulmuştur. Belirlenen eşik değerleriyle toplam dokuz kural elde edilmiştir. Şekil 6, ilişki kurallarının ağını göstermektedir.



Şekil 6. Çatışma kazası 4. seviye kurallar ağı

Şekil 6'daki koyu renkli kurallar önem dereceleri yüksek yani lift değerleri büyük olan kuralları göstermektedir. Lift değeri düştükçe kuralı temsil eden renkler soluklaşmaktadır. Yüksek lift değerine sahip kurallar ARM'de daha dikkat çekici kabul edilmektedir. Tablo 8, destek, güven ve lift değerleriyle birlikte seviye 4'e ait kuralları göstermektedir. Geminin yaşı, uzunluğu, seyir bölgesi, ve gemi tipi kaza oluşum faktörlerini etkileyebilecek fakat faktörlerden etkilenemeyecek özellikte olduklarından ARM içerisinde sadece girdi olarak değerlendirmeye alınmışlardır. Bu sebeple bu faktörlere çıktı bölümünde yer verilmemiştir.

Tablo 8. Çatışma kazaları seviye 4 birliktelik kuralları

Kural	Girdi	Çıktı	Destek	Güven	Lift
Kural 2	Takım çalışması	Kılavuz kaptan-Gemi iletişim sorunları	0,114	0,714	2,619
Kural 6	Konteyner gemisi, Hidrodinamik etkiler	Uygun manevrayı öngörememek	0,114	0,833	1,930
Kural 7	Gemiler arası iletişim, Gemi yaşı 11-20	Durumsal farkındalık	0,114	0,714	1,849
Kural 5	Gemi yaşı 11–20	Durumsal farkındalık	0,182	0,667	1,725
Kural 3	Diğer gemilerin manevra hataları	Gemiler arası iletişim	0,159	0,875	1,674
Kural 1	COLREG ihlalleri	Gemiler arası iletişim	0,136	0,857	1,640
Kural 4	Hidrodinamik etkiler	Uygun manevrayı öngörememek	0,136	0,667	1,544
Kural 9	Konteyner gemisi, Gemiler arası iletişim	Uygun manevrayı öngörememek	0,136	0,667	1,544
Kural 8	Konteyner gemisi, Uygun manevrayı öngörememek	Gemiler arası iletişim	0,136	0,750	1,435

Kural 2, 2,619'luk lift değeriyle en dikkat çekici kural olarak tespit edilmiştir. Bu kural, "takım çalışması" ve "kılavuz kaptan-gemi iletişim sorunları"nın birlikte görülme sıklığının %11,4 olduğunu belirtmektedir. Bu kuralın güven değerinin 0,714 olduğu göz önüne alındığında, "takım çalışması" bir kazada rol oynadığında, kazaya sebebiyet veren faktörler arasında "kılavuz kaptan-gemi iletişim sorunları"nın bulunmasının oldukça olası olduğunu değerlendirmek makul bir çıkarım olacaktır. Başka bir deyişle, köprüüstü ekip üyelerinin etkisiz takım çalışması, kılavuz kaptan ile gemi mürettebatı arasında etkili bir iletişim kurulmasını olumsuz şekilde etkilemektedir. Kaza soruşturma raporları, kılavuz kaptanlar ile gemi mürettebatı arasındaki iletişim sorunlarının genellikle kaptan ile kılavuz kaptan arasındaki yetersiz bilgi alışverişinden ve planlanan manevrayı birbirlerine yeterli şekilde ifade etmemelerinden kaynaklandığını göstermektedir.

Lift değeri 1,930 olan kural 6, bulgularımıza göre ikinci en önemli kuraldır. Bu kurala göre, “hidrodinamik etkiler”, “uygun manevrayı öngörememe” ve “konteyner” öğelerini içeren olaylar tüm kazaların %11,4'ünü oluşturmaktadır. Kuralın 0,833'lük güven değeri, konteyner gemilerinde hidrodinamik etkiler mevcut olduğunda uygun manevrayı tahmin etme yeteneğinde fark edilir bir düşüş olduğunu göstermektedir. 1,544 lift değerine sahip yedinci en önemli kural olan kural 4’te bu kuralla ilgilidir çünkü hidrodinamik etkilerin uygun manevrayı tahmin etmede olumsuz bir etkisi olabileceğini göstermektedir. Kaza raporlarının analizi, emniyetli hıza düşmeme, hatalı dümen komutları, hidrodinamik etkiler, hava koşullarının yeterince dikkate alınmaması ve gerekli manevraların zamanında

gerçekleştirilememesinin uygun manevrayı belirleyememeye yol açtığını ortaya koymaktadır.

Lift değeri 1,849 olan kural 7, ağdaki üçüncü en önemli kuraldır. Destek değeri 0,114 olan kural 7, çatışma kazalarında rol oynayan "gemiler arası iletişim", "gemi yaşı 11-20" ve "durumsal farkındalık" faktörlerinin birlikte görülme sıklığının %11,4 olduğunu belirtmektedir. Bu kuralın güven değeri olan 0,714'e göre, 11-20 yaş aralığındaki gemilerde gemiler arası iletişimin yetersiz olduğu kazaların %71,4'ünde durumsal farkındalık eksikliği mevcuttur. Dördüncü en önemli kural olan kural 5 bu tespitle bağlantılıdır. Bu kural, 11-20 yaş aralığındaki gemilerin köprüüstü ekibinin durumsal farkındalığı üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olabileceğini göstermektedir. Bu bulgu, durumsal farkındalığın gemi yaşından ve gemiler arası iletişimden güçlü bir şekilde etkilendiğini düşündürebilir. Kaza raporları incelendiğinde hatalı vardiya devir-teslim zamanlaması, kritik zamanlarda yapılan telsiz çağrıları ve gemi pozisyonunun yeterince takip edilmemesi faktörlerinin durumsal farkındalığın azalmasına neden olduğu belirlenmiştir.

Diğer kurallar incelendiğinde kural 3, gemiler arasındaki iletişim sorunlarının diğer gemilerin manevra hatalarından önemli ölçüde etkilendiğini göstermiştir. Kuralın destek değeri olan 0,159, bu iki öğenin tüm veritabanında birlikte görüldüğü durumun tüm kazaların %15,9'unu kapsadığını belirtmektedir. Güven değeri olan 0,875 ise diğer gemilerin manevra hatalarının kazada etkili bir rol oynaması durumunda bu kazalarda %87,5 oranında aynı zamanda gemiler arası iletişim sorunlarının da rol oynadığını göstermektedir. Gemiler arası iletişim yetersizse, yakındaki gemilerin hatalı manevraları durumunda, çatışmayı önlemek amacıyla harekete geçmek için çok geç olabileceğinden, seyir emniyeti için ciddi bir tehdit oluşturabilir. Çalışmamız kılavuz kaptanlı gemilerde gerçekleşen çatışma kazalarını ele almakta olduğundan ve kılavuzluk operasyonları sıklıkla dar ve kısıtlı sularda gerçekleştirildiğinden gemilerin bu bölgelerde iyi bir telsiz iletişimi içinde olmaları seyir emniyeti için önemli görülmektedir. Kural 1, hatalı COLREG uygulamalarının gemiler arası iletişimin uygun şekilde uygulanması üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Kuralın destek değeri 0,136'dır ve her iki faktörün kazaların %13,6'lık bölümünde beraber görüldüklerini göstermektedir. Güven değerine göre ise COLREG kurallarının ihlali durumunda gemiler arası iletişim sorunlarının kazalarda etkin rol oynama oranı %85,7'dir. Kaza araştırma raporlarına göre, gemiler arasındaki iletişim hatalarının yaygın nedenleri arasında iletişimi başlatamama, çağrılara

cevap vermeme ve doğrudan iletişim yerine varsayımlara güvenme yer almaktadır. 8 ve 9 numaralı kurallar dikkate alındığında, ağdan alınan bilgiler, gemiler arası iletişim ile konteyner gemilerinde uygun manevrayı öngörememe arasında bir bağlantı olduğunu göstermektedir. Kural 9'a göre gemi tipi konteyner olduğunda gemiler arası iletişim ile uygun manevrayı öngörememek faktörlerinin üçünün birden tüm çatışma kazalarında görülme oranı %13,6'dır. Güven değeri olan 0,667 ise konteyner gemilerinde gemiler arası iletişim sorunları kazalarda etkin rol oynadığında uygun manevrayı öngörememenin bu kazaların %66,7'lik bölümünde etkili bir faktör olarak karşımıza çıktığını göstermektedir. Kural 8'de destek değeri kural 9 ile aynıdır; çünkü kuralda yer alan faktörler aynı faktörlerdir. Bunun yanında kural 8'de uygun manevrayı öngörememek ve gemiler arası iletişim faktörleri girdi ve çıktı bölümlerinde birbirlerinin zıttı konumdadırlar. Diğer bir deyişle bu durum bu iki faktörün konteyner gemilerinde oluşan çatışma kazalarında birbirlerini etkileyen faktörler olduğunu ortaya koymaktadır. Kural 8'in güven değeri olan 0,75 ise konteyner gemilerinde uygun manevranın öngörülememesi durumunda gemiler arası iletişim faktörünün kaza sebepleri içinde bulunma oranının %75 olduğunu belirtmektedir. Bu kurallar, konteyner gemilerinde oluşabilecek gemiler arası iletişim veya uygun manevrayı öngörememek sorunlarının birbirlerinin oluşumunu daha olası kılacakları olarak yorumlanabilir.

3.2. Çatma Kazaları

Kılavuz kaptanla seyir yapan gemilerde oluşan çatma kazalarına ait kaza raporlarından kazaya sebebiyet veren faktörler çıkarıldıktan sonra, her faktör HFACS-MA yapısında katmanlar ve seviyeler halinde sınıflandırılmıştır. Katmanlar HFACS-MA yapısının ana kriterlerinden oluşmaktadır. Seviyeler, genelden kök nedene doğru, bir önceki seviyenin alt faktörünü yansıtacak şekilde oluşturulurmuştur. Çalışmanın HFACS-MA yapısı Tablo 9'da gösterilmektedir.

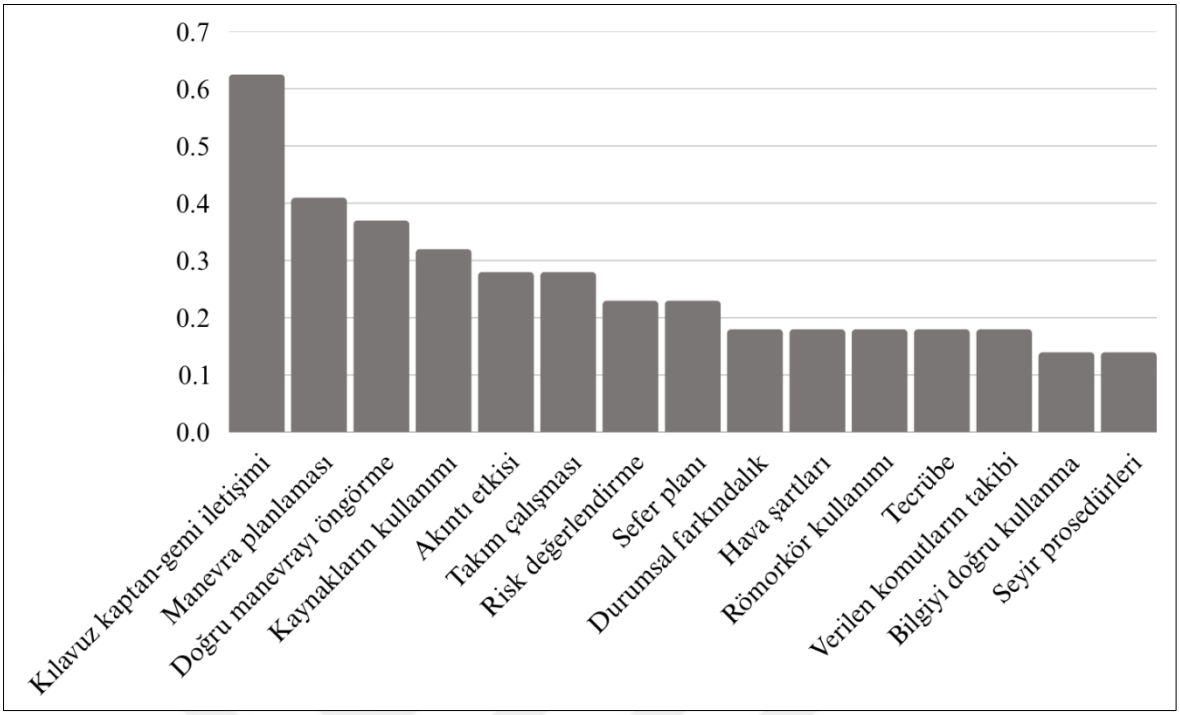
Tablo 9. Çatma kazalarına ait HFACS-MA yapısı

	Seviye 1	**Seviye 2**	**Seviye 3**	**Seviye 4**
Katman 1	Dış Faktörler (12)	Yasal Boşluklar (1)	Uluslararası Regülasyonlar (1)	Makina Dairesi Gereklilikleri (1)
		Tasarım Hataları (5)	Rıhtım Dizaynı (1):	Liman Dizaynı Kusurları (1)
			Gemi Dizaynı (4):	Manevra İstasyonu Ergonomisi (1), Köprüüstü Ergonomisi (2), Köprüüstü Kör Sektörler (1), Kronik Makina Problemleri (1)
		Yönetim Kusurları (6)	VTS (2):	Uygunsuz Bilgi Paylaşımı (2),
			Liman İdaresi (2):	Yetersiz Römorkör Bakımı (2)
			Sağlık Otoritesi (2):	Doktor Muayene Hataları (1) Uygunsuz Sağlık Sertifikası (1)
Katman 2	Kurumsal Etkiler (13)	Kaynak Yönetimi (6)	İnsan Kaynakları (5):	Personel Eğitim Eksiği (4), Personel Donatım Eksiği (1)
			Teknik Kaynaklar (1)	Liman Devleti Kaynak Yönetimi (1)
		Kurumsal İklim (1)	Şirket Politikaları (1):	Gemi Çalışma Dili (1)
		Kurumsal Süreç (6)	Prosedürler (6):	Makina Prosedürleri (2), Liman Devleti Prosedürleri (1), Seyir Prosedürleri (3)
Katman 3	Emniyetsiz Yönetim (26)	Yetersiz Denetim (12)	Risk ve Tehlike Değerlendirmesi (5):	Uygunsuz Risk Değerlendirmesi (5),
			Gözetim (6):	Verilen Komutların Gözetimi (4), Personelin Göreve Uygunluğunun Gözetimi (2)
			Otorite Boşluğu (1)	Kaptanın Üstün Otoritesi (1)
		Uygunsuz İş Planlaması (12)	Operasyon Planlaması (12):	Manevra Planlaması (10) Römorkör Operasyon Planlaması (1) Uygunsuz Vardiya Değişimi (1)
		Bilinen Problemin Çözülmemesi (2)	Gemi Ekipman Arızaları (2):	Makina Gücü Problemleri (1) Makina Kontrol Ünitesi Problemleri (1)
		İdari İhlaller (0)		
Katman 4	Emniyetsiz Eylemi Hazırlayan Alt Nedenler (67)	Yazılım (0)		
		Personel (53)	Olumsuz Zihinsel Durum (5):	Durumsal Farkındalık Eksiği (4), Yorgunluk (1)
			Olumsuz Fiziksel Durum (1):	Sağlık Sorunları (1)
			Fiziksel/Zihinsel Sınırlamalar (4):	Tecrübe Eksikliği (4)

Tablo 9'un devamı

	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3	Seviye 4
Katman 4			Köprüüstü Kaynak Yönetimi (40):	Köprüüstü Ekipmanlarının Etkisiz Kullanımı (7), Etkisiz Takım Çalışması (6), Gemi-Kılavuz kaptan İletişim Problemleri (18), Kaptan-Kılavuz kaptan Otorite Çekişmesi (1), Uygunsuz Sefer Planı (5), Gemi İçi İletişim (3)
			Göreve Uygunluk (1):	Uyuşturucu Etkisi Altında Olmak (1)
			Dış İletişim (2):	Gemi-Gemi Haberleşmesi (1), Gemi-VTS Haberleşmesi (1)
		Çevresel Koşullar (14)	Fiziksel Çevre (11):	Sığ Su (1), Akıntı Etkisi (6), Hava Şartları (4),
			Teknolojik Çevre (3):	Dümen Arızası (1), Makina Arızası (2),
		Donanım (0)		
Katman 5	Emniyetsiz Eylemler (30)	Hatalar (21)	Kural Hataları (0):	
			Beceri Hataları (18):	Uygun Manevrayı Öngörememek (9), Bilgiyi Doğru Kullanamamak (3), Hatalı Manevra Zamanlaması (2), Etkisiz Römorkör Operasyonu (4),
			Bilgi Hataları (3):	Manevra Bilgisi (2) Teknik Bilgi (1)
		İhlaller (9)	Rutin İhlaller (9):	Şirket Prosedürleri (3), BTM (2), STCW (1), Kişisel Telefon Görüşmeleri (3)
			İstisnai Hatalar (0):	

Kaza raporlarından toplam 148 adet kaza oluşumuna sebebiyet veren faktör çıkarılmıştır. Bu kaza faktörlerinin seviye 4 içindeki sınıflandırmaları kazalarda görülme oranları görselleştirilerek şekil 7'deki frekans grafiğinde sunulmaktadır.



Şekil 7. Çatma kazaları 4. seviye baskın faktörler frekans grafiği

Emniyetsiz eylemi hazırlayan alt nedenler katmanının frekansı 67 olarak belirlenmiştir. Bu oran uygunsuzlukların %45,27'sine karşılık gelmektedir. Bulgularımıza göre bu katmanın kaza nedenselliği üzerinde önemli bir etkisi bulunmaktadır. Ayrıca Emniyetsiz eylemi hazırlayan alt nedenlerin alt seviyelerinden biri olan "Personel"in 53 uygunsuzlukla 2. seviyede en baskın frekansa sahip olması da dikkat çekicidir. Seviye 3'te Köprü Kaynak Yönetimi ile ilgili olarak ortaya çıkan sorunlar 40 olayla diğer faktörlere göre çok daha yüksektir. Seviye 4'te, Gemi-kılavuz kaptan iletişim problemleri, çatma kazalarına en sık sebebiyet veren faktördür.

Dış faktörlerden kaynaklı hataların listelendiği katman 1, 148 kaza faktörünün 12'sini içermektedir. Katmanın ikinci seviyesinde yönetim kusurları 6 frekans değeri ile en baskın kaza faktörü olarak belirlenmiştir. Aynı seviyede tasarım hataları 5, yasal boşluklar 1 frekans değerine sahiptir. Seviye 3 incelendiğinde gemi dizaynı kaynaklı kusurlar 4 frekans değeri ile katmanın bu seviyedeki en baskın hata kaynağıdır. Bunun yanında VTS hataları, liman idaresi hataları ve sağlık otoritesi hataları 2 frekans değeri ile katmanın üçüncü seviyedeki diğer etkili hata kaynaklarıdır. Rıhtım dizaynı ile uluslararası regülasyonlardan kaynaklı hata kaynaklarının ise frekans değerleri 1 olarak saptanmıştır. Kök sebeplerin bulunduğu dördüncü seviyede köprüüstü ergonomisi, VTS'in uygunsuz bilgi paylaşımı ve liman idarelerinin yetersiz römorkör bakımı 2 frekans değeri ile öne

çıkan hata kaynaklarıdır. Seviye 4 içinde bulunan diğer faktörlerin frekans değerlerinin 1 olduğu tespit edilmiştir.

Katman 2, kurumsal etkilerden kaynaklı hataların bulunduğu katmandır. Kaza faktörlerinden 13'ünün bu katmana ait olduğu tespit edilmiştir. Katmanın ikici seviyesinde kaynak yönetimi ve kurumsal süreç faktörleri 6 frekans değeri ile en önemli hata kaynakları olarak belirlenmiştir. Bu seviyede ayrıca kurumsal iklimin kaza faktörleri içinde 1 defa görüldüğü saptanmıştır. Katmanın üçüncü seviyesinde prosedür kaynaklı kaza faktörlerinin 6, insan kaynaklarından oluşan hataların 5 frekans değerinin olduğu belirlenmiştir. Seviyenin diğer hata kaynakları 1 frekans değeri ile şirket politikaları ve teknik kaynak eksiklikleridir. Kök sebepler incelendiğinde personel eğitim eksikliğinin frekans değerinin 4 olduğu görülmektedir ve dördüncü seviyede yer alan en baskın faktör olmaktadır. Seyir prosedürlerinin eksikliğinden kaynaklı hatalar 3, makine prosedürlerinin eksikliğinden kaynaklı hatalar ise 2 frekans değeri ile bu seviyedeki diğer dikkat çeken kaza faktörleridir. Personel donatım eksikliği, liman devleti kaynak yönetimi eksikliği, gemi çalışma dili kaynaklı kusurlar ve liman devleti prosedür hataları 1 frekans değeri ile dördüncü seviyenin diğer kaza faktörleridir.

Katman 3, emniyetsiz yönetim kaynaklı hataların listelendiği katmandır. Bu katmanın frekans değeri 26 olarak tespit edilmiştir. Katmanın ikinci seviyesinde yetersiz denetim 12, uygunsuz iş planlaması 12 ve bilinen problemin çözülmemesi 2 frekans değerine sahiptir. Yetersiz denetim ve uygunsuz iş planlamasının bu seviyede ağırlıklı hata kaynakları olduğu görülmektedir. Katmanın üçüncü seviyesinde operasyon planlaması 12 frekans değeri ile en dikkat çeken kaza faktörüdür. Gözetim kaynaklı hatalar ile risk ve tehlike değerlendirmesi eksiklikleri sırasıyla 6 ve 5 frekans değerleriyle üçüncü seviyede önemli yeri olan diğer kaza faktörleridir. Bunların yanında gemi ekipmanlarının bilinen fakat düzeltilmeyen arızaları 2, otorite boşluğu 1 frekans değerlerine sahiptir. Katmanın kök sebeplerinden en baskın olanı 10 frekans değeri ile hatalı manevra planlamasıdır. Dördüncü seviyede uygunsuz risk değerlendirmesi 5, verilen komutların gözetimi kaynaklı hatalar 4 frekans değeri ile dikkat çeken diğer kaza faktörleridir. Ayrıca personelin göreve uygunluk değerlendirmesinin uygun yapılmaması 2, kaptanın üstün otoritesini uygun kullanamaması, römorkör operasyonunun iyi planlanamaması, uygunsuz vardiya değişimi, ve gemi personelince bilinen sorunlardan makine gücünün yeterli olmaması ve makine kontrol ünitesi arızalarının 1 frekans değerleri bulunmaktadır.

Katman 4 emniyetsiz eylemi hazırlayan alt nedenlerin listelendiği katmandır ve 67 frekans değeri ile kılavuz kaptanlı çatma kazalarının oluşumunda en büyük etkisi bulunan kaza faktörüdür. Çatma kazalarına ait kaza faktörlerinin %45,27'si bu katmanda oluşan hatalardan kaynaklanmaktadır. Katmanın ikinci seviyesinde personel faktörleri 53 frekans değeri ile kaza oluşumunda en büyük etkiyi gösteren hatalardır. İkinci seviyede bulunan bir diğer hata kaynağı çevresel koşullardır ve frekans değeri 14 olarak saptanmıştır. Üçüncü seviye incelendiğinde köprüüstü kaynak yönetiminden kaynaklı hatalar 40 frekans değeri ile bu seviyedeki en büyük kaza faktörüdür. Fiziksel çevre 11 frekans değeriyle seviyenin bir diğer etkili kaza faktörü olmaktadır. Bu etkenlerin yanında olumsuz zihinsel durum 5, fiziksel/zihinsel sınırlamalar 4, teknolojik çevre 3, dış iletişim hataları 2, olumsuz fiziksel durum 1 ve göreve uygunluk ile ilgili kusurlar 1 frekans değerine sahiptir. Katmanın kök sebepleri içinde 18 frekans değeri ile gemi-kılavuz kaptan iletişim sorunları ağırlığı en yüksek hata kaynağıdır. Bunun yanında köprüüstü ekipmanlarının etkisiz kullanımı, etkisiz takım çalışması, akıntı etkisi, uygunsuz sefer planlaması, olumsuz hava şartları, durumsal farkındalık eksikliği ve tecrübe eksikliği sırasıyla 7, 6, 6, 5, 4, 4 ve 4 frekans değerleriyle kök sebepler arasında ağırlığı diğer faktörlere göre daha yüksek olan hata kaynakları olarak tespit edilmiştir. Gemi içi iletişim eksikliği 3, makine arızası 2, ve Tablo 9'da listelenmiş olan diğer faktörler 1 frekans değerleriyle katmanın kök sebepleri arasında daha az ağırlığa sahip diğer kaza faktörleridir.

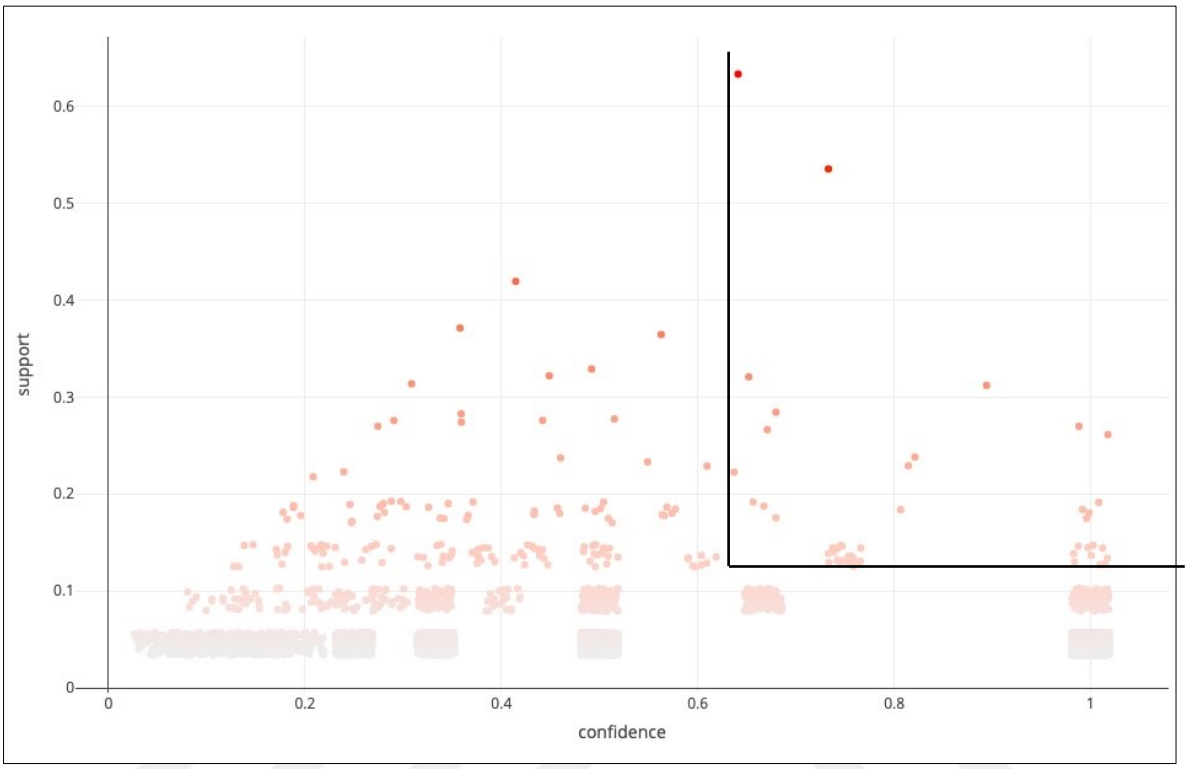
Emniyetsiz eylemlerin bulunduğu katman 5, 30 frekans değeri ile kazalarda rol oynayan en baskın ikinci katmandır. Katmanın ikinci seviyesi hatalar ve ihlallerden oluşmaktadır. İkinci seviyede hataların 21 frekans değeri ile 9 referans değeri bulunan ihlallere kıyasla kaza oluşumlarında daha sık karşılaşılan bir faktör olduğu görülmektedir. Emniyetsiz eylemlerin üçüncü seviyesi incelendiğinde beceri hatalarının 18 kaza faktörünü içerdiği ve beşinci katmanın üçüncü seviyesinde en baskın faktör olduğu görülmektedir. Üçüncü seviyede bulunan diğer kaza faktörleri 9 frekans değeri ile rutin ihlaller ve 3 frekans değeri ile bilgi hataları olmuştur. Dördüncü seviyede beceri hatalarının alt kriterlerinden olan uygun manevrayı öngörememek 9 frekans değeri ile bu seviyedeki en baskın hata kaynağıdır. Römorkörlerin etkili idare edilememesi 4 frekans değeri ile ikinci en baskın kaza faktörü olarak tespit edilmiştir. Bilgiyi doğru kullanamamak, şirket prosedürlerinin ihlali ve kişisel telefon görüşmeleri ise 3 frekans değeri ile dikkat çeken diğer hata kaynakları olmuştur. Çatma kazalarında bu faktörlerden daha az rastlanan hatalı manevra zamanlaması, yetersiz manevra bilgisi ve BTM kural ihlallerinin 2 frekans değeri

bulunurken; teknik bilgi eksikliği ve STCW kural ihlallerinin 1 frekans değeri olduğu saptanmıştır.

Çatma kazalarının kök sebepleri incelendiğinde en sık rastlanan kaza faktörü 18 frekans değeri ile gemi-kılavuz kaptan iletişim sorunları olarak tespit edilmiştir. Kaza raporlarına göre bu faktörün oluşumuna sebep olan etkenler ağırlıklı olarak taraflar arasındaki bilgi paylaşımının yetersiz olması, kaptan ile kılavuz kaptan arasındaki yetki çekişmesi ve dil bariyeri olmuştur. Manevra planlaması hataları, kök sebepler arasında 10 frekans değeri ile çatma kazalarında ikinci en sık görülen kaza faktörüdür. Kaza raporları incelendiğinde bu hatalara sebep olan etkenler kritik dönüşler için planlanan bölgelerin tehlikeli olması, hatalı halat manevrası planlamaları ve kaptan veya kılavuz kaptanın manevra için herhangi bir planlamasının bulunmaması olarak özetlenebilir. Kök sebepler arasında en baskın üçüncü sebep 9 frekans değeri ile uygun manevrayı öngörememek olmuştur. Kaza raporlarında bu faktörü oluşturan sebepler makine gücünün duruma uygun kullanılmaması, emniyetli hızla seyir yapılmaması ve geçişlerde emniyetli bölgenin ortasını kullanmak yerine bir tarafa daha yakın olacak şekilde seyir yapılması olarak tanımlanmıştır. 7 frekans değeri ile en baskın dördüncü kök sebep köprüüstü ekipmanlarının etkisiz kullanımı olarak tespit edilmiştir. Bu faktörü oluşturan kaynaklar ECDIS, Radar ve baş iter gibi kaynakların zamanında ve verimli olarak kullanılamaması olarak saptanmıştır. Kök sebepler arasında kaza oluşumlarında varlığına en sık rastlanan beşinci ve altıncı faktörler 6 frekans değeri ile etkisiz takım çalışması ve akıntı etkisi olmuştur. Etkisiz takım çalışması genel olarak takım üyelerinin birbirlerinden habersiz aksiyon alması ve birbirlerine görevlerini icra ederken genel BRM kural ve kaidelerine göre destek vermemeleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Akıntı etkisi ise çevresel nedenlerden biri olup özellikle akıntının güçlü olduğu ve geminin idaresini oldukça zorlaştırdığı durumlarda kaza raporlarında kazaya sebep olan faktörler arasında belirtilmiştir.

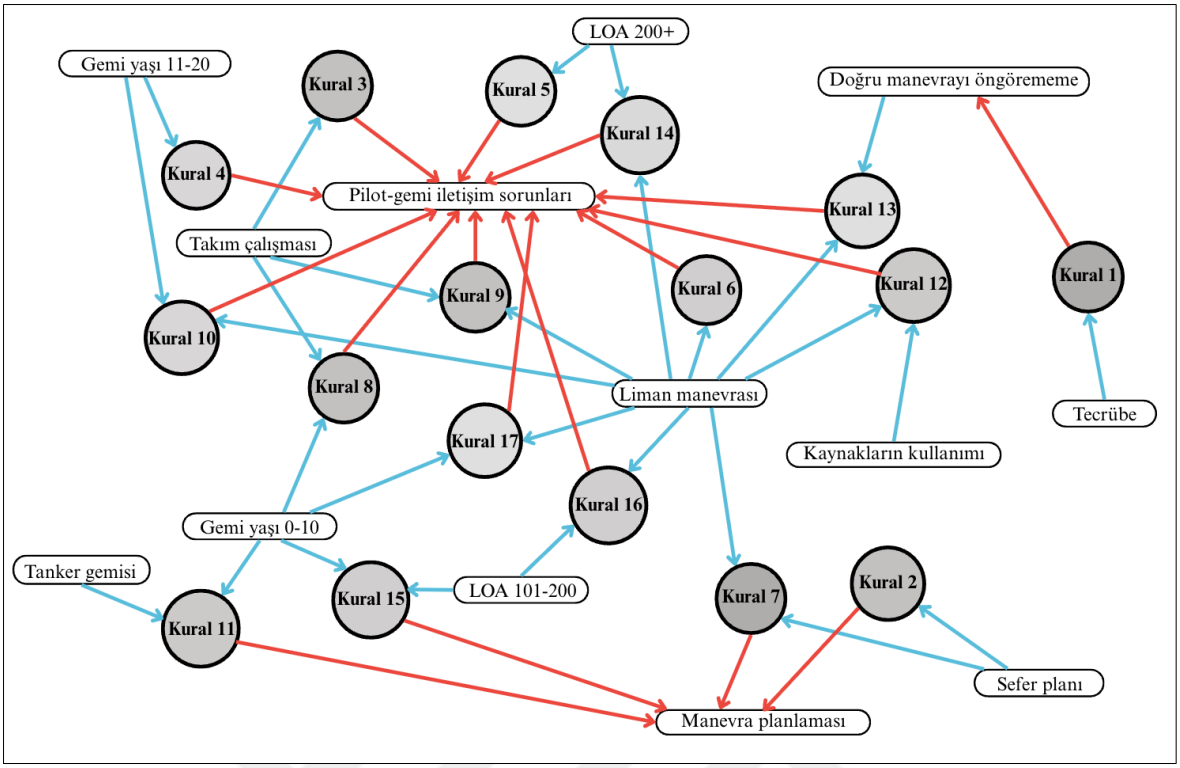
Kazaların kök nedenleri Tablo 9 içinde bulunan seviye 4'te gösterilmektedir. HFACS-MA uygulamasının ardından seviye 4'teki faktörler, geminin uzunluğu, yaşı, tipi, seyir alanı ve IMO numarasıyla birlikte bir excel sayfasında listelenmiştir. ARM'de veri tanımlama aracı olarak IMO numaraları kullanılmıştır. Geminin uzunluğu, yaşı, tipi ve seyir alanı ilişkilerin çıktısı olamayacağından, bu faktörler yalnızca kazaya sebebiyet veren faktörler üzerinde herhangi bir etkisinin olup olmadığını anlamak amacıyla girdi olarak

kullanılmıştır. Şekil 8, çatma kazalarına ait kuralların destek ve güven değerlerine göre dağılım grafiğini göstermektedir.



Şekil 8. Çatma kazası 4. seviye faktörleri birliktelik kuralları dağılım grafiği

ARM uygulaması için R Studio 4.3.1 sürümü kullanılmıştır. Veri madenciliğinden toplam 10.547 kural elde edilmiştir. Destek ve güven eşik değerleri şekil 8'de gösterilen dağılım grafiği ışığında uzman görüşlerine başvurularak sırasıyla 0,15 ve 0,60 alınmıştır. Lift değerinin 1'den büyük olduğu birliktelik kuralları dikkate alınmıştır. Bu kriterlerin belirlenmesinin ardından toplam 17 kural elde edilmiştir ve en yüksek lift değerine sahip 10 kural, son değerlendirme için listelenmiştir. Birliktelik kurallarına ait kurallar ağı Şekil 9'da gösterilmiştir.



Şekil 9. Çatma kazaları 4. seviye kurallar ağı

Birliktelik kurallarının destek, güven ve lift değerleri Tablo 10'da görülmektedir. Tabloda girdi etkileyen, çıktı ise girdiler tarafından etkilenen faktörleri göstermektedir. Tablo, lift değeri en yüksek 10 kuralı göstermektedir.

Tablo 10. Çatma kazaları seviye 4 birliktelik kuralları

Kural	Girdi	Çıktı	Destek	Güven	Lift
Kural 1	Tecrübe Eksikliği	Uygun Manevrayı Öngörememek	0,182	1,000	2,750
Kural 7	Uygunsuz Sefer Planı, Liman Manevrası	Manevra Planlaması	0,182	1,000	2,444
Kural 2	Uygunsuz Sefer Planı	Manevra Planlaması	0,182	0,800	1,956
Kural 11	Gemi Yaşı 0-10, Tanker gemisi	Manevra Planlaması	0,182	0,667	1,630
Kural 3	Etkisiz Takım Çalışması	Gemi-Kılavuz kaptan İletişim Sorunları	0,273	1,000	1,571
Kural 8	Etkisiz Takım Çalışması, Gemi Yaşı 0-10	Gemi-Kılavuz kaptan İletişim Sorunları	0,182	1,000	1,571
Kural 9	Etkisiz Takım Çalışması, Liman Manevrası	Gemi-Kılavuz kaptan İletişim Sorunları	0,273	1,000	1,571
Kural 12	Köprüüstü Ekipmanlarının Etkisiz Kullanımı, Liman Manevrası	Gemi-Kılavuz kaptan İletişim Sorunları	0,182	1,000	1,571
Kural 15	LOA 101-200, Gemi Yaşı 0-10	Manevra Planlaması	0,227	0,625	1,528
Kural 16	LOA 101-200, Liman Manevrası	Gemi-Kılavuz kaptan İletişim Sorunları	0,318	0,875	1,375

1 numaralı kural 2,750 lift değeri ile ağ içindeki en anlamlı kuraldır. Kural 1'e göre "tecrübe eksikliği" ve "uygun manevrayı öngörememek" faktörlerinin görülme sıklığı %18,2'dir. Bu kuralın güven değeri 1 olduğundan, bir kazada "tecrübe eksikliği" etken faktör olduğunda, kazaya sebebiyet veren faktörler arasında "uygun manevrayı öngörememek" faktörünü görmeyi büyük oranda bekleyebiliriz. Başka bir deyişle, köprüüstü ekip üyelerinin deneyimsizliği, ekip üyelerinin gemi için uygun ve emniyetli bir manevra planlama kapasitesini olumsuz yönde etkileyecektir.

Kural 7, 2,444 lift değeriyle ikinci en önemli kuraldır. Bu kurala göre "uygunsuz sefer planlaması", "liman manevrası" ve "manevra planlama kusurları"nın bir arada meydana geldiği kaza oranı kazaların %18,2'si kadardır. Bu kuraldan elde edilen bir diğer bilgi, liman manevrası yapan gemilerde sefer planlaması uygunsuzluklarının olması durumunda, kaza oluşumuna sebebiyet verebilecek faktörler arasında manevra planlama kusurlarının kuvvetle beklenmesi gerektiğidir. Güven değerinin 1 olması, analiz edilen kazalarda uygunsuz sefer planlaması ve liman manevrası öğelerinin bulunduğu tüm kazalarda manevra planlama hatalarının gözlendiği anlamına gelmektedir ve bu bilgi geçmiş kaza bilgilerine dayanarak aynı durumun gelecekte de beklenebileceği anlamı taşımaktadır.

2 numaralı kural 1,956 lift değeriyle ağdaki en önemli üçüncü kuraldır. Destek değeri 0,182 olduğundan çatma kazalarında "Uygunsuz sefer planlaması" ve "manevra planlama kusurları" uygunsuzluklarının birlikte rol oynama sıklığı %18,2'dir. Bu kuralın güven değeri 0,80 olup, "Uygunsuz sefer planlaması" faktörünün gözlendiği kazaların %80'inde "manevra planlama hatası" faktörünün de mevcut olduğu anlamına gelmektedir. Bu bilgi, "Uygunsuz sefer planlaması"nın "manevra planlama kusurları" üzerinde güçlü bir etkiye sahip olduğu şeklinde yorumlanabilir.

Kural 11, 0-10 yaş aralığındaki tankerlerin manevra planlamasının doğru yapılması noktasında riskli gemiler olabileceğini önermektedir. Bu kurala göre destek değeri olan 0,182'nin anlamı, 0-10 yaş aralığı tanker tipi gemilerin manevra planlaması konusunda hata yaptıkları durum ele aldığımız verisetindeki kazaların %18,2'sini oluşturmaktadır. Güven değeri olan 0,667'ye göre ise verisetindeki 0-10 yaş aralığı tankerlerin karıştığı çatma kazalarının %66,7'lik bölümünde manevra planlama hatalarının kaza oluşumuna etkisi tespit edilmiştir. Bu durumda 10 yaş altındaki tanker gemilerinin manevra planlaması konusunda daha dikkatli davranmalarının gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

3 numaralı kural etkisiz takım çalışması ile gemi-kılavuz kaptan iletişim sorunları arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktadır. Bu kurala göre çatma kazaları verisetimizdeki kazaların %27,3'ü bu iki faktörü beraber içermektedir. Güven değerine bakıldığında ise etkisiz takım çalışmasının görüldüğü tüm kazalarda gemi-kılavuz kaptan iletişim sorunları kazada rol oynamıştır. Bu kurala göre bir gemide takım çalışması ile ilgili sorunlar görülmesi, gemi personeli ile kılavuz kaptan iletişiminin yeterli ve etkili kurulamayacağının göstergesi olabilir. Kural 8, kural 3 ile benzerlikler göstermektedir. Bu kurala göre etkisiz takım çalışması, 0-10 yaş aralığı gemiler ve gemi-kılavuz kaptan iletişim sorunları tüm kazaların %18,2'lik kısmında beraber görülmektedir. Yine kural 3 gibi kural 8'in güven değeri de 1'dir. Diğer bir deyişle etkisiz takım çalışmasının görüldüğü 10 yaş altı gemilerin tümünde gemi-kılavuz kaptan iletişim sorunlarının kazada rol oynadığı tespit edilmiştir. Kural 9'a bakıldığında kural 3 ve 8 ile benzerlikler gösterdiği görülmektedir. Kural 9'a göre liman manevrası, etkisiz takım çalışması ve gemi-kılavuz kaptan iletişim sorunlarının birlikte görüldüğü kazalar tüm kazaların %27,3'lük bölümünü oluşturmaktadır ve bu sonuca destek değeri olan 0,273 sebebiyle ulaşılmıştır. Güven değerine göre etkisiz takım çalışmasının görüldüğü tüm liman manevralarında gemi personeli ile kılavuz kaptan arasındaki iletişim sorunlarının kaza oluşumuna etkisinin bulunduğu tespit edilmiştir.

Kural 12 liman manevrası, köprüüstü ekipmanlarının etkisiz kullanımı ve gemi-kılavuz kaptan iletişim sorunları faktörlerinin arasında bulunan ilişkiyi tanımlamaktadır. Bu kuralın destek değeri 0,182 olduğundan tüm kazaların %18,2'sinin bu 3 faktörü birlikte içerdiği görülmektedir. Güven değerinin 1 olması liman manevralarında köprüüstü ekipmanlarının etkisiz kullanımı durumunda gemi-kılavuz kaptan iletişiminde sorunlar yaşanmasının oldukça olası olduğu anlamına gelmektedir.

Kural 15, boyu 101-200 metre aralığında olan 10 yaş altındaki gemilerin manevra planlaması konusunda sorunlar yaşayabileceğini önermektedir. Bu kurala göre bu 3 faktörün birlikte bulunduğu kaza oranı %22,7'dir. Aynı zamanda gemi boyu 101-200 metre aralığında 10 yaş altı gemileri karıştığı çatma kazalarının %62,5'lik bölümünde manevra planlaması konusunda hatalar yapıldığı tespit edilmiştir. Bu, belirtilen boy ve yaş aralığındaki gemilerin manevra planlaması konusunda daha dikkatli olması durumunda çatma kazalarının azaltılabileceği şeklinde yorumlanabilir.

1,375 lift değeri ile ağın en önemli onuncu kuralı olan kural 16, 101-200 metre boy aralığında olan gemilerin liman manevrası esnasında gemi-kılavuz kaptan iletişim sorunları

yaşayabileceğini öneren kuraldır. Bu kurala göre bu 3 faktörün birlikte görüldüğü kaza sayısı tüm kazaların 0,318'i kadardır. Kaza veritabanında bulunan boyu 101-200 metre aralığında olan liman manevrası yapan gemilerin %87,5'i gemi-kılavuz kaptan iletişim sorunlar yaşamıştır. Belirtilen boy aralığındaki gemilerin liman manevralarında gemi-kılavuz kaptan iletişimine özellikle önem göstermeleri, kaza oluşumları üzerinde iyileştirici bir etki yaratabilir.

3.3. Karaya Oturma Kazaları

Karaya oturma kazalarının kök nedenleri arasındaki ilişkileri analiz etmek için, 159 kazaya sebebiyet veren faktör HFACS-MA'ya göre kategorize edilmiştir. Her faktör, uzman görüşüne göre yapı içinde katmanlar ve seviyeler halinde belirlenen ilgili öğelerle ilişkilendirilmiştir. Veri seti bu şekilde oluşturulmuştur. Veri seti, gemi IMO numarası, gemi yaşı, gemi tipi, gemi uzunluğu, seyir bölgesi ve kaza inceleme raporlarından çıkarılan kazaya sebebiyet veren faktörleri içerir.

Gemilerin uzunluğu tonaj ve genişlik gibi boyut kriterleriyle güçlü bir şekilde bağlantılıdır; bu nedenle, bu özellikler uzmanlar tarafından belirlendiği üzere veri setinin dışında tutulmuştur. Olaya sebebiyet veren faktörler, Tablo 11'de belirtildiği gibi veri setinin içindeki HFACS-MA çerçevesi üzerine inşa edilen dört seviyede sınıflandırılmıştır.

Tablo 11. Karaya Oturma kazalarına ait HFACS-MA yapısı

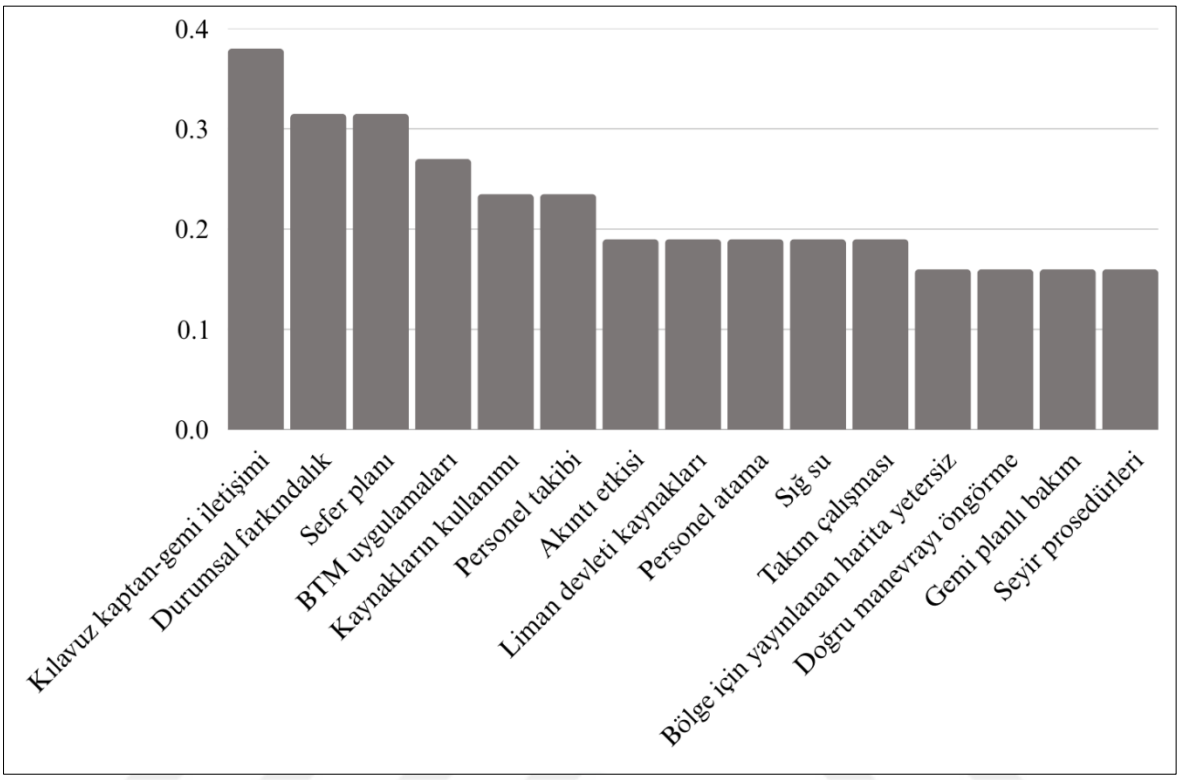
	Seviye 1	**Seviye 2**	**Seviye 3**	**Seviye 4**
Katman 1	Dış Faktörler (13)	Yasal Boşluklar (0)		
		Dizayn hataları (3)	Gemi dizaynı (3):	Köprüüstü ergonomisi (3),
		İdarenin hataları (10)	VTS (2):	Hatalı bilgi paylaşımı (2),
			Liman otoritesi (1):	Yetersiz bilgi paylaşımı (1)
			Haritalar (5)	Haritada bilgi eksiklikleri (4) Bölgenin haritası bulunmamakta (1)
			Tedarikçiler (1)	Yakıt kalitesi (1)
			Diğer gemiler (1)	Diğer gemilerin manevra hataları (1)
Katman 2	Kurumsal Etkiler (23)	Kaynak Yönetimi (14)	İnsan kaynakları (4):	Yetersiz personel eğitimi (4),
			Teknik kaynaklar (10)	Liman devleti kaynak yönetimi (5) Gemi kaynak yönetimi (5)
		Kurumsal İklim (1)	Şirket politikaları (1):	Şirket-gemi iletişimi (1)
		Kurumsal Süreç (8)	Prosedürler (8):	Makine prosedürleri (1), Liman devleti prosedürleri (3), Seyir prosedürleri (4)
Katman 3	Emniyetsiz Yönetim (19)	Yetersiz Yönetim (13)	Risk ve tehlikenin kontrolü (2):	Yetersiz risk değerlendirmesi (1), Tehlikeye müdahale (1)
			Gözetim (10):	Verilen komutların takibi (8), Yetersiz kılavuz kaptan desteği (1) İç denet eksikliği (1)
			Rehberlik (1)	Fikir beyan etmeye cesaretlendirmeme (1)
		Uygunsuz operasyon planlaması (2)	Operasyon planlaması (2)	Manevra planlaması (1) Uygunsuz gemi operasyonu (1)
		Bilinen problem çözememe (1)	Gemi ekipmanı (1):	Dümen sistemi bilinen problemleri (1)
		Yönetim ihlalleri (3)	Bilinen problemi raporlamama (3)	Manevra ile ilgili problemler (2) Makine ile ilgili problemler (1)
Katman 4	Emniyetsiz Eylemi Oluşturan Alt Nedenler (74)	Yazılım (0)		
		Personel (53)	Olumsuz ruhsal durum (12):	Durumsal farkındalık eksiği (9), Yorgunluk (2) Varsayımlar (1)
			Olumsuz fiziksel durum (1):	Sağlık problemleri (1)

Tablo 11'in devamı

	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3	Seviye 4
			Fiziksel/zihinsel sınırlamalar (2):	Tecrübe eksiği (1) Zihinsel durum (1)
			Köprüüstü kaynak yönetimi (37):	Uygunsuz personel ataması (5), Net olmayan komutlar (2), Köprüüstü ekipmanları etkisiz kullanımı (6), Etkisiz takım çalışması (5), Gemi-kılavuz kaptan iletişim sorunları (11), Uygunsuz sefer planı (8),
			Göreve uygunluk (0):	
			Dış iletişim (1):	Gemi-VTS iletişimi (1)
		Çevre (21)	Fiziksel çevre (14):	Görüş 2), Sığ su (5), Akıntı etkisi (5), Hava şartları (1), Buzda seyir (1)
			Teknolojik çevre (7):	Dümen arızası (1), Seyir yardımcıları (3), Jeneratör arızası (2) Elektrik bağlantı hatası (1)
		Donanım (0)		
Katman 5	Emniyetsiz Eylemler (30)	Hatalar (10)	Kural hataları (0):	
			Beceri hataları (9):	Uygun manevrayı öngörememe (5), Bilgiyi kullanamama (1), Etkisiz römorkör kullanımı (2), Verilen emirleri uygulamada yetersizlik (1)
			Bilgi hataları (1):	Seyir bilgisi (1)
		İhlaller (20)	Rutin ihlaller (20):	Şirket prosedürleri (5), BTM (9), MLC (1), ISM (1), Kişisel telefon görüşmeleri (3) Kaptan talimatları (1)
			İstisnai ihlaller (0):	

Tablo 11, ilk seviyenin en genel faktörleri içerdiğini, dördüncü seviyenin ise olayların altında yatan kök nedenlere ait olduğunu göstermektedir. Tablo 11'de, sonraki seviye bir öncekinin alt faktörüdür. HFACS-MA yapısı, kaza sebeplerini sınıflandırmak

için kullanılmıştır. Seviye 4'te en sık görülen kök nedenlerin frekansları şekil 10'da verilmiştir.



Şekil 10. Karaya oturma kazaları 4. seviye baskın faktörler frekans grafiği

"Emniyetsiz eylemi oluşturan alt nedenler" katmanının kaza faktörleri arasında görülme sayısı 74'tür ve hataların %46,54'ünü temsil etmektedir. Bulgularımız, bu katmanın kaza nedenselliğini önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir. Ayrıca "Emniyetsiz eylemi oluşturan alt nedenler"in bir alt faktörü olan "Personel", 53 hatayla Seviye 2'de en yüksek görülme sıklığına sahiptir. Seviye 2'de, "Fiziksel çevre" ve "İhlaller" sırasıyla 21 ve 20 hatayla "Personel"i takip eden ikinci ve üçüncü en yaygın hata kaynaklarıdır. "Köprüüstü Kaynak Yönetimi" sorunlarının veri kümesinde görülme sayısı 37 olmuştur ve bunlar seviye 3'te diğer faktörlerden daha yaygındır. "Rutin İhlaller", "Fiziksel Ortam" ve "Olumsuz Zihinsel Durum"un Seviye 3'te sıklıkla görülmesi dikkat çekmektedir. Kök sebepler arasında ise gemi-kılavuz kaptan iletişim sorunları 11 frekans değeri ile veritabanında en sık görülen kaza kök sebebidir. Bunun yanında BTM kural ihlalleri, durumsal farkındalık eksikliği, verilen komutların gereğince takip edilmemesi ve uygunsuz sefer planlaması sırasıyla 9, 9, 8 ve 8 frekans değerleriyle kök sebepler içinde ağırlığı oldukça yüksek olan kaza faktörleri olarak tespit edilmiştir.

Katman 1, dış faktörlerden kaynaklı hataların oluşturduğu katmandır. Karaya oturma kazalarının oluşumuna sebebiyet veren toplam 159 kaza faktörü içinde dış faktörlerin etkin olduğu kaza sebebi sayısı 13 olarak tespit edilmiştir. Bu katmanın ikinci seviyesinde idarenin hataları 10 frekans ile en baskın faktördür. İkinci seviyede tespit edilen diğer faktör 3 frekans değeri ile dizayn hatalarıdır. Katmanın üçüncü seviyesinde haritalardan kaynaklanan hatalar 5 frekans değeri ile en baskın faktör olarak görülmektedir. Bunun yanında gemi dizaynı hataları 3 ve VTS idaresinin hataları 2 frekans değeri ile katmanın üçüncü seviyesinde en sık karşılaşılan diğer faktörlerdir. Kök sebepleri oluşturan seviye 4'e bakıldığında haritalardaki bilgi eksiklikleri 4 frekans değeri ile en baskın kaza faktörü olmuştur. Bunun yanında geminin köprüüstü ergonomisi 3 ve VTS otoritesinin hatalı bilgi paylaşımı 2 frekans değeri ile bu seviyedeki dikkat çeken diğer kaza faktörleridir.

Katman 2, kaza oluşumunda rolü olan kurumsal etkilerin bulunduğu katmandır. Kurumsal etkilerden kaynaklı hatalara, 159 kaza faktörü içinde 23 defa rastlanmıştır. Bu katmanın ikinci seviyesinde kaynak yönetimi 14, kurumsal süreç 8 ve kurumsal iklim 1 frekans değerine sahiptir. Katmanın üçüncü seviyesinde teknik kaynakların idaresinden doğan hatalar 10 frekans değeri ile baskın kaza faktörüdür. Prosedürlerden doğan yetersizlikler 8, insan kaynaklarının idaresinden doğan eksiklikler 4 frekans değeri ile bu seviyedeki diğer önemli hata kaynakları olarak tespit edilmiştir. Kurumsal etkilerin dördüncü seviyesinde liman devleti kaynak yönetimi ve gemi kaynak yönetimi kaynaklı kusurların kaza sebepleri arasında görülme sayısı her iki hata kaynağı için 5 olmuştur. Bunların yanında seyir prosedür eksiklikleri, yetersiz personel eğitimi ve liman devleti prosedür eksiklikleri sırasıyla 4, 4 ve 3 frekans değerleriyle dikkat çeken diğer kaza faktörleridir.

Katman 3, emniyetsiz yönetimin yol açtığı eksikliklerin listelendiği katmandır ve 159 kaza faktörü içinde toplam 19 adet emniyetsiz yönetimden oluşan hata tespit edilmiştir. Bu katmanın ikinci seviyesinde yetersiz yönetim faktörü 13 frekans değeriyle en baskın hata kaynağıdır. Bu faktörün yanında yönetimin ihlalleri, uygunsuz operasyon planlaması ve bilinen problemin düzeltilmemesi kaza oluşumlarında sırasıyla 3, 2 ve 1 defa görülmüş kaza faktörleri olmuştur. Katmanın üçüncü seviyesinde gözetim yetersizliği ve hataları 10 frekans değeri ile en sık görülen hata kaynağıdır. Kök sebeplerin listelendiği dördüncü seviyede ise verilen komutların takip edilmemesi sonucunda yapılan hatalar 8 frekans değeri ile en baskın kaza faktörü olarak tespit edilmiştir. Bu seviyedeki bu faktörü takip eden en baskın ikinci faktör geminin manevra ile ilgili bilinen problemlerinin

raporlanmamasıdır ve 2 frekans değerine sahiptir. Bu faktörlerin dışında kalan kök sebepler ise 1 frekans değerine sahiptir.

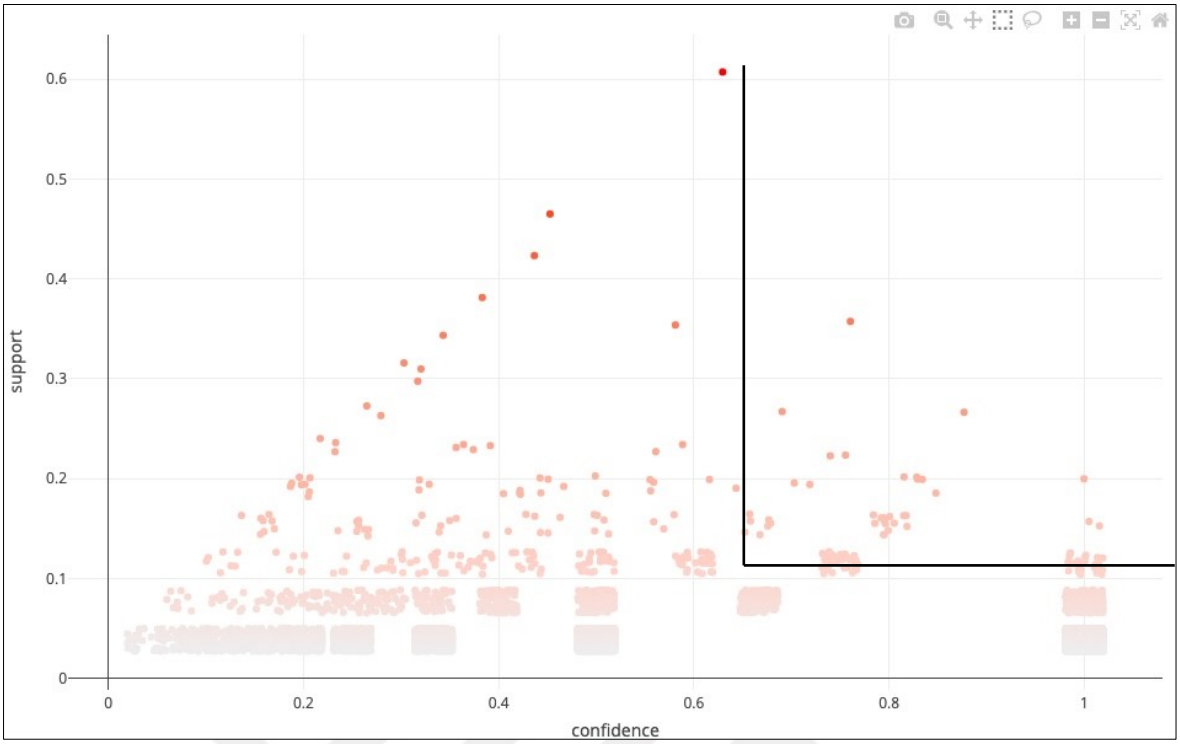
Katman 4, emniyetsiz eylemi hazırlayan alt nedenlerin listelenip sınıflandırıldığı katmandır. Bu katman, 159 kaza faktörü arasında 74 frekans değeri ile kaza oluşumunda payı olan en etkili hata katmanıdır. Katmanın ikinci seviyesine bakıldığında personel faktörleri 53 frekans değeri ile en etkili hata faktörü olmaktadır. Katmanın bu seviyesindeki diğer bir etkili faktör 21 frekans değeri ile çevresel etkiler faktörüdür ve kaza oluşumuna kayda değer bir etkisi bulunmaktadır. Üçüncü seviyede köprüüstü kaynak yönetimi hataları 37, fiziksel çevre 14, personelin olumsuz zihinsel durumu 12, ve teknolojik çevre 7 frekans değerleri ile kaza oluşumlarına kayda değer oranda etki eden hata kaynakları olarak tespit edilmiştir. Kök sebeplerin oluşturduğu dördüncü seviyeye baktığımızda 11 frekans değeri ile gemi-kılavuz kaptan iletişim sorunları, 9 frekans değeri ile durumsal farkındalık eksikliği ve 8 frekans değeri ile uygunsuz sefer planlaması hata kaynakları içinde en baskın kaza faktörleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu faktörlerin yanında 6 frekans değeri ile köprüüstü ekipmanlarının etkisiz kullanımı, 5 frekans değeri ile uygunsuz personel ataması, etkisiz takım çalışması, sığ su etkisi ve akıntı etkisi, 3 frekans değeri ile köprüüstü seyir yardımcıları sorunları kök sebepler arasında sıklıkla rastlanan diğer etkili kaza faktörleridir.

Yapı içindeki son katman olan katman 5, emniyetsiz eylemlerden kaynaklı faktörlerin oluşturduğu katmandır. 159 faktörün içinde 30 faktör bu katmana aittir. Katmanın ikinci seviyesinde ihlallerin 20, hataların ise 10 frekans değeri olduğu görülmektedir. Üçüncü seviyede rutin ihlaller 20 ve beceri hataları 9 frekans değerleriyle baskın ağırlığa sahip 2 faktördür. Dördüncü seviye içinde bulunan BTM kural ihlalleri tüm veritabanında 9 defa görülen bir hata sınıfıdır ve katmanın bu seviyede en baskın kaza oluşumuna sebebiyet veren faktörüdür. Bunun yanında şirket prosedürlerinin rutin ihlalleri 5, uygun manevrayı öngörememe 5, kişisel telefon görüşmeleri 3 ve operasyon esnasında römorkörleri etkili kullanamamak 2 frekans değerleriyle bu seviyede karşılaşılan diğer dikkat çekici kaza faktörleri olmuştur. Bu faktörler dışında kaza oluşumuna sebebiyet veren faktörlerin frekans değeri 1 olarak saptanmıştır ve bu faktörler Tablo 11'de listelendiği gibidir.

Karaya oturma kazalarının kök sebepleri incelendiğinde en sık rastlanan kaza faktörü 11 frekans değeri ile gemi-kılavuz kaptan iletişim sorunları olarak tespit edilmiştir. Kaza raporları incelendiğinde bu faktörün oluşumuna sebep olan etkenlerin taraflar arasındaki

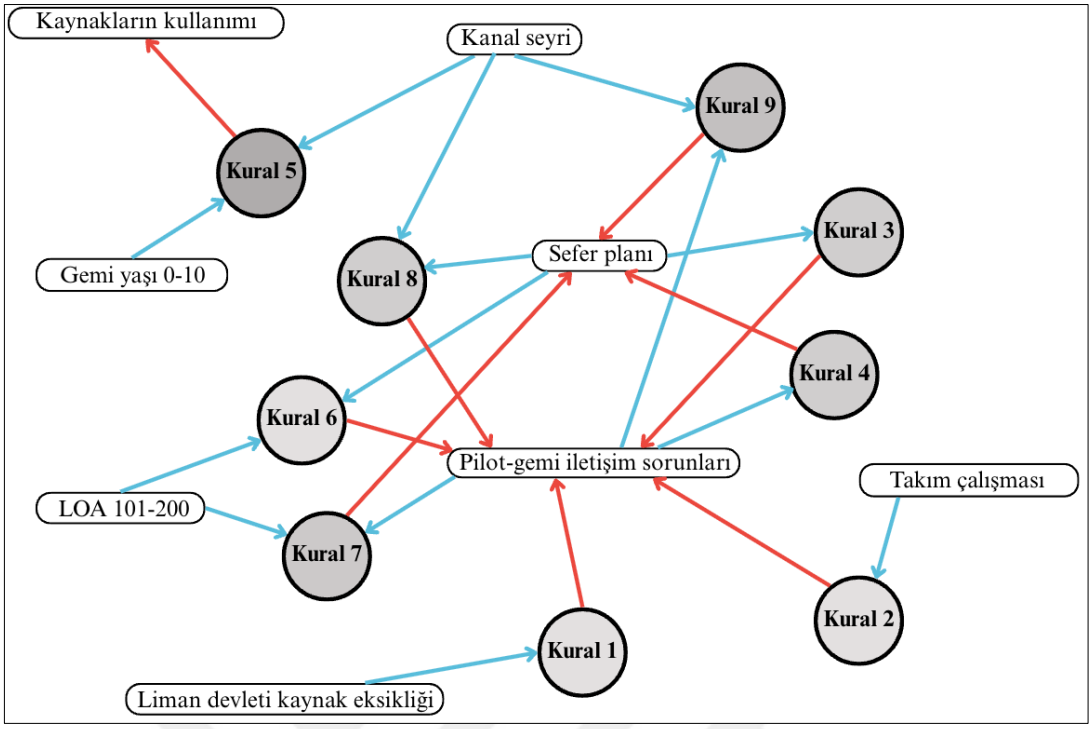
bilgi paylaşımının yetersiz olması ve dil bariyeri olduğu görülmektedir. Ayrıca kaza raporlarında kılavuz kaptan ile kaptan arasındaki iletişimin zayıf olduğunu ek bir gerekçe sunmadan belirten kaza raporları da mevcuttur. BTM kural ihlalleri ile durumsal farkındalık eksikliği kök sebepler arasında 9 frekans değeri ile karaya oturma kazalarında ikinci ve üçüncü en sık görülen kaza faktörleridir. Kaza raporları incelendiğinde BTM kural ihlallerine yol açan sebepler olarak seyir bölgesinin büyük ölçekli haritasının gemide bulunmaması ve dolayısıyla kullanılmaması, ve uygunsuz mevki atma yöntem ve aralıkları ağırlıklı olarak karşımıza çıkmaktadır. Durumsal farkındalık eksikliğinin ortaya çıkması ağırlıklı olarak, takım üyeleri arasındaki kişisel konuşmalar, dikkati dağılan kılavuz kaptan ve kaptanın gemi rotasını yeterli düzeyde takip etmemesi ve takım üyelerinin niyet ettikleri eylem yerine farklı bir eylem uygulamaları sebepleriyle olmaktadır. Kök sebepler arasında en baskın dördüncü ve beşinci faktörler 8 frekans verilen komutların takibi eksiklikleri ve uygunsuz sefer planlaması olmuştur. Kaza raporlarında verilen komutların takibi faktörünü oluşturan sebepler özellikle dümen komutlarının uygulanması noktasında dümenciyi takip eksikliği ve kılavuz kaptan veya kaptanın birbirlerinin komutlarını sorgulama ve takip etme konusundaki yetersizlikleri olarak tespit edilmiştir. Uygunsuz sefer planlaması ise ağırlıklı olarak sefer planının rıhtımdan rıhtıma hazırlanmaması, sefer planının revizyonlar sonrası güncellenmemesi ve akıntı gibi detayların sefer planlarına işlenmemesi neticesinde oluşmaktadır. Köprüüstü ekipmanlarının etkisiz kullanımı 6 frekans değeri ile en sık rastlanan altıncı faktördür. Bu faktörün karaya oturma kazalarında etkili olmasının en büyük sebebi ise derinlik ölçer cihazının etkili kullanılamaması olarak öne çıkmaktadır.

Kaza sebeplerinin sınıflandırılması sonrasında bu sebeplerin birbirlerine etkisini tespit etmek için ARM yöntemi uygulanmıştır. "Geminin Uzunluğu", "Geminin Yaşı", "Gemi Tipi", "Seyir Bölgesi" ve her geminin kendine özgü "Gemi IMO numarası", seviye 4'teki kriterler ile birlikte bir Microsoft Excel sayfasına aktarılmıştır. Belirtilen bu özellikler bir çıktı olamayacağından sadece kaza oluşumuna sebebiyet veren faktörler üzerindeki etkilerinin incelenmesi amacıyla girdi olarak kullanılmışlardır. İşlem tanımlaması, gemi IMO numarasının kullanımıyla gerçekleştirilmiştir. Şekil 11, karaya oturma kazalarına ait kuralların destek ve güven değerlerine göre dağılım grafiğini göstermektedir.



Şekil 11. Karaya oturma kazası birliktelik kuralları dağılım grafiği

Başlangıç destek (0,01) ve güven (0,01) değeri ile 10.909 birliktelik kuralı elde edilmiştir. Elde edilen kurallar, destek ve güven değerleri ile Şekil 11'de sunulmuştur. Şekil 11'deki dağılım grafiğine dayanarak, güçlü kurallara ulaşmak amacıyla, destek ve güven eşik değerleri uzman yargılarıyla sırasıyla 0,15 ve 0,60 olarak atanmıştır. Daha sonra, 1'in üzerinde lift değerine sahip 9 birliktelik kuralı elde edilmiştir. Elde edilen kuralların birliktelik örüntüsü Şekil 12'te sunulmuştur. Şekil 12'te görüldüğü gibi, üç gemi özelliği ve beş kazaya sebebiyet veren kök sebep birbirleriyle ilişkilidir.



Şekil 12. Karaya oturma kazaları 4. seviye kurallar ağı

Tablo 12, güçlü kuralları destek, güven ve lift değerleriyle birlikte göstermektedir. Tablo, girdi ve çıktı faktörleriyle kök neden ilişkilerini ana hatlarıyla belirtir. Tablo 12, şekil 12'de yer alan kurallar ağının tablo yardımıyla sayısal bilgileri de içeren bir açıklaması niteliğindedir.

Tablo 12. Karaya Oturma kazaları seviye 4 birliktelik kuralları

Kural	Girdi	Çıktı	Destek	Güven	Lift
Kural 5	Kanal geçişi, Gemi yaşı 0-10	Köprüüsrü ekipmanlarının etkisiz kullanımı	0.154	0.667	2.889
Kural 9	Kanal geçişi, Gemi-kılavuz kaptan iletişim sorunları	Uygunsuz sefer planı	0.192	0.833	2.708
Kural 7	Gemi-kılavuz kaptan iletişim sorunları, Gemi boyu 101-200	Uygunsuz sefer planı	0.154	0.800	2.600
Kural 3	Uygunsuz sefer planı	Gemi-kılavuz kaptan iletişim sorunları	0.269	0.875	2.275
Kural 4	Gemi-kılavuz kaptan iletişim sorunları	Uygunsuz sefer planı	0.269	0.700	2.275
Kural 8	Kanal geçişi, Uygunsuz sefer planı	Gemi-kılavuz kaptan iletişim sorunları	0.192	0.833	2.167
Kural 1	Liman devleti kaynak yönetimi	Gemi-kılavuz kaptan iletişim sorunları	0.154	0.800	2.080
Kural 2	Etkisiz takım çalışması	Gemi-kılavuz kaptan iletişim sorunları	0.154	0.800	2.080
Kural 6	Uygunsuz sefer planı, Gemi boyu 101-200	Gemi-kılavuz kaptan iletişim sorunları	0.154	0.800	2.080

Kural 5, nispeten düşük destek (0,15) ve güven (0,67) değerleriyle en yüksek lift değerine sahiptir ve ağ içindeki en dikkat çekici kuraldır. Kural, yeni bir geminin bir kanalda kılavuz kaptanla seyretmesi durumunda, köprüüstü ekipmanının etkisiz kullanımından kaynaklanan hataların geminin karaya oturmasıyla sonuçlanabileceğini ifade eder. Kural 5'te belirtilen 3 faktörün tümünün tüm veri setinde meydana gelme oranı 0,15'tir. Bu kural, özellikle kılavuz kaptanla kanaldan geçen yeni gemilerde köprüüstü ekipmanlarının etkili kullanımının önemini vurgular. Kanallar gibi dar su yollarında hata toleransının minimum olduğu düşünüldüğünde, köprüüstü ekipmanlarının etkili kullanımı tehlikeli durumları önlemede önemli bir rol oynayacaktır.

Kural 5 haricindeki birliktelik kuralları girdi veya çıktı tarafında "Gemi-Kılavuz kaptan İletişim Sorunları" faktörünü içinde barındırmaktadır. Ayrıca, "Uygunsuz sefer Planlaması" faktörü, Kural 1, 2 ve 5 hariç, diğer güçlü kurallarda karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca, Kural 3 ve Kural 4 arasında çapraz bir ilişki vardır ve her iki kural Tablo 12'deki en yüksek destek değerine (0,269) sahiptir. Başka bir deyişle, karaya oturmuş gemilerin yaklaşık üçte biri bu faktörlerin her ikisini de aynı anda sergilemiştir. Kural 3'e göre, "Uygunsuz sefer Planlaması", en yüksek güven değeriyle (0,875) "Gemi-Kılavuz kaptan İletişim Sorunları" oluşma olasılığını büyük ölçüde artıracaktır. Kural 6, orta büyüklükteki gemilerde yetersiz bir sefer planı belirlendiğinde, gemi ile kılavuz kaptan arasında iletişim sorunlarıyla karşılaşma olasılığının önemli ölçüde yükseldiğini belirtir. Yani, kılavuz kaptanla seyir yapan orta büyüklükteki gemilerde uygun olmayan bir sefer planı tespit edilirse, gemi-kılavuz kaptan iletişiminin artırılması, karaya oturma kazaları riskini azaltabilir. Kanal geçişlerinde yetersiz bir sefer planının gemi-kılavuz kaptan iletişim sorunlarını daha da kötüleştirdiğini ileri süren Kural 8, Kural 3 ile yakından ilişkilidir. Kural 9, kanal geçişleri sırasında gemi ile kılavuz kaptan arasında iletişim sorunları olduğunda, kazaya sebebiyet veren faktörler arasında yetersiz bir sefer planıyla karşılaşma olasılığının önemli ölçüde arttığını belirtir. Kural 7, karaya oturma kazası için, orta büyüklükteki gemilerde 'Gemi-Kılavuz kaptan İletişim Sorunları' meydana gelirse, 0,80 olasılıkla 'Uygunsuz sefer Planlaması' faktörünün ortaya çıktığını belirtir. Bulgularımız, 'gemi-kılavuz kaptan iletişim sorunları' ve 'uygunsuz sefer planlaması'nın karaya oturma kazalarında yakından ilişkili iki kritik faktör olduğunu göstermektedir. Bu iki kritik faktörle ilgili karaya oturma kazası inceleme raporlarını değerlendirirken, gemi-kılavuz kaptan iletişim sorunlarında öne çıkan sorunlar şunlardır: kaptan ve kılavuz kaptan arasındaki yetersiz bilgi alışverişi ve dil farklılıkları. Uygunsuz sefer planlaması açısından

başlıca sorunlar; kılavuz kaptanın geminin güncel sefer planından bağımsız seyretmesi, geminin planlanan rotadan sapmalara karşı hazırlıksız olması, kılavuz kaptanın hazırlanmış bir sefer planının olmaması ve haritalarda dönüşe başlama noktası, güncel akıntı bilgileri ve acil durum planları gibi detayların eksik olmasıdır.

Kural 1, karaya oturma kazaları için, "Liman Otoritesi Kaynak Yönetimi" hataları meydana gelirse, "Gemi-Kılavuz kaptan İletişim Sorunları"nın kaza nedenleri içinde %80 olasılıkla bulunacağını belirtir. Liman otoritesi kaynak yönetimi hataları, liman otoriteleri tarafından uygun şekilde düzenlenmesi beklenen seyir yardımcılarının, personelin ve römorkörlerin etkisiz organizasyonu ve yönetimini kapsar. Ek olarak, kılavuz kaptan tarafından iyi bilinen liman kaynakları, emniyetli ve verimli seyir yapmak için gemi kaptanına etkili bir şekilde iletilmelidir. Bu kaynakların uygun şekilde yönetilememesi, seyirde oluşan zorlukları artırıcı etkide bulunabilir ve kaza riskini artırabilir.

Kural 2, karaya oturma kazasında "Yetersiz Ekip Çalışması"nın meydana gelmesinin, "Gemi-Kılavuz Kaptan İletişim Sorunları"nın varlığına %80 olasılıkla işaret ettiğini belirtir. Bu 2 faktörün birlikte görüldüğü kaza oranı tüm veritabanının %15,4 kadarını kapsamaktadır. Etkili ekip çalışması, ilgili taraflar arasında güçlü bir iletişim gerektirir; bu nedenle, ekip çalışması başarısız olursa, etkili iletişimin kurulmasını engelleyecek bir etki yaratacaktır.

4. TARTIŞMA

Çalışmamızda elde edilen sonuçlara göre kılavuz kaptanlı gemilerde gerçekleşen çatışma, çatma ve karaya oturma kazalarında benzer hataların varlığı kadar kaza tiplerine göre kaza oluşumunda payı olan kritik faktörler arasında dikkat çekici farklar da bulunmaktadır. Araştırmamıza göre her üç kaza tipinde en dikkat çeken katman, emniyetsiz eylemi oluşturan alt nedenlerin listelendiği 4 numaralı katmandır. Benzer şekilde tüm kaza tiplerine en büyük etkiyi personel faktörlerinden köprüüstü kaynak yönetimi faktörlerinin yaptığı tespit edilmiştir. Kök sebeplere inildiğinde ise kaza tiplerine göre belirgin farklar bulunduğu görülmektedir. Kaza tiplerine göre kaza oluşumlarında en sık görülen kök sebepler Tablo 13'te sunulmuştur.

Tablo 13. Kaza tiplerine göre en sık görülen kök sebepler

Sıra	Çatışma	Çatma	Karaya Oturma
1	Gemi-Gemi İletişim sorunları	Gemi-Kılavuz kaptan İletişim Sorunları	Gemi-Kılavuz kaptan İletişim Sorunları
2	Uygun Manevrayı Öngörememek	Manevra Planlama Hataları	BTM Kural İhlalleri
3	Durumsal Farkındalık Eksikliği	Uygun Manevrayı Öngörememek	Durumsal Farkındalık Eksikliği
4	Gemi-Kılavuz kaptan İletişim Sorunları	Köprüüstü Ekipmanlarının Etkisiz Kullanımı	Verilen Komutların Takip Edilmemesi
5	Köprüüstü Ekipmanlarının Etkisiz Kullanımı	Etkisiz Takım Çalışması	Uygunsuz Sefer Planlaması
6	Manevra Planlama Hataları	Akıntı Etkisi	Köprüüstü Ekipmanlarının Etkisiz Kullanımı

Çatışma kazalarının oluşumuna en büyük etkiyi sunan faktörün gemiler arasındaki iletişim hataları olduğu görülürken, çatma ve karaya oturma kazalarının en baskın sebebi gemi personeli ile kılavuz kaptan arasındaki yetersiz iletişim olarak tespit edilmiştir. Gemiler arası iletişim sorunlarının çatma ve karaya oturma kazalarında baskın kaza faktörleri arasında bulunmadığı görülmektedir. Fakat kılavuz kaptan-gemi iletişim sorunları çatışma kazalarında kritik faktörler arasında yer almaktadır. Kılavuz kaptan-gemi iletişim sorunları ile ilgili kaza raporlarından elde edilen bilgiler özellikle taraflar

arasındaki bilgi paylaşımının yetersiz olmasının ve dil bariyerinin bu sorunların en dikkat çeken kaynağı olduğunu göstermektedir.

Uygun manevrayı öngörememek, çatışma ve çatma kazalarında kazaya etki eden kritik faktörler arasında yer almaktadır. Fakat karaya oturma kazalarında en etkili 6 kaza faktörü arasında yer almamaktadır. Kaza raporları incelendiğinde, bu faktörlerin meydana gelme sebeplerinin birbirleriyle benzerlik gösterdiği görülmektedir. Özellikle seyir hızının seyir bölgesine uygun olmamasının her iki kaza tipinde etkili olduğu görülmektedir.

Durumsal farkındalık eksikliği, çatışma ve karaya oturma kazalarında en sık rastlanan üçüncü kaza faktörü olarak tespit edilmiştir. Fakat çatma kazalarında durumsal farkındalık eksikliğinin bu iki kaza tipine göre kaza oluşumuna etkisinin daha kısıtlı olduğu görülmektedir. Bu faktör, çatma kazalarının oluşumuna etkisi bulunan kritik faktörler içinde yer almamaktadır. Durumsal farkındalık eksikliğinin kritik bir kaza faktörü olarak tespit edildiği çatışma ve karaya oturma kazalarında takım üyelerinin seyir haricinde işlerle uğraşmaları bu faktörün oluşumuna sebep olan ortak bir hatadır. Çatışma kazalarında ayrıca görev değişiminin dikkat dağınıklığına sebep olduğu vakalar bulunurken, karaya oturma kazalarında takım üyelerinin niyet ettikleri eylem yerine dikkatlerinin dağılması ile farklı bir eylem uygulamaları dikkat çekmektedir. Sonuç olarak dikkat dağınıklığına yol açan durumların kaza tipine göre farklılıklar gösterebildiği görülmektedir.

Köprüüstü ekipmanlarının etkisiz kullanımı, üç kaza tipinde de kritik bir kaza faktörü olarak tespit edilmiştir. Çatışma kazalarında gemi radarının ve düdüğünün, çatma kazalarında ECDIS, Radar ve baş iterinin, karaya oturma kazalarında ise özellikle derinlik ölçerin etkisiz kullanıldığı veya hiç kullanılmadığı durumlar bu faktörün oluşumuna yol açan hatalar olmuşlardır. Burada dikkat çeken durum her kaza tipinde o kazanın oluşumunu engelleyebilecek ekipmanların ön plana çıkmasıdır. Örneğin çatışma kazalarında gemi düdüğünün zamanında kullanılması karşıdaki gemiyi erken ikaz ederek tedbirlerin daha hızlı alınmasını sağlayabilecektir. Fakat gemi düdüğünün kullanımı diğer kaza tipi oluşumlarının önlenmesinde bu kadar etkili bir araç olmayacaktır. Aynı şekilde gemide bulunan derinlik ölçer su derinliği ile ilgili bilgi verdiğinden karaya oturma kazalarının önlenmesi için etkili bir araç olacaktır. Bu sebeple karaya oturma kazalarında araştırmacılar derinlik ölçerin kullanılıp kullanılmadığı veya kullanılıyorsa alarmının kurulup kurulmadığını araştırma raporunda belirtmektedir. Fakat derinlik ölçer diğer kaza

tiplerini bu kadar yakından ilgilendiren kritik bir ekipman değildir. Dolayısıyla burada görülen farklılıkların anlaşılabilir olduğu değerlendirilmektedir.

Manevra planlama hataları, çatışma ve çatma kazalarında kritik rol oynayan kaza faktörlerinden biridir. Karaya oturma kazalarında ise kritik faktörler arasında yer almamaktadır. Çatışma kazalarında özellikle gemilerin birbirlerini geçeceği ve gemilerin pruva pruvaya geçeceği durumlarda bu geçişlerin oldukça riskli ve geçiş için pek elverişli olmayan bölgelerde gerçekleştirilecek şekilde planlanması, çatma kazalarında ise benzer şekilde dönüş yapılacak bölgelerin bu manevra için yüksek risk barındıracak alanlara planlanması sık görülen manevra planlama hatalarıdır. Çatma kazalarında ek olarak hatalı planlanan halat manevraları da sık görülen bir durumdur.

Tablo 13'te gösterilen kritik kök sebepler incelendiğinde, çatışma kazaları faktörlerinin tümünün en az 1 diğer kaza tipinde de bulunduğu görülmektedir. Fakat çatma ve karaya oturma kazalarında bu durum farklılık göstermektedir. Çatma kazalarının oluşumunda kritik etkisi olan faktörlerden etkisiz takım çalışması ve akıntı etkisi diğer kaza tiplerinde kritik kaza faktörleri arasında yer almamaktadır. Aynı şekilde BTM kural ihlalleri, verilen komutların takip edilmemesi ve uygunsuz sefer planlaması faktörleri karaya oturma kazalarında oldukça etkili kaza oluşum sebeplerindendir. Bu faktörlerin diğer kaza tiplerinde kritik faktörler arasında yer almaması sebebiyle karaya oturma kazalarına kıyasla daha az etkili olduğu değerlendirilmiştir.

4.1. Çatışma Kazaları

Bulgularımıza göre çatışma kazalarında en dikkat çeken kural, takım çalışması eksikliklerinin gemi-kılavuz kaptan iletişim sorunlarının oluşma olasılığını arttırdığını gösteren 9 numaralı kuraldır. Çalışmamızın aksine Yıldırım vd. (2019) çatışma kazalarının temel nedeni olarak karar hatalarını ortaya koymuştur. Çalışmamızın bulguları, ekip çalışması ve kılavuz kaptan-gemi iletişim sorunlarını içeren köprüüstü kaynak yönetimi kusurlarının, kılavuz kaptanların bulunduğu gemilerdeki çatışma kazalarının oluşumunda daha yaygın kaza faktörleri olduğunu ortaya koymuştur. Butler vd. (2022), çalışmamızın bulgularıyla paralel olarak zayıf iletişimin ve yetersiz ekip çalışmasının emniyetli kılavuzluk operasyonu önündeki önemli engeller olduğunu belirlemişlerdir. Sánchez-Beaskoetxea vd. (2021), kılavuz kaptan hatası ile iletişimdeki ve seyir uygulamalarındaki eksiklikler arasında güçlü bir korelasyon olduğunu bildirmişlerdir. Seyir süreci takım

çalışması gerektiren bir süreç olduğundan bu bulgu çalışmamızın bulgularıyla uyumludur. Graziano vd. (2016), gemi mürettebatı ile kılavuz kaptan arasındaki iletişim de dahil olmak üzere iletişim sorunlarına sebebiyet veren başlıca etkenlerden birinin yetersiz eğitim olduğunu ileri sürmüşlerdir. Chae vd. (2021), köprüüstü ekibi içinde bilgi paylaşımının ekip çalışması kurslarında sağlandığını belirtmiştir. Bu iki çalışmanın sonuçları, çatışma kazalarına ait kural 9'daki bulgularımızla ortaya koyduğumuz ekip çalışması ve gemi-kılavuz kaptan iletişim sorunları arasındaki bağlantı ile paralel bulgular ortaya koymaktadır.

Çatışma kazaları bulgularımıza göre en dikkat çeken ikinci kural olan kural 4 konteyner gemilerinde hidrodinamik etkiler ortaya çıktığında uygun manevranın öngürülebilmesinin zorlaştığını göstermektedir. Yedinci en etkili kural olan kural 5, hidrodinamik etkilerin uygun manevranın öngörülebilirliğini zorlaştığını belirtmektedir ve kural 4 ile benzer bir yapıdadır. Chauvin vd. (2013), hidrodinamik etkilerin kılavuz kaptanların bulunduğu gemiler dar sularda seyir yaparken meydana gelen kazalarda her zaman etkili bir kaza faktörü olduğunu göstermiştir. Bu bulgu, çalışmamızın bulgularıyla tutarlıdır; çünkü bu sonuçlar hidrodinamik etkilerin kılavuz kaptanla seyir yapan gemiler için uygun manevranın öngörülmesinde zorluklara yol açtığını göstermektedir. Beaskoetxea vd. (2021), konteyner gemilerinde kazaların yalnızca gemi mürettebatının yaptığı hatalardan kaynaklanma oranının %9,09 olduğunu belirtmiştir. Ek olarak kazaların %54,55'inin başkaları tarafından yapılan hatalardan kaynaklandığını, %18,18'inin ise hem gemi mürettebatı hem de başkaları tarafından yapılan hatalardan kaynaklandığını belirtmişlerdir. Aynı çalışmada, kılavuz kaptan hatalarının diğerlerinin yaptığı hataların %42,62'sini oluşturarak bu gruptaki en yaygın kaza sebebi olduğunu vurgulamışlardır. Ayrıca, ticaret gemilerindeki köprüüstü ekibinin %33,96 oranında yanlış değerlendirme nedeniyle seyir hataları yaptığını ortaya koymuşlardır. Bu hata türünün insan hataları arasında en yaygın olanı olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmadaki istatistikler, kılavuz kaptan hatalarının konteyner gemisi kazalarına önemli ölçüde etkisi olduğunu, uygun manevrayı doğru bir şekilde öngörememenin insan hataları arasında birincil faktör olduğunu göstermektedir. Manevra kabiliyetini engelleyen bir faktör olarak hidrodinamik etkiler göz önünde bulundurulduğunda, bu çalışmanın sonucunun bulgularımızla uyumlu olduğu sonucuna varılmıştır.

Çatışma kazalarında en etkili üçüncü birliktelik kuralı, gemiler arası iletişim eksiklikleri bulunan 11-20 yaş aralığındaki gemilerde durumsal farkındalık eksikliği

görülme ihtimalinin artabileceğini gösteren 1 numaralı kuraldır. Bunun yanında dördüncü en etkili birliktelik kuralı olarak tespit edilen ve 11-20 yaş aralığındaki gemilerde durumsal farkındalık eksikliği görülebileceğini gösteren kural 7 benzer bir etkileşime vurgu yapmaktadır. Öztürk vd. (2024), çalışmamızla paralel şekilde iletişimin durumsal farkındalık üzerinde güçlü bir etkisi olduğunu ileri sürmüşlerdir. Çalışmamız gemiler arası iletişimin durumsal farkındalık üzerindeki etkisini vurgulamasına rağmen, Öztürk vd. çalışmalarında kılavuz kaptan-kaptan bilgi alışverişi sırasında iletişimin durumsal farkındalık üzerindeki etkisini vurgulamışlardır. Chauvin vd. (2013), etkili durumsal farkındalığın gemiler arasındaki iletişim de dahil olmak üzere çeşitli faktörlere bağlı olduğunu belirtmişlerdir.

Liu vd. (2021) Çin kıyı sularında meydana gelen deniz kazalarını analiz etmişlerdir. Bu çalışmada gemiler yeni (10 yaşından küçük), orta yaşlı (11 ila 20 yaş arası) ve yaşlı (21 yaşından büyük) olmak üzere 3 yaş grubuna ayrılmıştır. Yazarlar çalışmalarında yeni gemilerin çatışma kazalarına karışma olasılığının daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Ancak çalışmamız orta yaşlı gemilerin kaza nedensel faktörlerinden özellikle durumsal farkındalık üzerinde önemli düzeyde olumsuz bir etkisi olduğunu gösterdiğinden bu çalışmanın sonuçları ile farklılık göstermektedir.

Çatışma kaza sebepleri arasında bulunan diğer etkili ilişkiler de mevcuttur. Çalışmamıza göre gemiler arası iletişim etkisiz olduğu durumda diğer gemilerin manevra hatalarının kazaya sebep olma ihtimali artmaktadır. Bulgularımız ayrıca hatalı COLREG kural uygulamalarının gemiler arasındaki iletişimin doğru şekilde yürütülmesini olumsuz etkilediğini ortaya koymuştur. Chen vd. (2019), gemiler arası iletişimin vardiyacının davranışını etkileme potansiyeline sahip olduğunu belirtmiştir. Başka bir deyişle gemiler arası iletişim kusurlu veya yetersizse, gemiyi yönlendirme ve manevra yapmaktan sorumlu kişilerin aldığı kararlar bu durumdan etkilenebilir. Bu durum, COLREG kurallarına uygun olarak doğru manevralar yapılsa bile geminin emniyetinin tehlikeye girebileceğini göstermektedir. Demirci vd. (2022), iletişimin gemi kazalarında etkili bir faktör olduğunu vurgulamışlardır. Çalışmamızın bulgularıyla çelişen bu çalışmanın sonuçları, iletişim sorunlarının diğer faktörlerden etkilenmek yerine kazalara neden olan unsurları etkilediğini göstermektedir.

2 ve 3 numaralı kurallar göz önüne alındığında, konteyner gemilerinde gemi-gemi iletişimi ile doğru manevrayı öngörememe arasında karşılıklı bir bağlantı olduğu görülmektedir. Diğer bir deyişle konteyner gemilerinde bu faktörlerin ortaya çıkması bir

diğerinin oluşumunu daha olası kılmaktadır. Chauvin vd. (2013), gemiler arasındaki yetersiz iletişimin çatışma kazalarında önemli bir rol oynadığını ve gemi köprüüstü ekiplerinin manevra yaparken doğru kararlar vermesini zorlaştırdığını ortaya koymuştur. Bu bulgunun çalışmamızda elde edilen bulguları destekler nitelikte olduğu görülmektedir.

4.2. Çatma Kazaları

Bulgularımıza göre çatma kazalarında en dikkat çeken kural, tecrübe eksikliğinin uygun manevrayı öngörememe durumunun oluşma olasılığını arttırdığını gösteren 1 numaralı kuraldır. Demirci vd. (2022), mürettebat eğitiminin ardından kaptan deneyiminin, kılavuzluk operasyonu altındaki deniz kazalarında ikinci en önemli faktör olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca kaptan deneyiminin köprüüstü ekip yönetimini önemli ölçüde etkilediğini ileri sürmüşlerdir. Kılavuz kaptan ve gemi mürettebatı arasındaki etkili iletişim köprüüstü ekip yönetiminin önemli bir bileşeni olduğundan, bulgularımız bu sonuçlarla uyumludur.

Çatma kazalarına ait ARM ağında en baskın ikinci kural, liman manevrası yapılırken sefer planlamasının uygunsuz olmasının sonucu olarak manevra planlaması konusunda eksiklik yaşanması ihtimalinin artması durumudur. Uğurlu vd. (2016) tarafından yapılan araştırmanın da ortaya koyduğu gibi, Türk Boğazları'nda çatışma ve çatma olaylarının oluşumuna sebebiyet veren temel faktör, seyir ve manevralardaki insan hatalarıdır. Sefer planlama hatalarının seyir aşamasıyla, manevra planlama kusurlarının ise manevra hatalarıyla ilişkili olması nedeniyle bulgularımızın bu çıkarımla uyumlu olduğu değerlendirilmektedir.

Uygunsuz sefer planlaması'nın manevra planlama eksikliklerinin oluşumunu önemli ölçüde arttırdığını gösteren 2 numaralı kural çatma kazaları ağındaki en etkili üçüncü kuraldır. Literatürde bu parametreler arasında bir ilişki olduğunu gösteren bir çalışma bulunmamakla birlikte, Oraith vd. (2021) kılavuzluk operasyonları öncesinde etkili bir manevra planının oluşturulmamasının yanaşma operasyonları sırasında kaza olasılığını önemli ölçüde artırdığını vurgulamaktadır. Kaptanlar ve kılavuz kaptanlar geminin manevra özelliklerini belirlemeli, emniyetli seyir için gerekli yeterlilikleri hızlıca değerlendirmeli ve emniyetli operasyon için uygun ve pragmatik bir yanaşma veya liman kalkış stratejisi oluşturmalıdır.

Çatma kazalarına ait dikkat çeken diğer birliktelik kuralları da bulunmuştur. 11 numaralı kurala göre 0-10 yaş aralığındaki tankerlerde manevra planlaması konusunda eksiklikler görülme olasılığının yüksek olması oldukça dikkat çekicidir. Benzer şekilde 0-10 yaş aralığında ve 101-200 metre boyundaki gemilerde yine manevra planlaması konusunda eksiklikler bulunması olası bir durum olarak tespit edilmiştir. Papanikolau ve Eliopoulou (2008) tarafından tanker gemileri özelinde yapılan bir araştırmaya göre 5 yaşın altındaki yeni gemilerde personel eğitim eksikleri, iletişim sorunları ve personelin yeni teknolojiye adaptasyon eksikleri sebebiyle kazalar sıklıkla görülmektedir. Manevra planlama eksikliklerinin personelin eğitim eksikliğiyle ilişkili olabileceği düşünülebileceğinden bu bulgunun tespitlerimizle paralellik gösterdiği düşünülmektedir. Bayazid ve Kaptan (2024), çalışmalarında gemi boyu, draftı ve fribordu gibi gemi özelliklerinin dar bir su yolundan geçiş yaparken belirli riskler barındırabileceğini ve bu riskleri tanımlamak için standart hale getirilmiş formlar veya yazılımların kullanılmasının kaza riskini azaltabileceğini belirtmişlerdir.

Dikkat çeken kurallardan bir diğeri etkisiz ekip çalışmasının gemi-kılavuz kaptan iletişim sorunlarını önemli ölçüde arttırdığını gösteren kuraldır. Bu kuralla benzerlik gösteren bir diğer kurala göre 0-10 yaş aralığındaki gemilerde köprüüstü ekibinin etkili bir şekilde işbirliği yapmaması, kılavuz kaptan ve gemi mürettebatı arasında iletişim sorunlarına yol açabilir. Sonuçlar ayrıca 101-200 metre boy aralığındaki gemilerin liman manevrası yaptığı durumlarda gemi-kılavuz kaptan iletişiminin olumsuz etkilenebildiğini göstermektedir. Ağdan elde edilen bir diğer dikkate değer bulgu, liman manevraları sırasında köprüüstü ekipmanlarının etkisiz kullanımının gemi-kılavuz kaptan iletişimini olumsuz etkilemesidir. Gemi-kılavuz kaptan iletişimini olumsuz etkileyen diğer bir durum, liman manevrası esnasında etkisiz takım çalışmasının görülmesi durumudur. Chauvin vd. (2013), kısıtlı sularda meydana gelen ve kılavuz kaptan bulunduran gemilerin karıştığı çatışma kazalarının köprüüstü kaynak yönetimindeki eksikliklerle yakından bağlantılı olduğunu ileri sürmüşlerdir. Köprüüstü kaynak yönetimi, ekip çalışmasını ve ekip üyeleri arasındaki iletişimi içeren bir bileşen olduğundan yazarların bulguları çalışmamızın bulgularıyla örtüşmektedir. Hetherington vd. (2006), yetersiz iletişimin yetersiz ekip çalışması ve durumsal farkındalık eksikliği anlamına geldiğini ileri sürmektedir. Bu çalışmada belirtilen bulgular ekip çalışması ile iletişim arasında bir ilişkiden bahsettiğinden çalışmamızın bulgularıyla benzerlik göstermektedir.

4.3. Karaya Oturma Kazaları

Kılavuz kaptanlı gemilerde karaya oturma kazalarında en dikkat çeken kural, 0-10 yaş aralığındaki gemilerin kanal geçişlerinde köprüüstü ekipmanlarının yetersiz kullanımı durumunun artış gösterebileceğini belirten 5 numaralı kuraldır. Bulgularımızla tutarlı olarak, Papanikolau ve Eliopoulou (2008) çalışmalarında yeni gemilerin karaya oturma olaylarına daha sık karıştığını keşfetmişlerdir. Ayrıca bu çalışmada yeni gemilerin daha yüksek kaza oranlarına sahip olmasının yetersiz mürettebat eğitimi, iletişim sorunları ve mürettebatın yeni teknolojik ekipmanı kullanma becerisiyle ilişkili olduğu belirtilmiştir. Luo ve diğerleri (2017) araştırmalarında gemi yaşı ve gemi kazalarının negatif korelasyonlu olabileceğini, çünkü eski gemilerin genellikle yüksek kalitede olup iyi bir bakım-tutumdan geçtiğini ileri sürmüşlerdir. Bu bulgu, yeni gemilerin eski gemilere kıyasla kaza oluşumu açısından belirli dezavantajlara sahip olduğunu göstermekte ve bulgularımızla örtüşmektedir. İncelenen kaza raporlarının birçoğunda karaya oturma durumlarında derinlik ölçer cihazının yeterince etkili kullanılmadığına değinilmiştir ve bu eksiklik köprüüstü cihazlarının etkisiz kullanımı faktörünün temel sebebi olarak karşımıza çıkmaktadır. Derinlik ölçer, kıyı ve kılavuzluk sularında aktif kalmalıdır ve cihaz sığ su alarmı ile donatılmışsa bu alarm yaklaşan sığ su uyarısı için uygun ve emniyetli bir derinliğe ayarlanmalıdır (ICS, 2016).

Kural 3'e göre sefer planlamasının gereğince yapılmadığı durumlarda gemi-kılavuz kaptan iletişim sorunlarının oluşma olasılığı artmaktadır. Benzer bir bulgu kural 6'da da görülmektedir. Bu kurala göre 101-200 metre arası boya sahip gemilerde sefer planının eksik hazırlanması, gemi-kılavuz kaptan iletişimi üzerinde olumsuz bir etkiye sebep olmaktadır. Kural 7 ise bu kuralla bağlantılı olarak 101-200 metre arası boya sahip gemilerde gemi-kılavuz kaptan iletişiminin etkisiz olduğu durumlarda sefer planı uygunsuzluklarının artabileceğini belirtmektedir. Kural 9, gemi-kılavuz kaptan iletişiminin etkili bir şekilde kurulamadığı kanal geçişlerinde sefer planlaması eksiklerinin görülme olasılığının arttığını göstermektedir. Fan vd. (2022), kısıtlı sularda karaya oturma kazaları üzerinde en güçlü etkinin sefer planına ait olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca çalışmaları iyi hazırlanmış bir sefer planının karaya oturma kazalarının gerçekleşme olasılığını önemli ölçüde azaltacağını da göstermektedir. Sonuçlarımız, yetersiz sefer planlamasının karaya oturma kazalarının nedenselliği üzerindeki etkisine ilişkin Fan ve diğerlerinin sonuçlarıyla uyumludur, çünkü 3, 6, 7 ve 9 numaralı kuralların girdi veya çıktı bölümlerinde yetersiz

geçiş planlamasının varlığı bulunmaktadır. Fan ve diğerleri ayrıca bir geminin uzunluğunun kazalar üzerinde asgari düzeyde doğrudan etkisi olmasına rağmen, diğer faktörlerle etkileşiminin dolaylı bir şekilde bu faktörün etkisini arttırdığını vurgulamaktadır. Bu sonuç, belirli bir gemi boyunun gemi-kılavuz kaptan iletişim sorunlarıyla birleştiğinde sefer planını olumsuz etkileyebileceğini ileri süren çalışmamızın 7 numaralı kuralı ile uyumludur. Mazaheri vd. (2015) yetersiz iletişim ve koordinasyonun %10,3'lük baskınlık oranıyla karaya oturma olaylarını önemli ölçüde etkilediğini öne sürmektedir. Bulgularımız, gemi-kılavuz kaptan iletişim sorunları ve uygunsuz sefer planlamasının karaya oturma kazalarıyla yakından ilişkili iki kritik faktör olduğunu göstermektedir.

Karaya oturma kazalarına ait 1 numaralı kural, liman otoritesi kaynak yönetimi ile gemi-kılavuz kaptan iletişim sorunları arasında bir bağlantıya dikkat çekmektedir. Sanchez-Beaskoetxea vd. (2021), geçmişte elde edilen araştırma sonuçlarının kazaların nedeni olarak görülen kişileri ve bu kişilerin hatalarını belirlemekte yetersiz ve etkisiz kaldığını öne sürmektedir. İnsan hatalarının nedeninin gemi mürettebatında mı yoksa diğer sorumlularda mı olduğu konusunda netlik bulunmadığını ve literatürün bu konuda çok sınırlı bilgi sağladığını belirtmişlerdir. Bulguları, ticaret gemilerindeki insan hatalarının %39,2'sinin liman idaresi personeli de dahil olmak üzere gemi mürettebatı dışındaki kişilerden kaynaklandığını göstermektedir. Çalışmalarının sonuçlarına göre sadece gemi personelinden kaynaklanan insan hataları kaza kaynaklarının %22,6'sını oluştururken, gemi ve diğer personelin aynı anda hata yapması sonucu oluşan hatalar ise %20,6'lık kesimi oluşturmaktadır. Bu çalışmanın bulguları, liman personelinin kazalara yol açabilecek hatalar yapabileceğini ve liman otoritesi tarafından yönetilen kaynakların otoritenin personeli tarafından yetersiz yönetilebileceğini göstermektedir. Çalışmamızın liman otoritesine ait hatalara değinen 1 numaralı kuralı bu bulgularla örtüşür niteliktedir. Heilig ve Voss (2017), limanlardaki gemi trafiğinin ve gemi büyüklüklerinin artmasının manevra ve seyrüseferi zorlaştırması nedeniyle liman idarelerinin gemi seyrüseferini kolaylaştırıcı, görünürlüğü, verimliliği ve emniyeti artırıcı önlemler almaları gerektiğini belirtmişlerdir. Liman otoritesi tarafından yönetilen kaynakların gemi mürettebatının navigasyon ve manevra yapmasını kolaylaştırmadaki önemi, özellikle Heilig ve Voss'un bulguları dikkate alındığında daha açık bir şekilde anlaşılmaktadır. Kılavuz kaptanlar, İngilizce veya mutabık kalınan ortak bir dilde gemi mürettebatına yerel şartlar hakkında detaylı bilgi ve

rehberlik sağlayarak emniyetli geçişi mümkün kılmalıdır (International Chamber of Shipping, 2016).

Kural 2, uygunsuz takım çalışmasının gemi-kılavuz kaptan iletişimi üzerinde olumsuz bir etki yaratabileceğini göstermektedir. Hasanspahic vd. (2021) gemi mürettebatı ile kılavuz kaptanlar, VTS görevlileri ve yerel yetkililer gibi dış taraflar arasında iyi iletişimin sağlanmasında gemi içi liderliğin önemini vurgulamaktadır. Başka bir deyişle, gemi kaptanının köprüüstü ekibini etkili bir ekip çalışması yürütmeye teşvik etmesi durumunda, bunun iletişim verimliliğini artıracağı ileri sürülmektedir. Bu bulgu, araştırmamızın 2 numaralı kuralı ile uyumludur. Ayrıca Sanyal ve Hisam (2018), ekip çalışmasının iş performansına etkisini keşfetmek amacıyla bir araştırma yapmışlar ve iletişim verimliliği ile etkili ekip çalışması arasındaki pozitif etkileşime vurgu yapmışlardır. Bu tespit, çalışmamızın bulgularıyla paralellik göstermektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Küresel ticaretin hızla genişlemesi, dünya deniz ve limanlarındaki gemilerin sayısında ve boyutunda artışa yol açarak deniz trafiği yoğunluğunun artmasına neden olmuştur. Bu nedenle, ekonomik kayıpları, insan kayıplarını ve çevresel felaketleri önlemek için seyir emniyetini artırmak esastır. Dar su yolları ve liman bölgelerinin zorlu koşulları nedeniyle, kılavuzluk operasyonları sırasında potansiyel tehlikeler ve riskler önemli ölçüde artmaktadır. Çalışmamız, kılavuzluk operasyonları sırasında yaşanan kazaların oluşumuna sebebiyet veren faktörleri ve bu faktörlerin diğer faktörlerin oluşumu üzerindeki etkilerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Bu çalışmadan elde edilen bulgular, sektör temsilcileri tarafından kılavuzluk operasyonlarının emniyetini artırmak için kullanılabilir niteliktedir.

Çalışmamızda, kılavuzluk operasyonları sırasında gerçekleşen kazaların raporları incelenerek kaza faktörleri HFACS yöntemiyle sınıflandırılmış ve bu faktörlerin birbirleriyle olan ilişkilerinin incelenmesi amacıyla ARM yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem çatışma, çatma ve karaya oturma kazaları için ayrı ayrı uygulanmış ve bulgular ortaya konmuştur. Böylece kılavuzluk altındaki gemilerde gerçekleşen kazalarda kaza faktörlerinin frekans değerleri tespit edilmiş ve bu faktörlerin diğer kaza faktörleriyle etkileşim durumları incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar kaza oluşumlarının önüne geçmek amacıyla yerel ve uluslararası denizcilik otoriteleri, armatörler, gemi işletim şirketleri, gemi trafik operatörleri gibi denizcilik paydaşları tarafından kullanılabilecek ve denizcilik operasyonlarını daha emniyetli hale getirebilecek niteliktedir. Bulgular ışığında birliktelik kuralları içinde en sık rastlanan ve dolayısıyla kazalara etkisinin oldukça yüksek olduğu görülen kaza faktörlerinin oluşumunu engellemek için önlemler düşünülmesi ve uygulanması gerekmektedir.

Gemi-kılavuz kaptan iletişim sorunları, kazaya sebep olan faktörler arasında oldukça sık rastlanan bir kaza faktörüdür. Köprüüstü ekibinde yer alan ekip üyeleri arasında iletişim prosedürlerini iyileştirmek ve bir işbirliği ve ortak sorumluluk kültürü oluşturmak, gemi-kılavuz kaptan iletişim sorunlarını azaltmak için oldukça önemlidir. Bu alanda yapılacak çalışmalar ile dil bariyerinin aşılması, denizcilikteki standart iletişim kalıpları kullanımının yaygınlaşmasının sağlanması ile iletişim kalitesinin arttırılması, ve tarafların

iletişim kurmaktan çekinmesinin önüne geçilmesi sağlanabilir. Bu önlemlerle birlikte, kaptan-kılavuz kaptan bilgi alışverişini gerçekleştirmek için elektronik bir belge kullanmak, üretkenliği artırabilir ve gemi mürettebatı ile kılavuz kaptan arasındaki iletişim eksiklerinin önlenmesine yardımcı olabilir. Bunun yanında elektronik bir belge ile tarafların birbirlerini operasyon öncesinde bilgilendirmelerinin sağlanması, anlaşılmayan konuların ve mutabık kalınmayan noktaların tartışılması ve çözüm önerilerinin gözden geçirilmesi için taraflara zaman da tanınabilir. Tüm bu önlemler iletişimi geliştirmesinin yanında takım üyelerinin birbirlerini daha iyi anlayarak daha koordineli çalışmalarını sağlayabilir.

Köprüüstü ekipmanlarının etkisiz kullanımı faktörü, incelenen 3 kaza tipinde de etkili ve sık tekrarlayan bir kaza faktörü olarak tespit edilmiştir. Köprüüstü ekipmanlarının verimli ve etkili kullanımını sağlayabilmek için ilgili gemi personelinin ve kılavuz kaptanın yetkin bir eğitimden geçmesi kesinlikle gereklidir. Bu eğitimlerin belirli aralıklarla tekrar edilmesi, var olan ve zaman içinde oluşabilecek hataların önüne geçilmesini sağlayabilir. Bunun yanında simülasyon eğitimleri ve kurgulanmış senaryolarla eğitimlerin pekiştirilmesi köprüüstü ekipmanlarının kullanımı noktasında operatörlerin yetkinliğini arttırabilir. Bu faktörün oluşum sıklığını azaltabilecek diğer bir çözüm ise iç ve dış denetlerle yetkili personelin köprüüstü cihazlarını kullanım yetkinliklerinin kontrol edilmesi olabilir. Tüm bu tedbirlerin ciddiyetle uygulanmasının bu kaza faktörünün oluşumunu azami ölçüde azaltacağı değerlendirilmektedir.

Liman devleti kontrolleri sırasında sefer planının daha titiz ve ayrıntılı kontrol edilmesi teşvik edilebilir ve bu sayede seferden önce hazırlandıklarından ve seyir sırasında doğru bir şekilde takip edildiklerinden emin olunabilir. Bu tedbir, gemi sorumlu zabitlerinin ve kaptanının sefer planlarını BTM kurallarına uygun hazırlamasını ve kontrol etmesini sağlayacak bir etki yaratabilir. Bunun yanında liman manevralarında ve kritik dönüşlerde gemi ekibi ile kılavuz kaptanın manevraları planlamalarını teşvik etmek amacıyla yetkili idarelerce planlamayı içeren bir bölümün pilot kartına, sefer planına veya ayrı bir ISM formuna eklenmesi sağlanabilir. Bu durum, kılavuz kaptan ve gemi personelinin kritik manevraları planlamasını sağlayabilir ve bu konuda anlaşmazlıklar varsa bu anlaşmazlıkların çok geç olmadan giderilmesi sağlanabilir. Bu hataların azaltılması, diğer faktörler üzerindeki etkileri dikkate alındığında kaza oluşum riskini azaltıcı bir etki gösterebilir.

Uygun manevrayı öngörebilmek, gemi manevrasının yerel trafik, geminin özellikleri ve dış faktörler dahil tüm etkenlerin bir arada ele alınarak doğru kararların verilebilmesini gerektirmektedir. Bu etkenlerden herhangi biri denklem dışında tutulduğunda ya da iyi değerlendirilemediğinde kaza riski artmaktadır. Bu riskleri minimuma indirmek için en etkili yöntemin farklı trafik, hava ve deniz şartlarında uygulanacak simülatör eğitimleri olduğu değerlendirilmektedir. Simülatör eğitim ve uygulamalarının gerçek senaryolara dayandırılarak yapılması kaptanların ve kılavuz kaptanların yapılacak manevrayı en doğru şekilde değerlendirmede emniyetli yoldan deneyim kazanmalarını sağlayabilir. Simülatör eğitimlerinin bir uzmanın gözetiminde yapılması ise yapılan hataların irdelenmesine olanak tanıyacağından bu uygulamanın etkinliğini arttırabilir. Bunun yanında teknolojik gelişmeler ve iyileştirmeler ile seyir yardımcılarının manevra anında karar alma konusunda kaptan ve kılavuz kaptanlara destek sunması manevra emniyetini arttırıcı etki gösterebilir. Çatışma riski algılama kabiliyeti olan köprüüstü seyir yardımcılarının manevraların mevcut koşullarda emniyetli olup olmayacağını değerlendirmeleri seyir yardımcılarına yapılacak karar destek sistemleri entegrasyonu ile mümkün kılınabilir. Köprüüstü cihazlarının entegrasyonu ile sağlanacak bu destek, hataların azaltılması noktasında manevra ekibine pozitif katkı sunabilir.

Durumsal farkındalığı etkileyen birçok etken mevcuttur. Olası riskleri tümüyle algılayamamak ve mevcut durumu etkili şekilde değerlendirememek olarak tanımlanabilecek durumsal farkındalık eksikliği, denizcilik kazalarında kilit rol oynayan etkenlerden biridir. Farklı işlerle meşgul olmak, aşırı iş yükü ve yorgunluk gibi birçok etken durumsal farkındalık kaybına sebep olabilmektedir. Bu faktörün oluşumunun önüne geçmek ve kazalardaki rolünü azaltmak için yapılabileceklerden biri iyi planlanmış bir görev dağılımı yapmak olabilir. Ekip üyelerinin birbirlerinin iş yükünü azaltmaları, ekibin görevlerine etkili bir şekilde odaklanmalarını kolaylaştırabilir. Bunun yanında karar alma, çoklu görev yönetimi, stres yönetimi eğitimleri ile simülatör ve senaryo tabanlı uygulamalar durumsal farkındalığın arttırılmasında etkili olabilir. Olası tehlikelere karşı uyarı sistemlerinin geliştirilip köprüüstüne entegre edilmesi de bu soruna çözüm olabilecek bir diğer tedbir olabilir. Köprüüstünde yorgunluk, dalgınlık veya telefon ve bilgisayar gibi dikkat dağıtıcıların kullanımı halinde uyarı veren sensörler soruna oldukça etkili bir iyileştirme sunabilir. Denizciliğin kronik sorunlarından olan yorgunluk, durumsal farkındalık üzerinde negatif anlamda oldukça yüksek bir etkiye sahiptir. Gemilerde çalışma-dinlenme saatleri ile ilgili kurallar olsa da bu kurallara her zaman uyulmadığı ve

kayıtların sıklıkla gerçeğe uygun tutulmadığı bilinen bir gerçektir. Kılavuzluk operasyonlarının yürütüldüğü liman varış ve ayrılışlarının liman operasyonları ve hazırlıkları sebebiyle oldukça yorucu periyotlar oldukları bilindiğinden bu bölgelerde personelin yeterince dinlenememiş olma ihtimali yüksek olmaktadır. Bu durumun önüne geçmek ve personelin en azından MLC'nin (denizcilik çalışan sözleşmesi) belirlediği çalışma sürelerini geçmemesini sağlamak için gemilere personelin kamaradan giriş-çıkışını kaydeden bir sistemin kurulması etkili olabilir. Ayrıca gemilerin emniyetli işletilmesi için ihtiyaç duyulan personel sayısının yeniden değerlendirilmesi ve maliyet kaygısı gözetilmeksizin emniyetli operasyon için gereken personel sayısının gemilerde bulunmasının sağlanması da kazaları azaltıcı etki yaratabilir. Kılavuzluk idarelerinin de kılavuz kaptan planlamasını yeterli dinlenmeye olanak verecek şekilde yapmaları riskleri azaltıcı bir etki yaratabilir.

Gemiler arası iletişim eksikliği kılavuz kaptanlı gemilerde çatışma kazalarında en sık rastlanan kaza faktörüdür. Gemilerin birbirleriyle çatışma kaçınılmaz olana kadar veya hiç iletişim kurmamaları ve iletişim esnasında birbirlerini net olarak anlayamamaları bu sorunun temel sebepleridir. Bu konuda sorunun çözümü olarak görülebilecek en etkili yöntem iletişim ile ilgili verilecek eğitimlerdir. Bunun yanında en yakın yaklaşma mesafesi (CPA) belirli bir değerin altında olacak olan geçişlerde gemilerin birbirlerini emniyetli bir mesafeden aramalarının prosedür ve kurallarla zorunlu kılınması da bir çözüm olarak düşünülebilir. Karaya oturma kazalarında diğer kaza tiplerine göre daha belirleyici bir kaza faktörü olan verilen komutların takibi konusundaki yetersizlik de denizyolu taşımacılığının emniyeti için çözülmesi gereken sorunlardan bir diğeridir. Manevra veya seyir sırasında komutu verenin veya ona destek olan zabitin verilen komutların doğru uygulandığını kontrol etmesi elzemdir. Aksi durumda verilen komut doğru uygulanmayabilir ve bunun farkına varıldığında yanlıştan dönülmesi mümkün olmayabilir. Bu sorunun çözümü için dümenci, vardiya zabiti, kaptan, kılavuz kaptan ve köprüüstü ekibini oluşturan diğer personelin etkili bir eğitim alması ve alınan eğitimi simülatör uygulamaları ile pekiştirmeleri oldukça etkili olacaktır.

Araştırmacıların gelecek çalışmalarda kaza raporlarında tespit edilmesi zor olan stres, çalışma-dinlenme saatleri, yorgunluk ve gizli hatalar gibi faktörlerin kaza nedenlerini nasıl etkilediğine dair çalışmalar yürütmesi, kaza nedensel faktörlerinin daha bütüncül açıdan anlaşılmasına katkı sunabilir. Bu faktörlerin kazalara etkisini araştırmak için uzman

görüşlerine dayanan çok kriterli karar verme yöntemleriyle yapılacak analizlerin daha etkili bir değerlendirme sunacağı düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

Abreu, D.T.M.P., Maturana, M.C., Droguett, E.L., & Martins, M.R. (2022). Human reliability analysis of conventional maritime pilotage operations supported by a prospective model. *Reliab Eng Syst Saf* 228, 108763.

Acejo, I., Sampson, H., Turgo, N., Ellis, N., & Tang, L. (2018). *The causes of maritime accidents in the period 2002-2016*. Cardiff: Cardiff University.

Adumene, S., Afenyo, M., Salehi, V., & William, P. (2022). An adaptive model for human factors assessment in maritime operations. *Int J Ind Ergon* 89, 103293.

Agrawal, R., & Srikant, R. (1994). Fast Algorithms for Mining Association Rules. *Proceedings of the 20th International Conference of Very Large Data Bases*. pp. 487–499.

Akten, N. (2006). Shipping accidents: a serious threat for marine environment. *Mediterranean Environment* 12, 269–304.

Akyuz, E. (2015). A hybrid accident analysis method to assess potential navigational contingencies: The case of ship grounding. *Saf Sci* 79, 268–276.

Akyuz, E., & Celik, M. (2014). Utilisation of cognitive map in modelling human error in marine accident analysis and prevention. *Saf Sci* 70, 19–28.

Alexopoulos, T.A. (2023). On global maritime oil piracy: an association rules analysis. *Energy Systems* 1–14.

Antão, P., Sun, S., Teixeira, A.P., & Guedes Soares, C. (2023). Quantitative assessment of ship collision risk influencing factors from worldwide accident and fleet data. *Reliab Eng Syst Saf* 234, 109166.

Aydin, M., Akyuz, E., Turan, O., & Arslan, O. (2021). Validation of risk analysis for ship collision in narrow waters by using fuzzy Bayesian networks approach. *Ocean Engineering* 231, 108973.

Aydin, M., Uğurlu, Ö., & Boran, M. (2022). Assessment of human error contribution to maritime pilot transfer operation under HFACS-PV and SLIM approach. *Ocean Engineering* 266, 112830.

Bayazit, O., & Kaptan, M. (2024). Dynamic risk analysis of allision in port areas using DBN based on HFACS-PV. *Ocean Engineering* 298, 117183.

Bhardwaj, U., Teixeira, A.P., & Soares, C.G. (2024). Probabilistic Analysis of Basic Causes of Vessel–Platform Allision Accidents. *Journal of Marine Science and Engineering* 12, 3.

Bogalecka, M. (2024). Collision and Contact – Analysis of Accidents at Sea. *TransNav* 18, 75.

Butler, G.L., Read, G.J.M., & Salmon, P.M. (2022). Understanding the systemic influences on maritime pilotage decision-making. *Appl Ergon* 104, 103827.

Bye, R.J., & Aalberg, A.L. (2018). Maritime navigation accidents and risk indicators: An exploratory statistical analysis using AIS data and accident reports. *Reliab Eng Syst Saf* 176, 174–186.

Caesar, L.D., & Tamakloe, R. (2024). Unraveling the patterns of critical contributory factors and flag-state affiliations linked with maritime incident outcomes. *Mar Policy* 163, 106135.

Çakır, E., Fışkın, R., & Sevgili, C. (2021). Investigation of tugboat accidents severity: An application of association rule mining algorithms. *Reliab Eng Syst Saf* 209, 107470.

Camliyurt, G., Choi, S.-A., Kim, S.-R., Guzel, A.T., & Park, Y.S. (2022). Risk Assessment for Marine Pilot Occupational Accidents using Fault Tree and Event Tree Analysis. *Journal of Navigation and Port Research* 46, 400–408.

Cao, W., Wang, X., Li, J., Zhang, Z., Cao, Y., & Feng, Y. (2024). A novel integrated method for heterogeneity analysis of marine accidents involving different ship types. *Ocean Engineering* 312, 119295.

Ceylan, B.O., Akyuz, E., & Arslan, O. (2021). Systems-Theoretic Accident Model and Processes (STAMP) approach to analyse socio-technical systems of ship allision in narrow waters. *Ocean Engineering* 239, 109804.

Chae, C.J., Kim, K.H., & Kang, S.Y. (2021). Limiting Ship Accidents by Identifying Their Causes and Determining Barriers to Application of Preventive Measures. *Journal of Marine Science and Engineering* 9.

Changhai, H., & Shenping, H. (2019). Factors correlation mining on maritime accidents database using association rule learning algorithm. *Cluster Comput* 22, 4551–4559.

Chauvin, C., Lardjane, S., Morel, G., Clostermann, J.P., & Langard, B. (2013). Human and organisational factors in maritime accidents: Analysis of collisions at sea using the HFACS. *Accid Anal Prev* 59, 26–37.

Chen, P., Mou, J., & van Gelder, P.H.A.J.M. (2019). Integration of individual encounter information into causation probability modelling of ship collision accidents. *Saf Sci* 120, 636–651.

Chen, S.T. (2020). An approach of identifying the common human and organisational factors (HOFs) among a group of marine accidents using GRA and HFACS-MA. *Journal of Transportation Safety & Security* 12, 1252–1294.

Chen, S.T., Wall, A., Davies, P., Yang, Z., Wang, J., & Chou, Y.H. (2013). A Human and Organisational Factors (HOFs) analysis method for marine casualties using HFACS-Maritime Accidents (HFACS-MA). *Saf Sci* 60, 105–114.

Chowdhury, M.N., Shafi, S., Arzaman, A.F.M., Teoh, B.A., Kadhim, K.A., Salamun, H., Kadir, F.K.A., Said, S., Kadir, K.A., Embong, A.M., Aziz, N.A.A., Jusoh, M.H., Pham, L.H.H.P., & Xuan, A.N.S. (2024). Navigating Human Factors in Maritime Safety: A Review of Risks and Improvements in Engine Rooms of Ocean-Going Vessels. *International Journal of Safety and Security Engineering* 14 (1), 1-14.

Chung, W.H., Kao, S.L., Chang, C.M., & Yuan, C.C. (2020). Association rule learning to improve deficiency inspection in port state control. *Maritime Policy & Management* 47, 332–351.

Ćorović, B., & Djurović, P. (2013). Marine Accidents Researched Through Human Factor Prisma. *Promet - Traffic&Transportation* 25, 369–377.

Demirci, E.C., & Gülmez, S. (2021). Ro-Ro gemi kazalarının vaka bazlı HFACS analizi. *Marine and Life Sciences* 3, 105–114.

Demirci, S.M.E., Canımoğlu, R., & Elçiçek, H. (2022). An Evaluation of the Effects of Human Factors on Potential Ship Accidents Under Pilotage. *Mar Sci Technol Bull* 11, 76–87.

Demirci, S.M.E., & Cicek, K. (2023). Intelligent ship inspection analytics: Ship deficiency data mining for port state control. *Ocean Engineering* 278, 114232.

Dönmez, K., & Uslu, S. (2018). İnsan Faktörleri Analiz ve Sınıflandırma Sistemi'nin (HFACS) Literatürde Yaygın Kullanımının Değerlendirilmesi. *Journal of Aviation* 2, 156–176.

DTO. (2024). *Denizcilik Sektör Raporu*. Istanbul.

Ece, N.J. (2012). Analysis Of Ship Accidents in the Strait of İstanbul. *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi* 4.

Eleftheria, E., Apostolos, P., & Markos, V. (2016). Statistical analysis of ship accidents and review of safety level. *Saf Sci* 85, 282–292.

EMSA. (2024). *Annual Overview of Marine Casualties and Incidents 2024*.

Ernstsen, J., & Nazir, S. (2018). Human error in pilotage operations. TransNav, *International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation* 12, 49–56.

Erol, S., Demir, M., Çetişli, B., & Eyüboğlu, E. (2018). Analysis of Ship Accidents in the Istanbul Strait Using Neuro-Fuzzy and Genetically Optimised Fuzzy Classifiers. *The Journal of Navigation* 71, 419–436.

Eurostat. (2019). *Glossary for Transport Statistics*. Luxembourg.

Fan, S., Yang, Z., Wang, J., & Marsland, J. (2022). Shipping accident analysis in restricted waters: Lesson from the Suez Canal blockage in 2021. *Ocean Engineering* 266, 113119.

Fu, S., Yu, Y., Chen, J., Xi, Y., & Zhang, M. (2022). A framework for quantitative analysis of the causation of grounding accidents in arctic shipping. *Reliab Eng Syst Saf* 226, 108706.

Garcia, S., Luengo, J., & Herrera, F. (2014). *Data Preprocessing in Data Mining*, 1–17.

Gard P&I. (2014). *Pilotage*.

Gard P&I. (2006). *Pilot on Board*.

Graziano, A., Teixeira, A.P., & Guedes Soares, C. (2016). Classification of human errors in grounding and collision accidents using the TRACEr taxonomy. *Saf Sci* 86, 245–257.

Grech, M.R., Horberry, T., & Smith, A. (2002). Human Error in Maritime Operations: Analyses of Accident Reports Using the Leximancer Tool. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* 46, 1718–1721.

Guo, Y., Jin, Y., Hu, S., Yang, Z., Xi, Y., & Han, B. (2023). Risk evolution analysis of ship Pilotage operation by an integrated model of FRAM and DBN. *Reliab Eng Syst Saf* 229.

Hadzagic, M., St-Hilaire, M.-O., Webb, S., & Shahbazia, E. (2013). Maritime traffic data mining using R. *Proceedings of the 16th International Conference on Information Fusion*. 2041–2048.

Han, J., Pei, J., & Tong, H. (2011). *Data Mining: Concepts and Techniques*. Morgan Kaufmann.

Hasanspahić, N., Biocic, T., Car, M., & Vujicic, S. (2023). HFACS-MA and 4-MOP Integrated Methodology for the Assessment of Human Factors in Maritime Accidents. *16th Baška GNSS Conference: Technologies, Techniques and Applications Across PNT and The 3rd Workshop on Smart, Blue and Green Maritime Technologies.* pp. 147–154.

Hasanspahić, N., Vujičić, S., Frančić, V., & Čampara, L. (2021). The Role of the Human Factor in Marine Accidents. *Journal of Marine Science and Engineering 9, 3*.

He, L., Xiaoxue, M., Weiliang, Q., & Yang, L. (2022). A methodology to assess the causation relationship of seafarers' unsafe acts for ship grounding accidents based on Bayesian SEM. *Ocean Coast Manag* 225.

Heilig, L., & Voß, S. (2017). Information systems in seaports: a categorization and overview. *Information Technology and Management* 18, 179–201.

Hetherington, C., Flin, R., & Mearns, K. (2006). Safety in shipping: The human element. *J Safety Res* 37, 401–411.

Hontvedt, M. (2015). Professional vision in simulated environments — Examining professional maritime pilots' performance of work tasks in a full-mission ship simulator. *Learn Cult Soc Interact* 7, 71–84.

Hu, S., Li, Z., Zhang, X., & Xi, Y. (2021). Towards a HFACS and Bayesian Belief Network Model to Analysis Collision Risk Causal on Ship Kılavuz kaptanage Process, in: *6th International Conference on Transportation Information and Safety: New Infrastructure Construction for Better Transportation, ICTIS 2021*, 824–831.

ILO. (2006). *Maritime Labour Convention*.

IMO. (2008). *Adoption of the Code of the International Standards and Recommended Practices for a Safety Investigation into a Marine Casualty or Marine Incident* (Casualty Investigation Code).

ICS. (2016). *Bridge Procedures guide*, 5th ed. Marisec Publications, London.

Kaptan, M., Sarıalioğlu, S., Uğurlu, Ö., & Wang, J. (2021a). The evolution of the HFACS method used in analysis of marine accidents: A review. *Int J Ind Ergon* 86.

Kaptan, M., Uğurlu, Ö., & Wang, J. (2021b). The effect of nonconformities encountered in the use of technology on the occurrence of collision, contact and grounding accidents. *Reliab Eng Syst Saf* 215, 107886.

Kim, S.R., Wangui, W.J., Camliyurt, G., Kim, D.W., & Park, Y.S. (2023). Analysis of Pier Contact Accident in Busan New Port of South Korea by System-Theoretic Accident Model and Processes (STAMP). *TransNav* 17, 299–304.

Korçak, M., & Balas, C.E. (2020). Reducing the probability for the collision of ships by changing the passage schedule in Istanbul Strait. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 48, 101593.

Lan, H., Ma, X., Ma, L., & Qiao, W. (2023a). Pattern investigation of total loss maritime accidents based on association rule mining. *Reliab Eng Syst Saf* 229.

Lan, H., Ma, X., Qiao, W., & Deng, W. (2023b). Determining the critical risk factors for predicting the severity of ship collision accidents using a data-driven approach. *Reliab Eng Syst Saf* 230.

Lappalainen, J., Kunnaala, V., & Tapaninen, U. (2014). Present pilotage practices in Finland. *WMU Journal of Maritime Affairs* 13, 77–99.

Li, G., Weng, J., & Hou, Z. (2021). Impact analysis of external factors on human errors using the ARBN method based on small-sample ship collision records. *Ocean Engineering* 236, 109533.

Liu, K., Yu, Q., Yuan, Z., Yang, Z., & Shu, Y. (2021). A systematic analysis for maritime accidents causation in Chinese coastal waters using machine learning approaches. *Ocean Coast Manag* 213, 105859.

Luo, M., Shin, S.H., & Chang, Y.T. (2017). Duration analysis for recurrent ship accidents. *Maritime Policy & Management* 44, 603–622.

Ma, L., Ma, X., Wang, T., Chen, L., & Lan, H. (2024). On the development and measurement of human factors complex network for maritime accidents: A case of ship groundings. *Ocean Coast Manag* 248, 106954.

MAIB. (2008). *Report on the investigation of Sichem Melbourne making heavy contact with mooring structures at Coryton Oil Refinery Terminal*.

Martins, M.R., & Maturana, M.C. (2013). Application of Bayesian Belief networks to the human reliability analysis of an oil tanker operation focusing on collision accidents. *Reliab Eng Syst Saf* 110, 89–109.

Maternova, A., Materna, M., David, A., Török, A., & Svabova, L. (2023). Human Error Analysis and Fatality Prediction in Maritime Accidents. *Journal of Marine Science and Engineering* 11, 12.

Mazaheri, A., Montewka, J., Nisula, J., & Kujala, P. (2015). Usability of accident and incident reports for evidence-based risk modeling – A case study on ship grounding reports. *Saf Sci* 76, 202–214.

Mullai, A., & Paulsson, U. (2011). A grounded theory model for analysis of marine accidents. *Accid Anal Prev* 43, 1590–1603.

Nasur, J., Bogusławski, K., Wolska, P., Gil, M., & Wróbel, K. (2025). Toward modeling emergency unmooring of manned and autonomous ships – A combined FRAM+HFACS-MA approach. *Saf Sci* 181, 106676.

Nuutinen, M., & Norros, L. (2009). Core task analysis in accident investigation: Analysis of maritime accidents in piloting situations. *Cognition, Technology and Work* 11, 129–150.

Oraith, H., Blanco-Davis, E., Yang, Z., & Matellini, B. (2021). An Evaluation of the Effects of Human Factors on Pilotage Operations Safety. Journal of Marine Science and Application 20, 393–409.

Osman, M.T., Yuli, C., Li, T., & Senin, S.F. (2021). Association rule mining for identification of port state control patterns in Malaysian ports. *Maritime Policy and Management* 48, 1082–1095.

Othman, M.K., Fadzil, M.N., & Abdul Rahman, N.S.F. (2015). The Malaysian Seafarers Psychological Distraction Assessment Using a TOPSIS Method. *International Journal of e-Navigation and Maritime Economy* 3, 40–50.

Özaydın, E., Fışkın, R., Uğurlu, Ö., & Wang, J. (2022). A hybrid model for marine accident analysis based on Bayesian Network (BN) and Association Rule Mining (ARM). *Ocean Engineering* 247, 110705.

Özdemir, Ü., & Güneroğlu, A. (2015). Strategic Approach Model for Investigating the Cause of Maritime Accidents. *Promet - Traffic&Transportation* 27, 113–123.

Öztürk, O.B., Kartal, Ş.E., & Aydin, M. (2024). Investigating the influence of human errors in master-pilot information exchange on maritime accident risk during pilotage. *Ocean Engineering* 305, 118051.

Paolo, F., Gianfranco, F., Luca, F., Marco, M., Andrea, M., Francesco, M., Vittorio, P., Mattia, P., & Patrizia, S. (2021). Investigating the Role of the Human Element in Maritime Accidents using Semi-Supervised Hierarchical Methods. *Transportation Research Procedia* 52, 252–259.

Papanikolau, A., & Eliopoulou, E. (2008). Impact of ship age on tanker accidents. *Proceedings of the 2nd Int. Symposium on "Ship Operations, Management and Economics", The Greek Scetion of the Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME)*, Athens.

Park, Y.A., Yip, T.L., & Park, H.G. (2019). An Analysis of Pilotage Marine Accidents in Korea. *The Asian Journal of Shipping and Logistics* 35, 49–54.

Peng, F., Sun, Y., Chen, Z., & Gao, J. (2023). Association Rule Mining of Maritime Employability Demands Based on Apriori Algorithm. *ICIC Express Letters Part B: Applications* 14, 633–639.

Puisa, R., Lin, L., Bolbot, V., & Vassalos, D. (2018). Unravelling causal factors of maritime incidents and accidents. *Saf Sci* 110, 124–141.

Qi, K., Chai, H., Lv, G., Zhao, J., Sun, W., Liu, H., & Wang, S. (2023). Ship Fire Accident Analysis Based on Association Rules. *Proceedings - 2023 International Conference on Algorithms, Computing and Data Processing, ACDP* 2023 224–229.

Qiao, W., Yang, J., Zhao, Y., Deng, W., & Ma, X. (2024). On the determination of the maritime-specific EPC values in reducing human factors based on maritime foundering accidents in China. *Ocean Engineering* 307, 118192.

Safahani, M. (2015). *Human Errors and Non-technical Skills*.

Sahin, T., & Bolat, P. (2024). Identifying Factors of Dynamic Positioning Incidents through Association Rule Mining. *Transactions on Maritime Science* 13.

Sakar, C., Toz, A.C., Buber, M., & Koseoglu, B. (2021). Risk Analysis of Grounding Accidents by Mapping A Fault Tree Into A Bayesian Network. *Applied Ocean Research* 113, 102764.

Sánchez-Beaskoetxea, J., Basterretxea-Iribar, I., Sotés, I., & Machado, M. (2021). Human error in marine accidents: Is the crew normally to blame?. *Maritime Transport Research* 2.

Sánchez, R.J., Perrotti, D.E., & Fort, A.G.P. (2021). Looking into the future ten years later: big full containerships and their arrival to south American ports. Journal of Shipping and Trade 6, 2.

Sanyal, S., & Hisam, M.W. (2018). The Impact of Teamwork on Work Performance of Employees: A Study of Faculty Members in Dhofar University. *IOSR Journal of Business and Management* 20, 15–22.

Sevgili, C. (2024). Evaluation of pollution prevention related deficiencies of ships using association rule mining. *Mar Pollut Bull* 208.

Sevgili, C., & Töz, A.C. (2022). Comprehensive Analysis of Port State Control on Turkish Flagged Ships Through the Association Rule Mining. *Turkish Journal of Maritime and Marine Sciences* 8, 104–114.

Seyfzadehdarabad, F., Sadeghi-Firoozabadi, V., Shokri, O., Bagheri, M., & Sadeghi Firoozabadi, A. (2023). Cognitive correlates of maritime pilotage' human errors. *Saf Sci* 165, 106196.

Shanshan, F., Yanping, L., Yongtao, X., & Hui, W. (2020). Feature analysis and association rule mining of ship accidents in Arctic waters. *Chinese Journal of Polar Research* 32, 102.

Shappell, S.A., & Wiegmann, D.A. (2000). *The Human Factors Analysis and Classification System-HFACS*.

Shi, X., Zhuang, H., & Xu, D. (2021). Structured survey of human factor-related maritime accident research. *Ocean Engineering* 237.

Standard P&I Club. (2016). *Pilotage Bulletin*.

Sui, Z., Wen, Y., Huang, Y., Song, R., & Piera, M.A. (2023). Maritime accidents in the Yangtze River: A time series analysis for 2011–2020. *Accident Analysis & Prevention* 180.

Transportation Safety Board of Canada. (2024). *Statistical Summary: Marine Transportation Occurrences in 2023*.

Tunçel, A.L., Akyuz, E., & Arslan, O. (2023a). Quantitative risk analysis for operational transfer processes of maritime pilots. *Maritime Policy and Management* 50, 375–389.

Tunçel, A.L., Yüksekyıldız, E., Akyuz, E., & Arslan, O. (2023b). Probability-based extensive quantitative risk analysis: collision and grounding case studies for bulk carrier and general cargo ships. *Australian Journal of Maritime & Ocean Affairs* 15, 89–105.

Turna, İ., & Öztürk, O.B. (2020). A causative analysis on ECDIS-related grounding accidents. *Ships and Offshore Structures* 15, 792–803.

Uflaz, E., Akyuz, E., Arslan, O., Gardoni, P., Turan, O., & Aydin, M. (2023). Analysing human error contribution to ship collision risk in congested waters under the evidential reasoning SPAR-H extended fault tree analysis. *Ocean Engineering* 287.

Uğurlu, F., Yıldız, S., Boran, M., Uğurlu, Ö., & Wang, J. (2020). Analysis of fishing vessel accidents with Bayesian network and Chi-square methods. *Ocean Engineering* 198, 106956.

Ugurlu, H., & Cicek, I. (2022). Analysis and assessment of ship collision accidents using Fault Tree and Multiple Correspondence Analysis. *Ocean Engineering* 245.

Uğurlu, Ö., Erol, S., & Başar, E. (2016). The analysis of life safety and economic loss in marine accidents occurring in the Turkish Straits. *Maritime Policy and Management* 43, 356–370.

Uğurlu, Ö., Kaptan, M., Kum, S., & Yildiz, S. (2017). Pilotage services in Turkey; key issues and ideal pilotage. *Journal of Marine Engineering & Technology* 16, 51–60.

Uğurlu, Ö., Köse, E., Yildirim, U., & Yüksekyıldız, E. (2015a). Marine accident analysis for collision and grounding in oil tanker using FTA method. *Maritime Policy & Management* 42, 163–185.

Uğurlu, Ö., Yildirim, U., & Yüksekyildiz, E. (2013). Marine Accident Analysis With GIS. *Journal of Shipping and Ocean Engineering* 3, 21–29.

Uğurlu, Ö., Yildirim, U., Yuksekyildiz, E., Nisanci, R., & Kose, E. (2015b). Investigation of oil tanker accidents by using GIS. *International Journal of Maritime Engineering (IJME)* 157, 113–124.

Uğurlu, Ö., Yıldız, S., Loughney, S., & Wang, J. (2018). Modified human factor analysis and classification system for passenger vessel accidents (HFACS-PV). *Ocean Engineering* 161, 47–61.

Uğurlu, Ö., Yıldız, S., Loughney, S., Wang, J., Kuntchulia, S., & Sharabidze, I. (2020). Analyzing Collision, Grounding, and Sinking Accidents Occurring in the Black Sea Utilizing HFACS and Bayesian Networks. *Risk Analysis* 40, 2610–2638.

Van Westrenen, F. (1996). A framework for a decision model of river-pilots based on their workload. *Int J Ind Ergon* 17, 411–418.

Wang, H., Liu, Z., Wang, X., Graham, T., & Wang, J. (2021). An analysis of factors affecting the severity of marine accidents. *Reliab Eng Syst Saf* 210, 107513.

Wang, S., Yan, R., & Qu, X. (2019). Development of a non-parametric classifier: Effective identification, algorithm, and applications in port state control for maritime transportation. *Transportation Research Part B: Methodological* 128, 129–157.

Wang, X., Zhang, B., Zhao, X., Wang, L., & Tong, R. (2020). Exploring the Underlying Causes of Chinese Eastern Star, Korean Sewol, and Thai Phoenix Ferry Accidents by Employing the HFACS-MA. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17, 4114.

Wang, Y., & Fu, S. (2022). Framework for Process Analysis of Maritime Accidents Caused by the Unsafe Acts of Seafarers: A Case Study of Ship Collision. *Journal of Marine Science and Engineering* 2022, Vol. 10, Page 1793 10, 1793.

Weng, J., & Guorong, L. (2019). Exploring Shipping Accident Contributory Factors using Association Rules. *Journal of Transportation Safety & Security* 11, 36–57.

Weng, J., & Li, G. (2019). Exploring shipping accident contributory factors using association rules. *Journal of Transportation Safety & Security* 11, 36–57.

Westrenen, F.V. (1995). Towards a Decision Making Model of River Pilots. *IFAC Proceedings Volumes* 28, 217–222.

Wild, C.R.J. (2011). The Paradigm and the Paradox of Perfect Pilotage. *The Journal of Navigation* 64, 183–191.

Wróbel, K., Gil, M., & Chae, C.J. (2021). On the Influence of Human Factors on Safety of Remotely-Controlled Merchant Vessels. *Applied Sciences* 2021, Vol. 11, Page 1145 11, 1145.

Wu, L., Jia, S., & Wang, S. (2020). Pilotage planning in seaports. *Eur J Oper Res* 287, 90–105.

Yildirim, U., Uğurlu, Ö., & Başar, E. (2015). Karaya Oturma Kazalarında İnsan Hatası: Konteyner Gemileri için Örnek Çalışma. *Journal of ETA Maritime Science* 3, 1–10.

Yildiz, S., Uğurlu, Ö., Loughney, S., Wang, J., & Tonoğlu, F. (2022). Spatial and statistical analysis of operational conditions influencing accident formation in narrow waterways: A Case Study of Istanbul Strait and Dover Strait. *Ocean Engineering* 265, 112647.

Yıldırım, U., Başar, E., & Uğurlu, Ö. (2019). Assessment of collisions and grounding accidents with human factors analysis and classification system (HFACS) and statistical methods. *Saf Sci* 119, 412–425.

Yıldırım, U., Uğurlu, Ö., & Başar, E. (2015). Analysis of Grounding Accidents Caused by Human Error. *J Mar Sci Technol* 23, 748–760.

Zhang, X., Chen, W., Xi, Y., Hu, S., & Tang, L. (2020). Dynamics Simulation of the Risk Coupling Effect between Maritime Pilotage Human Factors under the HFACS Framework. *Journal of Marine Science and Engineering* 8, 144.

Zhu, F. (2011). Mining ship spatial trajectory patterns from AIS database for maritime surveillance. *2nd IEEE International Conference on Emergency Management and Management Sciences*. 772–775.

ÖZGEÇMİŞ

Lise öğrenimini İskenderun İbn-i Sina Anadolu Lisesi'nde tamamladı. Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Bölümü'nden 2010 yılında mezun oldu. 2010-2015 yılları arasında Türk Deniz Ticaret Filosunda Uzakyol Vardiya Zabiti ve Uzakyol Birinci Zabit olarak çalıştı. 2015-2019 yılları arasında İskenderun Limanları'nda denizcilik alanında sörveyör olarak çalıştı. Yüksek lisans eğitimini Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Deniz Ulaştırma İşletme Anabilim Dalı'nda 2019 yılında tamamladı.2020 yılı itibariyle Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Denizcilik Meslek Yüksek Okulu'nda öğretim görevlisi olarak çalışmaya başladı. İyi derecede İngilizce bilmektedir.