

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DENİZ ULAŞTIRMA İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DAR SUYOLLARINDA RİSK DEĞERLENDİRMESİ VE EMNİYET OPTİMİZASYONU

DOKTORA TEZİ

Serdar YILDIZ

**NİSAN 2021
TRABZON**



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DENİZ ULAŞTIRMA İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DAR SUYOLLARINDA RİSK DEĞERLENDİRMESİ VE EMNİYET OPTİMİZASYONU

Serdar YILDIZ

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“DOKTOR (DENİZ ULAŞTIRMA İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ)”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 20 / 04 / 2021

Tezin Savunma Tarihi : 17 / 05 / 2021

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Özkan UĞURLU

Trabzon 2021

ÖNSÖZ

Dar suyuolları, dünya ticaretinin bel kemiği olan deniz taşımacılığının önemli bağlantı noktalarıdır. Lojistik aktarma merkezleri olarak adlandırabileceğimiz bu noktalarda deniz trafiği yoğundur. Yoğun trafik, etin evresel şartlar ve insan hataları gibi faktörle birlikte dar suyuollarını deniz kazaları açısından riskli hale getirmektedir. Dar suyuollarında meydana gelen kazalar deniz taşımacılığının sekteye uğramasına ve ekonominin olumsuz etkilenmesine yol açmaktadır. Bu nedenle dar suyuollarında seyir emniyetinin sürdürülebilirliği denizciliğin tüm taraflarının ilgi odağında olmuştur. Seyir emniyetinin sağlanması için; riskli deniz alanlarının belirlenmesi, güncel risklerin saptanması, çağın getirmiş olduğu yenilikçi uygulamaları içine alan güncel tedbirlerin ortaya konması ve uygulanması gerekmektedir. Geleceğe yönelik doğru tahminleme yapabilen kaza analizi ve risk analizi modelleri kazaların önlenmesi ve deniz emniyetinin arttırılması için elzemdir. Bu çalışmada, dar suyuollarında meydana gelmiş kaza raporlarının analiz edilmesiyle bölgeden geçiş yapmak isteyen her geminin kaza olasılığını ortaya koyabilen bir tahmin modeli geliştirilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, bir emniyet değerlendirmesi çalışmasının sonucunda sunulan önleyici tedbirlerin ne kadar etkili olduğunun analizine yönelik bir değerlendirme modelinin sunulması hedeflenmiştir. Geliştirilen modeller tutarlı ve doğru sonuçlar verebilmeleri için hem kalitatif hem de kantitatif analiz metodlarıyla desteklenmiştir. Sonuç olarak, dar suyuollarında gemilerin değişken koşullara bağlı olarak kaza olasılığını ortaya koyan bir ağ modeli ve önleyici tedbirlerin etkinliğini analiz etmeye yönelik bir karar modeli sunulmuştur.

Bu araştırmayı “Araştırma Projesi Hibesi FY 2020-Genç Akademik Personel” kapsamında maddi olarak destekleyen, Uluslararası Denizcilik niversiteleri Birliği’ne (IAMU) teşekkür ederim. Tez çalışmam boyunca bilgi ve tecrübesi ile bana yol gösteren, maddi ve manevi desteğini esirgemeyen; niversite hocam, tez danışmanım ve ağabeyim Doç. Dr. zkan Uğurlu’ya ve kıymetli ailesine sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Bu tez çalışmasını, her zaman yanımda olan, maddi ve manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen Babam Mehmet Gökhan YILDIZ, Annem Nuray YILDIZ ve sevgili Kardeşim Selçuk YILDIZ’a ithaf ediyorum.

Serdar YILDIZ
Trabzon 2021

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Dar Suyollarında Risk Değerlendirmesi ve Emniyet Optimizasyonu” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Özkan UĞURLU’nun sorumluluğunda tamamladığımı, verileri kendim topladığımı, analizleri kendim yaptığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 17/05/2021

Serdar YILDIZ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XI
SEMBOLLER DİZİNİ	XIV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.1.1. Deniz Kazaları ve Kazaların Deniz Emniyetine Etkisi	2
1.2. Kaza Analizi ve Analizlerde Kullanılan Yaklaşımlar	4
1.2.1. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kaza Analizi Kapsamında Kullanımı	11
1.2.2. HFACS-PV Yapısının Kaza Analizi Kapsamında Kullanımı	15
1.2.3. Bayes Ağı Yaklaşımının Kaza Analizi Kapsamında Kullanımı	18
1.2.4. Kanıta Dayalı Muhakeme Yaklaşımının Kaza Analizi Kapsamında Kullanımı ...	20
1.3. Dar Suyollarında Seyir Emniyeti ve Kaza Analizi.....	28
1.4. Literatürdeki Çalışmalar.....	33
1.4.1. Dar Suyollarında Seyir Emniyeti Literatürü	34
1.4.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri Literatürü.....	39
1.4.3. HFACS Literatürü	41
1.4.4. Bayes Ağı Literatürü	45
1.4.5. Kanıta Dayalı Akıl Yürütme Literatürü	48
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	52
2.1. Çalışmanın Kapsamı.....	52
2.2. Çalışmada Kullanılan Materyaller ve Metotlar	53
2.2.1. Kaza Raporlarının Toplanması ve Veri Setinin Hazırlanması	55
2.2.2. Kazaların Konumsal ve İstatistiksel Analizi	57
2.2.3. Dar Suyollarında Kazaları Tetikleyen Faktörlerin Belirlenmesi ve Kaza Ağının Oluşturulması	62

2.2.4.	Dar Suyollarında Kazaları Azaltmaya Yönelik Öneriler ve Sıralanması.....	72
3.	BULGULAR VE TARTIŞMA	73
3.1.	Konumsal ve İstatistiksel Analizden Elde Edilen Bulgular	74
3.1.1.	İstanbul Boğazı Konumsal ve İstatistiksel Analiz Sonuçları	74
3.1.2.	Dover Boğazı Konumsal ve İstatistiksel Analiz Sonuçları	81
3.1.3.	Singapur Boğazı Konumsal ve İstatistiksel Analiz Sonuçları.....	86
3.1.4.	Uzman Görüşleri ve Dar Kanallardaki Operasyonel Riskler	95
3.2.	Dar Suyollarında Kazaların Oluşumuna Etkiyen Uygunsuzluklar.....	97
3.2.1.	İstanbul Boğazı'nda Kazalara Etkiyen HFACS-PV Uygunsuzlukları	99
3.2.2.	Dover Boğazı'nda Kazalara Etkiyen HFACS-PV Uygunsuzlukları	111
3.2.3.	Singapur Boğazı'nda Kazalara Etkiyen HFACS-PV Uygunsuzlukları	121
3.3.	Dar Suyolları İçin HFACS-PV Temelinde Oluşturulmuş Kaza Ağları	132
3.3.1.	Organizasyonel Etkiler Seviyesi Altındaki Düşümler ve Kazalar ile İlişkisi	133
3.3.2.	Emniyetsiz Denetim Seviyesi Altındaki Düşümler ve Kazalar ile İlişkisi	137
3.3.3.	Emniyetsiz Eylemi Hazırlayan Ön Koşullar Seviyesi Altındaki Düşümler ve Kazalar ile İlişkisi.....	141
3.3.4.	Emniyetsiz Eylemler Seviyesi Altındaki Düşümler ve Kazalar ile İlişkisi	144
3.3.5.	Operasyonel Koşullar Seviyesi Altındaki Düşümler ve Kazalar ile İlişkisi	147
3.3.6.	Kaza Sonuç Düşümleri	152
3.4.	Kaza Ağı Örnek Uygulama	170
3.5.	Dar Suyollarında Riski Azaltmaya Yönelik Önlemler ve ER Yaklaşımı ile Sıralanması	175
4.	SONUÇ VE ÖNERİLER	187
5.	KAYNAKLAR.....	192
ÖZGEÇMİŞ		

Doktora Tezi

ÖZET

DAR SUYOLLARINDA RİSK DEĞERLENDİRMESİ VE EMNİYET OPTİMİZASYONU

Serdar YILDIZ

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Özkan UĞURLU
2021, 210 Sayfa

Deniz kazaları boğazlar ve kanallar gibi dar suyollarında yoğun olarak meydana gelmektedir. Gün geçtikçe artan deniz trafiği bu bölgelerde seyir emniyetini tehdit eden riskleri de arttırmaktadır. Meydana gelen deniz kazaları sadece gemi ve yük kaybı değil can kaybı ve çevre felaketlerini de beraberinde getirmektedir. Gelişen teknoloji ile birlikte alınan ilave tedbirlere rağmen kazalarda hedeflenen düzeyde azalış sağlanamamıştır. Bu nedenle dar suyollarında sabit ve değişken risklerin ortaya konması, güncel risk kontrol seçeneklerinin belirlenmesi deniz ticaretinde emniyetin sağlanması ve sürdürülebilirliği için gereklidir. Bu çalışmada, deniz ticaretinin önemli bağlantı noktalarından olan İstanbul Boğazı, Dover Boğazı ve Singapur Boğazı'nda, 2004-2018 yılları arasında meydana gelmiş çatma, çatışma, karaya oturma ve batma kazaları kalitatif ve kantitatif olarak analiz edilmiştir. Analizlerde sırasıyla, Coğrafi Bilgi Sistemleri, İnsan Faktörleri Analizi ve Sınıflandırma Sistemi ve Bayes ağı yaklaşımları kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda incelenen dar suyollarından geçiş yapacak bir geminin değişken koşullara bağlı olarak kaza olasılığını ortaya koyabilen Kaza ağları geliştirilmiştir. Kaza ağlarının ilgili bölgelerde gemi kaptanları ve deniz trafik operatörleri tarafından kullanılması halinde farkındalığın artırılması ve kazaların azaltılması mümkün olabilecektir. Bu sayede muhtemel can kaybı ve çevre kirliliği vakaları da azaltılarak bölgenin deniz trafik emniyetine katkı sağlanabilecektir. Ayrıca çalışma sonucunda dar suyollarında kazaları önlemeye yönelik tedbirler sunulmuştur. İstanbul Boğazı için sunulan tedbirlerin kazalardaki etkinliği Kanıta Dayalı Akıl Yürütme yaklaşımı ile analiz edilmiştir. Böylelikle tedbirlerin uygulanması halinde etkisinin nasıl olacağına yönelik sayısal bir fizibilite yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler : Dar Suyolları, İnsan Faktörü Analizi, Bayes Ağı, Coğrafi Bilgi Sistemleri, HFACS, Kanıta Dayalı Akıl Yürütme

PhD. Thesis

SUMMARY

RISK EVALUATION AND SAFETY OPTIMIZATION ON NARROW WATERS

Serdar YILDIZ

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Maritime Transportation and Management Engineering
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Özkan UĞURLU
2021, 210 Pages

Marine accidents occur frequently in narrow waterways such as straits and channels. Daily increasing maritime traffic increases the risks that threaten the safety of navigation in these regions. Occurring marine accidents bring not only ship and cargo loss but also loss of life and environmental disasters. Despite the additional measures taken with the developing technology, the targeted reduction in accidents could not be achieved. For this reason, it is necessary to reveal the fixed and variable risks in narrow waterways and to determine the current risk control options to ensure safety and sustainability in maritime trade. In this study, contact, collision, grounding and sinking accidents that occurred between 2004-2018 in the Istanbul Strait, Dover Strait and Singapore Strait, which are important junction points of maritime trade, were analysed qualitatively and quantitatively. In the analyses, Geographical Information Systems, Human Factors Analysis and Classification System and Bayesian network approaches were used, respectively. As a result of the study, accident networks have been developed that can reveal the accident probability of a ship, that will pass through the examined narrow waterways, depending on the variable conditions. If accident networks are used by shipmasters and vessel traffic operators in the relevant regions, it will be possible to increase awareness and reduce accidents. In this way, possible loss of life and environmental pollution cases will be reduced, contributing to the maritime traffic safety of the region. In addition, as a result of the study, measures were presented to prevent accidents in narrow waterways. The effectiveness of the measures presented for the Istanbul Strait on the accidents was analysed with the Evidential Reasoning approach. Thus, a quantitative feasibility study has been conducted on how the effects will be if the measures are implemented.

Key Words : Narrow Waterways, Human Factor Analysis, Bayesian Network, Geographic Information Systems, HFACS, Evidential Reasoning

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Analiz yaklaşımlarının uygunluğu	10
Şekil 2. Kernel yoğunluk analizinin temel prensibi	13
Şekil 3. Çalışmada kullanılan HFACS-PV ana yapısı	17
Şekil 4. HFACS-PV yapısına göre deniz kazalarının genel oluşum şeması.....	18
Şekil 5. Örnek ER modeli hiyerarşik yapısı ve alternatifler	23
Şekil 6. İstanbul Boğazı deniz trafiği ve seperasyon hattı genel görünüm.....	30
Şekil 7. Dover Boğazı deniz trafiği ve seperasyon hattı genel görünüm.....	31
Şekil 8. Singapur Boğazı deniz trafiği ve seperasyon hattı genel görünüm	32
Şekil 9. 2011-2017 arası [a) İngiliz Kanalı; b) Türk Boğazları, c) Singapur ve Malakka Boğazı] meydana gelen kazaların sayısı	32
Şekil 10. Çalışmanın akış şeması	55
Şekil 11. Konumsal analiz için kullanılan rastır deniz haritaları	58
Şekil 12. İstanbul Boğazı için oluşturulmuş örnek BN modeli	63
Şekil 13. Gemiye Aşinalık kök düğümünün koşullu olasılığı	65
Şekil 14. Testler ve İzleme çocuk düğümünün ebeveynleri	68
Şekil 15. İstanbul Boğazı'ndaki kazaların konumsal dağılımı	74
Şekil 16. İstanbul Boğazı Kernel yoğunluk haritası	75
Şekil 17. Dover Boğazı'ndaki kazaların konumsal dağılımı	81
Şekil 18. Dover Boğazı Kernel yoğunluk haritası	82
Şekil 19. Singapur Boğazı'ndaki kazaların konumsal dağılımı.....	87
Şekil 20. Singapur Boğazı demir yerlerinin dağılımı	88
Şekil 21. Singapur Boğazı Kernel yoğunluk haritası	88
Şekil 22. HFACS-PV ana seviyelerinin tüm kazalardaki etkinliği	99
Şekil 23. HFACS-PV ana seviyelerinin İstanbul Boğazı'nda meydana gelen kazalar üzerindeki etkinliği	108
Şekil 24. HFACS-PV ana seviyelerinin Dover Boğazı'nda meydana gelen kazalar üzerindeki etkinliği	118
Şekil 25. HFACS-PV ana seviyelerinin Singapur Boğazı'nda meydana gelen kazalar üzerindeki etkinliği	129
Şekil 26. Organizasyonel Etkiler seviyesi BN yapısı	133

Şekil 27.	Emniyetsiz Denetim seviyesi BN yapısı	138
Şekil 28.	Emniyetsiz Eylemi Hazırlayan Ön Koşullar seviyesi BN yapısı	141
Şekil 29.	Emniyetsiz Eylemler seviyesi BN yapısı.....	145
Şekil 30.	Operasyonel Koşullar seviyesi BN yapısı	148
Şekil 31.	Kaza türleri BN yapısı	153
Şekil 32.	İstanbul Boğazı için oluşturulmuş Kaza (Bayes) ağı yapısı	155
Şekil 33.	Dover Boğazı için oluşturulmuş Kaza (Bayes) ağı yapısı	161
Şekil 34.	Singapur Boğazı için oluşturulmuş Kaza (Bayes) ağı yapısı	166
Şekil 35.	İstanbul Boğazı için HFACS-PV ve Kaza ağı temel alınarak oluşturulmuş ER yapısı.....	180
Şekil 36.	İstanbul Boğazı için yapılan önerilerin HFACS-PV ana seviyeleri üzerindeki performans dağılımı.....	182
Şekil 37.	İstanbul Boğazı için yapılan önerilerin HFACS-PV alt seviyeleri üzerindeki performans dağılımı.....	183

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Kaza analizinde kullanılan yaklaşımlar	8
Tablo 2. Veri seti için incelenen kaza soruşturma kuruluşları	56
Tablo 3. Çalışmanın kaza veri tabanı	57
Tablo 4. Kaza koordinatlarının ArcMap formatına dönüşümü	57
Tablo 5. Çalışmada kurulan Ki-Kare hipotezleri	60
Tablo 6. Konumsal analiz aşaması sonunda görüşü alınan uzmanlar ve özellikleri	61
Tablo 7. Uzman görüşleri ağırlık ölçeği	66
Tablo 8. İstanbul Boğazı'ndaki uzmanların özellikleri ve ağırlık skorları	66
Tablo 9. Dover Boğazı uzmanların özellikleri ve ağırlık skorları	66
Tablo 10. Singapur Boğazı uzmanların özellikleri ve ağırlık skorları	66
Tablo 11. Bulanık Sayılar 7'li sözel değerlendirme ölçeği ve karşılıkları	67
Tablo 12. İstanbul Boğazı Kaza ağındaki Testler ve İzleme düğümü için örnek değerlendirme tablosu	67
Tablo 13. Veri setindeki kazaların genel dağılımı	73
Tablo 14. İstanbul Boğazı'nda kazaların Operasyonel Koşullara göre dağılımı	76
Tablo 15. İstanbul Boğazı Ki-Kare test sonuçları	78
Tablo 16. İstanbul Boğazı için kaza türü ile gemi tipi ve kaza boyutu çapraz tablosu	78
Tablo 17. İstanbul Boğazı için kaza türü ile mevsim ve yoğunluk kategorisi çapraz tablosu	79
Tablo 18. İstanbul Boğazı için yoğunluk kategorisi ile gemi boyu, gemi tipi ve mevsim çapraz tablosu	80
Tablo 19. Dover Boğazı'nda kazaların Operasyonel Koşullara göre dağılımı	84
Tablo 20. Dover Boğazı Ki-Kare test sonuçları	85
Tablo 21. Dover Boğazı için kaza türü-gemi büyüklüğü ve kaza boyutu-gemi büyüklüğü çapraz tablosu	86
Tablo 22. Singapur Boğazı'nda kazaların Operasyonel Koşullara göre dağılımı	91
Tablo 23. Singapur Boğazı Ki-Kare test sonuçları	91
Tablo 24. Singapur Boğazı için kaza türü-mevsim ve kaza türü-gün durumu çapraz tablosu	92
Tablo 25. İstanbul Boğazı, Dover Boğazı ve Singapur Boğazı ortak Ki-Kare test sonuçları	93

Tablo 26.	Uzmanların çalışma sonuçları hakkındaki görüşleri	96
Tablo 27.	Kazaları meydana getiren uygunsuzlukların HFACS-PV seviyelerine göre dağılımı.....	98
Tablo 28.	İstanbul Boğazı'nda kazaları meydana getiren uygunsuzlukların HFACS-PV seviyelerine göre göre frekans dağılımı	100
Tablo 29.	İstanbul Boğazı'nda kazaların oluşumunda rol oynayan Organizasyonel Etkiler seviyesi altındaki faktörler ve gözlem frekansları	100
Tablo 30.	İstanbul Boğazı'nda kazaların oluşumunda rol oynayan Emniyetsiz Denetim seviyesi altındaki faktörler ve gözlem frekansları	102
Tablo 31.	İstanbul Boğazı'nda kazaların oluşumunda rol oynayan Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Ön Koşullar seviyesi altındaki faktörler ve gözlem frekansları...	103
Tablo 32.	İstanbul Boğazı'nda kazaların oluşumunda rol oynayan Emniyetsiz Eylemler seviyesi altındaki faktörler ve gözlem frekansları	105
Tablo 33.	İstanbul Boğazı'nda kazaların oluşumunda rol oynayan Operasyonel Koşullar seviyesi altındaki faktörler ve gözlem frekansları	107
Tablo 34.	Dover Boğazı'nda kazaları meydana getiren uygunsuzlukların HFACS -PV seviyelerine göre göre frekans dağılımı	112
Tablo 35.	Dover Boğazı'nda kazaların oluşumunda rol oynayan Organizasyonel Etkiler seviyesi altındaki faktörler ve gözlem frekansları	112
Tablo 36.	Dover Boğazı'nda kazaların oluşumunda rol oynayan Emniyetsiz Denetim seviyesi altındaki faktörler ve gözlem frekansları	114
Tablo 37.	Dover Boğazı'nda kazaların oluşumunda rol oynayan Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Ön Koşullar seviyesi altındaki faktörler ve gözlem frekansları...	114
Tablo 38.	Dover Boğazı'nda kazaların oluşumunda rol oynayan Emniyetsiz Eylemler seviyesi altındaki faktörler ve gözlem frekansları	115
Tablo 39.	Dover Boğazı'nda kazaların oluşumunda rol oynayan Operasyonel Koşullar seviyesi altındaki faktörler ve gözlem frekansları	116
Tablo 40.	Singapur Boğazı'nda kazaları meydana getiren uygunsuzlukların HFACS -PV seviyelerine göre göre frekans dağılımı	122
Tablo 41.	Singapur Boğazı'nda kazaların oluşumunda rol oynayan Organizasyonel Etkiler seviyesi altındaki faktörler ve gözlem frekansları	122
Tablo 42.	Singapur Boğazı'nda kazaların oluşumunda rol oynayan Emniyetsiz Denetim seviyesi altındaki faktörler ve gözlem frekansları	123
Tablo 43.	Singapur Boğazı'nda kazaların oluşumunda rol oynayan Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Ön Koşullar seviyesi altındaki faktörler ve gözlem frekansları	124
Tablo 44.	Singapur Boğazı'nda kazaların oluşumunda rol oynayan Emniyetsiz Eylemler seviyesi altındaki faktörler ve gözlem frekansları	125
Tablo 45.	Singapur Boğazı'nda kazaların oluşumunda rol oynayan Operasyonel Koşullar seviyesi altındaki faktörler ve gözlem frekansları	126

Tablo 46.	Organizasyonel Etkiler seviyesindeki düğümler, kısaltmaları ve ebeveynleri.....	133
Tablo 47.	Emniyetsiz Denetim seviyesindeki düğümler, kısaltmaları ve ebeveynleri ...	138
Tablo 48.	Emniyetsiz Eylemi Hazırlayan Ön Koşullar seviyesindeki düğümler, kısaltmaları ve ebeveynleri.....	142
Tablo 49.	Emniyetsiz Eylemler seviyesindeki düğümler, kısaltmaları ve ebeveynleri ..	145
Tablo 50.	Operasyonel Koşullar seviyesindeki düğümler, kısaltmaları ve ebeveynleri.	149
Tablo 51.	Kaza türleri düğümleri, kısaltmaları ve ebeveynleri.....	153
Tablo 52.	İstanbul Boğazı Kaza ağındaki en etkili düğümlerin duyarlılık analizi sonuçları.....	159
Tablo 53.	Dover Boğazı Kaza ağındaki en etkili düğümlerin duyarlılık analizi sonuçları.....	164
Tablo 54.	Singapur Boğazı Kaza ağındaki en etkili düğümlerin duyarlılık analizi sonuçları.....	169
Tablo 55.	İstanbul Boğazı örnek senaryo ile ilgili bilgiler	171
Tablo 56.	Senaryoların ağda uygulanmasıyla elde edilen sonuçlar	173

SEMBOLLER DİZİNİ

AcciMap	: Kaza Analizi Haritası (Accident Analysis Map)
AHP	: Analitik Hiyerarşi Süreci (Analytical Hierarchy Process)
ANP	: Analitik Ağ Süreci (Analytical Network Process)
AIBN	: Kaza Araştırma Kurulu Norveç (Accident Investigation Board Norway)
AIS	: Otomatik Tanımlama Sistemi (Automatic Identification System)
ANP-Accimap	: Analitik Ağ Süreci- Kaza Analizi Haritası
ATSB	: Avustralya Taşıma Güvenliği Bürosu (Australia Transport Safety Bureau)
BBN	: Bayesian İnanç Ağları (Bayesian Belief Networks)
BEA	: Sivil Havacılık Emniyeti Soruşturma ve Analiz Bürosu (Bureau d'enquêtes sur les événements de mer)
BN	: Bayesian Ağı (Bayes Network)
BRB	: İnanç Kural Tabanı (Belief Rule Base)
BRM	: Köprüüstü Kaynak Yönetimi (Bridge Resource Management)
CBA	: Fayda Maliyet Analizi (Cost Benefit Analysis)
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri (Geographical Information Systems)
CM-HFACS	: Bilişsel Haritalama-İnsan Faktörleri Analizi ve Sınıflandırma Sistemi (Cognitive Mapping-Human Factors Analysis and Classification System)
CNIS	: Kanal Seyir Bilgi Servisi (Channel Navigation Information System)
COLREG	: Denizde Çatışmaları Önleme Uluslararası Kuralları (International Regulations for Preventing Collisions at Sea)
COVID-19	: Korona Virüs Hastalığı 2019 (Corona Virus Disease 2019)
CREAM	: Bilişsel Güvenilirlik ve Hata Analizi Yöntemi (Cognitive Reliability and Error Analysis Method)
ÇD	: Çok düşük
ÇY	: Çok yüksek
D	: Düşük
DB	: Dover Boğazı
DEA	: Veri Zarflama Analizi (Data Envelopment Analysis)
DSB	: Hollanda Emniyet Bürosu (Dutch Safety Board)
DTGM	: Deniz Ticareti Genel Müdürlüğü
DWT	: Detveyt ton (Deadweight Tons)

D-S	: Dempster-Schafer
ELECTRE-III	: Gerçekliği Çeviren Eliminasyon ve Seçim (Elimination and Choice Translating Reality)
EMSA	: Avrupa Deniz Emniyeti Ajansı (European Maritime Safety Agency)
ER	: Kanıta Dayalı Akıl Yürütme (Evidential Reasoning)
FCM	: Bulanık Bilişsel Haritalama (Fuzzy Cognitive Mapping)
ETA	: Olay Ağacı Analizi (Event Tree Analysis)
EYS	: Emniyetli Yönetim Sistemi
F-AHP	: Bulanık Mantık-Analitik Hiyerarşi Süreci (Fuzzy-Analytical Hierarchy Process)
F-BN	: Bulanık Mantık-Bayes ağı (Fuzzy Logic-Bayesian Network)
FBN-HFACS	: Bulanık Mantık-Bayes ağı-İnsan Faktörleri Analizi ve Sınıflandırma Sistemi (Fuzzy Logic-Bayesian Network-Human Factors Analysis and Classification System)
FER	: Bulanık Kanıta Dayalı Akıl Yürütme (Fuzzy Evidential Reasoning)
FMEA	: Hata Modu ve Etkileri Analizi (Failure Mode and Effect Analysis)
F-FMEA	: Bulanık Mantık-Hata Modu ve Etkileri Analizi (Fuzzy Logic-Failure Mode and Effect Analysis)
FPSO	: Yüzen Üretim Depolama Boşaltma Ünitesi (Floating Production Storage and Offloading)
FRAM	: Fonksiyonel Rezonans Analiz Metodu (Functional Resonance Analysis Method)
FSA	: Resmi Emniyet Değerlendirmesi (Formal Safety Assessment)
FS-GAIA	: Akış Sıralamalı-Etkileşimli Yardım için Geometrik Analiz (Flow Sort-GAIA Methodology)
FTA	: Hata Ağacı Analizi (Fault Tree Analysis)
FuRBaR	: Bulanık Kural Temelli Bayesian Nedensellik Yaklaşımı (Fuzzy Rule Based Bayesian Reasoning)
FURBER	: Bulanık Kurallara Dayalı ER Yaklaşımı (Fuzzy Rule Based Evidential Reasoning Approach)
GAIA	: Etkileşimli Yardım için Geometrik Analiz Geometrical Analysis for Interactive Aid
GISIS	: Küresel Entegre Deniz Taşımacılığı Bilgi Sistemi (Global Integrated Shipping Information System)
GNOME	: Genel Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi Petrol Sızıntısı Modelleme Ortamı (General National Oceanic and Atmospheric Administration Oil Modelling Environment)

GPS	: Küresel Konumlama Sistemi (Global Positioning System)
GTH	: Gemi Trafik Hizmetleri (Vessel Traffic Services)
HFACS	: İnsan Faktörleri Analizi ve Sınıflandırma Sistemi (Human Factors Analysis and Classification System)
HFACS-BN	: İnsan Faktörleri Analizi ve Sınıflandırma Sistemi-Bayes Ağı (Human Factors Analysis and Classification System-Bayesian Network)
HFACS-Coll	: Çatışma Kazalarında İnsan Faktörleri Analizi ve Sınıflandırma Sistemi (Human Factors Analysis and Classification System for Collision Accidents)
HFACS-FCM	: İnsan Faktörleri Analizi ve Sınıflandırma Sistemi-Bulanık Bilişsel Haritalama (Human Factors Analysis and Classification System-Fuzzy Cognitive Mapping)
HFACS-MA	: Denizcilik Kazaları için İnsan Faktörleri Analizi ve Sınıflandırma Sistemi (Human Factors Analysis and Classification System for Maritime Accidents)
HFACS-MSS	: Gemi Makine Mahali için İnsan Faktörleri Analizi ve Sınıflandırma Sistemi (Human Factors Analysis and Classification System for Shipboard Machinery Space)
HFACS-PV	: Yolcu Gemisi Kazalarında İnsan Faktörleri Analizi ve Sınıflandırma Sistemi (Human Factors Analysis and Classification System for Passenger Vessel Accidents)
HFACS-RR	: Demiryolu Kazalarında İnsan Faktörleri Analizi ve Sınıflandırma Sistemi (Human Factors Analysis and Classification System for Rail Road Accidents)
HOF	: İnsan ve Organizasyonel Faktörler (Human and Organisational Factors)
HRA	: İnsan Güvenirlik Analizi (Human Reliability Analysis)
IAC	: Eyaletlerarası Havacılık Komitesi (Interstates Aviation Committee)
IDS	: Akıllı Karar Sistemi (Intelligent Decision System)
ILO	: Uluslararası Çalışma Örgütü (International Labour Organization)
IMO	: Uluslararası Denizcilik Örgütü (International Maritime Organization)
ISM	: Uluslararası Emniyetli Yönetim (International Safety Management)
ITSA	: Uluslararası Taşımacılık Emniyeti Birliği (International Transportation Safety Association)
İB	: İstanbul Boğazı
JTSB	: Japon Ulaşım Emniyeti Bürosu (Japan Transport Safety Board)
KAİK	: Kaza Araştırma ve İnceleme Kurulu
KOT	: Koşullu Olasılık Tablosu
MACBETH	: Kategori Bazlı Bir Değerlendirme Tekniğiyle Yararlılığı Ölçme

	(Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique)
MAIB	: Deniz Kaza İnceleme Birimi (Marine Accident Investigation Branch)
MAUT	: Çok Kriterli Yarar Teorisi (Multi-Attribute Utility Theory)
MCDA	: Çok Kriterli Karar Analizi (Multi Criteria Decision Analysis)
MCA	: İngiliz Deniz Sahil Güvenlik Ajansı (Maritime and Coastguard Agency)
MSAC	: Çin Deniz Emniyeti İdaresi (Maritime Safety Administration of People's Republic of China)
NM	: Deniz Mili (Nautical Mile)
NTSB	: Ulusal Ulaştırma Güvenliği Bürosu (National Transportation Safety Board)
O	: Orta
PROMETHEE	: Zenginleştirme Değerlendirmesi için Tercih Sıralaması Organizasyon Metodu (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation)
RKS	: Risk Kontrol Seçenekleri
RoPax	: Ro-Ro Yolcu Gemisi (Roll-On Roll-Off Passenger)
RoRo	: Ro-Ro Gemisi (Roll-On Roll-Off)
SB	: Singapur Boğazı
SAIA	: İsveç Kaza Araştırma Kurumu (Swedish Accident Investigation Board)
SHELL	: Yazılım, Donanım, Çevre, Personel, Personel (Software, Hardware, Environment, Liveware, Liveware)
SIA	: Emniyet Soruşturma Kurumu (Safety Investigation Authority)
STAMP	: Sistem Teorik Kaza Modellemesi ve Süreçler (System-Theoretic Accident Model and Processes)
STCW	: Gemiadamlarının Eğitimi, Vardiya Tutma ve Sertifikalandırılması Hakkında Uluslararası Sözleşme (International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers)
SWOT	: Güçlü yönler, Zayıf yönler, Fırsatlar, Tehditler (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats)
TAIC	: Taşıma Kazası İnceleme Komisyonu (Transport Accident Investigation Commission)
TOPSIS	: İdeal Çözüme Benzerliğe Göre Sipariş Performansı Tekniği (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solutions)
TSB	: Kanada Ulaşım Güvenliği Kurulu (Transportation Safety Board of Canada)
TSIB	: Taşıma Emniyeti Soruşturma Bürosu (Transportation Safety Investigation Bureau)
UTA	: Yardımcı Programlar Katkıları (Utilités Additives)

VTIS : Gemi Trafik Bilgi Sistemi (Vessel Traffic Information Sysem)
WGS : Dünya Jeodezik Sistemi (World Geodetic System)
Y : Yüksek



1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Kazalar bireylerin kontrolünde olmayan, can-mal kaybı veya çevre kirliliği ile sonuçlanan istenmeyen olaylardır (Hollnagel vd., 2006; Hollnagel, 2008). Dünya ticaretinin en temel bileşenlerinden biri olan deniz taşımacılığı, birçok taşımacılık modu ve farklı endüstri ile etkileşim içerisinde (Rondinelli ve Berry, 2000). İçinde bulunduğumuz Korona Virüs Hastalığı 2019 (COVID-19) salgın süreci deniz taşımacılığının emniyetli bir şekilde sürdürülebilirliğinin hayati önem taşıdığını bir kez daha göstermiştir (Dombia-Henry, 2020; Zarocostas, 2020). Denizcilik endüstrisinde emniyet, sektörde yer alan her bireyin en temel sorumluluklarından biridir (Bimonte, 1995; Lu ve Tsai, 2010; Yang vd., 2013b; Dalaklis, 2017). Küresel deniz taşımacılığında emniyeti sağlamaya yönelik, ulusal ve uluslararası kuruluşlar tarafından yayımlanan düzenlemeler oldukça fazladır (Heij vd., 2011). Yasal düzenlemeler ve alınan tedbirlere rağmen deniz kazaları deniz emniyeti için güncel bir tehdit olarak varlığını sürdürmektedir (Macrae, 2009; Akhtar ve Utne, 2014; Ö. Uğurlu vd., 2020). Dünya deniz ticaretinde 2014-2019 yılları arasında 19.418 deniz kazası meydana gelmiştir. Bu kazalarda 496 denizci hayatını kaybetmiş, 6.210 kişi yaralanmıştır. Yaralıların yaklaşık % 75'i gemi personelidir. Kazalar gemi tipine göre sırasıyla kuru yük (% 44), yolcu (% 25), balıkçı (% 16) ve diğer (platformlar, barçlar, botlar vb.) gemilerde meydana gelmiştir (% 15). Avrupa Denizcilik Emniyet Ajansı (EMSA) 2014-2019 yılları arasında en sık yaşanan kaza türünü güç kaybı (pervane itiş gücünün kaybı) olarak raporlamıştır (% 20). Tüm kazaların % 44'ü; çatma (%17,2), çatışma (% 13,4) ve karaya oturma (% 13,4) türündedir. Kazalar seyirde (% 43,1), yanaşma-kalkış esnasında (% 24,4), demirde-rıhtımda (21,2) ve diğer operasyonlar (11,3) esnasında meydana gelmiştir (EMSA, 2020). Bu durum literatürde de sıklıkla vurgulandığı gibi (Yang vd., 2013b; Yıldırım vd., 2019; Ö. Uğurlu vd., 2020), kazaların, deniz emniyetini tehdit eden ciddi bir risk unsuru olduğunu ortaya koymaktadır. Bu kazaların sonuçları (ölüm, yaralanma, çevre kirliliği) denizcilik sektörünü ve ona bağlı endüstrileri olumsuz etkilemektedir (Schröder-Hinrichs vd., 2012; Chauvin vd., 2013; Uğurlu vd., 2015a; Yıldız vd., 2021). Bunun en yakın örneği, Süveyş Kanalı'nda, 24.03.2021 tarihinde, meydana gelen kazadır. Günlük 1 milyon varil petrol ürününün geçişine imkân tanıyan Süveyş Kanalı yaklaşık bir hafta kapalı kalmıştır.

Kaza sonucu oluşan zararın tazmini için geminin ait olduğu firmadan talep edilen tazminatın büyüklüğü 1 milyar Amerikan doları seviyelerindedir.

1.1.1. Deniz Kazaları ve Kazaların Deniz Emniyetine Etkisi

Yıkıcı sonuçlar doğuran deniz kazaları, emniyetli ve sürdürülebilir deniz ticaretinin önündeki en büyük engellerden biridir (Arslan ve Turan, 2009; Bal vd., 2015; Uğurlu vd., 2015b; Uğurlu, 2016; Cem Kuzu vd., 2019). 2014-2019 yılları arası kaza istatistikleri incelendiğinde insan hataları (% 53,8) ve sistem-ekipman arızalarının (% 28,3) temel nedensel faktörler olduğu görülmektedir (EMSA, 2020). İnsan hataları sonucu meydana gelen kazalar değerlendirildiğinde, insan hatalarının denizcilik sektörüne yıllık maliyeti yaklaşık 541 milyon Amerikan dolarıdır (Rothblum, 2000; Etman ve Halawa, 2007). Her yıl deniz sigorta maliyetlerinin insan hataları ile ilişkili kısmı toplam maliyetin % 30'unu oluşturmaktadır (Marsh, 2019). İnsan hatalarının deniz kazalarının oluşumunda ciddi etkisinin olması, Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) dâhil birçok ulusal ve uluslararası kuruluşun dikkatini çekmiş ve bu konuya odaklanmasına neden olmuştur (IMO, 1999, 2008). Yapılan çalışmalar birçok endüstride olduğu gibi denizcilikte de bireyler tarafından yapılan hataların arkasında organizasyonel etkilerin ve faktörlerin olduğunu ortaya koymuştur. Bunun üzerine denizcilik sektörünün tüm tarafları, Titanik felaketinden bu yana İnsan ve Organizasyonel Faktörlerin (HOF) deniz kazalarına katkısı ile ilgili çalışmalar yapmışlardır ve günümüzde de bu çalışmalarını sürdürmektedirler (Ren vd., 2009; Schröder-Hinrichs vd., 2012; Özdemir ve Günerioğlu, 2015; Zarei vd., 2019; Ö. Uğurlu vd., 2020). Buna paralel olarak IMO kazalarda insan faktörlerinin soruşturulmasına yönelik sirküler yayınlamıştır. O zamandan beri kaza soruşturmalarında insan faktörüne önem verilmektedir (Celik ve Cebi, 2009; Chen vd., 2013; Uğurlu vd., 2015c; Kececi ve Arslan, 2017). HOF'lar genellikle denizde yanlış giden birçok şeyin arkasındaki temel nedenler olarak görülmektedir (Yang vd., 2013b; Fan vd., 2020a; Ö. Uğurlu vd., 2020; Yıldız vd., 2021). HOF'lar, çalışma koşulları, fiziksel ve doğal çevresel koşullar, prosedürler, teknoloji, eğitim, organizasyon ve yönetim gibi diğer ilgili faktörleri de içine alan ve etkileşimde bulunan geniş bir kavramdır (Schröder-Hinrichs vd., 2013; Norazahar vd., 2017). Deniz kazalarının altında yatan insan hatalarını ve organizasyonel faktörleri araştırmak ve bunları ortadan kaldıracak önlemleri belirlemek, emniyetli ve sürdürülebilir taşımacılık için son derece önemlidir (Hetherington vd., 2006; Uğurlu vd., 2015c; Sarıalioğlu vd., 2020). Kaza analizi

çalışmaları, HOF'lar kaynaklı kazaların çoğunlukla; nitelsiz gemiadamı ataması, yorgunluk, iletişim eksikliği, planlı bakım eksikliği, yetersiz emniyet kültürü, yetersiz eğitim, durumsal farkındalık eksikliği ve stres gibi faktörlerin etkileşimi sonucunda meydana geldiğini ortaya koymaktadır (Akhtar ve Utne, 2014; Bal vd., 2015; Zhang vd., 2016; Fan vd., 2020b; Yıldız vd., 2021).

Deniz kazalarının seyir konumuna göre dağılımı incelendiğinde, kazaların sıklıkla iç sularda (% 52,6), kara sularında (% 27,5) ve açık denizde (% 19,0) meydana geldiği görülmektedir (EMSA, 2020). Kazaların coğrafi alanlardaki dağılımını daha açık ifade edebilmek için gemilerin seyir yapabildikleri deniz alanlarını açık deniz (12 deniz mili (NM) ve daha uzak), kıyı suları (12 NM altı), dar suyuolları (boğazlar, kanallar, nehir vb.), liman ve demir sahaları olarak ayırabilmek mümkündür (Ulusçu vd., 2009; Ugurlu vd., 2013; Ugurlu vd., 2015d). Kıyı alanları özellikle de dar suyuolları kazaların sık meydana geldiği deniz alanlarıdır (Squire, 2003; Bateman vd., 2007; Ugurlu vd., 2013; MAIB, 2019a; EMSA, 2020). Dar suyuollarında trafik ayırım hattı, kılavuz kaptan uygulaması ve gemi trafik hizmetleri servisi seyir emniyetini sağlayan önemli uygulamalardır (Van Westrenen ve Praetorius, 2014; Praetorius vd., 2015). Diğer taraftan yerel trafik, kuvvetli akıntılar, keskin dönüşler, yoğun çevre ışıkları, coğrafi yapı, demir yerlerinin yetersizliğinin ve transit gemi trafiği dar suyuollarında seyir emniyetini tehdit eden ana unsurlardandır (Arslan ve Turan, 2009; Ugurlu vd., 2013; Aydogdu, 2014).

Gün geçtikçe yoğunlaşan deniz trafiği dar suyuollarında seyir emniyetini tehdit eden riskleri de arttırmaktadır. Meydana gelen deniz kazaları sadece gemi ve yük kaybı değil can kaybı ve çevre felaketlerini de beraberinde getirmektedir. Bu durum başta yerel denizcilik otoriteleri olmak üzere tüm ulusal ve uluslararası kuruluşların odak noktalarından biri haline gelmiştir. Günümüzde dar kanallarda seyir emniyetini sağlamak ve sürdürmek amacıyla uygulanan birçok ulusal ve uluslararası kural bulunmaktadır. Diğer taraftan; gelişen teknoloji ile birlikte alınan ilave tedbirlere rağmen kazalarda hedeflenen düzeyde azalış sağlanamamıştır. Kaza analizi konusunda yapılmış çalışmalar (Emecen Kara, 2016; Yıldırım vd., 2019; Ö. Ugurlu vd., 2020) ve istatistiki veriler (Allianz, 2020; EMSA, 2020) dar suyuollarında gemi kazalarının meydana gelmeye devam ettiğini göstermektedir. Bu nedenle dar suyuollarında sabit ve değişken risklerin ortaya konması, güncel risk kontrol seçeneklerinin belirlenmesi deniz ticaretinde emniyetin sağlanması ve sürdürülebilirliği için gereklidir.

1.2. Kaza Analizi ve Analizlerde Kullanılan Yaklaşımlar

Deniz kazaları genel olarak, düşük-orta meydana gelme olasılığı olan ancak orta-yüksek yıkıcı maddi ve manevi sonuçları olan olaylar olarak karakterize edilir (Wang, 2003; Perrow, 2011; de Maya vd., 2020). Bu durum riskin boyutunun (olasılık $\times$ sonuç) denizde her zaman yüksek olduğunu göstermektedir. Bu kayıpları azaltmanın temel yollarından biri geçmişte meydana gelmiş olaylardan ders çıkarma ve gelecekte yaşanmasını önleme prensibine dayanan ve denizcilikte Titanik kazasıyla başlayan resmi kaza soruşturması ve raporlamasıdır. Deniz kazalarını analiz etmek, deniz taşımacılığındaki riskleri azaltmaya yönelik etkili yaklaşımlardan biridir (Yang vd., 2009; Akhtar ve Utne, 2014; Fan vd., 2020a; Ö. Uğurlu vd., 2020). Denizcilik idareleri, sistemin hangi durumlarda, nasıl başarısız olduğunu ve kazaların neden meydana geldiğini anlamak için kaza araştırmaları yapar. Kaza araştırmalarının çıktısı olan raporlardaki bulgular denizcilik idarelerini ve şirketleri kuralları ve yönetim standartlarını gözden geçirmeye ve revize etmeye teşvik eder (Schröder-Hinrichs vd., 2011; Antão ve Soares, 2019).

Kaza analizi, kazayı tetikleyen kök nedenlerin, nedensel faktörlerin tespit edilmesi ve önleyici tedbirlerin belirlenmesi amacını taşır (Salmon vd., 2012; Uğurlu vd., 2015b; Akyuz, 2017; Haghighattalab vd., 2019). Buna bağlı olarak kaza araştırmasının beklenen yararı farkındalık yaratması ve gelecekte meydana gelebilecek kazaların engellenmesidir. Kazaları meydana getiren nedenlerin etkili bir şekilde kontrol edilmesi, riskleri azaltmaya ve denizde emniyeti artırmaya yardımcı olur (Haghighattalab vd., 2019; Fan vd., 2020a). Bu açıdan kaza analizi, riskleri azaltmaya yönelik önlemleri doğru bir şekilde belirleyebilmenin etkili bir yoludur. Geleceğe yönelik doğru tahminleme yapabilen kaza analizi ve risk analizi modelleri kazaların önlenmesi ve deniz emniyetinin artırılması için elzemdir. Denizcilik literatüründe, kazaları meydana getiren faktörleri ve bu faktörlerin kazalara etkisini doğru tahmin edebilen modeller üretmek için geçmiş kaza verileri kullanılmaktadır. Böylelikle gerçek olaylar ve verilerle çalışıldığı için üretilen model daha doğru ve tutarlı sonuçlar verebilmektedir (Hollnagel, 2008; Liu vd., 2013; Kececi ve Arslan, 2017; Sarılioğlu vd., 2020).

Modern gemiler ileri teknolojilerle donatılmış ve birçok yasal düzenleme ile desteklenmiştir, tüm bunlara rağmen insan faktörleri günümüzde kazaların oluşumunda büyük rol oynamaktadır. İnsan unsurunun karmaşık sosyal, teknik ve psikolojik yapısı kaza ve olayların analizini karmaşık hale getirmektedir. Literatürde yüzün üzerinde analiz

yaklaşımı bulunmaktadır ve tek bir analiz yaklaşımının diğerlerinden üstün olduğu konusunda fikir birliği yoktur. İnsan hataları, teknik arızalar ve mekanik arızalar geleneksel kaza nedenleri olarak vurgulanmaktadır (Celik ve Cebi, 2009; Chauvin vd., 2013; Fan vd., 2020a). Kaza analizinde yaklaşım belirlenirken, kazanın türü, oluşum örgüsü, analiz edilmek istenen nedenler (insan hataları, teknik arızalar, mekanik arızalar) ve nedensel faktörler göz önünde bulundurulmalıdır.

Analiz modeli ve yöntem sayılarındaki sürekli artışın temel itici güçlerinden biri, sosyo-teknik sistemlerin (insan, örgütsel ve çevresel bileşenlerin etkileşim içinde olduğu) giderek artan karmaşıklığı ve bunun sonucunda kaza nedeni mekanizmalarındaki değişimdir. Kaza analizlerinin ve bu analizler sonucu oluşturulan nedensellik yaklaşımlarının doğru olabilmesi için; kaza oluşum mekanizmasındaki değişikliklerin analiz metotları ile açıklanabilmesi gerekmektedir. Bu gereklilik son 20 yıllık süreçte literatürde 100'ün üzerinde model ve metodun geliştirilmesini tetiklemiştir. Metotları kazaya yaklaşım şekli ve temel aldığı varsayımlara göre; sıralı, epidemiyolojik, sistemik yaklaşımlar (Hollnagel ve Goteman, 2004; Underwood ve Waterson, 2013a) ve bu üçünün tek başına yeterli olmadığı karmaşık kazaların ve faktörlerin analizinde kullanılmak üzere daha tutarlı sonuçlar sunabilen hibrit yaklaşımlar olmak üzere dört grupta sınıflandırabilmek mümkündür.

Sıralı Yaklaşımlar, kazalarda kök sebeplerin analizinde sıklıkla tercih edilirler ve kök sebep analizinde etkili metotları (Hata Ağacı Analizi (FTA), Olay Ağacı Analizi (ETA), Domino Modeli vb.) içinde barındırırlar (Underwood ve Waterson, 2013a; Chen vd., 2018; Cem Kuzu vd., 2019; Akyuz vd., 2020). Kazaların, bir kök sebep tarafından başlatılan ve zaman sıralı olarak tetiklenen olaylar dizisi sonucunda oluştuğunu varsayar. Kök neden ortadan kaldırılırsa kazanın önlenebileceğini savunur. Bu nedenle sıralı yaklaşımlar teknik arızalar, mekanik arızalar, yangın ve patlama gibi neden-sonuç ilişkisinin doğrusal olarak kurulabildiği, daha basit olayların analizinde oldukça etkilidir (Uğurlu vd., 2015b; Haghighattalab vd., 2019; Wang vd., 2020). Bu metotlar ile yapılan analizler sonucunda, kazaların genel oluşumu, kazaları meydana getiren kombinasyonlar, gereken minimum alt olay sayısı ve kesme kümeleri gibi çıktılar elde edilir (Leveson, 2004; Hollnagel vd., 2006). Sıralı yaklaşımlar, karmaşık sistemlerin (nükleer tesisler, enerji santrallerinde meydana gelen kazalar gibi) modellenmesi, HOF'ların analizi, bunların birbiriyle nedensel ilişkilerinin ortaya konması, yönetsel faktörlerin kazaya etkisinin açıklanması gibi konularda ise görece olarak daha zayıftır (Rathnayaka vd., 2011; Underwood ve Waterson, 2013a).

Epidemiyolojik Yaklaşımlar, kazalarda organizasyonel etkilerin derinlemesine araştırılabilmesi için geliştirilmiştir (Shappell ve Wiegmann, 2000; Reason vd., 2006). Sıralı yaklaşımlardan farklı olarak olayların aktif hata, uygunsuzluk ve arızaların yanında gizli kusurların da etkisiyle (bulaşıcı bir hastalığın yayılışı gibi) kombinasyon halinde meydana geldiğini savunur (Qureshi, 2007; Underwood ve Waterson, 2013a). Çalışan bir sistemde mevcut olan, yönetsel faaliyetler, planlı bakım tutum, Emniyet Kültürü, denetim gibi unsurlardaki eksiklikleri ve uygunsuzlukları gizli kusurlar olarak adlandırır. Gizli kusurların bir sistemdeki mevcudiyetinin aktif hatalara zemin hazırladığını (örneğin uygunsuz çalışma saatleri ve aşırı iş yükünün, yorgunluğa yol açması) ifade eder (Reason vd., 2006). Epidemiyolojik yaklaşımlar altında yer alan metotlar (İsviçre Peyniri Modeli (Reason, 1990), Papyon Modeli (Sotiralis vd., 2019; Arici vd., 2020), Tripod Beta Modeli (Doran ve Van Der Graaf, 1996)), karmaşık kazalardaki HOF'ları analiz etme konusunda sıralı yaklaşımlardan daha kullanışlı, verimli ve tutarlı sonuçlar sunabilmektedir (Hollnagel, 2002; Haghighattalab vd., 2019). Epidemiyolojik yaklaşımlar genel olarak bariyer-taşıyıcı etkileşim modelleri, keskin uç-kör uç etkileşim modelleri ve patolojik sistem modelleri gibi engelleri ve taşıyıcıları dikkate alır (Hollnagel, 2008; Underwood ve Waterson, 2013b). Kazaların önlenmesi için aktif eylemlere odaklanmanın yeterli olmadığını, gizli kusurların tespit edilmesi ve sürekli olarak takip edilmesinin gerektiğini savunur. Epidemiyolojik modellerin genel eksikliği ise farklı faktörler arasındaki karmaşık etkileşimleri ortaya koymamasıdır (Hollnagel, 2002; Hollnagel, 2016). Kazaya katkıda bulunabilecek nedensel faktörler olarak da adlandırabileceğimiz birçok gizli kusur (organizasyonel, denetimsel, yönetsel faktörler) tanımlanmaktadır. Ancak bu faktörlerin nasıl bir etkileşim içinde meydana geldiğini ve birbirlerini nasıl etkilediği epidemiyolojik metotlar ile modellenemez, kalitatif değerlendirmeler yapabilmeyi mümkün kılarken, kantitatif bir yaklaşım sunmaz (Svedung ve Rasmussen, 2002; Underwood ve Waterson, 2013a; Abraha ve Liyanage, 2015; Haghighattalab vd., 2019).

Sistemik Yaklaşımlar, sistem teorisini temel alır ve karmaşık sosyo-teknik sistemlerde meydana gelen kazaların yapısını ve işleyişini anlamak için geliştirilmiştir. Bu yaklaşım, belirli neden-sonuç mekanizması veya seviyeli epidemiyolojik faktörlerden ziyade, bir bütün olarak sistemdeki karakteristik performansı tanımlamaya odaklanır. Kazaların, beklenmedik bir sistem bileşenleri kombinasyonundan veya performanstaki normal değişikliklerin rezonansından kaynaklandığını savunur (Hollnagel, 2002; Underwood ve Waterson, 2013b). Sistemik modellerin temelleri; Kontrol Teorisi (Sheridan, 2019), Kaos Modelleri, Tesadüf

Modelleri ve Stokastik Rezonans Modelleri gibi yaklaşımlara dayanır. Sistem Teorik Kaza Modellemesi ve Süreçler (STAMP) Modeli (Leveson, 2004), Fonksiyonel Rezonans Analiz Metodu (FRAM) (Hollnagel ve Goteman, 2004) ve Kaza Analizi Haritası (AcciMap) (Rasmussen, 1997) kaza analizi kapsamında literatürde sıklıkla kullanılan sistemik modellerdir. Bu modeller genel olarak; kazaların oluşumunu, nedensel bir dizi veya nedensel bir ağ olarak tanımlamaz. Çünkü her iki durumda da etkileşimlerin ve bağımlılıkların dinamik doğasının tam olarak açıklanamayacağını savunur (Hollnagel, 2002). Sistemik modeller kasıtlı olarak bir kazanın ardışık ilişkili olaylar dizisi veya gizli koşulların birleşimi olarak tanımlanmasından kaçınmaya çalışır. Bu nedenle sistemik modellerin genel perspektifini grafiksel olarak (İsviçre peyniri modeli ya da Hata Ağacı Analizi gibi) göstermek zordur (Underwood ve Waterson, 2013b; Hollnagel, 2016). Sistemik teknikler genel olarak, kazanın nedenlerine ilişkin daha detaylı bir bakış açısı sağlar. Ancak bunun yanında sistemik metotların uygulanabilmesi için çok daha fazla kaynak (veri), üst seviyede alan tecrübesi ve teorik bilgi gerekmektedir (Johansson ve Lindgren, 2008; Ferjencik, 2011).

Farklı endüstrilerde meydana gelen kazaların karakteristik özellikleri ve gün geçtikçe değişen, gelişen teknoloji, yasal düzenlemeler, insan unsurunun karmaşık yapısı kazaların analizi için geniş çapta kabul görmüş ve herkes tarafından uygulanabilir tek bir yöntem seçilmesini zorlaştırmaktadır (Ahn vd., 2017; Wu vd., 2017; Akyuz vd., 2020; Ö. Uğurlu vd., 2020). Yukarıda anlatılan üç ana yaklaşımın (sıralı, epidemiyolojik, sistemik) da avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Bu nedenle araştırmacılar, literatürde mevcut kaza analizi yaklaşımlarından birkaçını; incelenecek veri seti, kazaların genel oluşum örgüsü, sektörün statik ve dinamik karakteristik özelliklerini göz önünde bulundurarak kombine şekilde kullanmaktadır (Underwood ve Waterson, 2013b; Hollnagel, 2016).

Hibrit Yaklaşımlar, kazaların oluşumunu daha doğru modelleyebilmek için aynı veya farklı gruba (sıralı, epidemiyolojik, sistemik) ait birden fazla metodun art arda veya aynı anda kombine şekilde kullanıldığı yaklaşımdır (Tablo 1) (Hollnagel vd., 2006; Underwood ve Waterson, 2013a; Ö. Uğurlu vd., 2020). Bu yaklaşımların sağladığı en büyük avantaj, daha esnek, adapte edilebilirliği yüksek yeni kaza analizi, risk analizi modellerinin geliştirilmesini sağlayabilmesidir. Hibrit kullanım yapılırken genellikle metotlar birbirinin zayıf yönlerini kapatacak, güçlendirecek şekilde kombine edilirler (Yıldırım vd., 2019; Ö. Uğurlu vd., 2020; Yıldız vd., 2021). Reason'un İsviçre Peyniri modelini, Sistem yaklaşımıyla birlikte değerlendiren, havacılık kazalarında insan faktörlerinin tespit edilmesi ve sınıflandırılmasına yönelik geliştirilmiş, İnsan Faktörleri Analizi ve Sınıflandırma

Sistemi (HFACS) hibrit yaklaşımlara örnektir. HFACS; kullanıcıya İsviçre Peyniri'nin, Aktif Hatalar ve Gizli Kusurlar yaklaşımını seviyeler halinde sunar. Böylelikle kullanıcı her seviyenin altındaki olası insan faktörlerini standart bir taksonomi olarak görebilir. Analiz edeceği bir kazaya etkiyen ya da kaza raporunda yer alan insan faktörlerini daha doğru ve eksiksiz sınıflandırabilmektedir (Wiegmann ve Shappell, 2001; Reason vd., 2006; Schröder-Hinrichs vd., 2011).

Literatürde metotları uygulamayı kolaylaştırmak veya daha tutarlı kalitatif-kantitatif analiz sunabilmek için hibrit olarak kullanılmış birçok metot mevcuttur bunlardan bazıları: Bulanık Mantık-Analitik Hiyerarşi Süreci (F-AHP) (Uğurlu, 2015); Bulanık Mantık-Bayes ağı (F-BN) (Ren vd., 2009; Yazdi ve Kabir, 2017); Analitik Ağ Süreci-Accimap (ANP-Accimap) (Akyuz, 2015), Bilişsel Haritalama-HFACS (CM-HFACS) (Akyuz ve Celik, 2014), Bulanık Mantık-Hata Modu ve Etkileri Analizi (F-FMEA) (Ahn vd., 2017), Bulanık Mantık-Bayes ağı-HFACS (FBN-HFACS) (Zarei vd., 2019), HFACS-BN (Ö. Uğurlu vd., 2020) olarak sıralanabilir. Bu ve benzeri hibritlemeler çalışma sonunda üretilen kaza, risk analizi modellerinin ve modellerin yaptığı tahminlerin daha doğru olmasını sağlamaktadır.

Tablo 1. Kaza analizinde kullanılan yaklaşımlar (Hollnagel vd., 2006; Underwood ve Waterson, 2013a; Ö. Uğurlu vd., 2020)

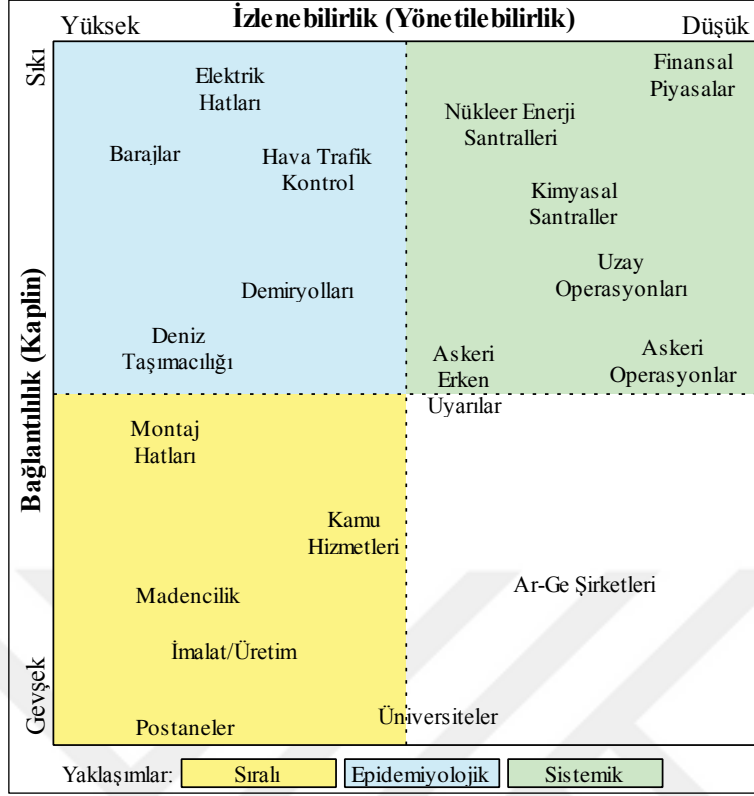
Yaklaşım	Temel Prensiptir	Analizin Hedefi	Örnek Metotlar
Sıralı	Belirli nedenler ve iyi tanımlanmış bağlantılar	Nedenlerin belirlenmesi veya ortadan kaldırılması	• Doğrusal olay zinciri (Domino), • Ağaç modelleri, • Ağ modelleri
Epidemiyolojik	Taşıyıcılar, bariyerler ve gizli koşullar	Savunmaların ve bariyerlerin güçlendirilmesi	• İsviçre Peyniri, • Papyon Modeli, • Patolojik Sistemler
Sistemik	Sıkı bağlantılar ve karmaşık etkileşimler	Performans değişkenliğinin izlenmesi ve kontrol edilmesi	• Kontrol Teorisi Modelleri, • Kaos Modelleri, • Stokastik Rezonans
Hibrit	Yapılacak analiz için en güçlü yaklaşımların seçilmesi	Kazaların gerçeğe en yakın şekilde modellenmesi, Tahminlerin tutarlı yapılması	• Bulanık Mantık-Ağ Modeli Hibritleri, • Bulanık Mantık-Hiyerarşik Model Hibritleri, • Sistemik-Epidemiyolojik Metot Hibritleri, • Bulanık Mantık-Sistemik Model Hibritleri

Yapılacak bir çalışmaya en uygun metodu veya metotları belirlerken öncelikle kaza analizi yaklaşımının (Sıralı, Epidemiyolojik, Sistemik, Hibrit) belirlenmesi kolaylık sağlayacaktır. Yaklaşımı belirlerken dikkat edilmesi ve karar verilmesi gereken en önemli

nokta analiz edilecek kazaların genel örgüsü, kazaların meydana geldiği endüstriyel sistemin temel karakteristikleridir. Örneğin, üretim endüstrisinde; teknik, elektronik veya mekanik arızalar sonucu meydana gelen göreceli olarak daha basit bir örüntüye sahip kaza ve olayların analizi için sıralı yaklaşımlara odaklanmak daha doğru olacaktır. Eğer böyle bir çalışma için Epidemiyolojik veya Sistemik Yaklaşımlar tercih edilirse, metodun uygulanışı fazlasıyla karmaşık olacak ve metodun içerdiği detayların birçoğu modellenen kazanın örüntüsü içerisinde yer almayacaktır. Bu durum üretilen kaza analiz modelinde boşluklar olmasına yol açacaktır. Bu nedenle öncelikle her analiz yaklaşımının benimsediği temel prensipleri ve hedefleri (Tablo 1), endüstriyel karakteristiklerle birlikte değerlendirilerek yaklaşım seçimini yapmalıyız.

Hollnagel (2008), Perrow'un (1999) çalışmasını temel alarak; analiz edilecek kazanın ait olduğu endüstriyel sistemin karakteristiklerini göz önünde bulundurarak kategorize etmenin bir yolunu önermiştir (Şekil 1). Hollnagel'e göre bir sistemi bağlantılılık (kaplin) ve izlenebilirlik (yönetilebilirlik) özellikleri dikkate alınarak kategorize etmek gerekir. Bir sistemin bağlantılı olma durumu gevşek ve sıkı olma arasında değişmektedir. Bağlantılılık durumu bütün sistemin, alt sistemler ve bileşenler ile işlevsel olarak nasıl bağlandığını ve birbirine ne kadar bağımlı olduğunu ifade eder (Hollnagel, 2008; Underwood ve Waterson, 2013a).

Hollnagel (2008), sistemlerin izlenebilirliği (yönetilebilirliği) konusunda ise; postanenin veya ev tipi fırının normal çalışmasını örnek vermiştir. Bunları izlenebilir (yönetilebilir) sistemler olarak örneklemiştir. Sistem faaliyetlerinin sürekli olarak takip edilebildiği daha kontrollü sistemleri izlenebilirliği yüksek olarak tanımlamıştır. Diğer taraftan tüm faaliyetlerinin standartlaştırılmadığı, çok hızlı değişebilen, daha kararsız ve karmaşık yapıda olan, gelişen durumlar ile ilgili ayrıntılı ve eksiksiz bir açıklama üretmenin çoğunlukla mümkün olmadığı sistemleri izlenebilirliği düşük (yönetilemeyen) sistemler olarak tanımlamıştır. Hollnagel (2008), nükleer enerji santralleri ve bir hastanenin acil bölümünü izlenebilirliği (yönetilebilirliği) düşük sistemler olarak örneklemiştir (Underwood ve Waterson, 2013a).



Şekil 1. Analiz yaklaşımlarının uygunluğu (Hollnagel, 2008)

Şekil 1'deki model ve yöntem kategorileri arasındaki sınırların ve sistemlerin konumlarının kavramsal olduğuna ve gerçekte bu kadar keskin ayrımlar olmayacağına dikkat etmek önemlidir. Şekilde sunulan endüstriler örnektir ve tüm endüstrileri kapsamamaktadır. Karar verilirken mutlaka seçilecek tekniğin, bir kazanın nasıl meydana geldiğine dair tutarlı ve mümkün olduğunca detaylı bir bakış sağlaması gerektiği göz önünde bulundurulmalıdır (Hollnagel vd., 2006; Underwood ve Waterson, 2013a). Yaklaşım veya yaklaşımlar belirlendikten sonra çalışmanın amacı ve hedeflenen çıktısı düşünülerek bu yaklaşımların altında yer alan metot veya metotlar seçilmelidir. Bu aşamada dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, seçilen metodun analiz edilecek konuda mümkün olduğunca “en iyi” olmasıdır. Kazaların konumsal analizleri için daha çok Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Jeostatistiksel Analiz metotları; insan faktörü analizi için ise İsviçre Peyniri, HFACS, vb. metotların tercih edilmesi buna örnek olarak verilebilir. Ayrıca, uygun yöntemleri belirlerken, bir sistemin ne kadarının analiz edileceğinin belirlenmesi de önemlidir. Bağımsız bir sistem bileşeni, tek bir insan, operatör veya bir alt sistem, analiz edilecekse, daha basit bir sıralı yöntem uygun olabilir. Tüm sistem incelenecekse kazaya etkiyen

organizasyonel unsurlar, yönetsel faaliyetler analiz edilecekse, epidemiyolojik veya sistemik yöntemler daha uygun olabilir.

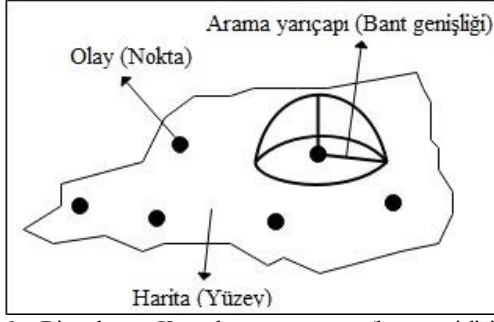
Bu çalışmada dar suyollarında meydana gelen deniz kazalarının analizine dayalı olarak geçiş yapacak gemilerin karşı karşıya kalacağı risklerin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Tespit edilen risklere bağlı olarak, dar suyollarında kazaların genel oluşum örgülerinin modellenmesi ve bu modeli kullanarak giriş yapacak gemilerin kaza yapma olasılıklarının dinamik olarak belirlenmesi için analitik model geliştirmek hedeflenmiştir. Analiz yaklaşımını seçmek için Şekil 1'deki şema incelendiğinde, deniz kazaları veri setine (bağılantılılığını (kaplin): sıkı, izlenebilirliğini (yönetilebilirliği): orta düzeyli) Epidemiyolojik ve Sıralı yaklaşımların uygun olduğu görülmektedir. Dar suyollarında meydana gelen kazaların doğru ve tutarlı analizi için konumsal kısıtlamaların, insan faktörlerinin, organizasyonel faktörlerin, trafik düzenlemeleri ve diğer yönetsel faaliyetler ile ilgili faktörlerin birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle çalışmada hibrit yaklaşımın benimsenmesinin daha uygun olacağı kararına varılmıştır. Çalışmada birbirini takip eden ve hibritlenen metotlar seçilirken her metodun uzman olduğu alanlar dikkate alınmış ve metotların daha zayıf olduğu alanlar diğer yaklaşımlardaki uygun yöntemlerle desteklenmiştir. İlk olarak dar suyollarındaki kazaların konumsal analizi için CBS uygulamalarından Kernel Yoğunluk Analizi kullanılmıştır. Ardından, HOF'ların analizi için uzmanlaşmış metotlardan biri olan HFACS temelinde Uğurlu vd. (2018) tarafından geliştirilmiş Yolcu Gemisi Kazalarında İnsan Faktörleri Analizi ve Sınıflandırma Sistemi (HFACS-PV) yapısı kullanılmıştır. Dar suyollarında kazaların oluşum örgüsünün modellenmesi ve değişken koşullara bağlı olarak dinamik risk analizi için HFACS ile uyumluluğu yüksek olan (Ö. Uğurlu vd., 2020) Bayes ağı (BN) metodu kullanılmıştır. Çalışmada dar suyollarında kazaları azaltmaya yönelik önerilen risk kontrol seçeneklerinin etkinliği ise Çok Kriterli Karar Analizi (MCDA) metotlarından biri olan Kanıta Dayalı Akıl Yürütme (ER) ile değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan metotlar ile ilgili bilgi aşağıda sunulmuştur.

1.2.1. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kaza Analizi Kapsamında Kullanımı

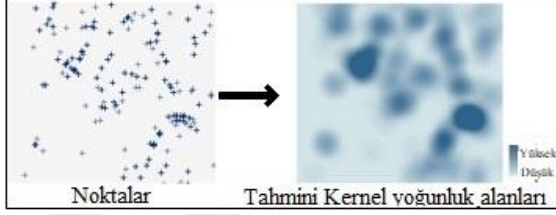
CBS coğrafi nitelikteki bilgileri görselleştirme, dışa aktarma ve analiz etme imkânı sağlar (Toreyen vd., 2011; Zhang vd., 2011). Günümüzde CBS yazılımları, coğrafi bilgiler üzerinde neredeyse akla gelebilecek her türlü işlemi yapabilmekte ve yüzlerce farklı dosya

biçimini tanımaktadır (Goodchild, 2009). Bu özellikleri nedeniyle kaza analizi de dâhil birçok alanda bilimsel amaçlı olarak kullanılmaktadır (Miller ve Shaw, 2001; Ayalew ve Yamagishi, 2005; Leidwanger, 2013; Kavzoglu vd., 2014; Uğurlu ve Yıldız, 2016). CBS bir harita üzerinde kaza verilerini görselleştirmeyi ve yorumlamayı mümkün kılan (Erdogan vd., 2008) trafik güvenliğine yönelik çok önemli ve kapsamlı bir yönetim aracıdır (Liang vd., 2005). Deniz taşımacılığında CBS dijital harita üzerinde çoklu kaza verilerinin dağılımını, sınıflandırılmasını ve yorumlamaya açık hale gelmesini mümkün kılar (Giziakis vd., 2013; Ugurlu vd., 2013; Zhang vd., 2021). Yapılmak istenen analize göre CBS kullanılarak uygulanabilen birçok (yoğunluk analizi, enterpolasyon, harita cebiri, mesafe analizi, hidroloji analizi vb.) jeo-istatistiksel metot bulunmaktadır. Bir alandaki noktasal verilerin dağılımından hareketle yoğunluk analizi yapmak için sıklıkla tercih edilen Kernel Yoğunluk Analizi bu yöntemlerden biridir (Manepalli vd., 2011; Tehrany vd., 2015; Sandhu vd., 2016; Bonnier vd., 2019).

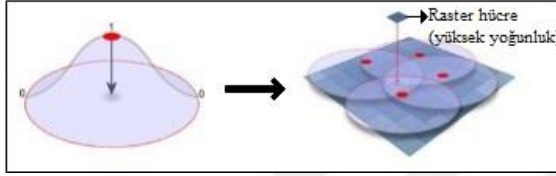
Kernel yoğunluk analizinin temel amacı, kazaların meydana geldiği çekirdek noktalardan dışa doğru olacak şekilde, istenen arama yarıçapı ve bant genişliğinde, yoğunluk dağılım haritaları oluşturmaktır (Bonnier vd., 2019). Noktasal verilerin yer aldığı (kazaların) yüzey üzerinde Kernel yoğunluk alanları hesaplanırken bir arama yarıçapı (bant genişliği) belirlenmelidir. Kavramsal olarak, her noktasal verinin (kazanın) etrafında arama yarıçapı uzaklığında düzgün bir alan olduğu varsayılır (Şekil 2a) (Anderson, 2009). Kernel yoğunluk değeri noktanın (kazanın) bulunduğu yerde (alanın merkezinde) en yüksektir ve noktadan uzaklaştıkça azalır. Arama yarıçapı mesafesinin en uç kısmında Kernel Yoğunluk değeri sıfıra ulaşır (Şekil 2b). Her çıktı raster hücresindeki (griddeki) Kernel yoğunluk değeri hesaplanırken, o hücreye etki eden tüm noktasal verilerin etrafında oluşturduğu Kernel yoğunluk değerlerinin toplamı alınır (Şekil 2c). Kernel arama yarıçapının optimum seçilmesi yoğun alanların doğru tespit edilmesi açısından çok önemlidir (Prasannakumar vd., 2011). Bant genişliği eğer çok yüksek seçilirse, yoğun olmayan alanlar da yüksek yoğunluklu olarak çıkacaktır. Bant genişliği eğer çok küçük seçilirse bu durumda da yoğun alanlar değil sıcak noktalar tespit edilmiş olacaktır (Şekil 2d). Her iki durum da yanlış sonuç verecektir ve yapılan yorumların hatalı olmasına yol açacaktır.



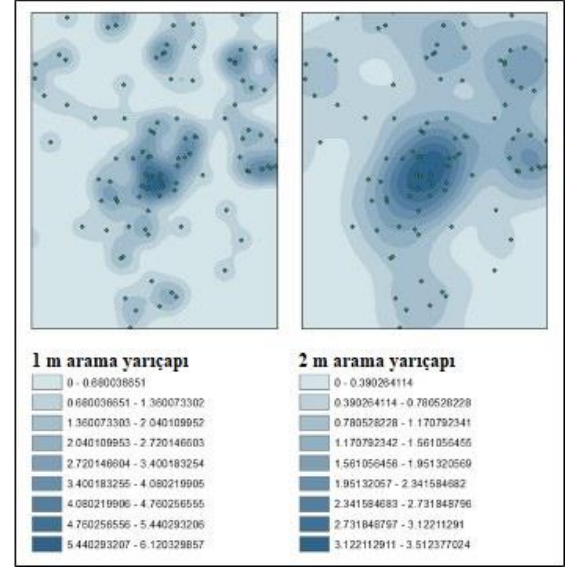
2a. Bir noktanın Kernel arama yarıçapı (bant genişliği)



2b. Noktasal verilerin Kernel yoğunluk haritasına dönüşümü



2c. Her hücrenin (grid) Kernel yoğunluğunun tahmini (kesişim)



2d. Kernel bant genişliğinin 1m/2m seçilmesi arasındaki fark

Şekil 2. Kernel yoğunluk analizinin temel prensibi (Gatrell vd., 1996; ESRI, 2017; Exchange, 2021)

Kernel yoğunluk analizi metodu istatistiksel metotlardan biri olan parametrik olmayan regresyon analizi kullanılarak herhangi bir sürekli rassal değişkenin (x), olasılık yoğunluğu fonksiyonunun ($f(x)$) tahmin edilmesinde kullanılmaktadır. Yani bir olaya veya duruma ait elde olan örnek veriler kullanılarak, belli bir komşulukta, bu olayın olma olasılığının değer aralığı fonksiyonunun Kernel fonksiyonları ile kestirilmesine Kernel yoğunluk tahminlemesi denir. Örneğin; $x_1, x_2, \dots, x_i$ bağımsız ve özdeş olarak dağıtılan örnekler olsun (belli alandaki kaza sayıları), bu örneklerin yoğunluk dağılım fonksiyonuna $f(x)$ dersek; $\hat{f}_h(x)$ Kernel Yoğunluk dağılım fonksiyonu aşağıdaki eşitlik (1) ile ifade edilir (Okabe vd., 2009; Tezcan, 2011);

$$\hat{f}_h(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_h(x - x_i) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x - x_i}{h}\right) \quad (1)$$

$\hat{f}_h(x)$: $f(x)$ 'in Kernel yoğunluk dağılım fonksiyonu

K : simetrik olasılık yoğunluk fonksiyonu olan, negatif değer almayan Kernel Fonksiyonu

h : bant genişliği adı verilen düzeltme parametresidir, daima $h > 0$ olmalıdır ancak veri seti izin verdiği ölçüde küçük tutulmalıdır.

i : incelenen her bir olay

n : örneklem büyüklüğü

$x - x_i$: kernel merkezi-örneklem değeri arası mesafe (uzaklık)

Matematiksel olarak eşitlikte (1) gösterildiği gibi formüle edilen Kernel yoğunluk tahminin CBS'deki kullanımı; tanımlı bir yarıçapa sahip çember içerisine düşen noktaların yoğunluğu ile çember merkezinden uzaklaştıkça değişen noktasal yoğunluğu ifade etmektedir. Kernel yoğunluğu yönteminde noktaların bulunduğu alan ızgara biçiminde karelerle bölünür ve her kare içine düşen noktaların sayısına bağlı histogram ile yoğunluk belirlenir. Kernel yoğunluğu analizinde noktaların dağılım sıklığı, karelerin gözlenen frekans dağılımı ile beklenen değerinin karşılaştırılması ile test edilmektedir. Kernel yoğunluk analizi hücrelerle değil de, tanımlı bir yarıçapa sahip çember içerisine düşen noktaların yoğunluğu ile bu kaynaktan itibaren uzaklaştıkça değişen noktasal yoğunluğu ifade etmektedir. Bu tanımlamalara göre bir lokasyondaki Kernel Yoğunluğu ($\lambda(s)$) aşağıdaki eşitlik (2) ile hesaplanır (Xie ve Yan, 2008).

$$\lambda(s) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\pi r^2} k\left(\frac{d_{is}}{r}\right) \quad (2)$$

$\lambda(s)$: s lokasyonundaki yoğunluk

r : Kernel Yoğunluk Analizinin yapılacağı arama yarıçapı (bant genişliği)

k : i noktasının belli bir d mesafesinde bulunan s lokasyonundaki ağırlığıdır. k genellikle d ve r arasındaki oranın bir fonksiyonu (çekirdek fonksiyonu olarak adlandırılır) olarak modellenir.

n : örneklem büyüklüğü

π : pi sayısı

d_{is} : merkezden olan mesafe (uzaklık)

Çalışmada Kernel Yoğunluk Analizi metodu ile dar suyollarında kazaların sıklıkla meydana geldiği sıcak bölgeleri gösteren yoğunluk haritaları oluşturmuştur. Bu bölgelerde kazalara etkiyen coğrafi, atmosferik, denizel ve gemiden kaynaklı Operasyonel Koşullar belirlenmiştir.

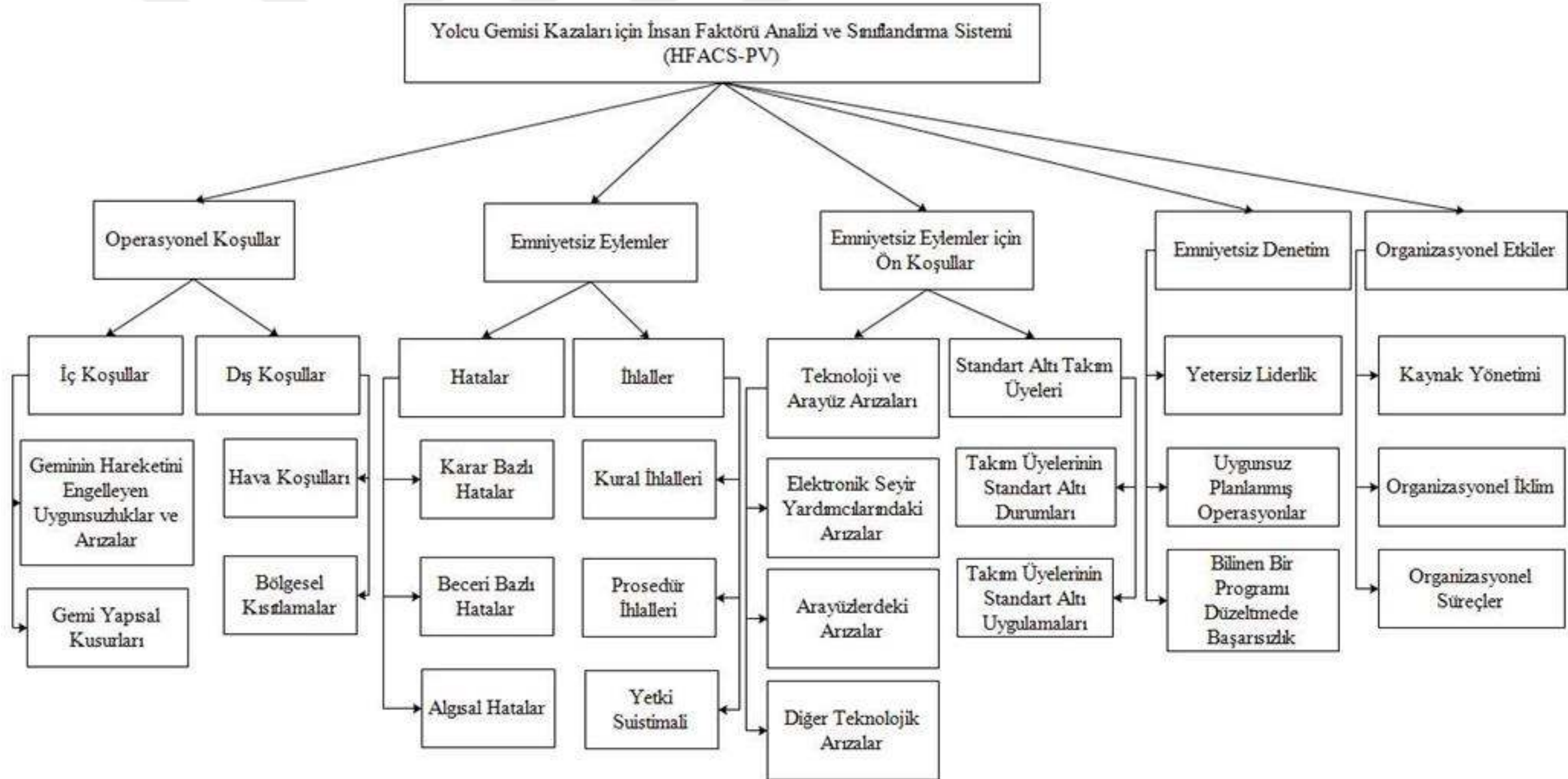
1.2.2. HFACS-PV Yapısının Kaza Analizi Kapsamında Kullanımı

HFACS, Reason'un İsviçre Peyniri Modeli ve kazalarda insan faktörüne sistem yaklaşımı temel alınarak geliştirilmiştir (Reason, 1990; Wiegmann ve Shappell, 1997). İsviçre peyniri modelindeki ana seviyelerin yanı sıra HFACS yapısında alt çatılarda belirtilerek sınıflandırmanın detaylı şekilde yapılabilmesine olanak sağlanmıştır. Shappell ve Wiegmann metodu geliştirirken havacılık kazalarında insan faktörlerinin tespit edilmesi ve doğru şekilde sınıflandırılmasını amaçlamışlardır (Olsen, 2011; Zhan vd., 2017).

HFACS hiyerarşik bir yapıdadır ve orijinal çerçevesi, Emniyetsiz Eylemler, Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Önkoşullar, Emniyetsiz Denetim ve Organizasyonel Etkiler olmak üzere dört ana seviyeden oluşmaktadır. Reason'un İsviçre Peyniri modelinde olduğu gibi kazalara etkiyen HOF'ları aktif hatalar ve gizli kusurlar olmak üzere iki (Wiegmann ve Shappell, 2001) alt gruba ayırmaktadır. HFACS, literatürde birçok farklı sektörde kullanılarak güvenilir ve uygulanabilir bir insan faktörü analiz taksonomisi olduğunu kanıtlanmıştır (Reinach ve Viale, 2006; Tvaryanas ve Thompson, 2008; Olsen ve Shorrock, 2010; Rashid vd., 2010; Chen ve Chou, 2012; Chen vd., 2013; Ö. Uğurlu vd., 2020). HFACS'ı diğer kaza nedensellik modellerinden ayıran belirgin farklardan biri kaza oluşumları gibi karmaşık sistemlerdeki yönetimsel ve organizasyonel faktörlerin rolünü gösterebilmesidir (Wiegmann ve Shappell, 1997; Zhan vd., 2017). HFACS yapısının sağladığı üstünlüklerden biri de kazalarda insan hatası ile ilgili faktörleri tam olarak odaklanarak tespit etmeye ve birbiriyle ilişkilendirmeye olanak sağlamasıdır (Chen ve Chou, 2012; Chauvin vd., 2013; Akhtar ve Utne, 2014). Literatürdeki kaza analiz modellerinin çoğunda kaza nedenleri arası ilişkinin kurulması ve modeldeki sayısal verilerin belirlenmesi uzman görüşlerine dayanmaktadır (Arslan ve Turan, 2009). Aynı veriler farklı araştırmacılar tarafından farklı uzman grupları ile analiz edildiğinde farklı analiz sonuçları doğurabilmektedir. Bu nedenle uzmanların incelenen kazalar hakkında alan bilgisine sahip olması, özellikle kaza araştırması için geçmiş veriler yeterli olmadığında çok önemli bir rol oynamaktadır (Akhtar ve Utne, 2014; Zhan vd., 2017; Yıldırım vd., 2019; Ö. Uğurlu vd.,

2020). HFACS'ın kaza nedenleri ve nedensel faktörlerinin sınıflandırılmasında uzman görüşüne gerek duymaması da sağladığı önemli bir avantajdır. Böylelikle sadece HFACS yapısı kullanılarak kazaların ve olayların kalitatif olarak değerlendirilmesi mümkündür.

Bu çalışmada Uğurlu vd. (2018) tarafından geliştirilmiş olan HFACS-PV çerçevesi kullanılmıştır. Deniz kazaları ile uyumluluğunun yüksek olması nedeniyle HFACS-PV çerçevesi literatürde; elektronik seyir yardımcılarının arızaları sonucunda meydana gelen kazaların analizi (Kaptan, 2019), Karadeniz'de meydana gelmiş deniz kazalarının analizi (Ö. Uğurlu vd., 2020), makine dairesi yangınlarının analizi (Saralioğlu vd., 2020) ve farklı türdeki (çatma, çatışma, karaya oturma ve batma) kazaların analizinde uygulama alanı bulmuştur (Yildiz vd., 2021). HFACS-PV çerçevesi diğer HFACS yapılarından farklı olarak 5 ana seviye (Operasyonel Koşullar, Emniyetsiz Eylemler, Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Ön Koşullar, Emniyetsiz Denetim ve Organizasyonel Etkiler) içermektedir (Şekil 3). Bu yapı incelenen deniz kaza raporlarından elde edilecek kaza nedenleri ve nedensel faktörlerinin sınıflandırılması amacıyla kullanılmıştır. Bu sayede kazaların oluşumunu anlamak ve yorumlamak daha kolay hale gelmiştir.



Şekil 3. Çalışmada kullanılan HFACS-PV ana yapısı (Ö. Uğurlu vd., 2020; Yıldız vd., 2021)

HFACS-PV yapısının diğer HFACS yapıları ve kazalarda insan faktörü analizi yaklaşımlarından temel farkı Operasyonel Koşulları ayrı bir seviye olarak incelemesidir. Operasyonel Koşullar gemilerin seyir, demirleme, manevra, yükleme, tahliye vb. operasyonlarını yürütürken içinde bulunduğu çevresel koşulları ifade etmektedir. Operasyonel koşullar gemi içi (ana makine arızası, dümen arızası, gemi yapısal kusurları, vb.) ve gemi dışı (bölgede sığılıkların mevcudiyeti, kuvvetli akıntı, rüzgâr, yoğun trafik, seyir türü vb.) koşullar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bu faktörler yapısal olarak HFACS'ın diğer seviyeleri altında yer alan insan ve organizasyonel faktörlerden farklıdır ve deniz kazalarının oluşmasında Emniyetsiz Eylemleri tamamlayıcı unsur olarak rol oynamaktadır (Şekil 4) (Ö. Uğurlu vd., 2020; Yıldız vd., 2021).



Şekil 4. HFACS-PV yapısına göre deniz kazalarının genel oluşum şeması

1.2.3. Bayes Ağı Yaklaşımının Kaza Analizi Kapsamında Kullanımı

Bayes teoremi 1783'de Thomas Bayes tarafından ortaya atılmıştır. Öznal olasılık kavramından doğan bir koşullu olasılık yaklaşımıdır (Bayes, 1970; Howson ve Urbach, 2006). Bu yaklaşım literatürde kullanıldıkça Bayes teoremine dayandığı için Bayesian yaklaşımı adını almıştır (Carlin ve Louis, 1997; Howson ve Urbach, 2006; Swinburne, 2008). Bayes modeli ya da, olasılıksal yönlü dönüşsüz grafik modeli, bir ağ yapısı ortaya çıkarmaktadır. Diğer bir ifadeyle BN; birbirleriyle koşulsal bağımlılıklara sahip değişkenler kümesini ağ modeli şeklinde ifade etmektedir (Trucco vd., 2008; Matellini vd., 2013; Akhtar ve Utne, 2014; Pristrom vd., 2016; Loughney ve Wang, 2017). Bir BN modeli; sonlu durum kümesine sahip değişkenleri temsil eden düğümler (nodes) ve değişkenler arasındaki

olasılıksal nedensel ilişkiyi (bağımlılığı) temsil eden kenarlar (edges) kullanılarak oluşturulur. Bir düğümden kenarlar çıkıyorsa bu düğümlere “ebeveyn düğüm” denir. Kendisine yönelen kenarlar olan düğümlere ise “çocuk düğüm” denir. Herhangi bir düğümün çocuk düğümü konumunda olmaksızın sadece kendi başına “ana” düğüm konumunda olanlara ise “kök düğüm” denir. Bayes ağlarında model kurulurken düğümler arasındaki kenar bağlantıları döngü yaratmayacak şekilde oluşturulmalıdır (Matellini vd., 2013; Loughney ve Wang, 2017). Bayesian yaklaşımı hem kalitatif hem de kantitatif değerlendirmeyi mümkün kılar. Oluşturulan BN modeli, düğümler arasındaki nedensel ilişkinin yapısını ortaya koyar ve düğümler arası nedensel akıl yürütmeyi sağlar. Bu nedenle ağ oluşturma kalitatif yaklaşımı temsil etmektedir (Trucco vd., 2008). Kurulan ağdaki düğümlerin (ebeveyn, çocuk veya kök) her birine bağlı Koşullu Olasılık Tablosundan (KOT) oluşan ve sayısal değerlerin belirlenmesini kapsayan kısım ise kantitatif yaklaşımı temsil etmektedir (Pristrom vd., 2016; Fan vd., 2020a; F. Uğurlu vd., 2020; Ö. Uğurlu vd., 2020). Bayes ağı’nın en büyük avantajlarından biri, modelin uygulanacağı alana kolay adapte edilebilmesidir; böylece her yeni bilgiyle, model gerçek dünyayı yansıtacak şekilde güncellenebilir. Ayrıca Bayes ağı belirsizlik hakkında modelleme ve mantık yürütme imkânı da sağlar.

Bayes teoreminin matematiksel ifadesi; A ve B gibi birbirine koşullu olasılık bağı ile bağlı iki olay için B’nin bilinmesi koşuluyla A’nın olma olasılığıdır ve aşağıdaki eşitlikle (3) ifade edilir (Trucco vd., 2008; Akhtar ve Utne, 2014; Pristrom vd., 2016; Yazdi ve Kabir, 2017).

$$P(A|B) = \frac{A \cap B}{P(B)}, P(B) > 0 \quad (3)$$

A’nın bilinmesi koşuluyla B’nin olma olasılığı ise aşağıdaki eşitlikle (4) ifade edilir.

$$P(B|A) = \frac{A \cap B}{P(A)}, P(A) > 0 \quad (4)$$

Bu koşullu olasılık formüllerini genel halde yazacak olursak; B olayıyla kesişen ve karşılıklı birbirini engelleyen k tane A olayı olduğunu varsayalım. B olayının bilinmesi koşuluyla A_i olayının olma olasılığı aşağıdaki eşitlikle (5) hesaplanabilir;

$$P(A_i|B) = \frac{P(A_i)P(B|A_i)}{P(B)}, i = 1, 2, 3, 4, \dots, k \quad (5)$$

Bu eşitlikte; $P(A_i|B)$ terimi, hipotezin son görülme olasılığını (A_i 'nin belirli bir “B” durumunda gerçekleşme olasılığını) temsil etmektedir. $P(A_i)$ terimi, hipotezin önceden belirlenmiş olasılığı, yani; A'nin belirli bir “i” durumunda gerçekleşme olasılığıdır. $P(B|A_i)$ terimi, “B” durumunun A_i olayına göre koşullu olasılığıdır (test edilecek hipotezi veren kanıtların olasılığı). $P(B)$ terimi, A_i olayının görülme olasılığını koşullu olarak etkileyen “B” durumunun tek başına görülme olasılığıdır.

Bu çalışmada Bayes ağı yaklaşımı, dar suyollarında kazaların oluşumunu koşullu olasılık ilişkisiyle ortaya koyan bir ağ modeli oluşturmak için kullanılmıştır. Bu ağ modeli değişken koşullara bağlı olarak geçiş yapacak bir geminin karşı karşıya kalması muhtemel riskleri (emniyeti tehdit eden unsurların etkisini) anlık olarak gösterecektir. Ağ modeli aynı zamanda dar suyollarında kazaları meydana getiren Operasyonel Koşullar ve HOF'lar arasındaki ilişkinin anlaşılıp yorumlanması amacıyla kullanılabilecektir.

1.2.4. Kanıta Dayalı Muhakeme Yaklaşımının Kaza Analizi Kapsamında Kullanımı

Denizcilik de dâhil olmak üzere birçok endüstride; teknik (girdinin çıktıya dönüşüm süreçlerindeki), operasyonel (satın alma, satış, planlama, emniyetli ve kaliteli işleyiş vb.) ve yönetsel (ekipman, tesis ve insan kaynakları yönetim vb.) düzeyde karar verme süreçleri söz konusudur (Yang vd., 2013a; Zhang vd., 2016). Endüstrideki rutin ve istisnai operasyonların doğası gereği ortaya çıkan bu karar verme süreçlerinde hem nitel hem de nicel özellikte çok sayıda verinin değerlendirilmesi gerekebilmektedir. Bazı durumlarda ise karar verme sürecini daha da karmaşık hale getiren belirsizlikler de sürece dâhil olmaktadır. Bu nedenle özellikle kritik operasyonel ve yönetsel kararları kapsamlı, en doğru ve en hızlı şekilde almak zor bir iştir. Bu konuda karar vericilere destek olmak amacıyla MCDA teknikleri ve yazılımları geliştirilmiştir (Yang ve Xu, 2002; Lee ve Yang, 2018; Loughney, 2018). MCDA teknikleri temel olarak belli performans ölçütlerine göre, karar vericinin bir veya birkaçını seçmesi gereken alternatiflerin (seçeneklerin) birbiriyle kıyaslanması, muhakemesi ve performansının derecelendirilmesi mantığı ile çalışırlar (Ishizaka ve Nemery, 2013; Liu vd., 2013; Wang vd., 2013; Zhang vd., 2016; Wu vd., 2017; Lee ve Yang,

2018). Mevcut literatürde, yer alan MCDA yaklaşımları başlıca aşağıdaki ana problemleri çözme konusunda karar vericilere destek vermeyi amaçlar.

- Tanımlama (Açıklama) Problemleri: Genellikle karar süreçlerinin ilk aşamasıdır. Karar sürecindeki problemin ve bu problemi etkileyen, meydana getiren performans kriterlerinin belirlenmesi süreçlerini kapsar. Bu amaca hizmet etmek üzere kullanılan metotlardan bazılarını; Etkileşimli Yardım için Geometrik Analiz (GAIA), Akış Sıralamalı GAIA (FS-GAIA) olarak örneklemek mümkündür (Mareschal vd., 2010; Nemery vd., 2012).
- Tercih (Seçim) Problemleri: İstenen performans ölçütlerine göre belli ve sınırlı sayıdaki alternatiften birinin veya birkaçının seçilmesini gerektiren karar verme süreçlerini kapsar. Bu amaca hizmet etmek üzere kullanılan metotlardan bazılarını; Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), Analitik Ağ Süreci (ANP), Çok Kriterli Yarar Teorisi (MAUT), Yardımcı Programlar Katkıları (UTA) metodu, Kategori Bazlı Bir Değerlendirme Tekniğiyle Yararlılığı Ölçme (MACBETH), Zenginleştirme Değerlendirmesi için Tercih Sıralaması Organizasyon Metodu (PROMETHEE), İdeal Çözüme Benzerliğe Göre Sipariş Performansı Tekniği (TOPSIS), Veri Zarflama Analizi (DEA), ER olarak örneklemek mümkündür (Athawale vd., 2011; Costa vd., 2012; Chang, 2013; Alinezhad ve Khalili, 2019; Fan vd., 2020b).
- Sıralama (Derecelendirme) Problemleri: Mevcut alternatiflerin istenen performans ölçütlerine göre sıralanmasını amaçlayan süreçleri kapsar. Bu amaca hizmet etmek üzere kullanılan metotlardan bazılarını; AHP Sıralama (AHPSort), ANP, MAUT, UTA metodu, MACBETH metodu, PROMETHEE metodu, TOPSIS metodu, DEA metodu, ER, Gerçekliği Çeviren Eliminasyon ve Seçim (ELECTRE-III) yöntemi olarak örneklemek mümkündür (Celik vd., 2009; Costa vd., 2012; Ishizaka ve Nemery, 2013; Yazdi ve Kabir, 2017; Lee ve Yang, 2018; Alinezhad ve Khalili, 2019).

Problem nitel ve nicel olarak doğru modellendiğinde, performans (değerlendirme) kriterleri ve alternatifler doğru tanımlandığında MCDA metotları ile güvenilir ve etkili sonuçlar elde edilebilmektedir (Nwaoha vd., 2011; Liu vd., 2013; Wu vd., 2017). Alternatifleri sıralamak veya seçmek için kullandığı algoritma ile ilişkili olarak yukarıda örneklenen metotların önemli farklarından biri belirsizlik içeren karar verme süreçlerindeki yaklaşımıdır. Belirsizlik ve yetersiz bilgi içeren karar verme problemlerinin çözümü için Bulanık Mantık ve Yapay Zeka tekniklerini MCDA metotlarına entegre etmeye yönelik

birçok çalışma yapılmıştır (Liu vd., 2013; Wang vd., 2013; Zhang vd., 2016). Bu çalışmalar sonucunda ortaya konan ve son yıllarda farklı endüstrilerde karar verme ve alternatifleri analiz etme konusunda sıklıkla tercih edilen ER yaklaşımı geliştirilmiştir (Yang ve Xu, 2002; Lowrance vd., 2008; Wang vd., 2013).

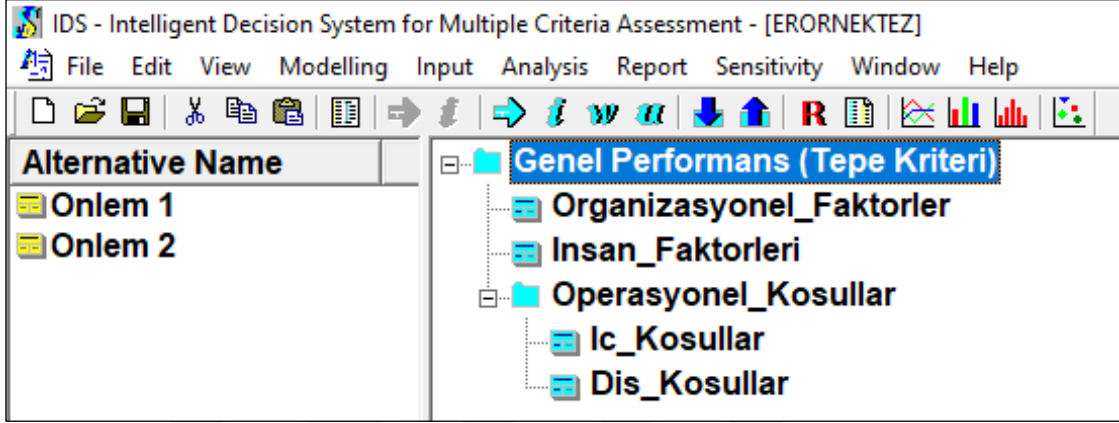
ER yaklaşımı, temel bir değerlendirme modeli ve Dempster-Schafer (D-S) kanıt (inanç) teorisine dayanmaktadır (Kyburg Jr, 1987; Yen, 1990; Nair vd., 2015). ER yaklaşımı, mühendislik, tasarım, yönetim, emniyet ve risk değerlendirmesi, finansal süreçler ve tedarikçi değerlendirmesindeki karar verme problemlerinde sıklıkla uygulanmaktadır (Yang ve Xu, 2002; Ren vd., 2005; Loughney, 2018). ER yaklaşımının ana bileşenleri, karar verme problemine uygun olarak geliştirilmiş (modellenmiş) bir hiyerarşik yapı ve D-S kanıt (inanç) teorisinin kombinasyonudur (Yang ve Xu, 2002; Lowrance vd., 2008; Wang vd., 2013).

ER algoritmasının uygulanabilmesi için öncelikle karar vermeye konu problemin tanımlanması gerekir. Örnek olarak; karar verici bir emniyet otoritesinin belli bir bölgedeki deniz kazalarını azaltma ve deniz emniyetini artırma ya yönelik 2 adet alternatif önlem (Önlem 1 ve Önlem 2) almak istediğini var sayalım. Bu durumda alternatif iki önlemin ilgili bölgede kazaları önleme konusundaki etkinliğinin genel performansının değerlendirilmesi karar verme problemi olarak tanımlanabilir. Alternatiflerin değerlendirilebilmesi için öncelikle yapıda yer alan her değerlendirme kriteri için değerlendirme ölçeği (skalası) belirlenmelidir. Değerlendirme ölçeği, verilecek kararın hassasiyetine göre 3, 5 veya 7'li seçilebilir (Yang ve Xu, 2002; Ren vd., 2005; Liu vd., 2013). Çok Kriterli Karar Analizlerinde sözlü ölçek kullanarak niteliksel özellikler açısından bir alternatifi diğerinden ayırmayı kolaylaştırmak amaçlanmaktadır. Örneğin: bir otoritenin alacağı emniyet önleminin kazalar üzerindeki azaltıcı etkisinin genel performansı için; Çok düşük, Düşük, Orta, Yüksek, Çok yüksek tanımlamalarından birini seçmesi, sayısal yanıtlar verebilmesinden daha kolay olacaktır. Buradaki örnekte 5'li değerlendirme ölçeği (Çok kötü, Kötü, Ortalama, Yüksek, Çok Yüksek) kullanılacaktır. Bu nedenle, H_n , n'inci değerlendirmeyi gösterecek şekilde beş değerlendirme terimi aşağıdaki gibi belirlenmiştir (eşitlik 6) (Yang ve Xu, 2002; Ren vd., 2009).

$$H_n = \{\text{Çok Kötü } (H_1), \text{Kötü}(H_2), \text{Ortalama } (H_3), \text{Yüksek } (H_4), \text{Çok Yüksek } (H_5)\} \quad (6)$$

Problem tanımlandıktan sonra bu alternatifler değerlendirilirken göz önünde bulundurulacak değişkenler (değerlendirme kriterleri) kümesinin tanımlanması gerekir.

Tanımlanan değişkenler kümesinin genel ve temel değerlendirme kriterlerinin hepsini kapsayan bir hiyerarşik yapı düzeninde olması gerekir. Değişkenler (alternatifler) ve hiyerarşik yapı (kriterler), verilen problemin tanımına ve kapsamına uygun olmalıdır. Örnek için oluşturulmuş hiyerarşik yapı Şekil 5’de sunulmuştur.



Şekil 5. Örnek ER modeli hiyerarşik yapısı ve alternatifler

Bir emniyet tedbirinin (Önlem 1 ve 2) kazaları önleme konusundaki genel performansı oldukça geniş bir tanımdır. Bu nedenle bu performansın tek başına kapsamlı şekilde değerlendirilebilmesi oldukça zordur. Genel performans kriterinin alt kriterlere ayrılması ve değerlendirme kriterlerinin somutlaştırılarak daha rahat anlaşılır ve yorumlanır hale getirilmesi gerekir. Buna yönelik olarak hiyerarşik yapı kurulurken en tepedeki kriter: Genel Performans; Organizasyonel Faktörler, İnsan Faktörleri, Operasyonel Koşullar olmak üzere 3 alt kritere ayrılmıştır. Bu durumda Önlem 1’in kazalar üzerindeki azaltıcı etkisi alt kriterler üzerinden değerlendirilecek ve yorumlaması daha kolay olacaktır (Şekil 5).

Hiyerarşik yapıya son şekli verilirken optimum düzeyde ayrıntılı olması ve alt kriterleri içermesi gerekmektedir. Değerlendirme kriterleri ayrıntılı ve detaylı olarak her alternatif için doğrudan algılanabilecek kadar açık ve somut olmalıdır. Sunulan örnekte; Önlem 1’in, Operasyonel Koşullar kriteri üzerindeki etkisi (α), İç Koşullar kaynaklı kazaları azaltmaya etkisi (α_1) ve Dış Koşullara kaynaklı kazaları azaltmaya etkisi (α_2) ile ölçülecektir (Şekil 5).

Bir hiyerarşik değerlendirmede, alternatiflerin üst seviyedeki bir kriter için performansı, o kriterle ilişkili, alt düzey kriterler aracılığı ile değerlendirilir. Örneğin, kaza önlemeye yönelik bir tedbirin (Önlem 1) gemi içi Operasyonel Koşullar (Geminin Hareketini

Engelleyen Uygunsuzluk ve Arızalar, Gemi Yaşı, Gemi Tipi, Gemi Boyu) ve gemi dışı Operasyonel Koşullar (Hava, Deniz ve Görüş, Konumsal Kısıtlamalar) kaynaklı kazaları kısmen veya büyük ölçüde azalttığı değerlendirilirse, Operasyonel Koşullar genel kriteri için de performansı iyi olarak değerlendirilir. ER yaklaşımında niteliksel kriterlerin değerlendirilmesinde, belirsiz yargılar da kullanılabilir, algoritma belirsizlikler altında da alternatifleri sıralayabilir (Lowrance vd., 2008; Wu vd., 2017; Lee ve Yang, 2018). Örneğin, Önlem 1'in Operasyonel Koşullar kriteri için performansını değerlendiriciler aşağıdaki gibi değerlendirebilir:

- İç Koşullar kaynaklı kazaları azaltabileceğine: % 20 “orta” seviyede inanıyor, % 70 ise “düşük” seviyede inanıyor;
- Dış Koşullar kaynaklı kazaları azaltabileceğine: % 60 “yüksek” seviyede inanıyor, % 40 ise “düşük” seviyede inanıyor.

Yukarıdaki değerlendirmelerde, % 20, % 40, % 60 ve % 70 sayıları uzmanların inanç dereceleri olarak adlandırılır ve çoğunlukla ondalık formatta kullanılır (0,2; 0,4; 0,6 ve 0,7). İlk değerlendirmede toplam inanç derecesi $0,2 + 0,7 \neq 1,0$ olduğu için bu değerlendirme “eksik (belirsizlik içeren)” değerlendirme olarak tanımlanır. İkinci değerlendirme ise $0,6 + 0,4 = 1,0$ olduğundan “tam” olarak adlandırılır. İlk değerlendirmedeki eksik olan “0,1” değeri, “belirsizliğin” derecesini temsil eder (Kyburg Jr, 1987; Ishizaka ve Nemery, 2013; Lee ve Yang, 2018). Böyle bir durum, birçok Çok Kriterli Analiz Yaklaşımında (AHP, ANP, TOPSIS vb.), bu iki yargıyı rasyonel bir şekilde bir araya getirerek Operasyonel Koşullar kriteri hakkındaki genel değerlendirmenin yapılmasında bir sorun oluşturur (Yang ve Xu, 2002; Zhang vd., 2016; Wu vd., 2017; Lee ve Yang, 2018). Benzeri durumlarda ER yaklaşımı, bu sorunla başa çıkmak için etkili ve uygun bir araçtır (Lowrance vd., 2008; Nair vd., 2015; Loughney ve Wang, 2017).

Temel ER algoritmasının sunumu için öncelikle, üst seviyede genel bir öznitelik (kriter) ve alt seviyede bir dizi temel öznitelik içeren iki düzeyli basit bir öznitelik hiyerarşisi olduğunu varsayalım. Bu hiyerarşide yer alan ve üst kriter olan α ile ilişkili olan L tane alt (temel) kriter $e_i (i = 1, \dots, L)$ olduğunu kabul edersek, temel kriterler seti aşağıdaki gibi tanımlanır (eşitlik 7).

$$E = \{e_1, e_2, \dots, e_i, \dots, e_L\} \quad (7)$$

Her kriterin ağırlığının ise aşağıdaki eşitlikte (8) olduğu gibi verildiğini varsayalım:

$$\omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_i, \dots, \omega_L\} \quad (8)$$

Bu eşitlikte ω_i , i 'inci temel özelliğin (e_i) göreceli ağırlığıdır ve $0 \leq \omega_i \leq 1$ olacak şekilde değer alır. Ağırlıklar performans kriterlerinin birbirine göre önemini belirttiği için değerlendirmelerde çok önemli bir rol oynar. Mevcut temel derecelendirme yöntemleri (Bulanık Mantık, frekans analizleri, görülme sıklığı vb.), veya özniteliklerin ikili karşılaştırmalarına dayanan daha ayrıntılı yöntemler kullanılarak belirlenebilir (Yang ve Xu, 2002; Ren vd., 2005; Li ve Liao, 2007; Wu vd., 2017).

Bir kriterin değerlendirilebilmesi için uygun sayıda (3, 5 veya 7) puan içeren, eksiksiz, standart bir ölçek ile tanımlanmış N farklı değerlendirme notunun olduğunu varsayarsak, bu değerlendirme seti aşağıdaki gibi tanımlanır (9):

$$H = \{H_1, H_2, \dots, H_n, \dots, H_N\} \quad (9)$$

Bu eşitlikte, H_n , n 'inci değerlendirme notudur ve H_{n+1} 'in, H_n 'ye tercih edildiği varsayılmaktadır yani, değerlendirme notları kötüden iyiye olacak şekilde sıralıdır (Yang ve Xu, 2002). Bu durumda herhangi bir alternatifin, belli bir performans kriteri e_i ($i = 1, \dots, L$) için verilen bir değerlendirme matematiksel olarak aşağıdaki eşitlikle ifade edilebilir (10):

$$S(e_i) = \{(H_n \beta_{n,i}), n = 1, \dots, N\}, \quad i = 1, \dots, L \quad (10)$$

Bu eşitlikte, $\beta_{n,i} \geq 0$, $\sum_{n=1}^N \beta_{n,i} \leq 1$ ve $\beta_{n,i}$ belirli bir değerlendirme notu verilen bir kriterin inanç derecesini ifade eder. Başka bir deyişle, e_i niteliğinin, $\beta_{n,i}$, $n = 1 \dots N$ inanç derecesi ile H_n değerlendirme notuna göre değerlendirilmesidir. Bir özniteliğin (kriterin) değerlendirmesini temsil eden $S(e_i)$ değeri, inanç derecelerinin toplamı 1'e eşitse "tam" olarak adlandırılır ($\sum_{n=1}^N \beta_{n,i} = 1$).

Bir genel kriterin (o), H_n notuna göre değerlendirildiği inanç derecesi β_n olsun. Sorun, üst kriter ile ilişkili tüm temel (alt) kriterlerin e_i ($i = 1, \dots, L$) değerlendirmelerini bir araya getirerek kombine edilmiş bir β_n ($n = 1, \dots, N$) değerinin eşitlik 5'de verildiği gibi üretilmesidir. ER algoritması bu sorunun çözümünde kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Temel bir olasılık kütlelerini temsil eden $m_{n,i}$, i 'inci temel kriterin (e_i) ait olduğu o üst

kriterinin n 'inci derecesindeki H_n değerlendirme notuna göre değerlendirildiği ve performansını (karar hipotezini destekleme derecesini) belirten bir değer olsun. Benzer şekilde, üst kriterin (o) değerlendirilmesi için tüm notlar dikkate alındıktan sonra, herhangi bir sınıfa atanmamış kalan olasılık kütleleri ise $m_{H,i}$ olsun (Yang ve Xu, 2002; Ren vd., 2005; Li ve Liao, 2007; Wu vd., 2017). Bu durumda temel kriterler (e_i) üzerinden, kombine olasılık kütleleri aşağıdaki eşitlikle hesaplanır (11):

$$m_{n,i} = \omega_i \beta_{n,i} \quad n = 1, \dots, N \quad (11)$$

Benzer şekilde, $m_{H,i}$ de aşağıdaki eşitlikle hesaplanır (12):

$$m_{H,i} = 1 - \sum_{n=1}^N m_{n,i} = 1 - \omega_i \sum_{n=1}^N \beta_{n,i} \quad (12)$$

Ayrıca, $E_{I(i)}$ değeri, i temel kriterlerinin bir alt kümesi olarak aşağıdaki eşitlikle (13) tanımlanır:

$$E_{I(i)} = (e_1, e_2, \dots, e_i) \quad (13)$$

Temel bir olasılık kütlelerini temsil eden $m_{n,I(i)}$, $E_{I(i)}$ 'deki tüm i öznelitliklerinin o'nun H_n değerlendirme notuna göre değerlendirildiği ve performansını (karar hipotezini destekleme derecesini) belirten bir değer olsun. Benzer şekilde, $m_{H,I(i)}$ ise, $E_{I(i)}$ 'deki tüm temel kriterler değerlendirildikten sonra atanmamış kalan olasılık kütleleri olsun. Burada belirtilen $m_{n,I(i)}$ ve $m_{H,I(i)}$ terimleri, tüm $n = 1, \dots, N$ ve $j = 1, \dots, i$ değerleri için temel olasılık kütleleri $m_{n,j}$ ve $m_{H,j}$ kombine edilerek hesaplanmaktadır (Yang ve Xu, 2002; Li ve Liao, 2007; Liu vd., 2013; Lee ve Yang, 2018). Yapılan tanımlamalar ve terimler göz önüne alındığında, temel ER algoritması aşağıdaki eşitlikle (14, 15, 16) ifade edilir:

$$m_{n,I(i+1)} = K_{I(i+1)} \left(\frac{m_{n,I(i)} m_{n,i+1} + m_{n,I(i)} m_{H,i+1}}{+ m_{H,I(i)} m_{n,i+1}} \right) \quad n = 1, \dots, N \quad (14)$$

$$m_{H,I(i+1)} = K_{I(i+1)} m_{H,I(i)} m_{H,i+1} \quad (15)$$

$$K_{I(i+1)} = \left[1 - \sum_{t=1}^N \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq t}}^N m_{t,I(i)} m_{j,i+1} \right]^{-1} \quad i = 1, \dots, L-1 \quad (16)$$

Bu eşitlikte $K_{I(i+1)}$ terimi, $\sum_{n=1}^N m_{n,I(i+1)} + m_{H,I(i+1)} = 1$ olacak şekilde normalleştirici bir faktördür. Ayrıca bu eşitlikte, $n = 1, \dots, N$ olmak üzere $m_{n,I(1)} = m_{n,1}$ ve $m_{H,I(1)} = m_{H,1}$ olduğuna dikkat etmek önemlidir. Burada her zaman, E'deki temel değerlendirme kriterleri subjektif olarak numaralandırılır, yani $m_{n,I(L)}$ ve $m_{H,I(L)}$ sonuç değerleri temel kriterlerin toplanma sırasına bağlı değildir (Yang ve Xu, 2002; Li ve Liao, 2007). Ayrıca, ER algoritmasında, karar verme sürecini sonuçlandırmak ve tek bir değer üzerinden daha rahat yorum yapabilmek için birleşik (kombine edilmiş) inanç derecesi β_n hesaplanmalıdır. ER algoritmasında, β_n inanç değeri aşağıdaki eşitlikle hesaplanır (17):

$$\beta_n = m_{n,I(L)}, \quad n = 1, \dots, N, \quad i = 1, \dots, L, \quad \beta_H = m_{H,I(L)} = 1 - \sum_{n=1}^N \beta_n \quad (17)$$

Burada, β_H , tüm temel kriterler uygun şekilde değerlendirildikten sonra herhangi bir değerlendirme notuna atanmamış olan inanç derecesidir. Diğer bir ifadeyle, β_H değeri, varsa değerlendirmedeki eksiklik derecesini gösterir (Yang ve Xu, 2002; Liu vd., 2004; Zhang vd., 2016)

Son olarak, tüm değerlendirme kriterleri, ER algoritmasından toplanan inanç derecelerine göre sıralanmalıdır. Bu, bir yardımcı eşitlik kullanılarak yapılabilir. Bir değerlendirme notunun (H_n) faydasının (performansının), $u(H_n)$ ile gösterildiğini varsayalım. Değerlendirme notunun faydası, beşli ölçek kullanılacağı varsayılarak, $u(H_1) = 0$ ve $u(H_5) = 1$ önceden belirlenmelidir. Eğer değerlendirme ölçeğinin fayda değerleri için özel bir tercih yapılmak istenmiyorsa, aşağıdaki eşitlikte (18) gösterildiği gibi $u(H_n)$ değerleri eşit artan olarak alınabilir (Yang ve Xu, 2002):

$$u(H_n) = (u(H_1) = 0, u(H_2) = 0.25, u(H_3) = 0.5, u(H_4) = 0.75, u(H_5) = 1) \quad (18)$$

Genel ve temel nitelikler için fayda değerleri, değerlendirme notları seti verildiğinde aşağıdaki eşitlik (19) yardımıyla hesaplanabilir:

$$u(S(z(e_i))) = \sum_{n=1}^N u(H_n) \beta_n(e_i) \quad (19)$$

Bu eşitlikte (19), $\beta_{n,i}(e_i)$ terimi, e_i 'nin bir H_n derecesine göre değerlendirilme olasılığının alt sınırını belirtir. Üst sınır ise $\beta_n(e_i) + \beta_H(e_i)$ ile hesaplanır. Bu eşitlik (19), eksik bir inanç derecesi olduğu varsayımı ile verilmiştir. $\sum_{n=1}^N \beta_n = 1$ olması durumunda, fayda değerleri tahminidir ve her kriter için bir sıra (fayda değerlerine göre) belirlenebilir (Yang vd., 2001; Zhang vd., 2016). Bu çalışmada ER yaklaşımı, dar suyollarında kazaların oluşumunu önlemeye yönelik sunulacak tedbirlerin insan, organizasyonel faktörler ve Operasyonel Koşullar üzerindeki etkinliğinin ortaya konması ve sıralanması amacıyla kullanılmıştır.

1.3. Dar Suyollarında Seyir Emniyeti ve Kaza Analizi

Gemilerin karşı karşıya olduğu tehlikeler ve bu tehlikelerin sonucunda meydana gelebilecek kazaların oluşturacağı risklerin (çevre, insan hayatı, maddi) en yüksek olduğu deniz alanlarından biri dar suyollarıdır (Oei, 2001; Squire, 2003; Bateman vd., 2007; Arslan ve Turan, 2009; Celik ve Cebi, 2009; Qu vd., 2012; Uğurlu vd., 2015a). Dar suyolları; trafik yoğunluğunun en üst seviyede olduğu, manevra alanının oldukça kısıtlı olduğu ve gemi hızının yüksek olduğu deniz kazaları açısından hassas bölgelerdir (Squire, 2003; Arslan ve Turan, 2009; Celik ve Cebi, 2009; Qu vd., 2011; Weng vd., 2012; Aydogdu, 2014; Uğurlu vd., 2015a; Erol vd., 2018). Deniz ticaretinde önemli bağlantı elemanı olma rolü üstlenen dar suyollarını, yapılış şekline göre kanallar ve boğazlar olarak ikiye ayırabilmek mümkündür. Dünya genelinde 50 civarı deniz ticareti açısından önemli, üzerinde seyir yapılabilen, insan yapımı kanal bulunmaktadır. Kanallar çoğunlukla gemi seyri, lojistik sağlama, kıta içlerine su ulaştırma, tarımsal faaliyetler gibi amaçlarla açılmıştır (Britannica, 2015). Deniz taşımacılığında rol oynayan önemli kanallardan bazıları; Süveyş Kanalı (Mısır-Afrika), Kiel Kanalı (Almanya-Avrupa), Corinth Kanalı (Yunanistan-Avrupa), Volga-Don Kanalı (Rusya-Avrupa); Panama Kanalı (Panama-Kuzey Amerika) olarak listelenebilir (Britannica, 2015). Kanallarda trafik boğazlara göre çok daha kontrollüdür. Gemi geçişleri özellikle Corinth, Panama, Süveyş Kanalları gibi dar kanallarda tek tek ve çok kontrollü olarak yapılmaktadır.

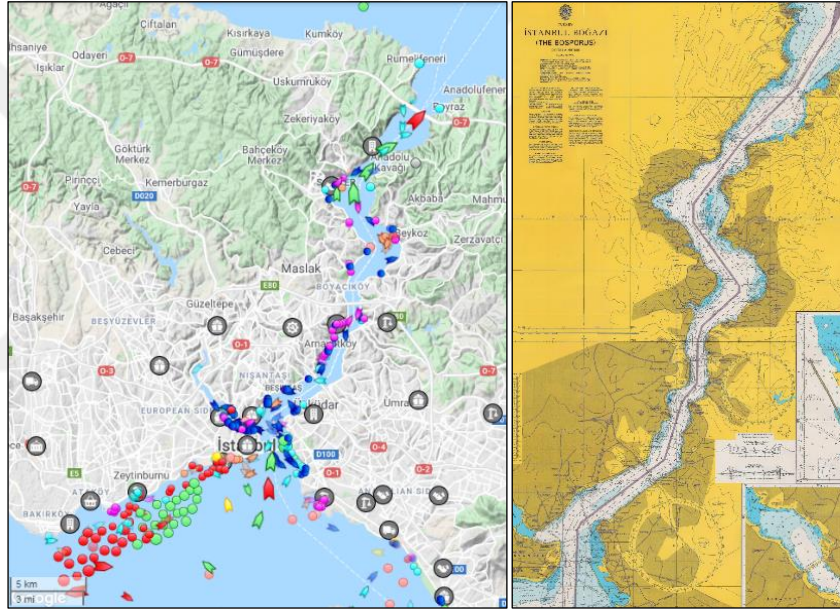
Boğazlar doğal yapılardır, Dünya genelinde 100'ün üzerinde seyir yapılabilir nitelikte boğaz (geçit, kanal olarak da adlandırılırlar) bulunmaktadır (Britannica, 2017). Deniz taşımacılığında rol oynayan önemli boğazlardan bazıları; Singapur Boğazı (Singapur-Malezya), Malakka Boğazı (Endonezya-Malezya), İstanbul Boğazı (Türkiye), Dover Boğazı

(İngiltere-Fransa), Çanakkale Boğazı (Türkiye), Hürmüz Boğazı (İran-Umman-Birleşik Arap Emirlikleri), Oresun Boğazı (İsveç-Danimarka), Great-Little Belt Boğazı (Danimarka) olarak listelenebilir. Boğazlar genellikle kıtalar arası bağlantıyı sağladığından ve birçok iç deniz ülkesinin açık denizlere erişim için kullandığı transfer noktaları olduğundan, bu bölgelerde deniz trafiği her zaman çok yoğundur. Bunun yanı sıra doğal deniz alanları olmaları nedeniyle boğazlarda, yerleşim alanları (şehirler) de kıyıya çok yakındır, yeterli izolasyon yoktur. Boğazlarda meydana gelebilecek herhangi bir kazanın sonuçları (can kaybı, çevre kirliliği ve ekosistem tahribatı) oldukça yıkıcı olmaktadır (Arslan ve Turan, 2009; Ugurlu vd., 2013; Aydogdu, 2014; Ugurlu vd., 2015a). Bu durum bu bölgelerde seyir emniyetinin önemini daha da arttırmaktadır. Boğazlarda kıyı devleti otoriteleri tarafından oluşturulmuş bir trafik akış düzeni vardır. Gemilerden beklenen bu trafik düzenine azami ölçüde uyarak kıyı devleti tarafından yayınlanan geçiş tüzüğü ve uluslararası kurallar çerçevesinde boğazdan emniyetli şekilde geçiş yapmalarıdır. Bu geçiş kanallarında olduğu kadar kontrollü değildir, ancak trafiğin koordinasyonunu ve düzenini sağlamaya yönelik olarak boğazlarda Gemi Trafik Hizmetleri (GTH), pilotaj hizmetleri ve römorkaj hizmetleri tesis edilmiştir.

Boğazlarda seyir emniyetinin sağlanması ve kazaların önlenmesi literatürde her zaman ilgi odağı olmuştur (Squire, 2003; Bateman vd., 2007; Arslan ve Turan, 2009; Başar, 2010; Aydogdu, 2014; Ugurlu vd., 2015a; İstikbal, 2020). Bu çalışmada da trafiğin çok yoğun olduğu ve deniz ticaretinin düğüm noktaları niteliğindeki İstanbul Boğazı (İB), Dover Boğazı (DB) ve Singapur Boğazı'nda (SB) meydana gelmiş kaza verilerinden yararlanılarak seyir emniyetini tehdit eden riskler incelenecektir.

İstanbul Boğazı; Karadeniz ve Marmara Denizi'ni bir birine bağlayan ve Karadeniz'e kıyısı olan ülkelerin sıcak denizlere ulaşabilmek için kullandığı yoğun dar su yollarından biridir. İB'dan yıllık 45.000-50.000 arası gemi geçişi olmaktadır. Geçiş yapan gemilerin sayısının yanı sıra büyüklüğü de her geçen gün artmaktadır (DTGM, 2019). İB, yaklaşık 17,3 NM uzunluğunda ve ortalama 0,81 NM genişliğindedir (İstikbal, 2001; İstikbal, 2020). İB'ı değişken bir dip ve yüzey akıntısına sahip olmakla birlikte yüzey akıntıları güney yönlüdür. Hızı saatte 4 knotu bulabilmektedir. Genel olarak 4 tür akıntı görülmektedir; yüzey (üst) akıntısı, dip (alt) akıntısı, Anafor (ters akıntı) ve Orkoz akıntısıdır (Ingerslev, 2005; SWAN, 2020). Karadeniz su seviyesi olarak Marmara Denizi'nden 40 cm daha yüksektir. Bu yükseklikten dolayı Karadeniz'in suları Marmara'ya doğru akmaktadır. Karadeniz'den Marmara'ya doğru olan yüzey akıntısının sebebi bu yükseklik farkıdır (İstikbal, 2001;

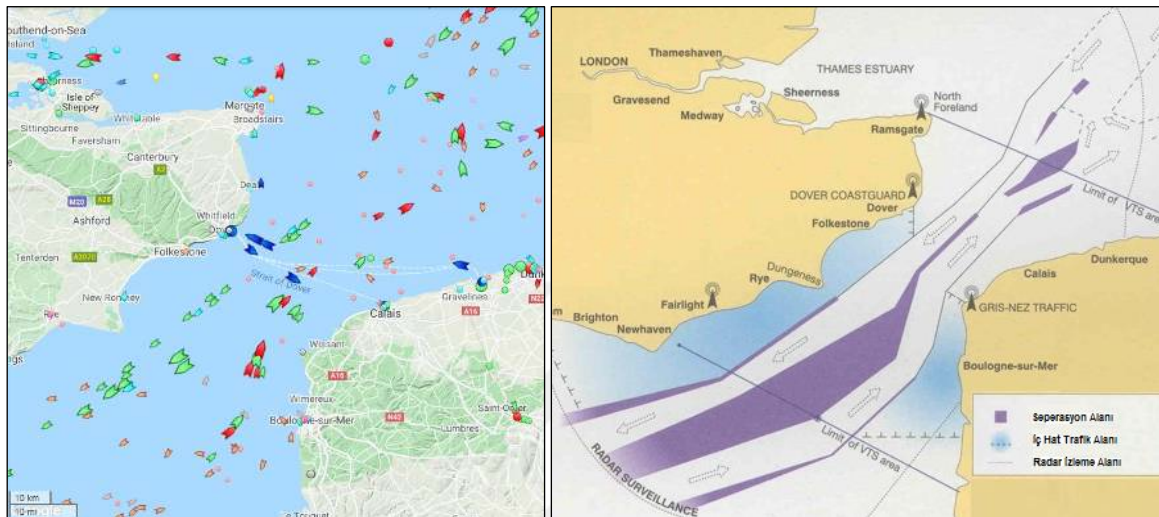
İstikbal, 2020). Yüzey akıntısının tersi yönünde tuzluluk farkından dolayı dip akıntısı oluşmaktadır. Marmara Karadeniz’den daha çok tuzlu olduğundan dolayı, Marmara’dan Karadeniz’e doğru dip akıntısı vardır (Ulusçu vd., 2009; İstikbal, 2020). Boğazda ana akıntıya karşı, kıyıların veya burunların kıvrımlarına giren suların sahilin kıvrımlarını takip ederek ters yönde kıyıdan ilerlemesiyle oluşan anaförler vardır. Güney rüzgârları ve özellikle Lodos bazen İstanbul’da deniz trafiğini olumsuz etkilemektedir (Aydogdu vd., 2012). Bu rüzgârlar, Marmara Denizi’nin sularını kuzeye doğru yığar ve İB’nın güney girişinde yarım metre kadar yükseltebilmektedir. Bu durumda akıntı rejimi değişmekte ve yüzeyde Orkoz adı verilen ters akıntı oluşmaktadır (İstikbal, 2001; SWAN, 2020) (Şekil 6).



Şekil 6. İstanbul Boğazı deniz trafiği ve seperasyon hattı genel görünüm (UKHO, 2006; MarineTraffic, 2021)

Dover Boğazı; Dünyanın en yoğun dar suyollarından biri olan DB’nda gemi trafik hizmetleri Fransa ve Birleşik Krallık olmak üzere iki farklı ülkenin birlikte çalışmasıyla yürütülmektedir. Kuzey-doğu yönünde geçiş yapan gemiler Fransız Sahil güvenliğine raporlama yapmak zorundayken, güney-batı yönünde geçiş yapan gemiler Kanal Seyir Bilgi Servisi’ne (CNIS) raporlama yapmak zorundadır (Neill, 1990; Lefevre, 1994). Kanalin İngiliz tarafında sığılıkları meydana getiren ve emniyetli suyunu daraltan, South Falls Bankı, Colbart Bankı (Ridge Bankı), Varne Bankı gibi banklar bulunmaktadır. Varne Bankı, DB’nda, Kent’de, boğazın 9 NM güneybatısında yer alan ve 2,9 NM uzunluğunda bir kum

bankıdır. Lobourg Kanalı boyunca uzanan Varne Bankı, DB'nın 68 m'lik en derin noktasının hemen güneybatısında yer almaktadır. Boğazdan her gün 400'ün üzerinde (yıllık 150.000'den fazla) ticari gemi geçiş yapmaktadır (Squire, 2003; Thiébaud ve Sentchev, 2016) (Şekil 7).



Şekil 7. Dover Boğazı deniz trafiği ve seperasyon hattı genel görünüm (MCA, 2014; MarineTraffic, 2021)

Singapur Boğazı, batıdaki Malacca Boğazı ile doğudaki, Karimata Boğazı arasında 56,7 NM uzunluğunda, 16 NM genişliğinde bir boğazdır. SB’nda trafik, Gemi Trafik Bilgi Sistemi (VTIS) ile Singapur kıyı devleti tarafından düzenlenmektedir. Boğazdan her yıl yaklaşık 70.000-80.000 gemi geçişi yapılmaktadır ve tonaj açısından dünyanın en yoğun dar su yolu olarak adlandırılmaktadır (Bateman vd., 2007; Luo ve Shin, 2019). Bu yoğunluğunun yanı sıra adaların ve buna bağlı olarak sığılıkların çok olması emniyetli geçidi daraltmaktadır. SB bölgedeki adaların ve boğazın içlerine kadar girmiş olan kara parçalarının mevcudiyeti nedeniyle oldukça dardır (en dar kısmı Tahong şamandırası: 0,5 NM). Boğazda trafik ayırım düzeninin doğu, batı girişinde ve emniyetli trafik şeridinin kuzey yakasında demir yerleri bulunmaktadır. Trafik ayırım düzeninin kuzey şeridi doğudan-batıya geçiş yapan gemiler için tek şerit olarak (ortalama 0,6 NM genişlik), güneyi ise batıdan doğuya geçiş yapan gemiler için çift şerit olarak (ortalama 0,8 NM genişlik) ayrılmıştır (Şekil 8) (MPA, 2006).

20 Mart 2018 tarihinde, DB’nda Malta Bayraklı, genel kargo gemisi ile Belçika Bayraklı, balıkçı gemisi arasında çatışma meydana gelmiştir. Kaza sonucunda balıkçı gemisi tamamen batmış ve tüm personeli arama kurtarma operasyonu sonucunda kurtarılmıştır. General kargo gemisi ise pruvadan hasar almıştır (Malta, 2019). 7 Nisan 2018 tarihinde İB’nda Beylerbeyi mevkiinde (sektör Kandilli içerisinde) Malta bayraklı, 225 metre boyundaki, dökme yük gemisi dümeninin kilitlenmesi sonucu sahile çatmıştır. Kıyı yapılarına verilen hasar da dâhil olmak üzere kazanın gemi sahibi armatör firmaya toplam maliyeti 50 milyon Amerikan dolarının üzerindedir (ECON, 2019). 13 Ocak 2019 tarihinde, SB’nda Hong Kong Bayraklı tanker gemisi ile Endonezya Bayraklı denizaltı boru hattı gemisi arasında çatışma meydana gelmiştir. Kaza sonucunda iskele tarafında büyük bir delik açılan boru hattı gemisi tamamen batmış ve tüm personeli arama kurtarma operasyonu sonucunda kurtarılmıştır. Kazada çevre kirliliği meydana gelmemiştir ancak 100 milyon Amerikan doları değerindeki gemi tamamen kullanılmaz hale gelmiştir (Energy, 2019). Son zamanlarda üç dar su yolunda meydana gelen bu ve benzeri deniz kazaları dar su yollarında alınan emniyet tedbirlerinin sürekli olarak gözden geçirilmesi gerektiğini kanıtlar niteliktedir. Yüksek trafik yoğunluğuna sahip dar su yollarında riskli deniz alanlarının belirlenmesi, güncel risklerin saptanması, mevcut emniyet tedbirlerinin gözden geçirilmesi hem bu dar su yollarına kıyıdaş ülkeler hem de denizcilik sektörünün tüm tarafları için önemlidir. Bu dar su yollarında kullanılmak üzere, geçiş yapacak her geminin karşı karşıya kalabileceği riskleri ve kaza olasılığının yüksek olduğu bölgeleri anlık olarak gösteren bir dinamik karar destek modelinin kullanıma sunulması yararlı olabilecektir. Böyle bir analiz modelinin geliştirilmesi, tutarlı çalışması için, geçmişte meydana gelen kaza verilerinin hem nitel (Operasyonel Koşullar, HOF’lar) hem de nicel (kazaların analitik oluşum modeli ve dinamik oluşum olasılıkları) olarak analiz edilmesi gerekmektedir. Ancak bu sayede tutarlı bir karar destek sistemi geliştirilerek, gemi kaptanları, deniz trafik operatörleri ve deniz ticaretinin tüm taraflarının hizmetine sunulabilir.

1.4. Literatürdeki Çalışmalar

Çalışmada incelenen dar su yolları (İB, DB, SB) ve analizde kullanılan yöntemler (CBS, HFACS-PV, BN, ER) ile ilgili olarak literatürde 60 farklı çalışmaya rastlanmıştır. Çalışma sayısının fazla olması sebebiyle bu bölüm incelenen dar su yolları ve kullanılan her

yöntem için alt başlıklar halinde sunulmuştur. Bu sayede okuyucunun mevcut literatürü çalışma kapsamı uyarınca daha rahat takip edebilmesinin sağlanması amaçlanmıştır.

1.4.1. Dar Suyollarında Seyir Emniyeti Literatürü

İB, DB ve SB dünya üzerindeki en riskli ve tehlikeli dar suyolları arasındadır (Qu vd., 2012; Uğurlu vd., 2015; Uğurlu ve Yıldız, 2016; Bielić vd., 2017). Gün geçtikçe artan gemi trafiği bu dar suyollarını daha da tehlikeli hale getirmektedir (Akten, 2006; Arslan ve Turan, 2009; Başar, 2010; Aydogdu, 2014; Uğurlu vd., 2015a). Konuyla ilgili yapılan araştırmalar, alınan tüm tedbirlere rağmen kazaların önüne geçilemediğini göstermektedir (Wu vd., 2017; Yıldırım vd., 2019; Ö. Uğurlu vd., 2020). Önlenemeyen kazalar, kazalara yönelik alınan önlemlerin yeterliliğini de sorgulanabilir hale getirmiştir (Schröder-Hinrichs vd., 2012; Uğurlu vd., 2015c). Literatürde DB ve SB’da meydana gelen deniz kazaları üzerine yapılmış çalışma sayısı fazla değildir. Ancak, İB gerek stratejik önemi gerekse coğrafi konumu itibarı ile literatürde çok sık yer almıştır.

Otay ve Özkan, (2003), yaptıkları çalışmada 1990-1999 yılları arasında İB’ndan transit geçiş yapan gemi istatistiklerini kullanarak, boğazın farklı bölgelerindeki kaza olasılıklarını oraya koyan fizik tabanlı matematiksel bir model (stokastik yaklaşım) geliştirmişlerdir. Çalışmanın temel veri seti trafik yoğunluğudur. Çalışmada boğazın farklı bölgelerindeki kaza olasılığını, gemi tipi ve kaza türüne (çatma, çatışma ve karaya oturma) göre gösteren bir risk haritası oluşturmuşlardır. Sonuç olarak, gemi boyunun kaza riski ile yakından ilişkili olduğu ve güneye giden gemilerin akıntı sebebiyle daha yüksek risk altında olduğunu ortaya koymuşlardır.

Köse vd., (2003), yaptıkları çalışmada Awesim yazılımını kullanarak İB’daki deniz trafiğinin simülasyon modelini yapmışlardır. Farklı trafik koşullarında simülasyonu çalıştırarak yeni petrol boru hatlarına bağlı deniz trafiğindeki olası artışın etkilerini araştırmışlardır. Karadeniz’e kıyısı olan ülkelerin petrol boru hatlarının sayısındaki artışın Türk Boğazlarındaki tanker trafiğini gün geçtikçe arttırdığını belirtmişlerdir. Gelecekteki çalışmalar için, bir felaket meydana gelmeden önce petrol tankerlerinin boyutundaki artışa bağlı olarak artan risklerin değerlendirilmesini tavsiye etmişlerdir.

Akten, (2004), çalışmasında 1953-2002 yılları arasında İB’nda meydana gelen 461 deniz kazasına ait raporu incelemiştir. İB’nda meydana gelen kazaları kaza türüne göre konumlandırmasını yaparak deniz kazalarının yoğunlaştığı deniz alanlarını belirlemiştir.

Çalışmada kazaların yoğunlaştığı deniz alanlarında kaza oluşumunu tetikleyen temel faktörler ortaya konmuştur. Tespit edilen temel faktörler; yoğun trafik, gemilerin boğazda pilotsuz seyir etmesi, güçlü akıntılar, boğazda mevcut olan keskin dönüşler, gemilerin trafik ayırım düzenine uygunsuz hareket etmesidir. Nedensel faktörler ise, kıyı şeridindeki arka plan aydınlatması, dikkat kaybı ve uyku hali ve bölgeye hâkim olmayan köprüüstü personeli olarak belirtilmiştir.

Başar, Köse ve Güneroglu, (2006), yaptıkları çalışmada, İB’nda istatistiki kaza verileri kullanılarak dört riskli alan belirlemiştir. Bu alanlarda 1.000 ton petrol sızıntısı durumu farklı senaryolarda simülasyon ile değerlendirilmiştir. Her senaryoda rüzgâr hızı ve yönü gerçeğe yakın olarak alınmıştır. General National Oceanic and Atmospheric Administration Oil Modelling Environment (GNOME) yazılımını kullanarak petrolün yayılım modeli oluşturulmuştur. Çalışmanın sonucunda riskli alanlar tespit edilmiş ve döküntülerin etkisini en aza indirmek için gerekli eylemler belirlenmiştir. Anadolu Kavağı, Büyükdere, Çengelköy ve Haydarpaşa, yüksek riskli alanlar olarak belirlenmiştir. Bu alanlardaki etkiyi en aza indirmek için Haydarpaşa Limanına ve Büyükdere'ye acil müdahale istasyonu kurulmasının yararlı olacağı belirtilmiştir.

Ulusçu vd., (2009), yaptıkları çalışmada İB’ndaki transit gemi trafiğine ilişkin emniyet risklerini incelemişler ve bunların azaltılması için önerilerde bulunmuşlardır. Risk analizini simülasyon modeline olasılıksal bir kaza risk modeli entegre ederek gerçekleştirmişlerdir. Kazalar, olaylar, tarihsel veriler ve konuya ilişkin uzman görüşleri dikkate alınarak matematiksel risk modeli geliştirilmiştir. Sonuç olarak, yoğun yerel trafik ve pilotaj, İB’ndaki riskleri etkileyen iki ana faktör olarak ortaya konmuştur. Ayrıca, boğazdan daha fazla gemi geçirebilmek için programda yapılan değişikliklerin, riskleri daha da arttıracığı belirtilmiştir. Bunun yanı sıra riskleri azaltmaya yönelik uygulanabilecek politikaların, ortalama gemi bekleme süresinde büyük artışlara neden olabileceği ifade edilmiştir. Tüm bu sonuçlardan hareketle, İB’ndaki mevcut operasyonların, hem risklerin hem de gemi gecikmelerinin çok fazla olduğu kritik bir seviyeye ulaştığını göstermektedir.

Arslan ve Turan, (2009), yaptıkları çalışmada İB’nda deniz kaza oluşumunu etkileyen faktörleri incelemişlerdir. Çalışmalarında AHP ve Güçlü yönler, Zayıf yönler, Fırsatlar, Tehditler (SWOT) analizi metodunu kullanmışlardır. Çalışma kapsamında kaza nedenlerini belirlerken kıdemli kılavuz kaptanlar, gemi kaptanları ve Gemi Trafik Hizmetleri operatörlerinin görüşlerine yer vermişlerdir. Çalışmalarında İB’nda deniz kaza oluşumlarını etkileyen pozitif ve negatif faktörlerin önem derecelerini ortaya koymuşlardır.

Birpınar, Talu ve Gönençgil, (2009), yaptıkları çalışmada İB’ndan 1982-2006 yılları arasında geçiş yapan gemi sayılarını ve meydana gelen büyük gemi kazalarını çevresel etkileri belirlemek amacıyla incelemişlerdir. Çalışma sonucunda yoğun trafiğin ve kazaların bölge ekosistemini olumsuz etkilediğini ortaya koymuşlardır. İB’nın bir doğal rezerv olarak görülmesi, dünya mirası olarak düşünülmesi ve koruma altına alınması gerektiğine vurgu yapmışlardır. Bu sayede boğazdaki doğal yapının ve canlı çeşitliliğinin korunabileceğini belirtmişlerdir.

Aydoğdu vd., (2012), yaptığı çalışmada Deniz Trafiği Hızlı Zaman Simülasyonu çalışmalarını kullanarak ve lokal trafik ayırım düzenleri önererek İB’nda seyir emniyetini arttırmaya yönelik tavsiyelerde bulunmuştur. Çalışma sonucunda İB için üç ayrı yerel trafik ayırım düzeni hattı önerilmiştir. Yapılan simülasyon denemeleri ile bu lokal trafik ayırım düzenlerinin İB’nda trafiği rahatlattığı ve seyri daha emniyetli hale getirdiğini ortaya koymuştur.

Aydoğdu, (2014), yaptığı çalışmada İB’ı güney girişinde gemi trafiği açısından tehlikeli alanları ve tehlikeleri belirlemiştir. Bu amaçla daha önce yapılmış benzer çalışmalardan faydalanmıştır. Çalışmasında literatür taramasına bağlı olarak tehlikeleri belirledikten sonra uzman görüşleri eşliğinde tehlikelerin sınıflandırmasını yapmıştır. Çalışmanın sonucunda İB’ı güney girişinin tanker trafiği ve 200 m üzerindeki gemi trafiği açısından riskli olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca İB’nda tek yönlü trafik uygulamasının deniz kaza oluşumlarını azaltacağı yönde tespit edilmiştir.

Uğurlu vd., (2015a), yaptıkları çalışmada Türk Boğazlarında meydana gelen deniz kazaları için bir öncelik değerlendirmesi yapmışlardır. Öncelik değerlendirmesi yapmak için bir ANP uygulaması olan “süper karar” programını kullanmışlardır. Çalışma kapsamında Türk Boğazlarında meydana gelen gemi kazalarını ekonomik kayıp ve denizde can emniyeti açısından değerlendirmeye almışlardır. Yapılan çalışma sonucunda kazaların % 89’unun ekonomik kayıpla % 11’inin de yaralanma ve ölümle sonuçlandığını tespit etmişlerdir. Ekonomik kayıp açısından en riskli kaza kategorileri çatma-çatışma (% 37) ve karaya oturmadır (% 25). Ekonomik kayıpla sonuçlanan çatma-çatışma ve karaya oturma kazalarının ana nedenini insan faktörü olarak bulmuşlardır. Ölüm yaralanma açısından en riskli kaza kategorileri % 4 ile diğer kazalar (sürüklenme, yan yatma, tıbbi tahliye, denize adam düşmesi, yardım talebi vb.) ve % 3 ile batmadır. Ölüm ve yaralanmayla sonuçlanan diğer kategorisinde yer alan kazalarda ana neden insan faktörü, batma kazalarında ise kötü hava şartları olarak tespit edilmiştir.

Erol vd., (2018), yaptıkları çalışmada İB’nda meydana gelmiş 135 adet deniz kazası verisini; Bulanık Mantık, Yapay Sinir Ağları ve Genetiksel Optimize Edilmiş Sınıflandırıcılar kullanarak analiz etmişlerdir. Çalışmada kazaların gemi boyu, gros tonajı, gemi tipi gibi değişkenlerle ilişkisini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, İB’nda, gemi büyüklüğünden bağımsız olarak kötü hava koşullarına bağlı olarak kazaların arttığını ifade etmişlerdir. Kötü hava koşulları kaynaklı kazaların önlenmesinde kötü hava koşulları ve gemi büyüklüğüne odaklanılması gerektiğini vurgulamışlardır.

Özlem vd., (2020), İB’nda 2008-2014 yılları arasında geçiş yapan gemi sayısı ve karaya oturan gemi sayısı istatistiki verilerini kullanarak yaptıkları çalışmada iki bileşenli bir karaya oturma kazası olasılık modeli geliştirmişlerdir. Bu iki bileşenden biri geometrik karaya oturma olasılık modeli (kinematik tabanlı hesaplanan) diğeri ise Bayes ağı (nedensellik olasılığı) modelidir. Geometrik olasılık modelini, durma mesafesi parametreleri için, Bayes ağını ise dar su yollarındaki kazaların oluşumunu modellemek için tercih etmişlerdir. Bu model ile İB’nda meydana gelebilecek karaya oturma kazası olasılığını, mevsim, trafik yoğunluğu ve günün saatleri gibi koşullara bağlı olarak tahmin edebilmek mümkündür. Çalışmalarının sonucunda, gelecek çalışmalar için, akıntıların, sığlıkların, gerçek trafik verilerinin vb. Operasyonel Koşulların dikkate alınmasını tavsiye etmişlerdir.

Literatürde İngiliz Kanalı’nda meydana gelen kazalar üzerine odaklanmış az sayıda analiz çalışmasına rastlanmıştır. Roberts, (2008), yaptığı çalışmada 1919-2005 yılları arasında İngiliz ticari gemilerinde meydana gelmiş ölümle sonuçlanan kazaları incelemiştir. Yapılan çalışmaya göre belirtilen tarihler arasında meydana gelen kazalarda 17.386 kişi hayatını kaybetmiştir. Bunların 6.074’ü yaşanan gemi kazasının etkisiyle, 11.312’si ise kişisel kazalardan kaynaklı meydana gelmiştir. Zamanla yaşanan gelişmelerle, deniz kazaları sonucu can kayıplarının bir ölçüde azaldığı ifade edilmiştir. Sonuç olarak, deniz kazalarından kaynaklanan ölümlerin başlıca nedenleri fırtınada veya şiddetli havada batma, ambarlarda meydana gelen yangın ve patlamalar, kısıtlı görüşte meydana gelen çatışmalar olarak ortaya konmuştur. İş sağlığı ve güvenliği alanında yapılan yeniliklerin kazalar sonucu meydana gelen ölümleri azalttığı belirtilmiştir.

Squire, (2003), İngiliz Kanalı’ndaki gemi trafiği (2000-2001 yılları arası) ve meydana gelen gemi kazaları (1999-2001 yılları arası) incelenmiştir. DB’ndaki trafik ayırım düzeninin kurulmasına ve kurulduğu tarihten bu yana, gemilerin güvenli çalışmasını etkileyen faktörleri ve elektronik seyir sistemlerini incelemiştir. Son üç yılda trafik ayırım düzeninde meydana gelen çatma ve çatışmaların nedenlerini gözden geçirmiştir. Çalışmanın sonucunda

İngiliz Kanalı'nda kazaların önlenmesi için seyir incelemesi yapılması gerektiğine ve problemlerin çözümlerine ilişkin bazı denizcilerin düşüncelerine ihtiyaç duyulduğu sonucuna varılmıştır. İngiliz Deniz Sahil Güvenlik Ajansı'na (MCA) konuyla ilgili tam rapor verilmesi ve bu konuda önleyici eylemlerin belirlenmesi gerektiği ifade edilmiştir.

SB'nda deniz trafiğinin etkinliği ve seyir emniyetinin sürdürülebilirliği ile ilişkili birçok çalışma mevcuttur (Sien, 1998; Oei, 2001; Qu vd., 2011; Kang vd., 2018). Bateman vd., (2007), Malakka ve Singapur Boğazları'ndan geçen gemi sayısına, gemi tiplerine, bölge ülkelerinin ticari amaçlarına ve deniz güvenliğini tehdit eden unsurlara (korsanlık, silahlı soygun, kaçırma etc.) dayanarak deniz emniyetini tehdit eden unsurları ve bunların birbiriyle olan ilişkisini ortaya koymuşlardır. Yerel trafiğin ve balıkçı gemilerinin seyir emniyeti açısından yüksek risk oluşturduğunu vurgulamışlardır.

Qu vd., (2011), SB'ndaki gemi çatışma riskinin nicel olarak değerlendirilebilmesi için üç adet (Hız Dağılımı İndeksi, Hızlanma-Yavaşlama Derecesi ve Bulanık Gemi Alanı Çakışmalarının Sayısı) gemi çatışma riski indisi (faktörü, endeksi) ortaya koymuştur. Risk endeksleri, gerçek zamanlı gemi konumları ve seyir hızları kullanılarak oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda bu üç risk endeksinin tahminlemesine dayanarak, boğazdaki en riskli bacaklar belirlenmiştir. Ayrıca onlar çalışmalarında boğazda seyir yapan gemilerin % 25'inin hız sınırını aştığını bu durumun ise çatışma riskini arttırdığını ortaya koymuşlardır.

Weng vd., (2012), yaptıkları çalışmada gerçek zamanlı gemi hareketi verilerini kullanarak SB 'nda çatışma frekansının tahminlenmesine yönelik olasılık denklemi ortaya koymuşlardır. Sonuç olarak konteynır gemilerinin en yüksek; Roll-On Roll-Off (RoRo) ve yolcu gemilerinin ise en düşük frekansa sahip olduğunu görmüşlerdir. Ayrıca onlar çalışmalarında SB 'nda en riskli sollama alanı, en riskli pruvadan geçiş alanını ve aykırı geçiş çatışmalarının sık yaşandığı deniz alanlarını belirlemişlerdir. SB'nda batıya giden trafiğin doğudan gelen trafiğe göre daha riskli olduğunu ve çatışma frekansının gündüzleri, geceden daha az olduğunu görmüşlerdir.

Meng vd., (2014), SB'ndan geçiş yapan 4 milyon geminin anlık Otomatik Tanımlama Sistemi (AIS) verilerini kullanarak gemi trafiğinin karakteristik yapısını analiz etmişlerdir. Çalışma sonucunda, konteyner gemilerinin (% 36,4) bölge trafiğindeki en büyük paya sahip olduğunu, RoRo-yolcu gemilerinin (% 4,8) ise en düşük paya sahip olduğunu belirtmişlerdir. Tanker, dökme yük, sıvılaştırılmış doğal gaz ve sıvılaştırılmış petrol gemileri; yüksek hızlı, diğer gemilere oranla daha büyük ve derin draftlı olmaları nedeniyle özel olarak SB'nda trafik düzenlemesi yapılırken bu gemilere dikkat edilmesi gerektiği belirtmişlerdir. Ayrıca

SB'nın Doğu Sektöründe trafiğin Batı Sektöründeki trafiğe oranla daha hızlı olduğunu ve 103° 48' D - 104° 05' D boylamları arasındaki alanın en yüksek trafik yoğunluğuna sahip olduğunu ortaya koymuşlardır.

1.4.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri Literatürü

CBS teknolojisi trafik güvenliğine yönelik çok önemli ve kapsamlı bir yönetim aracıdır (Liang vd., 2005). Literatürde yoğunlukla dijital harita üzerinde çoklu kaza verilerinin konumlandırılmasını, sınıflandırılmasını ve jeo-istatistiksel olarak analiz edilmesi amacıyla kullanılmaktadır (Erdogan vd., 2008; Anderson, 2009; Erdogan, 2009; Gundogdu, 2010, 2011).

Sigua ve Aguilar, (2003), yaptıkları çalışmada 10 yıllık bir zaman diliminde Filipinler karasularında meydana gelen deniz kazalarını incelemişler ve bir veri tabanı oluşturularak kazalara neden olan etmenleri ortaya çıkarmışlardır. Veri tabanı gemi adı, şirket adı, kaza tarihi, koordinatları, kazanın türü, ölüm ve yaralanmalar gibi bilgileri içermektedir. Veri tabanından Filipinler karasularında meydana gelen deniz kazalarının önemli büyüklüğüne göre batma, karaya oturma, su alma, yangın ve makine arızası olduğunu ve özellikle yangın ve makine arızası kazalarında insan hatasının önemli bir etken olduğunu elde etmişlerdir. Ayrıca çalışmalarında CBS'yi kullanarak deniz kazalarını kaza türüne göre konumlandırmışlar ve deniz kaza haritası oluşturmuşlardır. Yapmış oldukları çalışmada Filipinler karasularında deniz kazalarının yoğunlaştığı deniz alanlarını belirlemişlerdir.

Eliopoulou ve Papanikolaou, (2007), yaptıkları çalışmada, 1978-2003 yılları arasında 80.000 detveyt tonun (DWT) üzerindeki petrol tankerlerinde (geniş petrol tankeri) meydana gelen çok ciddi kaza boyutundaki ham kaza verilerini ayrıntılı bir incelemeden geçirmiş ve kazaların değerlendirilmesini yapmışlardır. Ayrıca çalışmalarında petrol kirliliğine sebep olan kazaları kirlilik boyutuyla dünya haritasında konumlandırarak, jeo-istatistiksel olarak analiz etmişlerdir. Sonuç olarak büyük petrol tankerlerinin sebep olduğu petrol kirliliği haritasını oluşturmuşlardır.

Kujala vd., (2009), Finlandiya körfezinde deniz trafik emniyetini analiz etmişlerdir. Bu amaçla 10 yıllık süreçte Finlandiya körfezinde meydana gelen deniz kazalarını araştırmışlardır. Çalışmalarının ilk aşamasında deniz kazalarını kategorilendirerek kazaların en sık yaşandığı kaza türlerini belirlemişler ve kaza nedenlerini ortaya koymuşlardır. Çalışmalarının ikinci aşamasında deniz kazalarının CBS de konumlandırmasını yaparak

deniz kaza haritası oluşturmuşlardır. Çalışmalarının sonucunda Finlandiya körfezinde en baskın iki kaza türünün sırasıyla karaya oturma ve çatışma olduğunu, kazaların batıda Helsinki ve Talin arasında, güney batıda Gogland kıyılarında, ayrıca Lavarsan, Peninsaan ve Seiskari adalarının kuzeyinde yoğun olarak yaşandığını tespit etmişlerdir.

Uğurlu, Yıldırım ve Yüksek yıldız, (2013), yaptıkları çalışmada 2007-2011 yılları arasında meydana gelmiş ölüm, yaralanma, ekonomik kayıp ve çevre kirliliği ile sonuçlanan deniz kazalarını CBS yazılımı kullanarak incelemişlerdir. Çalışmanın veri setine konteyner, dökme yük, kuru yük, genel kargo, RoRo, RoRo Yolcu (RoPax), yolcu ve tanker türündeki gemileri dâhil etmişlerdir. Çalışmada kaza koordinatları dünya haritası üzerine aktararak riskli deniz alanlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Sonuç olarak, yüksek riskli deniz alanları Kuzey Avrupa'da Dover Boğazı ve Hamburg; İrlanda'da Belfast kıyıları; Baltık Denizi'nde Büyük Kuşak, Kattegat ve Kopenhag çevresi; uzak doğuda, Kanmon Boğazı, Urage Kanalı; Japonya'da Bungo Boğazı; Çin'de Ningbo, Şangay ve Hong Kong olarak tespit edilmiştir.

Uğurlu vd., (2015d), de yapmış oldukları çalışmada petrol tankerlerinde meydana gelen gemi kazalarının konumsal analizini yapmışlardır. Çalışmadaki kaza verileri Küresel Entegre Deniz Taşımacılığı Bilgi Sistemi (GISIS) sisteminde kayıtlı 1998-2010 yılları arasında meydana gelen 379 adet petrol tankeri kazalarıyla ilişkili kaza raporları ve ülke raporlarını kapsamaktadır. Çalışmada ArcGis 2010 programı kullanılarak petrol tankeri kazalarının sıklıkla yaşandığı yüksek riskli deniz kaza noktaları tespit edilmiş ve kazaları tetikleyen nedenler ortaya konulmuştur.

Uğurlu ve Yıldız, (2016), yaptıkları çalışmada 1991-2015 yılları arasında meydana gelmiş 135 adet yolcu gemisi kazasını incelemişlerdir. Çalışmada yolcu taşımacılığı sektörünün durumu ve meydana gelen kazaların sektöre etkisi ortaya konmuştur. İncelenen kazalar ArcMap 10.3 yazılımı ile konumsal olarak analiz edilerek, yolcu gemisi kazaları için riskli coğrafi bölgeler belirlenmiştir. Belirlenen riskli bölgeler, literatürde farklı gemi tipleri üzerinde yapılmış konumsal analiz çalışmaları ile karşılaştırılarak, yolcu gemisi kazaları ve diğer gemi kazaları arasında konumsal açıdan bir ilişkinin olup olmadığı incelenmiştir. Sonuç olarak; Kuzey Batı Avrupa, Kuzey Avrupa ve Baltık Denizi, Taiwan-Hongkong, Kuzey Batı Atlantik (Newyork-Philadelphia) kıyılarının yolcu gemisi kazalarının sık görüldüğü riskli deniz alanları olduğu ortaya konmuştur.

1.4.3.HFACS Literatürü

HFACS, Kazaların oluşumunu anlamak ve yorumlamak, insan faktörlerini tespit etmek konusundaki başarısından dolayı, hava yolu kazaları, deniz yolu kazaları, madencilikte meydana gelen kazalar, demir yolu kazaları gibi birçok farklı sektörde uygulama alanı bulmuştur (Rothblum, 2000; Dambier ve Hinkelbein, 2006; Li ve Harris, 2006; Daramola, 2014; Yıldırım vd., 2019). Reinach ve Viale (2006), çalışmalarında demiryolu kazalarını HFACS metodu ile incelemişlerdir. HFACS'ın ana yapısı üzerinde değişiklik yapılarak demiryolu kazaları HFACS modeli (HFACS-RR) ortaya konmuştur. Ortaya konulan modelde HFACS'ın genel yapısına dış faktörler başlığıyla bir yeni bir seviye daha eklenmiştir. Dış faktörler; düzenleyiciler (kanun, yönetmelik vb.) ve demiryollarının faaliyet gösterdikleri ekonomik, siyasi, hukuki ve sosyal çevreyi içermektedir. Ayrıca ihlaller başlığı altına sabotaj eylemleri de alınmıştır. Çalışmada HFACS-RR metodu ile 6 adet tren kazası incelenmiştir. Sonuç olarak, demiryolu kazalarında teknolojik çevre, kurumsal süreç ve beceri hatalarının en yaygın faktörler olduğu ortaya konmuştur.

Baysari vd., (2008), yaptıkları çalışmada Avustralya'da meydana gelmiş 40 adet demiryolu kaza raporunu HFACS metodu ile incelemişlerdir. İncelenen kaza raporları çarpışma, raydan çıkma, emniyetli çalışma ihlalleri ve manevra kazalarını içermektedir. Çalışmanın amacı HFACS'nin demiryolu kazalarında uygulanabilirliğinin teorik olarak ortaya konması ve demiryolu kazalarındaki insan faktörlerinin tespit edilmesidir. Sonuç olarak incelenen kazaların neredeyse yarısının donanım arızası ve yetersiz bakım sonucu meydana geldiği, geriye kalan kazalarda da fiziksel yorgunluk ile ilişkili dikkat eksikliğinin (Beceri Temelli Hatalar) kazalara en yaygın Emniyetsiz Eylemler olduğu ortaya konmuştur. Ayrıca gelecek çalışmalarda demiryolu kazaları ile tam uyumluluğun sağlanması için HFACS'nin genel yapısında değişiklik yapılması önerilmiştir.

Çelik ve Çebi, (2009), yaptıkları çalışmada deniz kaza araştırmasının gerekliliğine ve önemine vurgu yapmışlar ve deniz kazalarının araştırılması için analitik HFACS geliştirmeyi amaçlamışlardır. HFACS metoduyla tespit edilen insan faktörlerini Fuzzy-AHP metodu ile değerlendirerek HFACS'ı analitik hale getirmişlerdir. Ortaya koydukları analitik HFACS metoduyla bir kuru yük gemisinde meydana gelen patlama kazasını inceleyerek metodu test etmişlerdir. Çalışma sonucunda, beceri hatalarının en önemli Emniyetsiz Eylemler olduğu, personel koordinasyon ve iletişim eksikliğinin de emniyetsiz eylemleri hazırlayan en önemli ön koşul olduğu ortaya konmuştur.

Schröder-Hinrichs vd., (2011), gemilerdeki makine dairesi yangın ve patlama kazalarını HFACS kullanarak incelemişlerdir. Çalışma kapsamında 41 tane olaya ait rapor incelenerek 368 adet etken faktör tespit edilmiştir. Çalışmanın amacı kurumsal faktörlerin makine yangınlarındaki etkisini ortaya koymak ve makine yangınlarında insan faktörünün tespit edilebilmesi için özelleşmiş bir HFACS geliştirmektir. Sonuç olarak HFACS ana yapısı değiştirilmeden alt nedenler tespit edilerek HFACS-MSS çerçevesi ortaya konmuştur. Organizasyonel faktörlerden ziyade, Emniyetsiz Eylemi Hazırlayan Ön Koşullar seviyesi altındaki teknolojik çevre faktörlerinin % 41 ile makine yangını kazalarında en önemli etkenler olduğu belirtilmiştir.

Chauvin vd., (2013), çalışmalarında Deniz Kaza İnceleme Birimi (MAIB) ve Kanada Ulaşım Güvenliği Kurulu (TSB) veri tabanlarından elde ettikleri çatışma kaza raporlarını HFACS metodu ve istatistiksel metotlar kullanarak incelemişlerdir. Toplam 27 kaza üzerinde çalışılmıştır. Çalışmanın amacı çatışma kazalarında etken olan insan faktörlerinin belirlenmesidir. Çalışmada, çatışma kazaları için HFACS-Coll yapısı oluşturulmuştur. Wiegmann ve Shappell'in yapısına ek olarak dış faktörler kategorisi tanımlanmış ve bu kategori yasal düzenlemeler ve diğer faktörler (liman otoriteleri vs.) olmak üzere iki alt başlığa ayrılmıştır. Yapılan kaza analizleri sonunda çatışma kazalarında en önemli etkenin karar hataları olduğu ortaya konmuştur. Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Ön Koşullardan da en önemlilerinin Kısıtlı Görüş ve Ekipmanların Yanlış Kullanımı (Çevresel Faktörler), Durumsal Farkındalığın Kaybedilmesi ve Dikkat Dağınıklığı (Operatörlerin Durumu), Gemi İçi İletişim Eksikliği ve Köprüüstü Kaynak Yönetimi (BRM) Eksikliği (Personel Faktörleri) olduğu tespit edilmiştir. BRM'in özellikle dar sularda, pilotlu seyirlerde çok önemli olduğuna vurgu yapılmıştır.

Chen vd., (2013), yaptıkları çalışmada HFACS ve Yazılım, Donanım, Çevre, Personel, Personel (SHELL) modelini birlikte değerlendirerek deniz kazalarında insan faktörü analizi için HFACS-MA modelini geliştirmişlerdir. Geliştirilen modelde 5 seviye tanımlanmıştır; HFACS'nin çekirdek yapısına ek olarak dış faktörler tanımlanmış ve yasal boşluklar, idari gözetim ve tasarım hataları olmak üzere 3 alt başlığa ayrılmıştır. Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Ön Koşullar; SHELL konseptine göre değiştirilerek, yazılım, donanım, çevre, personel ve operatörlerin durumu alt başlıklarına ayrılmıştır. Ortaya konulan metotla denizcilikte önemli bir yeri olan Herald of Enterprise kazası analiz edilerek metodun testi yapılmıştır.

Wang vd., (2013), HFACS ve BN metotlarını birlikte kullanarak analitik bir kaza inceleme modeli geliştirmişlerdir. Çalışmanın amacı kazaları önlemek için düşük maliyetli emniyet tedbirlerinin bir metot ile belirlenmesi ve bu tedbirlerin fayda-maliyet etkinliğine göre sırlanmasıdır. Amaca yönelik olarak, geliştirilen metotla örnek bir çatışma kazası analiz edilmiş, tespit edilen düşük maliyetli emniyet tedbirleri En iyi Uyum ve Kanıta Dayalı Muhakeme yöntemleri ile değerlendirilerek en etkin tedbirler belirlenmiştir. Çalışma sonucunda kazaların önlenmesi için alınacak en etkin tedbirlerin belirlenmesinde kullanılmak üzere; Kanıta Dayalı Muhakeme Temelli Fayda Maliyet Analizi (ER-temelli CBA) metodu ortaya konmuştur.

Batalden ve Sydnese, (2014), yaptıkları çalışmada IMO tarafından 1993 yılında kabul edilen ve yürürlüğe giren Uluslararası Emniyetli Yönetim Kodunun (ISM) üzerinden 20 yılı aşkın süre geçmiş olmasına rağmen denizcilik sektöründe emniyet konusunun hala önemli bir mesele olduğuna vurgu yapmışlardır. MAIB kaza veri tabanından alınan 94 kaza analiz edilerek kaza nedenleri ve nedensel faktörleri tespit edilmiştir. Bu nedensel faktörler emniyetli yönetimin gereklerini kapsayacak şekilde, ISM Kodun bölümlerine ve HFACS yapısındaki başlıklara göre kodlanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre denizcilikte esas problemin gemi operasyonlarının planlanması, yerel gemi yönetimi ve bu işlemlerin uluslararası standartlara uygunluğunu denetleyen şirketlerin denetimi yapma usulü olduğu ortaya konmuştur. Esas problemin; işe uygun olmayan personelin görevlendirilmesi, gerekli eğitim ve tecrübenin sağlanmadan görevlendirme yapılması olduğuna vurgu yapılmıştır. Sorunun çözümü için denizcilik sektöründeki eğitim ve aşinalık sisteminin tekrar gözden geçirilmesi gerektiği, ancak bu sayede kazalarda çok büyük rolü olan personel faktörlerinin önlenebileceği belirtilmiştir.

Soner vd., (2015), çalışmalarında gemilerde sıklıkla karşılaşılan ve kazalara yol açan eksikliklerin tahmin edilmesi ve ortadan kaldırılmasına yönelik bir model ortaya koymayı amaçlamışlardır. Bu amaca yönelik olarak HFACS ve Bulanık Bilişsel Haritalama (FCM) metotları birleştirilerek HFACS-FCM modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen model eksiklikleri (yangın) içeren bir veri tabanı üzerinde uygulamıştır. Sonuç olarak gemilerde yangının Emniyetsiz Eylemler, Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Ön Koşullar, Emniyetsiz Denetim ve Organizasyonel Etkiler gibi bütün kategorilerdeki kök ve alt nedenlerden kaynaklı olarak ortaya çıkabileceği belirtilmiştir.

Akyuz, (2017), yaptığı çalışmada gemi kazalarında olası operasyonel riskleri değerlendirmek için yeni bir hibrit yaklaşım sunulmayı amaçlamıştır. Çalışmada HFACS ile

ANP yöntemleri entegre edilmiştir. Sonuç olarak meydana gelmiş bir deniz kazasına etki eden önemli faktörleri sırasıyla tespit etmeye yönelik model sunulmuştur. Bu sayede gemi işletmecisi şirketler ve emniyet konusunda çalışan araştırmacıların kazaları önlemeye yönelik eylemlerinin teşvik edilmesi hedeflenmiştir.

Uğurlu vd., (2018), yaptıkları çalışmada 1991-2015 yılları arasında yolcu gemilerinde meydana gelmiş 70 adet çatma-çatışma kazasını HFACS kullanarak analiz etmiştir. Çalışma sonucunda, yolcu gemilerinde meydana gelen kazalarda insan faktörünün analizinde kullanılmak üzere özelleşmiş bir HFACS-PV modeli geliştirilmiştir. İncelenen kazalarda Operasyonel Koşulların, Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Ön Koşulların ve gemideki takım üyeleri tarafından yapılan Emniyetsiz Eylemlerin en önemli kaza tetikleyicileri olduğu tespit edilmiştir. Kazaların önlenmesinde personel seçim ve görevlendirme kriterlerinin önemine vurgu yapılmıştır. Bunun yanı sıra şirket içi ve gemi içi eğitim ve denetimlerin Emniyetsiz Eylemlere zemin hazırlayan ön koşulların oluşmasını engelleyebileceği tespit edilmiştir. Kazaların önlenmesi için öncelikle; personel eğitimine, şirkette ve gemide Emniyet Kültürünün yerleştirilmesine odaklanılması tavsiye edilmiştir.

Yıldırım vd., (2019), çalışmalarında 1991-2014 yılları arasında meydana gelmiş 189 karaya oturma ve 68 çatışma kazasındaki insan hatalarını HFACS-MA kullanarak analiz etmişlerdir. Tespit ettikleri ve sınıflandırdıkları faktörlere Ki-Kare testi ve Uyum Analizi uygulayarak HFACS kategorilerini birbiriyle kıyaslamışlar ve aralarındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Çalışma sonucunda en etkili insan faktörlerinin karaya oturma ve çatışma kazalarında değişkenlik gösterebildiğini belirtmişlerdir. Karaya oturma ve çatışma kazaları arasındaki insan faktörü farklılıklarını, karar hataları, kaynak yönetimi eksiklikleri, ihlaller, beceri temelli hatalar ve iletişim eksikliği olarak sıralamışlardır.

Sarialioğlu vd., (2020), gemi makine dairelerinde meydana gelmiş 49 adet yangın-patlama kazasına ait raporu HFACS-PV ve Bulanık-FTA metotlarını kullanarak analiz etmişlerdir. HFACS ile kazaların oluşumunda rol oynayan faktörleri tespit edip hiyerarşik bir yapıda sınıflandırmışlardır. Bulanık-FTA metodu ile ise olası kaza senaryolarını modellemiş ve meydana gelme olasılıklarını hesaplamışlardır. Çalışmada, yangın-patlama kazalarının 20 yaş üstü gemilerde yoğunlaştığı ve mekanik yorgunluğun kaza oluşumunu büyük ölçüde etkilediği ortaya konmuştur. Gemi ana makinesinin çalışmasından kaynaklı artan sıcak yüzeyler, yağ-yakıt sızıntısı ile birleştiğinde, kazaların kaçınılmaz hale geldiğine vurgu yapılmıştır. Bunun yanı sıra, sıcak yüzeylerin yalıtımının uygun yapılmamış olması,

uygunsuz (orijinal olmayan) yedek parça kullanımı, uygunsuz planlı bakım ve onarım gibi nedensel faktörlerin kazalardaki temel tetikleyiciler olduğu belirtilmiştir.

Yildiz vd., (2021), yaptıkları çalışmada, 1991-2017 yılları arasında yolcu gemilerinde meydana gelmiş 51 karaya oturma kazasını HFACS-PV yapısını kullanılarak analiz etmişlerdir. Bunun yanı sıra çalışmalarında farklı gemi tiplerinde meydana gelmiş 3 farklı kaza türünü HFACS-PV ile analiz ederek gelecekteki uygulayıcılara yönelik örnek çalışma sunmuşlardır. Sonuç olarak, yolcu gemisi kazaları için geliştirilen HFACS-PV yapısının farklı gemi tipleri ve farklı kaza türleri (çatma, karaya oturma, batma vb.) için de uygulanabilir olduğunu ortaya koymuşlardır. HFACS-PV yapısının, deniz kazalarında insan faktörlerinin tespiti ve sınıflandırmasına yönelik tutarlı sonuçlar verdiğine vurgu yapmışlardır. HFACS'ın esnek bir yapısı olduğunu bu sayede, hem nitel hem de nicel analizler yapabilmek için diğer analitik yöntemlerle kombine veya hibrit kullanımının avantaj sağlayabileceğini belirtmişlerdir.

1.4.4. Bayes Ağı Literatürü

Bayes teoremi bir rassal değişken için olasılık dağılımı içinde koşullu olasılıklar ile marjinal olasılıklar arasındaki ilişkinin belirlenmesini sağlamaktadır (Gillies, 1987; McCarthy, 2007). Kaza oluşumu gibi karmaşık olayları bir ağ örgüsü şeklinde düğümler ve yönlü oklar (kenarlar) kullanarak modelleyebilmeye imkân tanımaktadır. BN literatürde birçok çalışmada kullanılmıştır (Trucco vd., 2008; Yang vd., 2008; Wang vd., 2013; Zhang vd., 2013; Akhtar ve Utne, 2014; Li vd., 2014). Trucco vd., (2008), HOF'ların incelenmesi gerektiğinde, karmaşık sosyo-teknik sistemlerin risk modellerini daha tutarlı bir şekilde yapılabilmesi için Bayesian İnanç Ağlarını (BBN) kullanarak bir yaklaşım sunmuştur. Sundukları ağı örnek bir çatışma kazası oluşumuyla test ederek tutarlılığını kanıtlamışlardır.

Yang, Bonsall ve Wang, (2008), çalışmalarında, Hata Modu ve Etkileri Analizi (FMEA) ve BN modellerini birlikte değerlendirerek, bir olaydaki hataların ve sonuçların önceliklerini belirlemek için yeni ve etkili bir Kural Temelli Bayesian Nedensellik Yaklaşımı (FuRBar) sunmuşlardır. Geleneksel Bulanık Mantık yöntemlerin kullanımına ilişkin bazı belirsizlikleri ortadan kaldırmayı amaçlamışlardır. Sundukları FuRBar yapısını çatışma kazaları üzerinde denemişler ve duyarlılık analizi ile uygulanabilirliğini savunmuşlardır.

Akhtar ve Utne, (2014), yaptıkları çalışmada gemi kazalarının BN ile modellenebilmesi için genel bir yöntem sunmayı amaçlamışlardır. Karaya oturma kazalarında köprüüstü takım üyelerinin yorgunluğunun araştırılması için kullanılmak üzere bir BN modeli sunmuşlardır. Sonuç olarak yorgunlukla ilgili en önemli faktörlerin gemide adam donatımı, vardiya düzenleri, kalite kontrolü, gemide sertifikasyon ve dokümantasyon ile ilişkili olduğunu vurgulamışlardır.

Li vd., (2014), çalışmalarında lojistik regresyon ve BN'nı denizde risk değerlendirmesine entegre etmeye yönelik bir yaklaşım sunmuşlardır. Çalışmada kurulan ağda yer alan düğümlerin olasılıklarının belirlenmesinde Binary Lojistik Regresyon kullanmışlardır. Bu sayede genellikle uzman görüşü kullanılan ve nispeten daha göreceli olan yöntemi, istatistiki bir yöntemle değiştirmişlerdir.

John vd., (2016), bir limandaki operasyonları etkileyen çeşitli değişkenleri modellemek için BBN ve F-AHP metotlarını kullanan bir modelleme yaklaşımı sunmuşlardır. Önerdikleri metodun, denizde emniyet sistemlerine ve limanda bulunan sistemlerinin esnekliğine katkıda bulunacak stratejileri uygulamak için karar destek aracı olarak kullanılabileceğini savunmuşlardır.

Ma vd., (2016), kare şeklindeki radar görüntülerinde yakalanan çok sayıda dar suyolunda bulunan radar ekolarından hareketli olan gemileri seçebilmek için BN tabanlı bir metod önermiştir. Bu sayede özellikle küçük adacıkların, seyre tehlikeli su üstünde kayaların bulunduğu bölgelerde radar ekranlarında beliren hareketsiz ekoların ve hareketli gemilerin kolaylıkla ayrılabilceği savunulmuştur. Sunulan model bir örnek olay üzerinde test edilmiştir.

Pristrom vd., (2016), deniz korsanlığı ve soygun olaylarını, gemi özellikleri ve coğrafi konum gibi etmenler açısından incelemiştir. Batı Hindistan ve Doğu Afrika bölgesinde bir geminin kaçırılma ihtimalini tahmin etmek için Bayesian nedensel yaklaşımını temel alan analitik bir model önermişlerdir. Önerdikleri model, gemi özellikleri, çevre koşulları ve gemi güvenlik önlemlerini entegre bir şekilde değerlendirmeyi mümkün kılmaktadır. Çalışmada GIS veri tabanından elde ettikleri deniz korsanlığı ve soygun verilerini incelemiştir.

Zhou vd., (2018), Bulanık Mantık teorisi, BN ve tanker taşımacılığı için Bilişsel Güvenilirlik ve Hata Analizi Yöntemine (CREAM) dayanan niceliksel bir İnsan Güvenirlik Analizi (HRA) modeli önermişlerdir. Sundukları hibrit modeli tankerde çalışan 18 kişiye anket uygulayarak test etmişlerdir. Bunun yanı sıra kurdukları BN'a duyarlılık analizi uygulayarak ağın tutarlılığını test etmişlerdir. Sonuç olarak sundukları HRA modelinin

denizcilik şirketleri tarafından karar destek sistemi olarak kullanılabileceğini ve kazalarda insan faktörünün araştırılmasında kullanılabileceğini savunmuşlardır.

Zarei vd., (2019), çalışmalarında Sezgisel Bulanık Teori, F-AHP, BN metotları ve HFACS yapısının entegrasyonuna dayanan hibrit ve dinamik bir model geliştirmişlerdir. Geliştirilen modelin, doğal gaz boru hattında meydana gelmiş gerçek bir kaza senaryosu üzerinden örnek uygulamasını sunmuşlardır. Bu örnek uygulama ile modelin operatörlerden üst düzey yöneticilere kadar yapılan tüm uygunsuzlukları kapsamlı bir şekilde tanımlayabildiğini göstermişlerdir. Model, kaza nedensellik perspektifiyle istenmeyen bir olaydaki insan faktörlerinin belirlenmesi, kategorize edilmesi ve sıralanmasına yardımcı olabilmektedir. Çalışmanın sonuçları, kazaların özellikle Emniyetsiz Denetim ve organizasyonel seviyedeki yönetimsel uygunsuzlukların etkisi ile meydana geldiğini göstermiştir. Ayrıca, sırasıyla Emniyetsiz Eylemler seviyesinde Rutin İhlallerin, organizasyonel seviyede ise Operasyonel Süreçler ve Kaynak Yönetiminin etki açısından kazalardaki en kritik uygunsuzluklar olduğu belirtilmiştir.

Ö. Uğurlu vd., (2020), Karadeniz’de meydana gelmiş 196 karaya oturma, batma, çatma ve çatışma kazasını HFACS-PV ve BN kullanarak analiz etmişlerdir. Çalışmada, Kerç Boğazı, Novorossiysk, Kilyos, Konstanta, Riva ve Batum kıyılarında deniz kazalarının yoğun olarak meydana geldiğini belirtmişlerdir. Karaya oturma ve batma kazalarının oluşumunun, benzerlik gösterdiğini; iç su gemileri ve eski gemilerin açık denizde kullanılmasının batma ve karaya oturmalarda önemli rol oynadığını vurgulanmışlardır. Çalışma sonucunda Karadeniz’de meydana gelebilecek kazaların analizinde kullanılmak üzere HFACS-PV temelinde geliştirilmiş bir BN (Kaza ağı) ortaya koymuşlardır.

F. Uğurlu vd., (2020), yaptıkları çalışmada 2008-2018 yılları arasında, 7 m ve üzerinde boy uzunluğuna sahip balıkçı teknelerinde meydana gelmiş 226 deniz kazasına ait raporu, BN ve Ki-Kare Bağımsızlık Testi kullanarak incelemişlerdir. Sonuç olarak, kazaları önlemek için önerilerde bulunmuşlardır. Ayrıca, balıkçı teknelerinde meydana gelen kazaları özetleyen bir Kaza (Bayes) ağı ortaya koymuşlardır. Bu ağın, balıkçı teknelerinde kazaların oluşumunu anlamaya ve değişken koşullara bağlı olarak kaza oluşumunu tahmin etmeye imkân tanıdığını belirtmişlerdir. Ki-Kare bağımsızlık testleri sonucunda kaza kategorisi (karaya oturma, çatma, çatışma vb.) ile gemi uzunluğu, gemi yaşı, can kaybı ve gemi kaybı arasında anlamlı bir ilişki olduğunu ortaya koymuşlardır.

Kaptan, (2019), yaptığı çalışmada 2000-2017 yılları arasında meydana gelmiş 175 adet çatma-çatışma ve 115 adet karaya oturma kaza raporundan elde edilen uygunsuzlukları

HFACS-PV metodu ile incelemiştir. Kazalara etkiyen elektronik seyir cihazları kaynaklı uygunsuzlukların belirlenmesini amaçlamıştır. BN metoduyla uygunsuzluklar arası ilişkileri analiz etmiştir. Çalışmanın sonucunda elektronik seyir yardımcılarının kazalardaki rolü ve etkisini ortaya koyan bir kaza oluşum ağı sunmuştur. Gemde teknolojinin kullanımıyla ilgili yaşanan işletim hatası kaynaklı kazaların önlenmesine yönelik tavsiyelerde bulunmuştur.

1.4.5. Kanıta Dayalı Akıl Yürütme Literatürü

ER yaklaşımı, belirsizlik ve rastgelelik dâhil olmak üzere çeşitli durumlar altında hem nicel hem de nitel ölçütlere sahip sorunların ele alınması için genel bir MCDA yaklaşımıdır. Denizcilikte kaza analizi kapsamında genellikle, kazaları önlemeye yönelik alternatiflerin (önerilerin) sıralanması ve değerlendirilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra literatürde farklı sektörlerde karar destek sistemi olarak kullanılmıştır (Fang ve Hu, 2006; Nwaoha vd., 2011; Wang vd., 2013; Wu vd., 2017).

Wang, Yang ve Sen, (1995), çalışmalarında karmaşık bir mühendislik sisteminin emniyet analizi ve sentezi için seviyelerine ayrıştırılabilen hiyerarşik yapıda yeni bir metodoloji sunmuşlardır. Bu metodolojide, her bir başarısızlık olayını tanımlamak için Bulanık Küme Teorisi kullanılmıştır ve tüm sistemin güvenliğini değerlendirmek için ER yaklaşımı kullanılmıştır. Başarısızlık olayını analiz etmek için üç temel parametre; başarısızlık olasılığı, sonuç şiddeti ve başarısızlık sonucunun olasılığı, kullanılmaktadır. Sunulan metotta bu üç parametre, bir üyelik fonksiyonu ile karakterize edilen sözel değişkenlerle tanımlanmıştır. Emniyeti; “emniyet ifadeleri” olarak adlandırılan sözel değişkenlerle tanımlamak mümkün olduğundan, elde edilen bulanık emniyet puanı, aynı hiyerarşik seviyedeki üyelik işlevleriyle karakterize edilen emniyet ifadeleriyle tekrar eşlenmiştir. Bu haritalama sonucunda, her başarısızlık olayının emniyeti, derece cinsinden tanımlanmıştır. Bu emniyet dereceleri, emniyet değerlendirmelerindeki belirsizliği temsil ettiği ifade edilmiştir. Tüm sistemin emniyeti emniyet dereceleri ve ER yaklaşımı kullanılarak sentezlenmiştir. Önerilen analiz metodunun uygulaması için mühendislik örneği sunulmuştur.

Wang, (2000), yaptığı çalışmada belirsizlik söz konusu olduğu durumlarda Resmi Emniyet Değerlendirmesi (FSA) için öznel emniyet analizi temeline dayalı bir karar destek yapısı önermiştir. Önerdiği yapıda, en düşük seviyedeki başarısızlık olayları Bulanık Kümeler kullanılarak modellenmiştir ve kurulan hiyerarşinin farklı seviyeleri için emniyet

sentezi ER kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sunulan yapı birden fazla uzmanın görüşleri kombine edilerek de emniyet sentezi yapmak için kullanılabilir. Çalışmadaki yapının uygulanabilirliği bir örnek üzerinde kanıtlanmıştır.

Liu vd., (2005), yaptıkları çalışmada genel bir kurala dayalı çıkarım metodolojisi temelinde mühendislik sistemlerinin veya projelerinin sistem güvenliğini modellemek, analiz etmek ve sentezlemek için ER yaklaşımına dayalı bir çerçeve geliştirmişlerdir. Geliştirilen çerçeve iki bölümden oluşmaktadır, birincisi, Bulanık Kurala Dayalı ER Yaklaşımı (FURBER) olarak adlandırılmıştır ve Bulanık Kurala Dayalı emniyet tahmini içindir. İkincisi ise, ER yaklaşımını kullanarak emniyet sentezi yapma içindir. FURBER çerçevesinde, başarısızlık oranı, başarısızlık sonucu şiddeti ve başarısızlık sonucu olasılığı da dâhil olmak üzere emniyet seviyesini belirlemek için kullanılan parametreler bulanık sözel değişkenlerle tanımlanmıştır. Bu üç parametre ile emniyet seviyesi arasındaki belirsizlik ve doğrusal olmayan ilişkileri ortaya koyabilmek için inanç (belief) yapısı temelinde tasarlanan Bulanık Kural Tabanı, kural-temelli sistemin çıkarımı ve ER algoritması kullanılarak uygulanmıştır. Önerilen modelin uygulanmasını göstermek için bir Yüzen Üretim Depolama Boşaltma Ünitesi (FPSO) ile bir tanker arasındaki teknik bir aksaklık nedeniyle meydana gelen arızaya bağlı oluşan çatışma riski vakası kullanılmıştır.

Nwaoha vd., (2011), yaptıkları çalışmada bir sıvılaştırılmış doğal gaz taşıyıcı sistemini, emniyet-risk seviyesinde hata modlarının belirsizliğini giderebilmek amacıyla Bulanık Kanıtsal Muhakeme yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Sistemin hata modlarının emniyet-risk seviyelerini değerlendirmek için sonucun şiddeti, başarısızlık ile sonuçlanma olasılığı ve başarısızlık olasılığı gibi çoklu parametrelere sahip Bulanık Kümeli bir formül kullanılmıştır. Bu başarısızlık tahminleri, ER yaklaşımı kullanılarak tüm sistemin emniyet-risk seviyesini değerlendirmek amacıyla yapılmıştır. Çalışma sonucunda, sistemin yüksek risk seviyesinin azaltılması-kontrol edilebilmesi için Risk Kontrol Seçenekleri (RKS) geliştirilmiştir. En yüksek tercih derecesine sahip olan en iyi RKS'nin, sistemin emniyet seviyesini arttırmak için kullanılabileceği ortaya konmuştur. Çalışma sonuçları aksiyom testleri yapılarak doğrulanmıştır.

Yang, Wang ve Li, (2013b), çalışmalarında deniz emniyet analizinin zorluklarını ve deniz taşımacılığındaki riskleri ölçmek için kullanılan farklı yaklaşımları değerlendirmişlerdir. FSA, yetersiz kaldığı kısımlar göz önüne alınarak incelenmiştir ve IMO düzeyinde FSA'nın son gelişmeleri ortaya konmuştur. FSA'nın deniz emniyeti ve korsanlık analizindeki olası uygulamaları ve denizde emniyet üzerindeki etkileri ele alınarak

tartışılmıştır. Risk belirleme analizinin, denizde Emniyet Kültürünün reaktif bir yaklaşımdan proaktif yaklaşıma dönüşümünü nasıl kolaylaştırdığını göstermek için ER’de dâhil olmak üzere bazı yeni belirsizlik ve risk modelleme tekniklerini de ortaya koymuşlardır.

Wang vd., (2013), yaptıkları çalışmada kazaları önlemek için güvenlik önlemlerinin geliştirilmesinde kullanılmak üzere düşük maliyetli seçenekleri bulmayı hedefleyen bir kaza analizi modeli önermiştir. Model iki bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde, HFACS’ın BN ile bütünleştirilmesiyle kantitatif bir kaza analizi modeli oluşturulmuştur ve bu yapı önleyici tedbirleri tespit etmek için kullanılabilir. İkinci bölümde önerilen tedbirler, En İyi Uyum yöntemi ve ER yaklaşımı ile maliyet etkinliğinde sıralanmıştır. Sonuç olarak en etkili 4 kaza önleyici tedbir sırasıyla, talimatlara uygun hareket edilmesi, güvertede çalışma esnasına personelin yelek giymesinin teşvik edilmesi, operasyonlarda uygun ekipman kullanılması ve çatışmadan kaçınma konusunda köprüüstü ekibine acil durum eğitim ve talimlerinin yaptırılması olarak tespit edilmiştir.

Liu vd., (2013), yaptıkları çalışmada, Başarısızlık Modu Etki Analizinde başarısızlıklara öncelik vermek için kullanılabilen bir risk sıralama modeli önerilmiştir. Sunulan model Bulanık Kanıta Dayalı Akıl Yürütme (FER) ve İnanç Kural Tabanı (BRB) metotları temel alınarak geliştirilmiştir. Modelin uygulanabilirliğini kanıtlamak için bir balıkçı gemisi operasyonu üzerinden örnek olay çalışması yapmışlardır.

Yang vd., (2013), yaptıkları çalışmada, deniz mühendisliğinde insan güvenilirliğinin analitik olarak değerlendirilmesini kolaylaştırmak amacıyla, FER mantığı ve BN mantığını kullanarak modifiye edilmiş bir CREAM modeli önermişlerdir. Sunulan modeli duyarlılık analizi yaparak doğrulamışlardır. Ayrıca bir örnek senaryo üzerinde de modeli test etmişlerdir. Çalışmada ortaya konan modeli kullanarak veri yetersizliği durumlarında dahi gemideki belli bir görevdeki insan hatasını ve olasılıklarını anlık hesaplayabilmek mümkündür.

Zhang vd., (2016), çalışmalarında bir iç su yolu ulaştırma sisteminin seyir açısından risklerinin değerlendirmesini yapmak için Bulanık Kural Temel Tekniği ve ER algoritmasını içeren yeni bir yaklaşım ortaya koymuşlardır. Çalışmada öncelikle; iç su yolu ulaştırma sisteminin seyir açısından tehlikelerini modellemek için hiyerarşik bir yapı (tehlike tanımlama modeli) hem niteliksel hem de niceliksel kriterler göz önünde bulundurularak oluşturulmuştur. Kantitatif kriterler, ER’in hiyerarşi boyunca aşağıdan yukarı doğru risk tahminlerini sentezlemesine olanak sağlayan Bulanık Kural Tabanlı Veri Dönüştürme Tekniği uygulanarak nitel kriterlere dönüştürülmüştür. ER uygulaması için Akıllı Karar

Sistemi (IDS) Yazılımı kullanılmıştır. Önerilen yöntem, Yangtze Nehri'ndeki üç farklı bölgenin seyir emniyeti seviyelerini karşılaştırmak için örnek olay üzerinde test edilmiştir.

Wu vd., (2017), deniz kazasındaki insan hatasının olasılığını tahmin etmek için ER yaklaşımı temelinde modifiye edilmiş bir CREAM önermişlerdir. Bu yapı, insan performans koşullarındaki sözel değişkenleri tam olarak ölçebilmek ve mevcut CREAM modellerinde eksik bilgilerin yol açtığı belirsizliği göz ardı etmek sorununu gidermek amacıyla geliştirilmiştir. Çalışmada deniz kazasının gelişim süreci sıralı gerçekleşen olaylar dizisi bakış açısıyla ele alınmıştır. Sunulan ER temelli CREAM yaklaşımı, önerilen kaza gelişimi çerçevesi ile birlikte, bir batma kazasında insan güvenilirliği analizi için uygulanmıştır.

Yukarıda sunulan literatürden de anlaşıldığı gibi, kaza analizi çalışmalarında 2010'dan sonra hibrit model ve metotlar sıklıkla kullanılmaya başlamıştır. Bunun temel nedeni deniz kazaların kolayca anlaşılabilir basit olaylar dizisi şeklinde değil, daha karmaşık bir yapıyla gerçekleştiğinin anlaşılması ve kabul edilmesidir. Operasyonel Koşulların (çevre, doğal şartlar, gemi vb.), HOF'ların kazalarla iç içe olması bir deniz kazasının anlaşılması ve yorumlanmasını, dolayısı ile de önlenmesini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, her biri yapılması istenen analiz türü için özelleşmiş iki veya daha fazla nitel-nicel metodun birleştirilerek kullanılması, analizin gücünü ve sonuçların tutarlılığını arttırmaktadır (Akyuz vd., 2020; de Maya vd., 2020; Fan vd., 2020a; F. Uğurlu vd., 2020; Ö. Uğurlu vd., 2020; Rostamabadi vd., 2020).

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Çalışmanın Kapsamı

İstatistiki veriler (Allianz, 2020; EMSA, 2020) ve literatürdeki çalışmalar (Meng vd., 2014; Kececi ve Arslan, 2017; Haghighattalab vd., 2019; Yıldırım vd., 2019; Özlem vd., 2020; Fan vd., 2020a; Ö. Uğurlu vd., 2020; Yıldız vd., 2021) deniz ticaretinin bağlantı noktaları olan dar su yollarında seyir emniyetinin önemine vurgu yapmaktadır. Bu çalışmada dünya denizciliğinin önemli geçiş güzergâhlarından olan 3 dar su yolunda (İstanbul Boğazı, Dover Boğazı (İngiliz Kanalı) ve Singapur Boğazı) meydana gelmiş deniz kazaları analiz edilmiştir. Literatürdeki çalışmalardan farklı olarak kazaların analizinde birbirini tamamlayan (birinin çıktısı bir sonraki metodun girdilerini oluşturan) dört metod kullanılmıştır. İncelenen kazalardan hareketle gemilerin bu dar su yollarında karşı karşıya kalabilecekleri tehlikelerin daha doğru ve eksiksiz olarak tespit edilmesi amaçlanmıştır. Sadece teorik uygulamalar ve analitik değerlendirmelerle yapılan kaza çalışmalarından farklı olarak bu çalışmada dar su yollarında tecrübeli, ülkelerin denizcilik otoritelerinde görevli ve denizci akademisyenlerden oluşan uzman grup ile çalışmanın her aşamasından elde edilen sonuçları değerlendirilerek teorik-pratik karşılaştırması yapılmıştır. İB, DB ve SB için nihai riskler bu şekilde ortaya konmuştur. Bu sayede kaza raporlarının kalitatif analizinde ve analitik değerlendirmelerde gözden kaçabilen ancak pratikte var olan risklerin de çalışmaya dâhil edilebilmesi amaçlanmıştır. Böylelikle, literatürdeki emniyet değerlendirmesi ve risk analizi çalışmalarında “belirsizlikler” olarak adlandırılan veri eksikliğinin minimize edilmesi hedeflenmiştir.

Çalışmanın sonucunda dar su yollarından geçiş yapmak isteyen bir geminin ilgili dar su yolundaki kaza olasılığını (çatma, çatışma, karaya oturma ve batma) değişken koşullara (gemi tipi, boyu, yaşı, geçişin yapılacağı saat, trafik yoğunluğu vb.) bağlı olarak ortaya koyabilen bir dinamik ağ modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen ağ modeli İB, DB ve SB için örnek çalışma ile test edilmiştir. Bunun yanı sıra çalışma sonucunda dar su yollarında kazaları azaltmaya yönelik önlemler sunulmuştur. İB’da kazaları azaltmaya ve seyir emniyetini arttırmaya yönelik sunulan önlemlerin etkinliği ER metodu ile değerlendirilmiştir. Bu bir çeşit teorik fizibilite olarak düşünülebilir. ER modeli ile benzer bir fizibilite çalışması yapıldığında çalışmadan çıkan önerilerin etkinliği kullanıcıların rahatlıkla anlayabileceği

sayısal sonuçlarla desteklenmektedir. ER uygulaması ile oluşturulan MCDA modeli ile herhangi bir alandaki (DB, SB vb.) risk analizi ve emniyet değerlendirmesi çalışmasından çıkan önerilerin Operasyonel Koşullar ve HOF'lar üzerindeki etkisi nicel olarak analiz edilebilir.

Çalışmanın özgün değerini muhtemel çıktılarının kısa, orta ve uzun vadeli etkilerine bakarak anlamak mümkündür. Çalışmada sunulan Kaza ağının kısa dönemli etkisi, bu dar suyollarından (İB, DB, SB) ilk defa geçiş yapacak denizcilerin mevcut tehlikelerden haberdar olmasının sağlanmasıdır. Bunun yanı sıra bu dar suyollarının yer aldığı ülkelerin denizcilik otoriteleri ve denizciliğin tüm tarafları sefer bölgesine özel eğitimlerini verirken bu Kaza ağı ve çalışmanın sonuçlarından faydalanabileceklerdir. Ayrıca, çalışmanın yürütülmesi sürecinde birçok kaza raporunun analiziyle ve sektörden uzmanların görüşleriyle oluşturulan ağ yapısı ve ER modeli gelecekte deniz kaza analizi ve emniyet değerlendirmesi üzerine yapılacak teorik çalışmalarda da kullanılabilecektir. Bu bağlamda mevcut literatüre katkı sağlanacaktır.

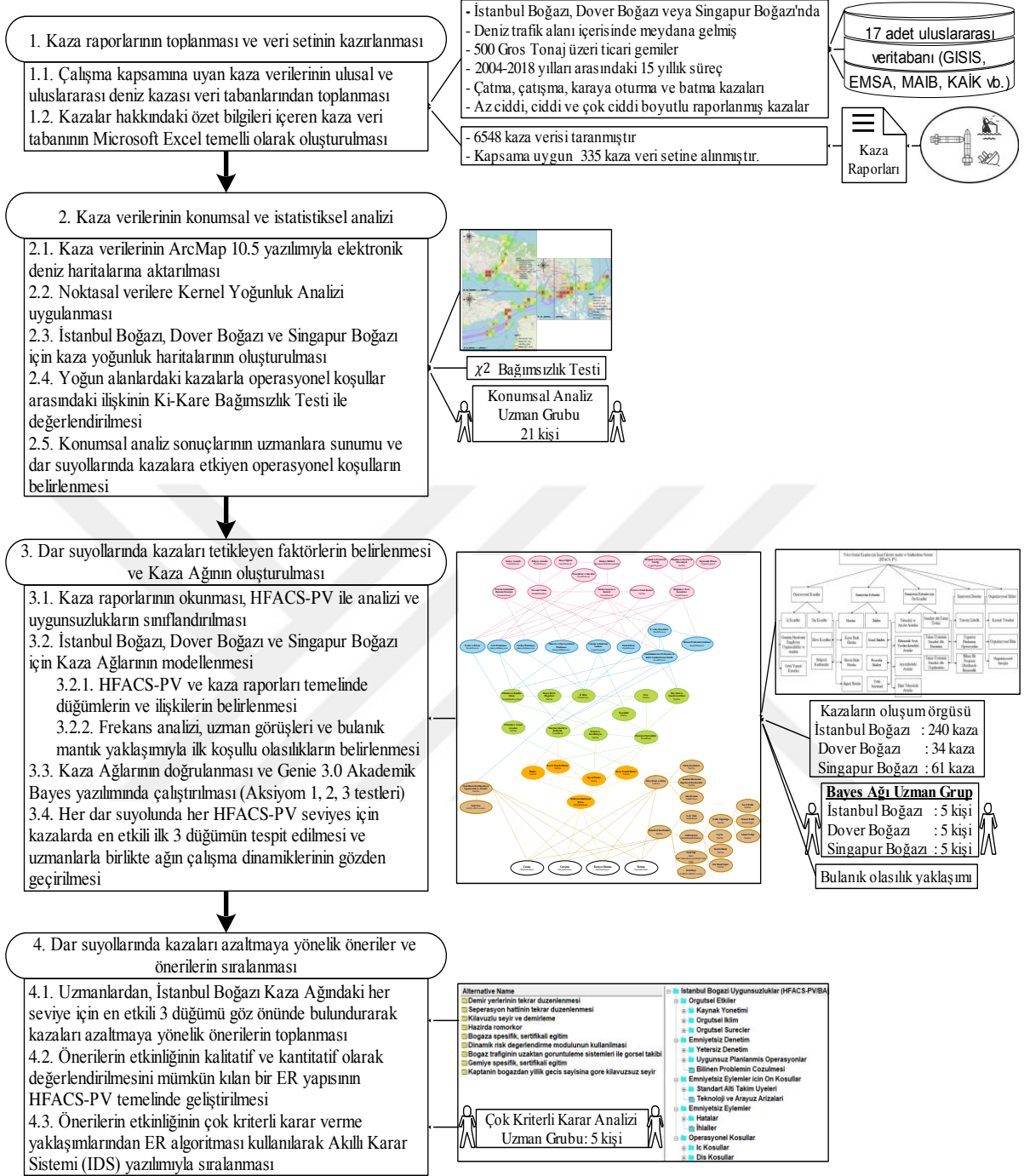
Çalışmanın orta dönemli etkisi Türkiye, İngiltere ve Singapur'un denizcilik otoritelerinin (kıyı emniyeti yetkilileri, deniz trafik operatörleri vb.) sunulan ağ modelini gelecekte risklerin tespit edilmesi ve risk kontrol seçeneklerinin belirlenmesinde karar destek aracı olarak kullanabilmesi olacaktır. Ayrıca sunulan Kaza ağı gereken değişiklikler yapılarak diğer dar suyollarına da adapte edilebilir, mevcut dar suyolları için de daha optimize edilebilir. Bu sayede daha tutarlı sonuçlarla bu bölgelerdeki trafiği düzenlemeye de kullanılabilecektir. Çıktıların uzun dönemli etkisi ise deniz kazalarının azaltılması ile deniz emniyetinin sürdürülebilirliğini sağlayarak deniz ticaretinde aksamaları azaltmaktır. Bunlara ilaveten kazaların önlenmesi başta bu üç ülkenin ekonomisi olmak üzere uygulama alanının genişletilmesiyle dünya deniz ticaretine, dolaylı olarak dünya ekonomisine olumlu katkı sağlayabilecektir.

2.2. Çalışmada Kullanılan Materyaller ve Metotlar

Bu çalışmada İB, DB ve SB'nda 2004-2018 yılları arasındaki 15 yıllık süreçte meydana gelen gemi kazaları incelenmiştir. Çalışmada ulusal ve uluslararası kaza veri tabanlarında kayıtlı 10000'den fazla deniz kaza verisi taranmıştır. İlk olarak veri tabanlarında yer alan çatma, çatışma, karaya oturma ve batma kaza raporları toplanarak çalışmaya ait kaza veri tabanı oluşturulmuştur. Raporlardan elde edilen veriler kaza

analizinde sıklıkla kullanılmış (uygulanabilirliği kanıtlanmış) metotlar (Kernel Yoğunluk Analizi, HFACS-PV, BN ve ER) kullanılarak kalitatif ve kantitatif olarak analiz edilmiştir. Ardından; İB, DB ve SB’nda tecrübeli sektör temsilcilerinin de katılımıyla bu deniz alanlarındaki mevcut riskler, günümüzde uygulanan tedbirler ve çalışmanın sonuçları karşılaştırılmıştır. İncelenen kazaların oluşum örgüleri dikkate alınarak İB, DB ve SB’nda kazaların oluşumunu özetleyen Kaza ağları ortaya konmuştur. Sonuç olarak dar suyollarında kazaları önlemeye yönelik tavsiyeler sunulmuştur. İB için sunulan önerilerin Kaza ağındaki nedensel faktörler üzerindeki önleyici etkisi ER metoduyla kantitatif olarak analiz edilmiştir. Çalışmada takip edilen metodolojinin akış şeması ve her adımın anlatımı aşağıda sunulmuştur (Şekil 10).





Şekil 10. Çalışmanın akış şeması

2.2.1. Kaza Raporlarının Toplanması ve Veri Setinin Hazırlanması

Çalışmanın ilk adımında İB'ı, DB'ı ve SB'nda meydana gelmiş kazalara ait bilgiler ve resmi kaza raporları IMO'nun, GISIS, Birleşik Krallık'ın MAIB ve Türkiye'nin Kaza İnceleme ve Araştırma Kurulu (KAİK) başta olmak üzere Uluslararası Taşımacılık

Güvenliği Birliği (ITSA) üyesi 16 farklı ülkenin yerel veri tabanları taranmıştır (Tablo 2). GISIS dâhil, toplamda 17 adet ulusal ve uluslararası veri tabanı incelenerek 2004-2018 yılları arasında meydana gelmiş tüm kazalara eksiksiz şekilde ulaşılması hedeflenmiştir.

Tablo 2. Veri seti için incelenen kaza soruşturma kuruluşları

Ülke	Kuruluşun Adı	Kısaltması
Avustralya	Avustralya Ulaşım Emniyeti Bürosu	ATSB
Kanada	Kanada Ulaşım Emniyeti Bürosu	TSB
IMO	Küresel Entegre Deniz Taşımacılığı Bilgi Sistemi	GISIS
Finlandiya	Emniyet Soruşturma Kurumu	SIA
Fransa	Sivil Havacılık Emniyeti Soruşturma ve Analiz Bürosu	BEA
Avrupa	Avrupa Deniz Emniyeti Ajansı	EMSA
Japonya	Japon Ulaşım Emniyeti Bürosu	JTSB
Hollanda	Hollanda Emniyet Bürosu	DSB
Yeni Zelanda	Taşıma Kazası İnceleme Komisyonu	TAIC
Norveç	Kaza Araştırma Kurulu Norveç	AIBN
Rusya	Eyaletlerarası Havacılık Komitesi	IAC
Singapur	Taşıma Emniyeti Soruşturma Bürosu	TSIB
İsveç	İsveç Kaza Araştırma Kurumu	SAIA
Çin	Çin Deniz Emniyeti İdaresi	MSAC
Türkiye	Kaza İnceleme ve Araştırma Kurulu	KAİK
Birleşik Krallık	Deniz Kazaları Araştırma Şubesi	MAIB
ABD	Ulusal Ulaştırma Güvenliği Bürosu	NTSB

Çalışmanın kapsamına uygun olarak, GISIS veri tabanında 01.01.2004 ile 01.10.2019 yılları arasındaki 15 yıllık süreçte, meydana gelmiş toplam 5.175 adet kaza verisine ulaşılmıştır (GISIS, 2019). MAIB veri tabanında 944 adet kaza verisi incelenmiştir (MAIB, 2019b). KAİK soruşturmasını yürüttüğü her kaza verisini ve raporunu çevrimiçi olarak yayınlamadığından bu verilerin elde edilmesi için T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı ile iletişime geçilerek bakanlığın önerdiği ve KAİK’de görev yapmış bir uzman ile görüşülmüştür. Bu sayede KAİK veri tabanındaki 01.01.2003 ile 01.10.2019 yılları arasında İB’nda meydana gelmiş 429 adet kaza verisine ulaşılmıştır (KAİK, 2019). Her kazaya ait konumsal veri (Küresel Konumlama Sistemi (GPS) verisi) elektronik harita üzerinde konumlandırılarak çalışmanın veri setinde alınıp alınmayacağı kontrol edilmiştir.

İncelenen veri tabanlarından toplamda 6.548 kazanın elektronik harita üzerinde konumlandırılması yapılmıştır. Konum incelemesinin ardından kaza türleri incelenmiştir. Çalışma kapsamında çatma, çatışma, karaya oturma ve batma kazaları inceleneceği için diğer kategorilerde meydana gelmiş kazalar çalışmanın veri setinden çıkartılmıştır. Sonuç olarak 6.548 kaza verisinin 335 (İB:240, DB:34, SB:61) adedi çalışma veri setine alınmıştır. Bu kazaların tamamında kazaya karışan gemilerden en az bir tanesi 500 groston ve daha

üzeri, IMO kurallarına tabi olan gemilerdir. Bu kazalara ait veriler Microsoft Excel kullanılarak hazırlanmış veri tabanında derlenmiştir. Buna ek olarak kazalara ait resmi kuruluşlar tarafından raporlanmış 150 adet kaza raporuna ulaşılmıştır. Bu raporlar çalışmanın izleyen adımlarında yapılacak olan analizlere temel teşkil etmiştir. Tablo 3’de çalışma için oluşturulmuş olan kaza veri tabanının içeriği örneklenmiştir.

Tablo 3. Çalışmanın kaza veri tabanı

No	Gemi Adı	Diğer Gemi	GPS	Kanal	Tipi	Gros	Boyut	Kaza Türü	Ölü, Yaralı	Kazanın olduğu	
			Enlem-Boylam							Tarih	Saat yerel
1	Tanais Dream	Sultanahmet	41° 01.0' N 28° 59.0' E	İB	Kuru Yük	16.980	Ciddi	Çatışma	0	18.12.2014	19:39
2	Rickmers Dubai	Kingston	50° 47.02' N 0° 52.54' E	DB	Genel Yük	15.549	Az Ciddi	Çatışma	0	11.01.2014	01:55
3	Darya Gayatri	Paula C	51° 22.54' N 1° 52.18' E	DB	Kuru Yük	44.325	Ciddi	Çatışma	0	11.12.2013	00:27

2.2.2. Kazaların Konumsal ve İstatistiksel Analizi

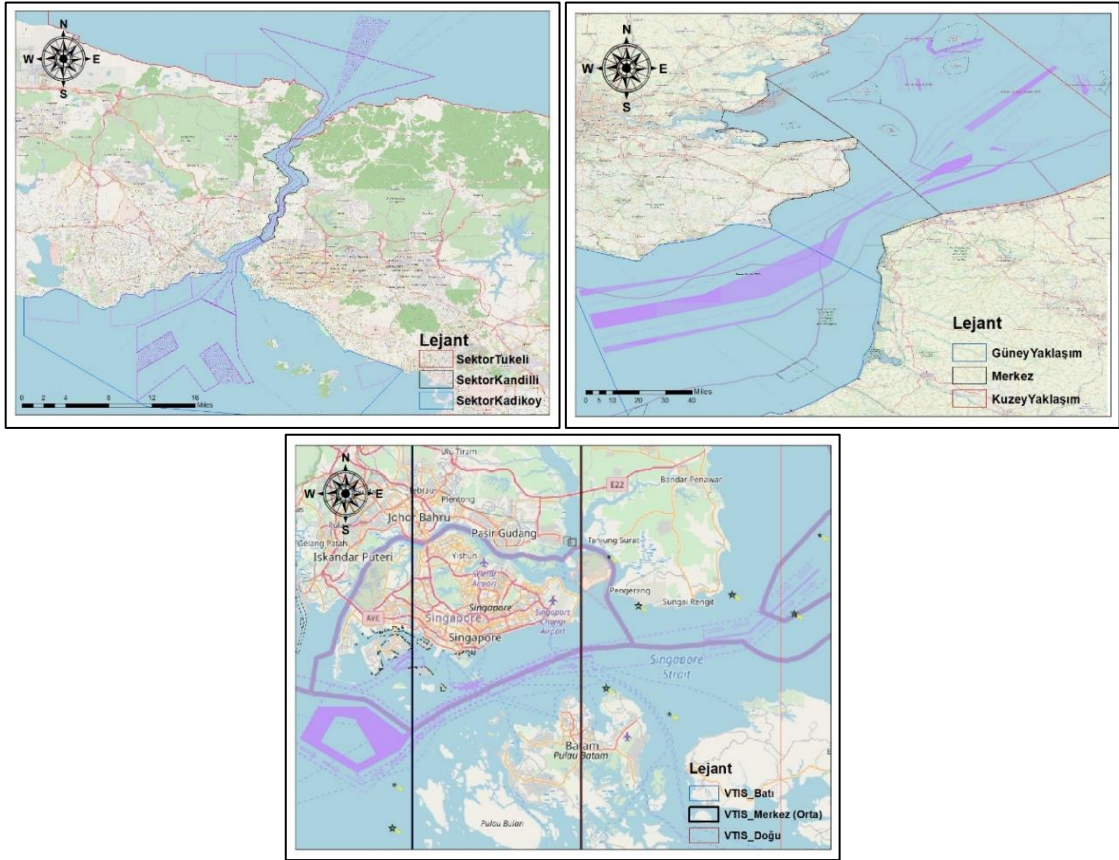
Konumsal analiz için ilk olarak 335 kazaya ait pozisyon verileri ArcMap 10.5 yazılımının işleyebileceği formata dönüştürülmüştür. Bunun için kuzeyli enlemler ve doğulu boylamlar pozitif; güneyli enlemler ve batılı boylamlar negatif olarak işaretlenmiştir. Derece, dakika ve saniye formatındaki pozisyon verileri yalnızca derece formatına dönüştürülmüştür (Tablo 4).

Tablo 4. Kaza koordinatlarının ArcMap formatına dönüşümü

Gemi Adı	Diğer Gemiler	Enlem	Enlem İşareti	ArcMap Enlem	Boylam	Boylam İşareti	ArcMap Boylam
Tanais Dream	Sultanahmet	41 01,00	N	41,016667	28 59,00	E	28,983333
Leonardo	Yok	41 16,00	N	41,266667	29 04,33	E	29,072167
Bereket	Yok	40 59,00	N	40,983333	28 55,00	E	28,916667
Adria Blu	Tamina	40 58,63	N	40,977167	28 53,23	E	28,887167

Tüm kazalara ait konumsal veriler işlendikten sonra ArcMap 10.5 yazılımında noktasal olarak haritalandırılmıştır. Bunun için öncelikle vektör formatta (iki boyutlu), Dünya Jeodezik Sistemi (WGS) 1984 datumunda hazırlanmış bir Dünya Okyanus Temel Haritası ESRI şirketi veri tabanından elde edilmiştir (harita son güncellemesi 12 Mart 2019).

Okyanus Temel Haritası, batimetri, yüzey ve yeraltı özellik adlarını ve elde edilen derinlikleri içermektedir. Bu harita deniz CBS uzmanları tarafından bir temel harita olarak ve okyanus verileri ile ilgilenen herkes tarafından bir referans haritası olarak kullanılmak üzere tasarlanmıştır (ESRI, 2019). Okyanus haritası üzerinde görsel değişiklikler yapmak mümkün değildir. Çünkü sadece çevrim içi çalışan bir haritadır. Ayrıca haritayı meydana getiren katmanlar program tarafından ayrı ayrı ele alınamaz veri güvenliği açısından buna izin verilmez. Bu nedenle uygun formatta çevrim dışı çalışabilen ve Kernel yoğunluk analizi gibi jeoistatistiksel analizleri yapmayı mümkün kılan bir haritaya ihtiyaç duyulmuştur. Okyanus Temel Haritasına ek olarak ArcMap yazılımının işleyebileceği formatta her bölgenin (İB, DB, SB) rastır deniz haritaları temin edilmiştir. OpenCPN açık veri tabanından elde edilen ve çevrim dışı kullanılabilen deniz haritalarında demir yerleri, trafik ayırım düzenleri, fenerler, şamandıralar ve coğrafi şekiller güncel haliyle yer almaktadır (ESRI, 2019; OpenCPN, 2020). Bu yönüyle çalışmada kullanılan elektronik haritalar yapılacak analize uygundur (Şekil 11).



Şekil 11. Konumsal analiz için kullanılan rastır deniz haritaları

Konumsal analiz İB, DB ve SB’nda gemi trafik düzeni içerisindeki riskli bölgelerin tespit edilmesini ve bölgelerdeki Operasyonel Koşulların kazalar ile ilişkisinin ortaya konmasını amaçlamıştır. Haritaların temin edilmesinin ardından, konumsal analiz, ArcMap 10.5 yazılımı ve IBM SPSS yazılımı kullanılarak üç adımda gerçekleştirilmiştir (IBM, 2013; ESRI, 2017). İlk adımda noktasal kaza verileri ilgili dar su yoluna (İB, DB, SB) ait deniz haritası üzerinde konumlandırılmıştır. İlk adım sonunda İB, DB ve SB’de kazaların dağılım haritaları oluşturulmuştur.

İkinci adımda, Sıcak Nokta Analizi ve Kernel Yoğunluk Analizi metotları ArcMap 10.5 yazılımının jeoistatistiksel analiz aracı kullanılarak her dar su yolu için uygulanmıştır. Sıcak nokta analizinin bir noktada yoğunlaşmış, fazla dağılım göstermeyen verilerde daha tutarlı yoğunluk analizi sonuçları verdiği görülmüştür (Okabe vd., 2009; Bonnier vd., 2019). Bu nedenle deniz kazası verileri gibi, sabit noktalarda kümelenmenin yanı sıra birbiriyle ilişkili ancak birbirinden uzak alanlarda dağılım gösteren veriler için Kernel Yoğunluk Analizinin uygun olacağına karar verilmiştir. Her dar su yolundaki noktasal kaza verilerine Kernel Yoğunluk Analizi metodu kullanılarak yoğun alanlar ve kernel yoğunlukları belirlenmiştir. Bu çalışmada Kernel Yoğunluk Analizi uygulanırken bant genişliği ve Kernel yarıçapı literatürdeki çalışmalar (Xie ve Yan, 2008; Anderson, 2009; Manepalli vd., 2011; Tehrany vd., 2015; Sandhu vd., 2016) da uygulanan yaklaşımlar göz önünde bulundurularak optimize edilmiştir. Her dar su yolu için; $(0,7^{\circ} \times 0,7^{\circ})$, $(0,5^{\circ} \times 0,5^{\circ})$, $(0,3^{\circ} \times 0,3^{\circ})$, $(0,1^{\circ} \times 0,1^{\circ})$, $(0,09^{\circ} \times 0,09^{\circ})$, $(0,07^{\circ} \times 0,07^{\circ})$, $(0,05^{\circ} \times 0,05^{\circ})$, $(0,03^{\circ} \times 0,03^{\circ})$, $(0,01^{\circ} \times 0,01^{\circ})$ aralığında denemeler yapılmıştır. Uygulama sonucunda İB, DB ve SB’nda her kaza türü için (çatma, çatışma ve karaya oturma) “Deniz Kazaları Yoğunluk Haritaları” elde edilmiştir.

Konumsal analizin son adımında her dar su yolu için, kazaların yoğunlaştığı deniz alanlarında (çok yüksek, yüksek, gelişen, düşük, çok düşük) kazalara etkiyen Operasyonel Koşullar ile kaza türü ve kaza boyutu arasındaki ilişkinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Ki-Kare bağımsızlık testi iki değişken arasındaki ilişkinin varlığı-yokluğunun belirlenmesi için literatürde sıklıkla kullanılan yöntemlerden biridir (Sirkin, 2006; McHugh, 2013; F. Uğurlu vd., 2020). Literatürde sıklıkla kullanılan üç Ki-Kare testi bulunmaktadır. Bunlar iyi uyum testi, homojenlik testi ve bağımsızlık testidir. Her testin kullanım amacı farklıdır. Ki-Kare bağımsızlık testi iki değişken arasında istatistiki olarak anlamlı bir ilişki olup olmadığını belirlemek amacıyla kullanılmaktadır (McHugh, 2013; Köksal ve Türedi, 2014). Ki-Kare bağımsızlık testinin en büyük avantajlarından biri sayısal verilerin yani sıra nominal, yani sayısal olmayan verilere de uygulanabilir olmasıdır (Burns ve Dobson, 1981; Satorra ve

Bentler, 2001; Güngör ve Bulut, 2008). Değişkenler arasındaki ilişkinin incelenmesini amaçlayan bir çalışma yapılacağı için Ki-Kare bağımsızlık testinin kullanılmasına karar verilmiştir. Ki-Kare bağımsızlık testi önce her dar suyolundaki (İB, DB, SB) verilere ayrı ayrı yapılmıştır. Daha sonra bu dar suyollarının Operasyonel Koşullar açısından benzerlik ve farklılıklarının belirlenmesi için üçüne birlikte uygulanmıştır. Her dar suyolu için, çok yüksek ve yüksek yoğunluklu kaza alanlarındaki deniz kaza türleri (Çatışma, çatma, batma, karaya oturma) ile Operasyonel Koşullar (Gemi Yaşı, Gemi Büyüklüğü (boy-gros tonaj), Gemi Tipi, Gün (gece-gündüz) Durumu, vb.) arasındaki anlamlı ilişkinin mevcudiyeti analiz edilmiştir. Ardından, bu deniz alanlarında meydana gelen deniz kazalarının kaza boyutu (Çok ciddi, ciddi, az ciddi) ile Operasyonel Koşullar arasındaki anlamlı ilişkinin mevcudiyeti incelenmiştir. Son olarak bu deniz kazalarının meydana geldiği alanın Kernel Yoğunluğu (Çok yüksek, yüksek) ile Operasyonel Koşullar arasındaki anlamlı ilişkinin mevcudiyeti değerlendirilmiştir. Çalışmanın amacına yönelik olarak Ki-Kare bağımsızlık testinin uygulanacağı 17 yokluk hipotezi kurulmuştur (Tablo 5). Ki-Kare bağımsızlık testinin uygulanmasında IBM Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) 25.0 yazılımı kullanılmıştır (IBM, 2013). Bu adımın sonunda dar suyollarında meydana gelen kazaların Operasyonel Koşullarla ilişkisi açıkça ortaya konmuştur.

Tablo 5. Çalışmada kurulan Ki-Kare hipotezleri

Hipotezler
H0 ₀ : Kaza türü ile gemi yaşı arasında anlamlı bir ilişki yoktur.
H0 ₁ : Kaza türü ile gemi büyüklüğü (boy-tonaj) arasında anlamlı bir ilişki yoktur.
H0 ₂ : Kaza türü ile gemi tipi arasında anlamlı bir ilişki yoktur.
H0 ₃ : Kaza türü ile kaza şiddeti arasında anlamlı bir ilişki yoktur.
H0 ₄ : Kaza türü ile mevsim arasında anlamlı bir ilişki yoktur.
H0 ₅ : Kaza türü ile gün durumu (gündüz-gece) arasında anlamlı bir ilişki yoktur.
H0 ₆ : Kaza türü ile Kernel Yoğunluğu arasında anlamlı bir ilişki yoktur.
H0 ₇ : Kaza şiddeti ile gemi yaşı arasında anlamlı bir ilişki yoktur.
H0 ₈ : Kaza şiddeti ile gemi büyüklüğü (boy-tonaj) arasında anlamlı bir ilişki yoktur.
H0 ₉ : Kaza şiddeti ile gemi tipi arasında anlamlı bir ilişki yoktur.
H0 ₁₀ : Kaza şiddeti ile mevsim arasında anlamlı bir ilişki yoktur.
H0 ₁₁ : Kaza şiddeti ile gün durumu (gündüz-gece) arasında anlamlı bir ilişki yoktur.
H0 ₁₂ : Kaza şiddeti ile Kernel Yoğunluğu arasında anlamlı bir ilişki yoktur.
H0 ₁₃ : Kernel Yoğunluğu ile gemi yaşı arasında anlamlı bir ilişki yoktur.
H0 ₁₄ : Kernel Yoğunluğu ile gemi büyüklüğü (boy-tonaj) arasında anlamlı bir ilişki yoktur.
H0 ₁₅ : Kernel Yoğunluğu ile gemi tipi arasında anlamlı bir ilişki yoktur.
H0 ₁₆ : Kernel Yoğunluğu ile mevsim arasında anlamlı bir ilişki yoktur.
H0 ₁₇ : Kernel Yoğunluğu ile gün durumu (gündüz-gece) arasında anlamlı bir ilişki yoktur.

Bu adımın sonunda elde edilen tüm konumsal ve istatistiki analiz sonuçları incelenen tüm dar suyuolları için 21 kişiden oluşan uzman grup üyelerine sunulmuştur. Her uzmana tanıdığı ve bildiği dar suyuolu hakkındaki sonuçlar sunularak, konumsal ve istatistiki analiz sonuçlarını yorumlaması istenmiştir (Tablo 6). İB için sonuçlar bu alanda görev yapmış Gemi Trafik Operatörleri ve Kılavuz Kaptanlara sunulmuştur. Bu sayede sonuçlar sektörle paylaşılmış ve sektörün geri bildirimleri alınmıştır. DB ve SB için ise, bu bölgelerden defalarca geçiş yapmış gemi kaptanları ile sonuçlar paylaşılmıştır. Geri bildirimler ve görüşler çevrimiçi ortamda röportaj yoluyla elde edilmiş ve kayıt altına alınmıştır. Konumsal analiz sonuçları ve uzman görüşleri eşliğinde dar kanallarda risk analizi ve emniyet optimizasyonunda kullanılmak üzere geliştirilen Kaza ağının (BN) Operasyonel Koşullar seviyesi altındaki faktörler belirlenmiştir.

Tablo 6. Konumsal analiz aşaması sonunda görüşü alınan uzmanlar ve özellikleri

No	Pozisyon	Pozisyondaki Deneyim	Deniz Geçmişi			Geçiş Sayısı Toplam			Sorulan Dar Suyolları		
			Deneyim Toplam	Son yeterlilik	Deneyim Kaptan	İB	DB	SB	İB	DB	SB
1	Denizcilik Fakültesi Öğretim Üyesi	8	15	Uzak Yol Kaptan	4	>50	>50	>50	+	+	+
2	Denizcilik Fakültesi Öğretim Üyesi	9	7	Uzak Yol Kaptan	11	>30	>20	-	+	+	-
3	Gemi Kaptanı	5	12	Uzak Yol Kaptan	70	>50	>30	>20	+	+	+
4	Deniz Trafik Operatörü	3	13	Uzak Yol Kaptan	24	>50	>90	2	+	+	+
5	Denizcilik Fakültesi Öğretim Üyesi	4	11	Uzak Yol Kaptan	48	>10	>5	>20	-	-	+
6	Gemi Kaptanı	8	14	Uzak Yol Kaptan	96	>30	>20	>20	+	+	+
7	Deniz Trafik Operatörü	3	13	Uzak Yol Kaptan	24	>100	-	-	+	-	-
8	Gemi Kaptanı	6	10	Uzak Yol Kaptan	72	>100	>30	>10	+	+	+
9	Kıyı Emniyeti Römorkör 1. Zabit	1	8	Uzak Yol Kaptan	6	>60	2	>15	+	-	+
10	Deniz Trafik Operatörü	1	5	Uzak Yol 1. Zabit	-	>50	>20	>20	+	+	+
11	Kılavuz Kaptan	3	12	Uzak Yol Kaptan	48	>100	>20	>20	+	+	+

Tablo 6'nın devamı

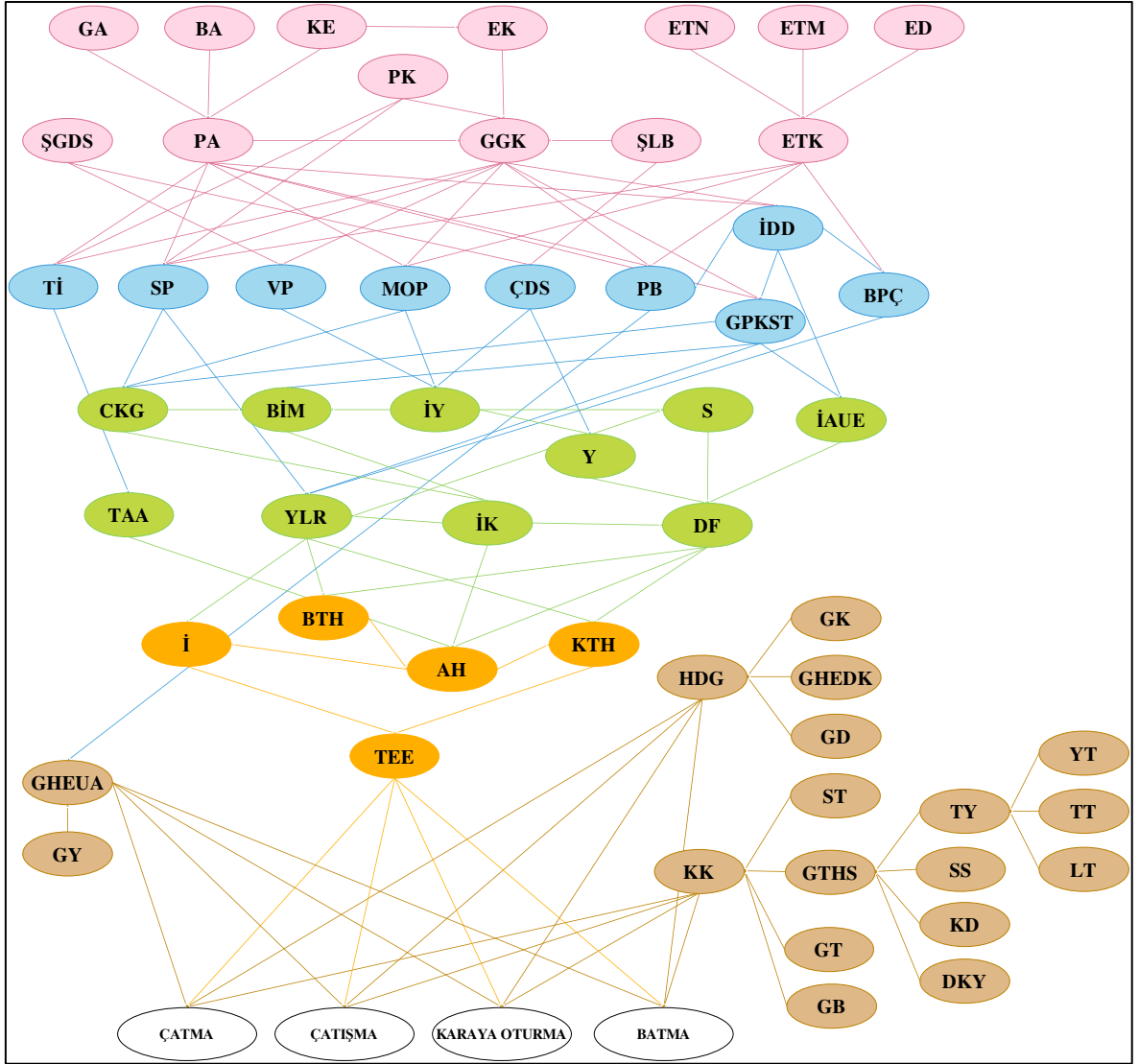
12	Deniz Trafik Operatörü	3	7	Uzak Yol Kaptan	-	>20	>10	-	-	+	-
13	Kılavuz Kaptan	15	28	Uzak Yol Kaptan	120	>1000	2	-	+	-	-
14	Deniz Trafik Operatörü	6	12	Uzak Yol Kaptan	72	>100	>15	>15	+	+	+
15	Kılavuz Kaptan	9	8	Uzak Yol Kaptan	36	>1000	>10	2	+	+	-
16	Deniz Trafik Operatörü	2	14	Uzak Yol Kaptan	72	>100	>100	>100	+	+	+
17	Kılavuz Kaptan	16	20	Uzak Yol Kaptan	108	>1000	>20	>20	+	+	+
18	Türk Boğazları Araştırma ve Uygulama Merkezi Yetkilisi	16	4	Uzak Yol 1. Zabit	-	>30	>5	>5	+	-	-
19	Deniz Trafik Operatörü	13	20	Uzak Yol Kaptan	15	>100	>20	>20	+	-	-
20	Deniz kaza araştırmacısı	18	8	Uzak Yol Kaptan	12	>30	>5	>5	+	-	-
21	Türk Boğazları Araştırma ve Uygulama Merkezi Yetkilisi	30	30	Uzak Yol Kaptan	120	>1000	>20	>20	+	+	+

2.2.3. Dar Suyollarında Kazaları Tetikleyen Faktörlerin Belirlenmesi ve Kaza Ağının Oluşturulması

Çalışmanın bu aşamasında ilk olarak incelenen dar suyollarında meydana gelmiş 335 adet kazadan 150'sine ait resmi kaza raporu çalışmada yer alan 4 akademisyen tarafından HFACS-PV'ye göre incelenmiştir. Resmi raporlarına ulaşamayan 185 adet kazayı meydana getiren faktörler ise GISIS ve KAİK veri tabanlarından (Kaza Özeti, Gemi ve Kaza Bilgileri) çevrimiçi olarak toplanmıştır. Bu aşamada incelenen 335 kazayı meydana getiren kök nedenler ve nedensel faktörler her bir kaza için ayrı ayrı tespit edilerek HFACS-PV yapısında sınıflandırılmıştır (Şekil 3). Bu yapı incelenen deniz kaza raporlarından elde edilen kaza nedenleri ve nedensel faktörlerinin sınıflandırılması ve kodlanması amacıyla kullanılmıştır.

Kazaları meydana getiren nedenler, HFACS-PV yapısı altında sınıflandırıldıktan sonra her kaza için kaza nedenleri arasındaki ilişki kazanın oluşum şekli göz önünde bulundurularak BN yaklaşımı ile modellenmiştir. Bunun amacı kazayı meydana getiren faktörler arasındaki ilişkinin somut olarak ortaya konması (yönlü oklar, kenarlar yardımıyla)

ve Bayes'in koşullu olasılık yaklaşımıyla analitik değerlendirilmenin mümkün hale getirilmesidir. Daha sonra her kaza için oluşturulmuş Bayes ağları birleştirilerek dar kanallarda kaza (batma, çatma, çatışma ve karaya oturma) oluşum ağı (Kaza ağı) ortaya konmuştur (Şekil 12). Çalışmada Bayes ağının modellenmesi ve koşullu olasılıkların işlenmesinde Bayes Fusion Genie 3.0 Akademik Bayes yazılımı kullanılmıştır (BayesFusion, 2017). Bu sayede hem modellemenin, hem de matematiksel işlemlerin tutarlı ve hızlı bir şekilde yapılması sağlanmıştır.



Şekil 12. İstanbul Boğazı için oluşturulmuş örnek BN modeli

Bayes ağı modeli geliştirilirken 3 temel kritik husus vardır. Bunlar; ağdaki düğümlerin belirlenmesi, düğümler arasındaki ilişki oklarının yerleştirilmesi ve düğümlere ait koşullu

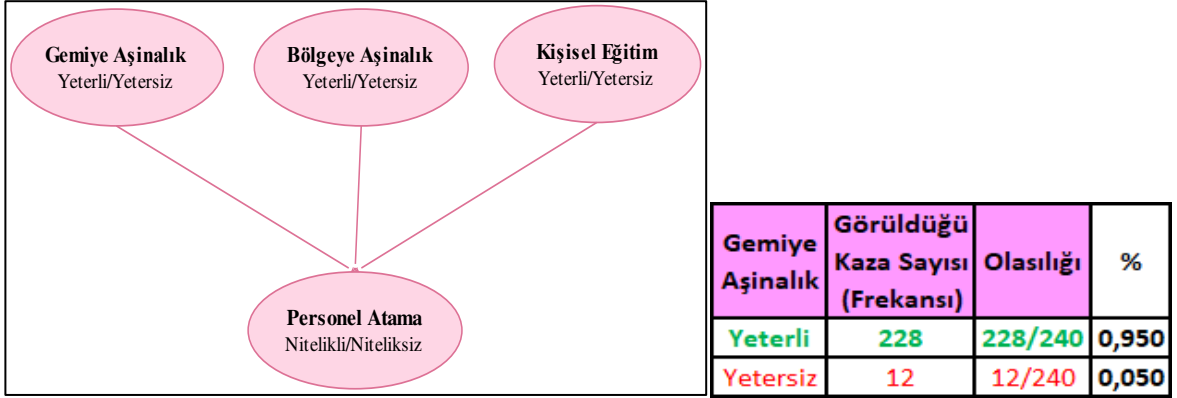
olasılıkların belirlenmesidir (Pristrom vd., 2016; Loughney ve Wang, 2017; Baksh vd., 2018). Aşağıda, bu çalışmada kritik konuların nasıl çözümlendiği sunulmuştur.

Bayes ağında düğümler; 335 kazaya ait kaza raporlarından elde edilmiş olan ve HFACS-PV altında sınıflandırılmış olan tüm uygunsuzlukları kapsayacak, açıkta uygunsuzluk bırakmayacak şekilde belirlenmiştir. Buna yönelik olarak çalışmadaki Bayes modeli HFACS-PV seviyelerindeki ana ve alt çatılara bağlı kalınarak kategorize edilmiştir (Şekil 12). Bu sayede ağın potansiyel kullanıcılarının (gemi kaptanları, trafik operatörleri vb.) her bir düğümün hangi seviyede yer aldığını ve diğer seviyelerle nasıl bir etkileşim içinde olduğunu tek bakışta görebilmesi sağlanmıştır.

Bayes ağındaki ilişki okları; ilişki oklarının yerleştirilmesi de Bayes ağının geliştirilmesinde önemli bir husustur. Bu çalışmada tutarlılığı sağlayabilmek ve mevcut ilişkilerin gözden kaçırılmasını engelleyebilmek için öncelikle her bir kaza için Bayes ağı (toplam 335 adet) yapılmıştır. Her kaza için Bayes ağı oluşturulurken, kazayı meydana getiren HFACS-PV uygunsuzlukları ve kazanın oluş örgüsü temel alınmıştır. Ağ, düğümden düğüme ve döngü yaratmayacak şekilde modellenmiştir. Her dar su yoluna ait Kaza ağına son şekli verilirken meydana gelen kazalarda % 5 ve üzerinde ilişkili olarak görünen düğümler arasına oklar yerleştirilmiştir. Örneğin, İB için incelenen 240 kazanın 143 tanesinde (% 59,6); “Yetersiz Gözden Geçirme ve Kontrol” ile “Emniyetsiz Manevra ve Operasyon Planlaması” düğümleri birlikte görülmüştür ve bu kazaların oluşumunda rol oynamıştır. Bu nedenle Kaza ağına son halinde bu iki düğüm arasına ilişki oku yerleştirilmiştir. Kaza ağlarının dar su yoluna spesifik yapılmasının nedeni Operasyonel Koşulların (trafik yoğunluğu, geçiş yapan gemilerin büyüklüğü, gemi trafik sektörleri vb.) farklılık göstermesidir.

Düğümlere ait olasılıklar; Bayes ağı’nda olasılıkların belirlenmesine yönelik olarak literatürde birçok yaklaşım bulunmaktadır (Eleye- Datubo vd., 2006; Akhtar ve Utne, 2014; Hänninen ve Kujala, 2014; John vd., 2016; Afenyo vd., 2017). Bu yaklaşımlardan en sık tercih edilenler; istatistiki verilere dayanarak (frekans analiziyle) ve uzman görüşlerinden yararlanarak olarak örneklenebilir. Araştırmacılar tarafından çalışmaya ve çalışmanın veri setine en uygun yaklaşım seçilebilir veya iki yaklaşım hibrit olarak kullanılabilir (Matellini vd., 2013; Akhtar ve Utne, 2014; Loughney ve Wang, 2017; Fan vd., 2020b; F. Uğurlu vd., 2020). Bu çalışmada kaza verilerinin dar su yollarında homojen dağılmamış olması nedeniyle hibrit yaklaşım tercih edilmiştir. Uygulama aşağıda açıklanmıştır.

- Kök düğümler için: Kaza verileri temel alınmıştır, ilgili kök düğümün altındaki uygunsuzluğun kazalardaki görülme frekansı/toplam kaza sayısı oranıyla görülme olasılığı ataması yapılmıştır. Örneğin; İB Bayes ağı için, Gemiye Aşinalık kök düğümünün olasılığını inceleyelim. İB’nda Gemiye Aşinalığın eksik olduğu kaza sayısı 12’dir. Bu durumda Gemiye Aşinalık düğümünün “Yetersiz” durumunun olasılığı $12/240 = 0,050$ olarak hesaplanmıştır (Şekil 13).



Şekil 13. Gemiye Aşinalık kök düğümünün koşullu olasılığı

- Çocuk düğümler için: Uzman görüşleri temel alınmıştır. Bulanık Sayılar Olasılık yaklaşımıyla uzman görüşleri toplanmış ve her düğümün her bir koşulu için Bulanık Olasılık hesaplanmıştır. Her dar su yolu için 5’er uzmanın görüşüne başvurulmuştur. Uzman görüşleri mesleki pozisyonları, bulundukları pozisyondaki mesleki deneyimleri, deniz tecrübeleri ve ilgili dar su yolundan geçiş sayılarına dayanılarak ağırlıklandırılmıştır (Tablo 7). İB (Tablo 8), DB (Tablo 9) ve SB (Tablo 10) için görüşüne başvuru uzmanlar ve ağırlıkları aşağıda sunulmuştur. Ağırlıklandırma sonuçlarına göre İB için görüşü alınan uzmanlar eşit ağırlıkta (0,2), DB ve SB’nda ise görüşü alınan 4 uzman eşit ağırlıkta (0,195), 5. uzman ise daha yüksek ağırlıkta (0,219) alınmıştır.

Uzman değerlendirmeleri her uzmandan ayrı ayrı, Bulanık Sayılar 7’li değerlendirme ölçeğine göre (Tablo 11) toplanmıştır. Öncelikle Bayes ağının yapısı ve işleyişi hakkında uzmana bilgi verilmiştir. Ardından çocuk düğümlere ait koşullu olasılık tablosu (Tablo 12) uzmana sunularak her bir koşulun olumsuz etkisini değerlendirmesi istenmiştir. Örneğin, İstanbul Boğazi’ndaki 1. Uzman (İB-U 1), “Personel Atama”, “Prosedürler ve Kurallar”, “Gözden Geçirme ve Kontrol” düğümlerinin çocuk düğümü olan “Testler ve İzleme” düğümünü (Şekil 14) değerlendirdiği görüşünde:

- K1: Tüm ebeveyn düğümlerin olumlu olduğu sırasıyla; “Nitelikli”, “Yeterli”, “Yeterli” durumunda “Testler ve İzleme” düğümünün “Yetersiz” olma olasılığını Çok Düşük (ÇD) olarak değerlendirmiştir (Tablo 12).
- K2: Aynı uzman; Personel Atamanın “Nitelikli”, Prosedürler ve Kuralların “Yeterli”, Gözden Geçirme ve Kontrolün “Yetersiz” olduğu durumda “Testler ve İzleme” düğümünün “Yetersiz” olma olasılığını ise Düşük (D) olarak değerlendirmiştir (Tablo 12).
- K3: Personel Atamanın “Nitelikli”, Prosedürler ve Kuralların “Yetersiz”, Gözden Geçirme ve Kontrolün “Yeterli” olduğu durumda “Testler ve İzleme” düğümünün “Yetersiz” olma olasılığını ise Orta Düşük (OD) olarak değerlendirmiştir (Tablo 12).

Tablo 11. Bulanık Sayılar 7’li sözel değerlendirme ölçeği ve karşılıkları

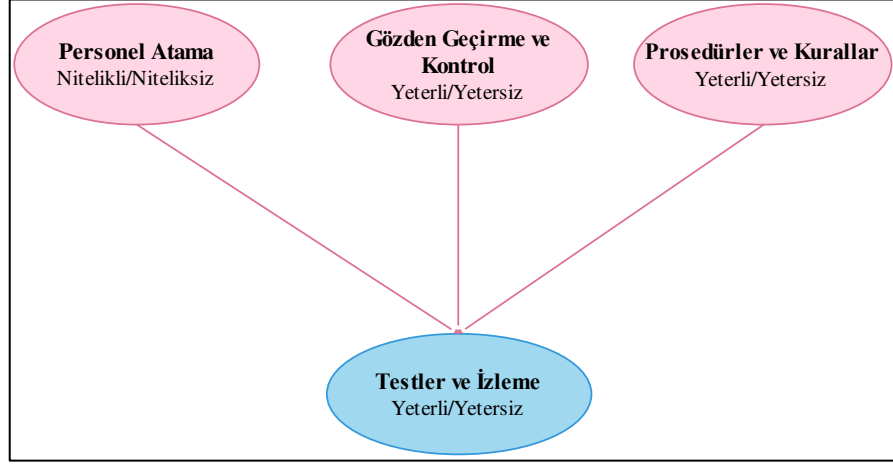
Değerlendirme Ölçeği		Üçgen Bulanık Sayılar		
		A	B	C
Çok Düşük	ÇD	0	0,04	0,08
Düşük	D	0,07	0,13	0,19
Orta-Düşük	OD	0,17	0,27	0,37
Orta	O	0,35	0,5	0,65
Orta-Yüksek	OY	0,63	0,73	0,83
Yüksek	Y	0,81	0,87	0,93
Çok Yüksek	ÇY	0,92	0,96	1

Tablo 12. İstanbul Boğazi Kaza ağındaki Testler ve İzleme düğümü için örnek değerlendirme tablosu

Koşullar	Testler ve İzleme					Personel Atama	Prosedürler ve Kurallar	Gözden Geçirme ve Kontrol
	Yetersiz Olma Durumu							
	İB-U 1	İB-U 2	İB-U 3	İB-U 4	İB-U 5			
K1	ÇD	ÇD	D	ÇD	D	Nitelikli	Yeterli	Yeterli
K2	D	OD	D	ÇD	OD	Nitelikli	Yeterli	Yetersiz
K3	OD	O	D	D	OD	Nitelikli	Yetersiz	Yeterli

Tablo 12'nin devamı

K4	OY	O	OY	O	Y	Nitelikli	Yetersiz	Yetersiz
K5	D	OD	D	OD	D	Niteliksiz	Yeterli	Yeterli
K6	OD	O	OY	OY	O	Niteliksiz	Yeterli	Yetersiz
K7	OY	OY	Y	OD	Y	Niteliksiz	Yetersiz	Yeterli
K8	Y	ÇY	Y	Y	ÇY	Niteliksiz	Yetersiz	Yetersiz



Şekil 14. Testler ve İzleme çocuk düğümünün ebeveynleri

Her çocuk düğümün ebeveyn düğümlerinin her durumu için olumsuzluk durumu benzer şekilde tek tek uzmanlar tarafından değerlendirilmiştir. Ağda yer alan çocuk düğümlerin hepsinin tüm olumsuz durumları için uzman değerlendirmeleri toplandıktan sonra 7'li sözel ölçekte yapılmış uzman görüşleri üçgen Bulanık Sayılara dönüştürülmüştür (Tablo 10). Bir üçgen Bulanık Sayı, bir koşulun olasılığını, a_1, a_2, a_3 gibi Bulanık Olasılık değerlerinden oluşan üçlü bir kümeyle temsil eder. Her $x \in A$, $\mu_A(x)$, için, A Bulanık bir sayıdır ve R 'nin değer aralığı $R \rightarrow [0,1]$ olacak şekildedir. A değerinin $[a_1, a_3]$ aralığında olduğu varsayıldığında, üyelik fonksiyonu $\mu_A(x)$ aşağıdaki eşitlik (20) yardımı ile hesaplanır (Lin ve Wang, 1997; Wang, 1997; Sarıaloğlu vd., 2020):

$$\mu_A(x) = K_{I(i+1)} = \begin{cases} 0 & x \leq a_1 \\ (x - a_1)/(a_2 - a_1) & a_1 \leq x \leq a_2 \\ (a_3 - x)/(a_3 - a_2) & a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0 & x \geq a_3 \end{cases} \quad (20)$$

Tüm uzman görüşleri sözel ölçekten sayısal ölçeğe (üçgen Bulanık Sayılara) dönüştürüldükten (Tablo 10) sonra Bulanık Mantık işlem adımları sırasıyla takip edilerek her bir koşul için Bulanık Olasılıklar aşağıda sunulduğu gibi elde edilmiştir.

Uzman görüşlerinin birleştirilmesi; bu çalışmada olduğu gibi heterojen bir gruptaki uzmanların deneyimleri, bilgilerinin düzeyi, tecrübeleri farklı olduğundan bir koşullu olasılık hakkında farklı uzmanların farklı yorumlanmalarına ve farklı sonuca varmalarına yol açar. Uzman değerlendirmelerinden elde edilen verilerin toplanması ve görüşlerin birleştirilmesi (kombine edilmesi) önemlidir. Bu konuda, Hsu ve Chen, (1994), homojen ve heterojen uzman gruplarından elde edilen görüşleri birleştirmek için bir algoritma önermiştir ve literatürde sıklıkla tercih edilmektedir (Wang, 1997; Uğurlu, 2015; Sarıalioğlu vd., 2020). Öncelikle:

$\tilde{R}_1, \tilde{R}_2$: Bir çift uzman görüşünü;

$S_{UV}(\tilde{R}_1, \tilde{R}_2)$: İki farklı uzman görüşünün uyum (benzerlik) derecesini;

$S(\tilde{A}_1, \tilde{A}_2)$: İki Bulanık Sayı arasındaki benzerlik derecesini;

$AA(E_u)$: Uzmanların ortalama anlaşma derecesini;

$RA(E_u)$: Uzmanların göreceli anlaşma derecesini;

$CC(E_u)$: Uzmanların fikir birliği katsayısını;

$\tilde{R}_{AG}$: Uzman görüşlerinin ağırlıklı sonucunu ifade eder.

Toplanmış uzman görüşleri eşitlikler 21-25 yardımıyla aşağıdaki adımları izleyerek hesaplanabilir.

1. Adım: Öncelikle iki farklı uzman EU ($u = 1$ 'den M 'e kadar), görüşünün ($\tilde{R}_1, \tilde{R}_2$), uyum (benzerlik) derecesinin ($S_{UV}(\tilde{R}_1, \tilde{R}_2)$) hesaplanması gerekir. (21). Bu yaklaşıma göre $\tilde{A}_1 = (a_{11}, a_{12}, a_{13})$ ve $\tilde{A}_2 = (a_{21}, a_{22}, a_{23})$ iki adet üçgen Bulanık Sayı oluşturur. Bu iki Bulanık Sayı arasındaki benzerlik derecesi, aşağıdaki benzerlik fonksiyonundan yararlanılarak elde edilir (eşitlik 21).

$$S(\tilde{A}_1, \tilde{A}_2) = 1 - \left(\frac{1}{3}\right) \sum_{i=1}^3 |a_{1i} - a_{2i}| \quad (21)$$

2. Adım: M tane uzmanın ortalama anlaşma derecesi ($AA(E_u)$) aşağıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanır (eşitlik 22):

$$AA(E_u) = \frac{1}{M-1 \sum_{u \neq v}^M S(\tilde{A}_1, \tilde{A}_2)} \quad (22)$$

3. Adım: M tane uzmanın görelî anlaşma derecesi ($RA(E_u)$) aşağıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanır (eşitlik 23):

$$RA(E_u) = \frac{AA(E_u)}{\sum_1^M AA(E_u)} \quad (23)$$

4. Adım: M tane uzmanın görelî anlaşma derecesi ($CC(E_u)$) aşağıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanır (eşitlik 24):

$$CC(E_u) = \beta \times w(E_u) + (1 - \beta) \times RA(E_u) \quad (24)$$

Bu eşitlikte (24), β ($0 \leq \beta \leq 1$) önerilen yöntemin gevşeme faktörü olarak adlandırılır. Bu değer (β), E_u uzmanının ağırlık faktörünün ($w(E_u)$), $RA(E_u)$ üzerindeki önemini ifade etmektedir. Eğer $\beta=0$ ise, uzmanların ağırlık faktörü göz ardı edilir, bu durumda uzmanlar arasında homojen bir dağılım olduğu varsayılır. Diğer taraftan, $\beta=1$ olduğunda, uzmanların aynı fikir birliği katsayısına (CC) ve ağırlık önemine sahip olduğu varsayılır. Bu çalışmada $\beta=0,5$ kabul edilmiştir (Hsu ve Chen, 1994; Uğurlu, 2015; Sarıalioğlu vd., 2020).

5. Adım: M tane uzmanın görüşlerinin ağırlıklı sonuçları ($\tilde{R}_{AG}$) aşağıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanır (eşitlik 25):

$$\tilde{R}_{AG} = CC(E_1) \times \tilde{R}_1 + CC(E_2) \times \tilde{R}_2 \dots + CC(E_M) \times \tilde{R}_M \quad (25)$$

Uzman görüşlerinin ağırlıklı sonuçları ($\tilde{R}_{AG}$) hesaplandıktan sonra, anlaşılabilir ve ölçülebilir sonuçlar elde edebilmek için, durulaştırma (defazifikasyon) yapılması gerekir. Bulanık Sayıların durulaştırma ile açık ve anlaşılır hale getirilmesi karar verme süreci için son derece önemlidir. Eğer üçgen Bulanık Sayılarla işlem yapılırsa sonuç yine üçgen Bulanık Sayılar olarak çıkar. Bu sayılar arasındaki ilişkiyi tam olarak anlayabilmek için, Bulanık Sayı, “Bulanık Olasılık Puanı” (FPS) adı verilen net bir puana dönüştürülmelidir (Buckley, 2006; Cem Kuzu vd., 2019). Her koşula ait FPS değeri; uzman görüşlerinin birleştirilmesi aşamasında hesaplanan bir üyelik fonksiyonundan türetilir. Durulaştırma metotları; ortalama-maksimum üyelik metodu, merkezci metot, ağırlıklı ortalama metodu, alan merkezi metodu ve toplamaların merkezi metotlarını içermektedir (Lin ve Wang, 1997;

Wang, 1997; Gudder, 1998; Sarıalioğlu vd., 2020). Bu çalışmada, her bir koşulun Bulanık Olasılık değerleri, basitliği ve anlaşılabilirliği nedeniyle en sık kullanılan “alan merkezi” metodu (Zhao ve Govind, 1991; Vahidnia vd., 2009; Arun ve Mohan, 2017) kullanılarak hesaplanmıştır. Durulaştırma (X^*) eşitliği (26) aşağıda sunulmuştur:

$$X^* = \frac{\int \mu_i(x) dx}{\int \mu_i(x)} \quad (26)$$

Üçgensel Bulanık Sayı ($\tilde{A}_1 = (a_1, a_2, a_3)$) için eşitlik (27) aşağıdaki gibidir:

$$X = \frac{\int_{a_1}^{a_2} \frac{x-a_1}{a_2-a_1} dx + \int_{a_2}^{a_3} \frac{a_3-x}{a_3-a_2} dx}{\int_{a_1}^{a_2} \frac{x-a_1}{a_2-a_1} dx + \int_{a_2}^{a_3} \frac{a_3-x}{a_3-a_2} dx} = \frac{1}{3} (a_1 + a_2 + a_3) \quad (27)$$

Tüm koşullara ait olasılıklar yukarıda anlatıldığı gibi belirlendikten sonra her dar su yolu (İB, DB, SB) için olasılıklar, Genie 3.0 Akademik Bayes yazılımına girilmiş ve ağlar çalıştırılmıştır. Bayes ağı çalışmalarında geliştirilen ağın analitik olarak doğrulanması, alınan sonuçların tutarlı, güvenilir ve etkili olmasını sağlayan en önemli koşuldur. Bayes ağının doğrulanmasına yönelik literatürde sıklıkla tercih edilen (Pristrom vd., 2016; Ö. Uğurlu vd., 2020) üç aksiyom temelli bir kısmi doğrulama yaklaşımı bulunmaktadır. Bu çalışmada da Kaza ağlarının doğrulanması için bu 3 aksiyom koşuluna dayalı yöntem tercih edilmiştir. Ağın sağladığı üç aksiyom aşağıda sunulmuştur.

- Aksiyom 1: Her ebeveyn düğümün olasılıklarında meydana gelen hafif bir artış-azalma kesinlikle çocuk düğümün son olasılıklarının görelî olarak artması-azalmasına neden olmalıdır.
- Aksiyom 2: Her ebeveyn düğümün öznel olasılık dağılımlarındaki değişimin çocuk düğümlere etkisi sürekli ve tutarlı olmalıdır. Yani, ebeveyn düğümlerdeki değişimler (artış-azalış) çocuk düğümlere de benzer şekilde (artış-artış/azalış-azalış) yansımalıdır.
- Aksiyom 3: Değerler üzerindeki herhangi bir “ x ” öznitelikler kümesinden (kanıt) gelen olasılık varyasyonlarının kombinasyonunun toplam etki büyüklüklerinin her zaman “ $x - y$ ” ($x \in y$) özniteliğinden daha büyük olması gerekir. Diğer bir ifadeyle, olasılık varyasyonlarının toplam etki büyüklüklerinin her zaman tek bir özniteliğin etkisinden (ebeveyn düğümlerin bireysel etkilerinden) daha büyük olması gerekir.

Ağın doğrulanmasının ardından son olarak, her Kaza ağı, görüşü alınan uzmanlara sunulurken ağın çalışma dinamikleri değişim analizleri yapılarak kontrol edilmiştir. Bu adım sonucunda İB, DB, SB'ndan geçiş yapacak bir geminin mevcut koşullara bağlı olarak çatma, çatışma, karaya oturma ve batma olasılığını ortaya koyan bir Kaza ağı üretilmiştir. Bunun yanı sıra ağın çalıştırılması ile her HFACS-PV seviyesindeki en etkili düğümler, bu düğümlerin birbirleri ile etkileşimi ve kazalar ile ilişkisi ortaya konmuştur. Bu Kaza ağı, ilgili bölgelerdeki karar vericilerin (gemi kaptanları, deniz trafik operatörleri, kıyı emniyeti personeli vb.) temel düzeyde operasyon kararlarını desteklemek amacıyla kullanılabilir.

2.2.4. Dar Suyollarında Kazaları Azaltmaya Yönelik Öneriler ve Sıralanması

Bayes ağının çalıştırılması sonucunda her dar su yolu (İB, DB, SB) için, her HFACS-PV seviyesi altındaki en etkili ilk üç düğüm tespit edilmiştir. Uzmanlar, İB Kaza ağındaki her HFACS-PV seviyesindeki en etkili 3 düğümü kontrol edebilmek veya kazaya etkisini azaltarak kazaları azaltmaya yönelik tedbirler veya düzenlemeler önermişlerdir. Bu önerilerin sözel olarak sunumundan önce, kazaları önlemeye ve deniz emniyetini arttırmaya yönelik olarak Kaza ağındaki düğümler ve HFACS-PV seviyeleri üzerindeki etkinliğinin analiz edilmesi karar vericilere daha kapsamlı bir bakış sağlayabilecektir. Bu amaçla, çalışmanın dördüncü adımında, İB için belirlenen önerilerin etkinliği MCDA yaklaşımlarından ER metodu ile analiz edilmiştir. Bu çalışmada ER algoritmasının (eşitlikler 6-19) kolay uygulanabilmesi için Akıllı Karar Sistemi (IDS) yazılımı kullanılmıştır (Xu ve Yang, 2001, 2003). İlk olarak BN yapısı ve HFACS-PV seviyeleri temel alınarak çok kriterli değerlendirme hiyerarşisi oluşturulmuştur. Ardından İB için belirlenen öneriler alternatifler olarak bu hiyerarşik yapı üzerinden uzman görüşleri (uzman inanç değerleri) alınarak değerlendirilmiştir. Bu adımın amacı İB için yapılan önerilerin etkinliğinin kalitatif ve kantitatif olarak değerlendirilmesini mümkün kılan bir ER yapısının ortaya konmasıdır. ER yapısı kullanılarak İB başta olmak üzere birçok dar su yolunda trafiği düzenlemek ve emniyeti arttırmak için önerilen tedbirlerin etkinliği analiz edilebilir. Bu analizler sayısal bir fizibilite çalışması niteliğindedir. Bu sayede karar vericiler (kıyı emniyeti, denizcilik otoriteleri, liman operatörleri vb.) çalışmalar sonucunda sunulan önerilerin hangisinin, Kaza ağındaki hangi düğümler üzerinde daha etkili olduğunu gözlemleyerek daha doğru karar alabilir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmanın veri setinde yer alan tüm kazaların dar kanallara göre dağılımı incelendiğinde, dünyanın en yoğun dar suyollarından olan İB’nda 240 (% 71,6), SB’nda 61 (% 18,2), DB’nda ise 34 (% 10,2), kaza olduğu görülmektedir. Geçiş yapan gemi sayısı ve trafik yoğunluğu oldukça fazla olduğundan incelenen üç dar suyolunda en sık rastlanan kaza türü birden fazla geminin karıştığı çatışma (218 kaza, % 65,1) kazalarıdır. Dar suyollarından geçiş yapan gemilerin gemi tipine göre dağılımına paralel olarak, sırasıyla kuru yük gemileri (% 59,4), konteyner gemileri (% 17,9) ve tanker gemilerinde (% 13,1) meydana gelen kazalar tüm veri setinin % 90,4’ünü kapsamaktadır. İncelenen dar suyollarında kazalar çoğunlukla (% 64,5) gece (18:01-06:00) meydana gelmiştir. Kaza boyutuna göre dağılım incelendiğinde sırasıyla ciddi kazalar (% 82,4) ve çok ciddi kazalar (% 10,7) veri setinde en büyük paya sahiptir (Tablo 13). Bu durum dar suyollarında meydana gelen kazaların deniz ticaretinin emniyeti ve sürdürülebilirliği açısından ağır sonuçlar doğurduğunu kanıtlar niteliktedir.

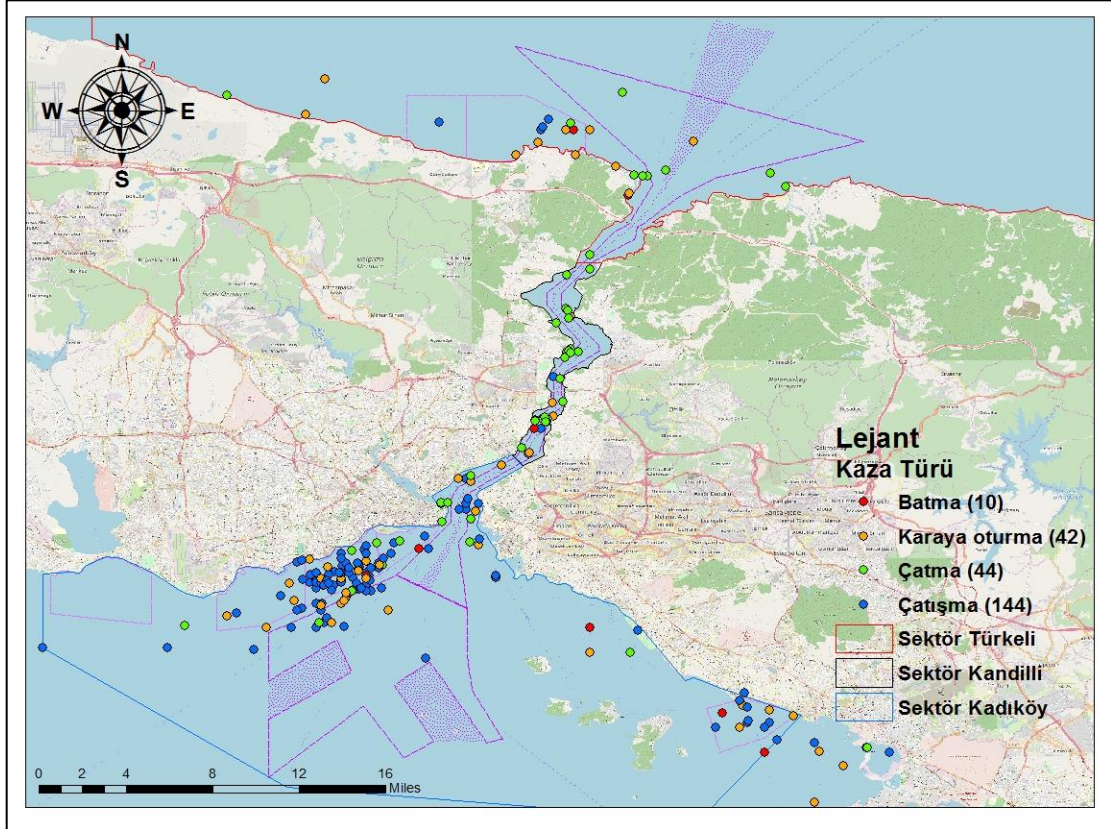
Tablo 13. Veri setindeki kazaların genel dağılımı

Kategori	Alt Kategori	Tüm Kazalar (N=335)	
		<i>f</i>	%
Dar Suyolu	İstanbul Boğazı	240	71,6
	Dover Boğazı	34	10,2
	Singapur Boğazı	61	18,2
Gemi Tipi	Kuru Yük	199	59,4
	Tanker	44	13,1
	Konteyner	60	17,9
	Diğer (RoRo, Yolcu, vb.)	32	9,6
Gün Durumu	Gündüz (06:01-1800)	119	35,5
	Gece (18:01-06:00)	216	64,5
Kaza Türü	Karaya Oturma	55	16,4
	Çatma	49	14,6
	Çatışma	218	65,1
	Batma	13	3,9
Kaza Boyutu	Az Ciddi	23	6,9
	Ciddi	276	82,4
	Çok Ciddi	36	10,7

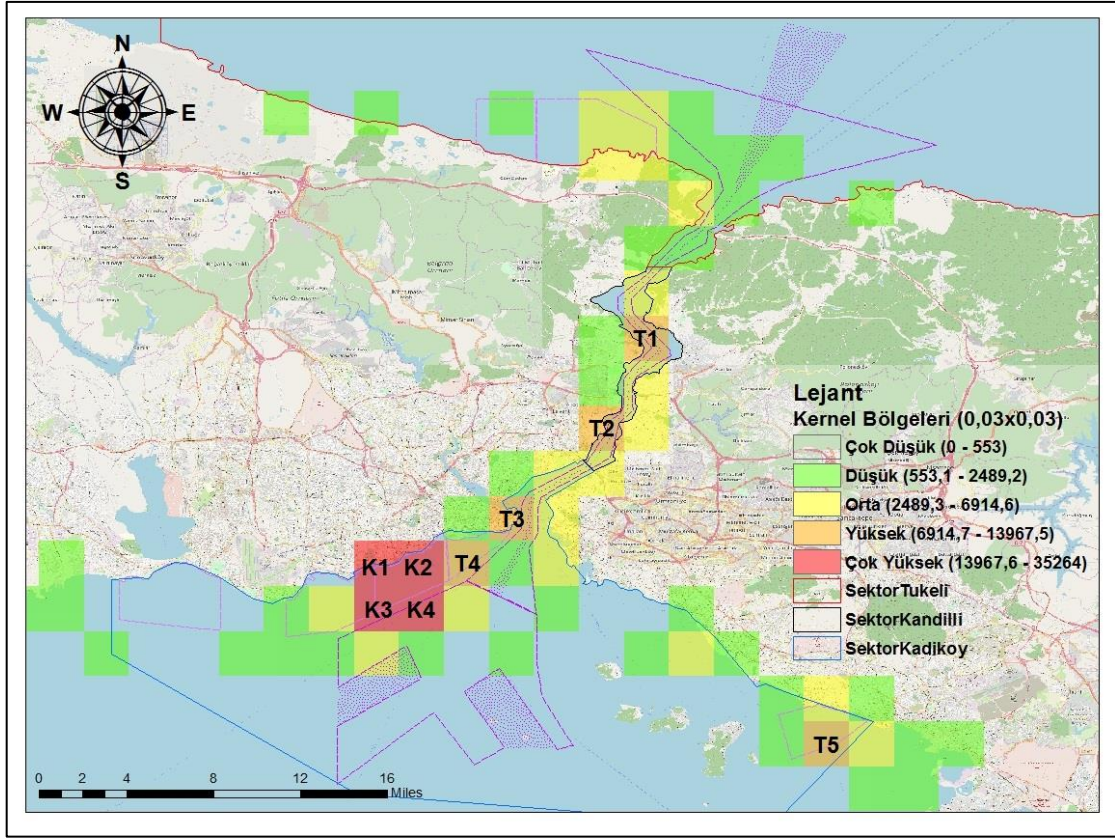
3.1. Konumsal ve İstatistiksel Analizden Elde Edilen Bulgular

3.1.1. İstanbul Boğazı Konumsal ve İstatistiksel Analiz Sonuçları

Kazaların konumsal dağılımı incelendiğinde genel olarak demir bölgelerinde yoğunlaşma olduğu görülmektedir (Şekil 15). En sık rastlanan kaza türü çatışmadır (144 kaza). İB'nın coğrafi yapısı, sektörlerin yerleşimi, hakim akıntı ve rüzgâr yönlerinin değişim gösterdiği bölgeler göz önünde bulundurularak, optimum Kernel bant genişliği $0,03^\circ \times 0,03^\circ$ olarak belirlenmiş ve uygulanmıştır. Alanlar Kernel yoğunluklarının sayısal değerine göre beş sınıfa (Çok yüksek (ÇY), Yüksek (Y), Orta (O), Düşük (D), Çok düşük (ÇD)) ayrılmıştır. Uygulamanın sonucunda İB için, her gride ait Kernel yoğunluk değeri temel alınarak Deniz Kazaları Risk Haritası elde edilmiştir. İB'nda 4 tane çok yüksek riskli denizalanı (90 kaza), 5 tane de yüksek riskli denizalanı (47 kaza) bulunmaktadır (Şekil 16).



Şekil 15. İstanbul Boğazı'ndaki kazaların konumsal dağılımı



Şekil 16. İstanbul Boğazı Kernel yoğunluk haritası

Çok yüksek ve yüksek riskli deniz alanlarında toplam 137 adet deniz kazası meydana gelmiştir. Sektör Kadıköy İB'nda gemi kazalarının en sık yaşandığı GTH alanıdır. Çok yüksek yoğunluklu (K1, K2, K3, K4) bölgelerin tamamı Sektör Kadıköy'de özellikle Ahırkapı demir sahasında bulunmaktadır. Çok yüksek yoğunluklu bölgelerde en sık görülen kaza türleri sırasıyla çatışma (% 75,6) ve karaya oturmadır (% 16,7). Yüksek yoğunluklu bölgelerde ise en sık görülen kaza türleri sırasıyla çatma (% 40,4) ve çatışmadır (% 36,2) (Tablo 14). Çok yüksek yoğunluklu deniz alanları B demir bölgesinin tamamını ve C demir bölgesinin bir kısmını içine almaktadır (Şekil 16). Bu alanlar boğaz geçişi için sıra bekleyen, demirli gemilerin, demirden kalkıp geçiş için boğaza ilerleyen gemilerin ve demirlemek üzere demir bölgesine ilerleyen gemilerin yoğun olduğu alanlardır. Gemi büyüklükleri (boy ve gros tonaj) incelendiğinde çok yoğun bölgelerde mini bulker (15.000 DWT) ve handy size bulker (15.000-40.000 DWT) gemilerin yoğun olduğu (% 78,9) görülmektedir.

Gemi yaşına göre dağılım incelendiğinde bu bölgelerde kazaların 30 yaş üzeri gemilerde yoğunlaştığı (% 45,6) görülmektedir. Bunun yanı sıra çok yoğun bölgelerde kaza yapmış 10 yaşın altındaki gemilerin oranı % 12,2'dir. Gemi tipi, gemi büyüklüğü ve gemi

yaşı ile ilgili bulgular, bu koşullar ile kazalar arasında bir ilişki olabileceğini göstermektedir (Tablo 14). Kazaların % 66,2'si gece (18:01-06:00 arası) meydana gelmiştir (Tablo 14). Gece vardiyalarının gündüze göre daha fazla risk taşıdığı ve gözcülüğün önemi bu sonuçla doğrulanmaktadır. Çok yüksek yoğunluklu bölgelerde ağırlıklı olarak çatışma (% 75,6) ve karaya oturma (% 16,7) kazaları meydana gelmiştir. Bu durum İB'nda kazaların genel dağılımı ile paraleldir (Tablo 14).

Sektör Kadıköy içerisinde yer alan A (Yenikapı) demir bölgesi (T4), boğazın güney girişi (Ahırkapı-Kızkulesi) (T3) ve F (Kartal) (T5) demir bölgesi, yüksek (3 bölge) yoğunluktadır. Ayrıca İB boyunca Sektör Kandilli'de 2 bölge (T1 ve T2) yüksek yoğunluklu kaza alanı olarak tespit edilmiştir (Şekil 16). Akıntının 1,0-3,0 kts arası ve yönünün (güney-güneybatı-güneydoğu) değişken olduğu Umuryeri Trafik Gözcü istasyonunu da içerisinde barındıran, Umur Bankları-Yeniköy Burnu arası (T1) bu bölgelerin ilkidir. İkincisi ise Kandilli dönüş noktası (T2) olarak da adlandırılan, kuvvetli akıntı ve rüzgârın hâkim olduğu, gemilerin yapması gereken rota değişikliğinin de keskin olduğu bir noktadır. Boğazın içindeki (Sektör Kandilli) yoğun bölgelerin ikisinde (T1 ve T2) de dönüş açıları geniştir ve akıntı sürati yüksektir.

Gemi büyüklükleri (boy ve gros tonaj) incelendiğinde yoğun bölgelerde mini bulker ve handy size bulker gemiler (% 87,2) çoğunluktadır. Gemi yaşına göre dağılım incelendiğinde bu bölgelerde kazaların 11-30 yaş arası gemilerde yoğunlaştığı (% 53,2) görülmektedir. Ayrıca yoğun bölgelerde kaza yapmış 30 yaşın üzerindeki gemilerin oranı % 36,2'dir. İB için gemi tipi, gemi büyüklüğü ve gemi yaşı ile ilgili bulgular, bu koşullar ile kazalar arasında bir ilişki olabileceğini göstermektedir (Tablo 14).

Kazaların gün durumuna göre dağılımı incelendiğinde % 55,3'ünün gece (18:01-06:00 arası) meydana geldiği görülmektedir. Kaza türüne göre dağılım incelendiğinde yüksek yoğunluklu bölgelerde çatma (% 40,4) ve çatışma (% 36,2) kazaları ağırlıklı olarak meydana gelmiştir (Tablo 14).

Tablo 14. İstanbul Boğazı'nda kazaların Operasyonel Koşullara göre dağılımı

Operasyonel Koşullar		İB (N=240)		İB (ÇY+Y=137)			
				f		%	
		f	%	ÇY	Y	ÇY	Y
Gemi Tipi	Kuru Yük	173	72,1	77	31	85,6	66
	Tanker	22	9,2	1	7	1,1	14,9
	Konteyner	32	13,3	10	8	11,1	17
	Diğer (RoRo, Yolcu, vb.)	13	5,4	2	1	2,2	2,1

Tablo 14'ün devamı

Gemi Boyu	Boy≤100	93	38,8	27	26	30	55,3
	101≤Boy≤150	96	40,0	44	15	48,9	31,9
	151≤Boy	51	21,3	19	6	21,1	12,8
Gemi Gros Tonajı	Gros≤5000	150	62,5	53	35	58,9	74,5
	5001≤Gros≤10000	35	14,6	18	3	20	6,4
	10001≤Gros	55	22,9	19	9	21,1	19,1
Gemi Yaşı	Yaş≤10	45	18,8	11	5	12,2	10,6
	11≤Yaş≤30	115	47,9	38	25	42,2	53,2
	31≤Yaş	80	33,3	41	17	45,6	36,2
Mevsim	İlkbahar	46	19,2	18	5	20	10,6
	Yaz	43	17,9	7	13	7,8	27,7
	Sonbahar	61	25,4	23	14	25,6	29,8
	Kış	90	37,5	42	15	46,7	31,9
Gün Durumu	Gündüz (06:01-1800)	86	35,8	30	21	33,3	44,7
	Gece (18:01-06:00)	154	64,2	60	26	66,7	55,3
Kaza Türü	Karaya Oturma	42	17,5	15	8	16,7	17
	Çatma	44	18,3	3	19	3,3	40,4
	Çatışma	144	60,0	68	17	75,6	36,2
	Batma	10	4,2	4	3	4,4	6,4
Kaza Boyutu	Az Ciddi	2	0,8	1	0	1,1	0
	Ciddi	219	91,3	82	45	91,1	95,7
	Çok Ciddi	19	7,9	7	2	7,8	4,3

Ki-Kare testleri sonucunda İB'nda yer alan çok yüksek ve yüksek yoğunluklu alanlarda meydana gelmiş kazalar için (N=137 kaza); kaza türü ile gemi tipi, kaza boyutu, mevsim ve kazanın meydana geldiği alanın yoğunluk kategorisi arasında anlamlı ilişki ($p<0,05$) tespit edilmiştir (Tablo 15). Kaza türü ile gemi tipi arası çapraz tablo incelendiğinde (Tablo 16), İB'nda yüksek ve çok yüksek yoğunluklu bölgelerde en riskli gemi tipi kuru yük gemileridir. Kuru yük gemilerinde en sık rastlanan, en riskli kaza türleri ise çatışma (% 63) ve karaya oturmadır (% 20). Geçiş yapan gemi sayısına bakıldığında (Şekil 16) ikinci sırada olmayan konteyner gemileri kaza türüne göre dağılımlar incelendiğinde en sık rastlanan ikinci gemi tipidir. Konteyner gemileri İB'nda en çok çatışma (% 72) ve çatma (% 22) kazalarına karışmışlardır. Dar kanallarda riskin boyutu hesaplanırken, taşıdıkları yükün özellikleri gereği çarpan etkisi çok yüksek olan tanker gemilerinde ise en sık rastlanan kaza türleri çatma (% 63) ve çatışmadır (% 25) (Tablo 14). İB'nda meydana gelmiş kaza türlerinin kaza boyutu ile ilişkisi incelendiğinde (Tablo 16), batma (% 85 çok ciddi sonuçlanıyor) ve karaya oturma (% 91 ciddi sonuçlanıyor) kazaları kaza sonucunun en yıkıcı olduğu türlerdir.

Tablo 15. İstanbul Boğazı Ki-Kare test sonuçları

İkili Karşılaştırmalar (Test Hipotezleri)		İstanbul Boğazı	
		İlişkinin Durumu	Geçerlilik (p)
Kaza türü	Gemi yaşı	Yok	0,103
	Gemi büyüklüğü (boy-tonaj)	Yok	0,052
	Gemi tipi	Var	0,015
	Kaza boyutu	Var	0,001
	Mevsim	Var	0,039
	Gün durumu	Yok	0,192
	Yoğunluk	Var	0,001
Kaza boyutu	Gemi yaşı	Yok	0,051
	Gemi büyüklüğü	Yok	0,052
	Gemi tipi	Yok	0,627
	Mevsim	Yok	0,642
	Gün durumu	Yok	0,128
	Yoğunluk	Yok	0,555
Yoğunluk	Gemi yaşı	Yok	0,468
	Gemi büyüklüğü	Var	0,015
	Gemi tipi	Var	0,006
	Mevsim	Var	0,008
	Gün durumu	Yok	0,192

Tablo 16. İstanbul Boğazı için kaza türü ile gemi tipi ve kaza boyutu çapraz tablosu

			Gemi Tipi				Kaza Boyutu		
			Kuru yük	Tanker	Konteyner	Diğer	Az ciddi	Ciddi	Çok ciddi
Kaza Türü	Karaya oturma	Sayı	22	1	0	0	1	21	1
		Kaza türü (%)	95,7	4,3	0,0	0,0	4,3	91,3	4,3
		Gemi tipi-Kaza boyutu (%)	20,4	12,5	0,0	0,0	100,0	16,5	11,1
	Çatma	Sayı	12	5	4	1	0	22	0
		Kaza türü (%)	54,5	22,7	18,2	4,5	0,0	100,0	0,0
		Gemi tipi-Kaza boyutu (%)	11,1	62,5	22,2	33,3	0,0	17,3	0,0
	Çatışma	Sayı	68	2	13	2	0	83	2
		Kaza türü	80,0	2,40	15,3	2,4	0,0	97,6	2,4
		Gemi tipi-Kaza boyutu (%)	63,0	25,0	72,2	66,7	0,0	65,4	22,2
	Batma	Sayı	6	0	1	0	0	1	6
		Kaza türü (%)	85,7	0,0	14,3	0,0	0,0	14,3	85,7
		Gemi tipi-Kaza boyutu (%)	5,6	0,0	5,6	0,0	0,0	0,8	66,7
Toplam		Sayı	108	8	18	3	1	127	9
		Kaza türü (%)	78,8	5,8	13,1	2,2	0,7	92,7	6,6

Kaza türleri-mevsimler çapraz tablosuna göre (Tablo 17), karaya oturma kazaları açısından en riskli mevsimler kış (% 44) ve ilkbahardır (% 30), çatışma kazaları için kış (% 45) ve sonbahar (% 29) mevsimleridir. Çatma kazaları için, kış (% 36) ve yaz % 32 mevsimleri riskli iken batma kazaları için ise hepsinden farklı olarak ilkbahar (% 43) ve yaz (% 29) mevsimlerinde kaza olasılığı yüksektir. Bu sonuçlara göre İB’nda kaza türlerinin

mevsimlere bağılı olarak görülme olasılıklarının da farklı olabileceği sonucu çıkmıştır (Tablo 17). Bunun yanı sıra tüm kaza türleri birlikte değerlendirildiğinde kazaların en sık görüldüğü iki mevsim kış (% 42) ve sonbahardır (% 27).

Yoğun alanlarda hangi kaza türlerinin diğerlerine göre daha sık görüldüğünün incelenmesi boğazın riskli bölgelerinde hangi kaza türlerinin görülme olasılığının fazla olduğunun anlaşılması açısından önemlidir. Kaza türü-yoğunluk kategorisi çapraz tablosu incelendiğinde (Tablo 17), çatışma (% 80), karaya oturma (% 65) ve batma (% 57) kazaları çok yüksek yoğunluklu bölgelerde yoğunlaşmışken; çatma kazaları (% 86) bundan farklı olarak yüksek yoğunluklu bölgelerde yoğunlaşmıştır. Bu sonuç, gelecekte risk haritasının yorumlanmasında İB’nda hangi bölgede hangi kaza türlerinin ve tehlikelerin daha olası olduğunun anlaşılması için faydalı olacaktır.

Tablo 17. İstanbul Boğazı için kaza türü ile mevsim ve yoğunluk kategorisi çapraz tablosu

			Yoğunluk Kategorisi		Mevsim			
			Yüksek	Çok yüksek	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Kaza Türü	Karaya oturma	Sayı	8	15	7	1	5	10
		Kaza türü (%)	34,8	65,2	30,4	4,3	21,7	43,5
		Yoğunluk-Mevsim (%)	17,0	16,7	30,4	5,0	13,5	17,5
	Çatma	Sayı	19	3	1	7	6	8
		Kaza türü (%)	86,4	13,6	4,5	31,8	27,3	36,4
		Yoğunluk-Mevsim (%)	40,4	3,3	4,3	35,0	16,2	14,0
	Çatışma	Sayı	17	68	12	10	25	38
		Kaza türü (%)	20,0	80,0	14,1	11,8	29,4	44,7
		Yoğunluk-Mevsim (%)	36,2	75,6	52,2	50,0	67,6	66,7
	Batma	Sayı	3	4	3	2	1	1
		Kaza türü (%)	42,9	57,1	42,9	28,6	14,3	14,3
		Yoğunluk-Mevsim (%)	6,4	4,4	13,0	10,0	2,7	1,8
Toplam		Sayı	47	90	23	20	37	57
		Kaza türü (%)	34,3	65,7	16,8	14,6	27,0	41,6

Ki-Kare test sonuçları incelendiğinde, İB’nda meydana gelen kazaların boyutu (az ciddi, ciddi ve çok ciddi) ile Operasyonel Koşullar arasında anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir ($p>0,05$). Bu durum test edilen Operasyonel Koşulların (gemi büyüklüğü, yaşı, mevsim, vb.) değişiminin kazanın sonucunu anlamlı ölçüde ve belirli bir düzende etkilemediğini göstermektedir. Bu nedenle gece saatlerinde meydana gelen kazalar daha ciddi sonuçlar doğurmaktadır veya daha büyük gemilerde meydana gelen kazaların sonuçları daha yıkıcı olabilmektedir gibi çıkarımlar yapılamaz.

İB’nda kazaların meydana geldiği alanın yoğunluk kategorisi ile Operasyonel Koşullar arasında uygulanan Ki-Kare testleri sonucunda, gemi büyüklüğü, gemi tipi ve mevsim

arasında anlamlı ilişki tespit edilmiştir ($p<0,05$) (Tablo 15). Yoğunluk kategorisi ile gemi büyüklüğü (boyu) arası çapraz tablo incelendiğinde, yüksek yoğunluklu bölgelerde boyu 100 m ve altındaki gemiler (% 55), çok yüksek yoğunluklu bölgelerde ise boyu 101-150 m arasındaki gemiler (% 49) yoğun olarak kaza yapmıştır (Tablo 18).

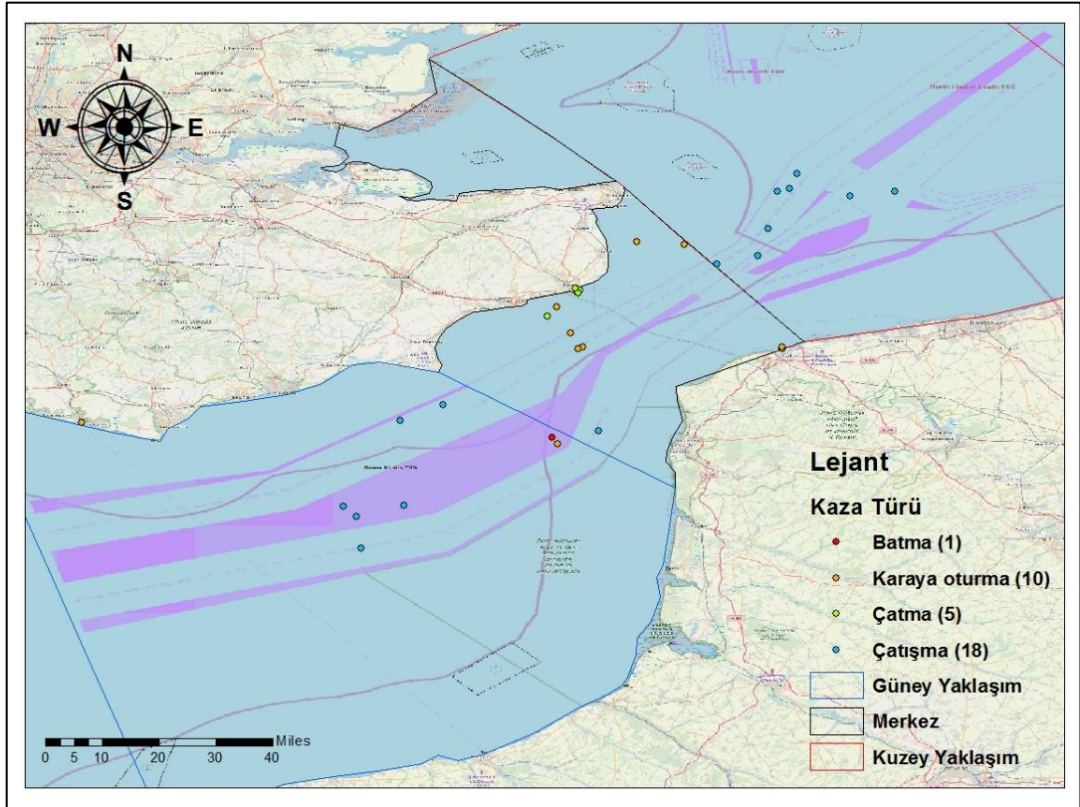
İB’ndan geçiş yapan kuru yük gemileri yüksek (% 66) ve çok yüksek (% 86) yoğunluklu bölgelerde en sık kaza yapan gemi tipidir. Bu durum gemilerin geçiş istatistikleri ile birlikte değerlendirilmelidir. İB’ndan yılda yaklaşık 15.000-25.000 adet kuru yük (genel kargo+dökme) gemisi geçiş yapmaktadır. Yılda geçen tanker sayısı kuruyük sayının yaklaşık % 50’si kadardır. Konteyner sayısı ise kuruyük sayının % 10-15’i kadardır (DTGM, 2019). Yüksek yoğunluklu bölgelerde kazaların konteyner gemileri (% 17) ve tanker gemileri (% 15) üzerine dağılımı bu gemi tiplerinin de kazalar açısından risk taşıdığını göstermektedir. Çok yüksek yoğunluklu bölgelerde konteyner gemileri (% 11) ikinci en riskli gemi tipidir (Tablo 18). Riskli alanlarda kazaların hangi mevsimlerde yoğunlaştığının incelenmesi, bu alanlarda hangi mevsimlerde kaza olasılığının yükseldiğinin belirlenmesi açısından önemlidir. Yüksek ve çok yüksek yoğunluklu alanlarda İB’ndaki genel dağılıma paralel şekilde kış (% 32-47) ve sonbahar (% 30-26) mevsimlerinde kazalar yoğunlaşmıştır (Tablo 18).

Tablo 18. İstanbul Boğazı için yoğunluk kategorisi ile gemi boyu, gemi tipi ve mevsim çapraz tablosu

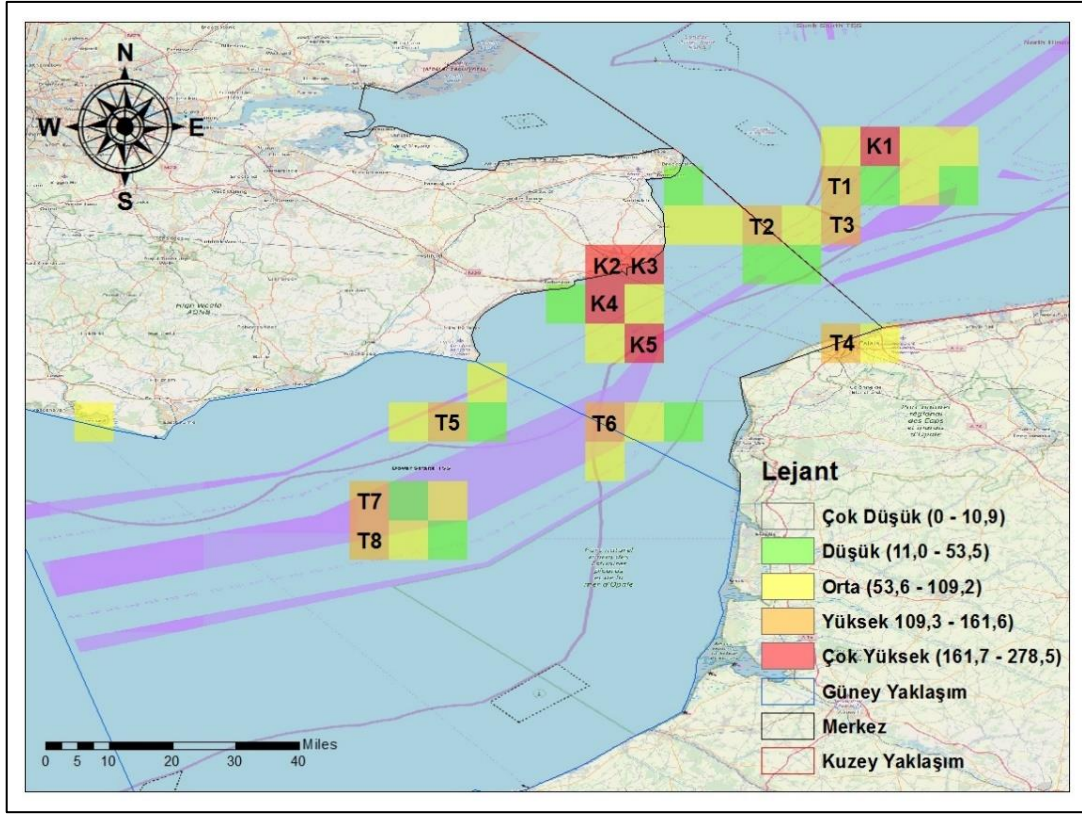
			Gemi Boyu (m)			Gemi Tipi				Mevsim			
			30-100	101-150	151≤	Kuru yük	Tanker	Konteyner	Diğer	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Yoğunluk Kategorisi	Yüksek	Sayı	26	15	6	31	7	8	1	5	13	14	15
		Yoğunluk (%)	55,3	31,9	12,8	66,0	14,9	17,0	2,1	10,6	27,7	29,8	31,9
		Gemi boyu-tipi-Mevsim (%)	49,1	25,4	24,0	28,7	87,5	44,4	33,3	21,7	65,0	37,8	26,3
	Çok yüksek	Sayı	27	44	19	77	1	10	2	18	7	23	42
		Yoğunluk (%)	30,0	48,9	21,1	85,6	1,1	11,1	2,2	20,0	7,8	25,6	46,7
		Gemi boyu-tipi-Mevsim (%)	50,9	74,6	76,0	71,3	12,5	55,6	66,7	78,3	35,0	62,2	73,7
Toplam	Sayı		53	59	25	108	8	18	3	23	20	37	57
	Yoğunluk (%)		38,7	43,1	18,2	78,8	5,8	13,1	2,2	16,8	14,6	27,0	41,6

3.1.2. Dover Boğazı Konumsal ve İstatistiksel Analiz Sonuçları

Dünyanın en yoğun dar suyollarından biri olan DB’ndaki kazaların kuzey-güney yönünde, boğaz girişinde yoğunlaştığı görülmektedir. Bunun yanı sıra Dover-Calais arası yolcu gemisi hattı üzerinde de kazaların yoğun olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 17). En sık meydana gelen kaza türünün çatışma olmasının yanında karaya oturma kazaları da sık rastlanan kaza türüdür (Tablo 19). Dover Boğazı’nın coğrafi yapısı, trafik ayırım düzeni, radar izleme bölgesinin büyüklüğü ve kazaların noktasal dağılımı göz önünde bulundurularak, optimum Kernel bant genişliği $0,09^{\circ} \times 0,09^{\circ}$ olarak belirlenmiştir. DB için Kernel yoğunluk değerleri temel alınarak, elde edilen Deniz Kazaları Risk Haritası Şekil 18’de sunulmuştur. Dover trafik ayırım düzeni içerisinde 5 tane çok yüksek riskli denizalanı (11 kaza), 8 tane de yüksek riskli denizalanı (13 kaza) tespit edilmiştir. DB’nda incelenen 34 kazanın % 71,0’i bu iki deniz alanlarında meydana gelmiştir. İB’ndakinden farklı olarak, DB’nda çok yüksek yoğunluklu bölgelerde en sık görülen kaza türleri sırasıyla karaya oturma (% 45,5) ve çatma (% 36,4) kazalarıdır. Yüksek yoğunluklu bölgelerde ise en sık görülen kaza türleri sırasıyla çatışma (% 61,5) ve karaya oturmadır (% 23,1) (Tablo 19).



Şekil 17. Dover Boğazı’ndaki kazaların konumsal dağılımı



Şekil 18. Dover Boğazı Kernel yoğunluk haritası

Dover Boğazı'nda çok yüksek yoğunluklu deniz alanları kanalın kuzey yaklaşımı (K1), Folkestone (K2, K4) ve Dover (K3) açıklarında iç hat deniz trafiğinin yoğun olduğu ve emniyetli suyunun iyice daraldığı bölgeleri içerisine almaktadır. Varne Bankı'nı da içine alan ve kanalın kuzeydoğu-güneybatı yönünde trafiğin aktığı şeritte de çok yüksek yoğunluklu K5 bölgesi yer almaktadır (Şekil 18). Çok yoğun alanlarda kazaların gemi tipine göre dağılımı incelendiğinde K1-K5 arasındaki alanlarda kaza yapan gemilerin % 27,3'ü kuru yük gemisidir. İB'nda da gemi tipine göre dağılımda kazalar kuruyük gemilerinde yoğunudur. DB'dan geçiş yapan gemilerin boyutu İB'dan geçiş yapan gemilere göre daha büyüktür. Bu nedenle gemi büyüklüklerine göre (boy ve gros tonaj) kazaların dağılımı incelendiğinde çok yoğun bölgelerde handy max (40000-50000 DWT) ve daha büyük gemilerin (Panamax: 52000-80000 DWT; Neopanamax: 120000 DWT kadar) çoğunlukta olduğu (% 81,8) görülmektedir. Gemi yaşına göre dağılım incelendiğinde bu bölgelerde kazaların 10 yaşın altındaki genç gemilerde yoğunlaştığı (% 81,8) görülmektedir. Bunun yanı sıra çalışmanın veri setinde çok yoğun bölgelerde kaza yapmış 30 yaşın üzerinde hiç gemiye rastlanmamıştır (Tablo 19). Bu durum İB kazaların gemi yaşına göre dağılımından oldukça farklıdır.

Çok yoğun bölgelerdeki kazaların % 36,4'ü kış aylarında meydana gelmiştir. Kuzeyli yüksek enlemlerde bulunduğu için bölgede sonbahar ve kış aylarında yaza göre daha sert hava ve deniz koşulları hâkimdir. Bu nedenle geçiş yapan gemi büyüklükleri ve yaşları farklı dahi olsa kazaların mevsimlere göre dağılımı İB'ine paralel bir tablo ortaya koymaktadır. Özellikle kanalın daraldığı, sıklıkların yoğun olduğu bölgelerde hava ve deniz koşulları emniyetli seyri olumsuz etkilemektedir. Çok yüksek yoğunluklu bölgelerde kazaların gün durumuna (gece-gündüz) göre dağılımı incelendiğinde % 54,5'inin gündüz (06:01-18:00) meydana geldiği görülmektedir (Tablo 19). Bu durum çok yoğun bölgelerde kazaların gece ve gündüz dağılımları arasında çok büyük fark olmadığını göstermektedir. Gemilerin AIS ile takibinin yanı sıra bölgedeki GTH'in gece-gündüz kesintisiz radar izlemesi yapıyor olmasının da bu duruma etkisi olabilir.

Çok yüksek yoğunluklu bölgelerde ağırlıklı olarak karaya oturma (% 45,5) ve çatma (% 36,4) kazaları meydana gelmiştir. DB'nda tüm kazaların genel dağılımında en sık görülen kaza türleri çatışma (% 54,3) ve karaya oturma (% 28,6) kazalarıydı çok yoğun bölgelerde bu dağılım değişmiştir (Tablo 19).

Yüksek yoğunluklu alanlar (toplam 8 bölge) incelendiğinde, İngiliz tarafında (kuzey-doğudan, güney-batı yönünde geçişin yapıldığı), boğazın kuzey yaklaşımında, emniyetli suyunun en daraldığı kısımda T1, T2 ve T3 yüksek yoğunluklu bölgeleri yer almaktadır. Bunun aynı sıra Dungeness Burnu'nun güneybatısında yer alan T5 bölgesi de yüksek yoğunluklu bölgeler arasındadır. Kanalın Fransız tarafında (güney-batıdan, kuzey-doğuya doğru geçişin yapıldığı) Calais Limanı çıkışında feribot hattının yoğun olduğu T4 bölgesi ve kanalın orta hattına yakın T6, T7 ve T8 yüksek yoğunluklu bölgeleri yer almaktadır (Şekil 18). DB'nda akıntının hızı ve yönü gel-git akıntılarından dolayı mevsime ve günün saatine göre değişmektedir. Kıyıdan daha açıkta olduğu için T1, T3, T6, T7 ve T8 bölgelerinde gemiler hava ve deniz koşullarından daha fazla etkilenecektir. Bu durum mevsim ve gün durumunun kazalarla ilişkisi olabileceğini göstermektedir.

Yüksek yoğunluklu Kernel bölgelerindeki (T1-T8) kazalar gemi tipleri açısından değerlendirildiğinde İB'ndan farklı olarak kazalar sırasıyla en sık konteyner gemilerinde (% 46,2) ve tanker gemilerinde (% 15,4) meydana gelmiştir. Gemi büyüklükleri (boy ve gros tonaj) incelendiğinde ise yoğun bölgelerde, çok yoğun bölgelerdekine benzer şekilde, Handymax, Panamax ve Neopanamax gibi büyük gemiler çoğunluktadır (% 61,5). İB'ndan farklı şekilde DB'ndaki yüksek yoğunluklu bölgelerde kazalar 10 yaş altı gemilerde (% 53,8) daha fazladır (Tablo 19).

Yoğun bölgelerdeki kazalar hava ve deniz koşullarının sert olduğu kış (% 38,5) ve gel-git akıntılarının nispeten daha fazla olduğu ilkbahar (% 38,5) mevsimlerinde daha yoğundur. Bu durum İB'ndakinden ve DB'daki çok yoğun bölgelerden farklıdır. Kazaların gün durumuna göre dağılımı incelendiğinde İB'nda olduğu gibi % 61,5'inin gece (18:01-06:00 arası) meydana geldiği görülmektedir. Kazaların dar suyollarında gece yoğunlaşması gün durumu ile kazalar arasındaki ilişkinin incelenmesi gerektiğine işaret eder. Yüksek yoğunluklu bölgelerde ağırlıklı olarak çatışma (% 61,5) ve karaya oturma (% 23,1) kazaları meydana gelmektedir (Tablo 19).

Tablo 19. Dover Boğazı'nda kazaların Operasyonel Koşullara göre dağılımı

Operasyonel Koşullar		DB (N=34)		DB (ÇY+Y=24)			
		f	%	f		%	
				ÇY	Y	ÇY	Y
Gemi Tipi	Kuru Yük	6	17,6	3	1	27,3	7,7
	Tanker	5	14,7	2	2	18,2	15,4
	Konteyner	10	29,4	2	6	18,2	46,2
	Diğer (RoRo, Yolcu, vb.)	13	38,2	4	4	36,4	30,8
Gemi Boyu	Boy≤100	4	11,8	1	1	9,1	7,7
	101≤Boy≤150	7	20,6	1	4	9,1	30,8
	151≤Boy	23	67,6	9	8	81,8	61,5
Gemi Gros Tonajı	Gros≤5000	4	11,8	0	3	0	23,1
	5001≤Gros≤10000	4	11,8	2	1	18,2	7,7
	10001≤Gros	26	76,5	9	9	81,8	69,2
Gemi Yaşı	Yaş≤10	18	52,9	9	7	81,8	53,8
	11≤Yaş≤30	16	47,1	2	6	18,2	46,2
	31≤Yaş	0	0,0	0	0	0	0
Mevsim	İlkbahar	8	23,5	2	5	18,2	38,5
	Yaz	7	20,6	2	2	18,2	15,4
	Sonbahar	6	17,6	3	1	27,3	7,7
	Kış	13	38,2	4	5	36,4	38,5
Gün Durumu	Gündüz (06:01-1800)	15	44,1	6	5	54,5	38,5
	Gece (18:01-06:00)	19	55,9	5	8	45,5	61,5
Kaza türü	Karaya Oturma	10	29,4	5	3	45,5	23,1
	Çatma	5	14,7	4	1	36,4	7,7
	Çatışma	18	52,9	2	8	18,2	61,5
	Batma	1	2,9	0	1	0	7,7
Kaza boyutu	Az Ciddi	10	29,4	5	5	45,5	38,5
	Ciddi	19	55,9	6	6	54,5	46,2
	Çok Ciddi	5	14,7	0	2	0	15,4

DB'nda yer alan çok yüksek ve yüksek yoğunluklu alanlarda meydana gelmiş kazalar için (N=24 kaza); yalnızca kaza türü-gemi büyüklüğü ve kaza boyutu-gemi büyüklüğü arasında anlamlı ilişki ($p<0,05$) vardır. Kazaların meydana geldiği coğrafi alanların

yoğunluk kategorisi ile Ki-Kare testi uygulanan Operasyonel Koşullar arasında anlamlı bir ilişki tespit edilmemiştir (Tablo 20).

Tablo 20. Dover Boğazı Ki-Kare test sonuçları

İkili Karşılaştırmalar (Test Hipotezleri)		Dover Boğazı	
		İlişkinin Durumu	Geçerlilik (p)
Kaza türü	Gemi yaşı	Yok	0,397
	Gemi büyüklüğü (boy-tonaj)	Var	0,016
	Gemi tipi	Yok	0,077
	Kaza boyutu	Yok	0,054
	Mevsim	Yok	0,516
	Gün durumu	Yok	0,368
	Yoğunluk	Yok	0,393
Kaza boyutu	Gemi yaşı	Yok	0,122
	Gemi büyüklüğü	Var	0,002
	Gemi tipi	Yok	0,33
	Mevsim	Yok	0,067
	Gün durumu	Yok	0,411
	Yoğunluk	Yok	0,397
Yoğunluk	Gemi yaşı	Yok	0,148
	Gemi büyüklüğü	Yok	0,203
	Gemi tipi	Yok	0,415
	Mevsim	Yok	0,523
	Gün durumu	Yok	0,431

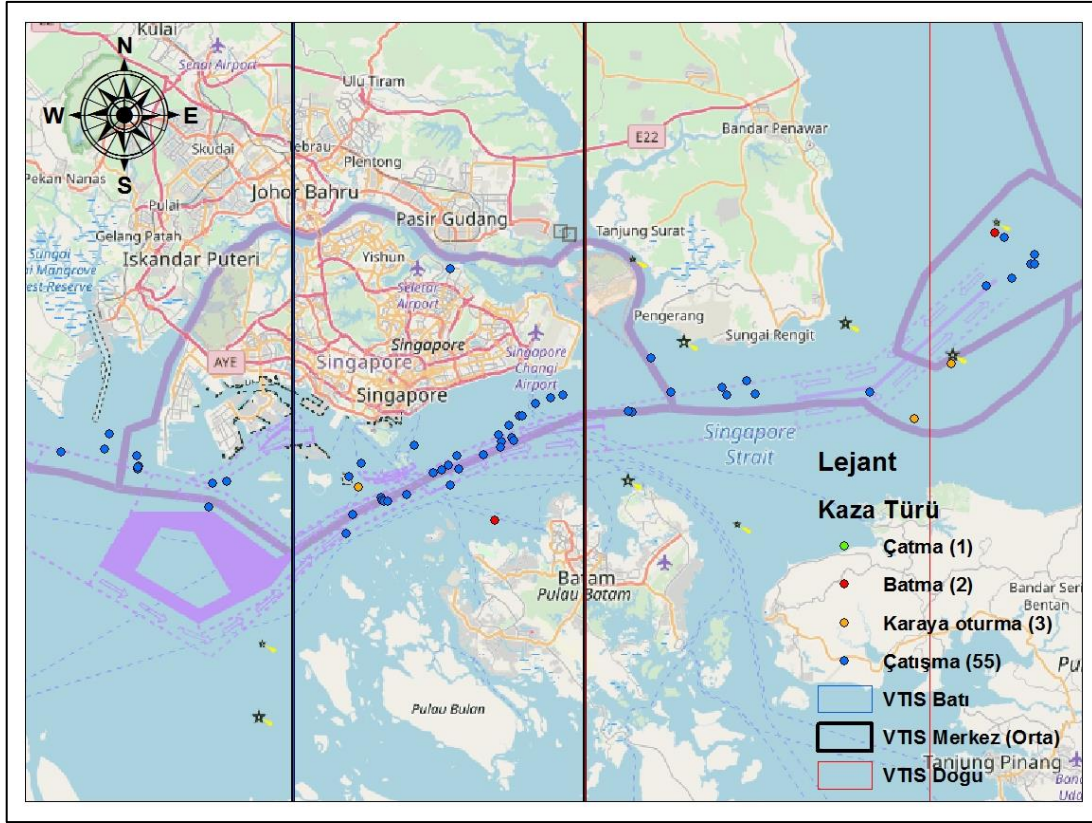
Kaza türü ile gemi büyüklüğü arası çapraz tablo incelendiğinde (Tablo 21), 100 m'nin altındaki gemiler sayıca az olmasına karşın çatma ve batma kazalarına karışmıştır. Gemi boyu 100 m ve üzeri olanlar ise çatışma ve karaya oturma kazaları açısından daha risklidir. DB'ndan geçiş yapan gemiler % 70-80 oranında handymax ve daha büyük gemilerdendir. Bu dağılım bölgeden geçiş yapan gemilerin büyüklükleri ile paraleldir. Kaza boyutu ile gemi boyu ilişkisi incelendiğinde, boyu 100 m'nin altındaki gemilerde batma kazaları yoğun olduğundan % 67 oranında çok ciddi sonuçlandığı görülmektedir. Diğer taraftan 100-150 m arası uzunluğa sahip gemilerde kazalar % 67 oranında az ciddi sonuçlanmıştır. Boyu 151 m ve üzerindeki gemiler ise kazaların en sık yaşandığı ve % 61 oranında ciddi sonuçlandığı gemilerdir. DB'nda gemi büyüklüğü ile kaza türü ve kaza boyutu arasındaki ilişki geçiş yapacak geminin büyüklüğüne göre değişken riskler taşıyabileceğini göstermektedir.

Tablo 21. Dover Boğazı için kaza türü-gemi büyüklüğü ve kaza boyutu-gemi büyüklüğü çapraz tablosu

			Gemi Boyu (m)		
			30-100	101-150	151≤
Kaza Türü	Karaya oturma	Sayı	0	3	5
		Kaza türü (%)	0,0	37,5	62,5
		Gemi boyu (%)	0,0	60,0	29,4
	Çatma	Sayı	1	0	4
		Kaza türü (%)	20,0	0,0	80,0
		Gemi boyu (%)	50,0	0,0	23,5
	Çatışma	Sayı	0	2	8
		Kaza türü (%)	0,0	20,0	80,0
		Gemi boyu (%)	0,0	40,0	47,1
	Batma	Sayı	1	0	0
		Kaza türü (%)	100,0	0,0	0,0
		Gemi boyu (%)	50,0	0,0	0,0
Kaza Boyutu	Az ciddi	Sayı	1	2	7
		% Kaza boyutu	10,0	20,0	70,0
		% Gemi boyu	33,3	66,7	38,9
	Ciddi	Sayı	0	1	11
		% Kaza boyutu	0,0	8,3	91,7
		% Gemi boyu	0,0	33,3	61,1
	Çok ciddi	Sayı	2	0	0
		% Kaza boyutu	100,0	0,0	0,0
		% Gemi boyu	66,7	0,0	0,0

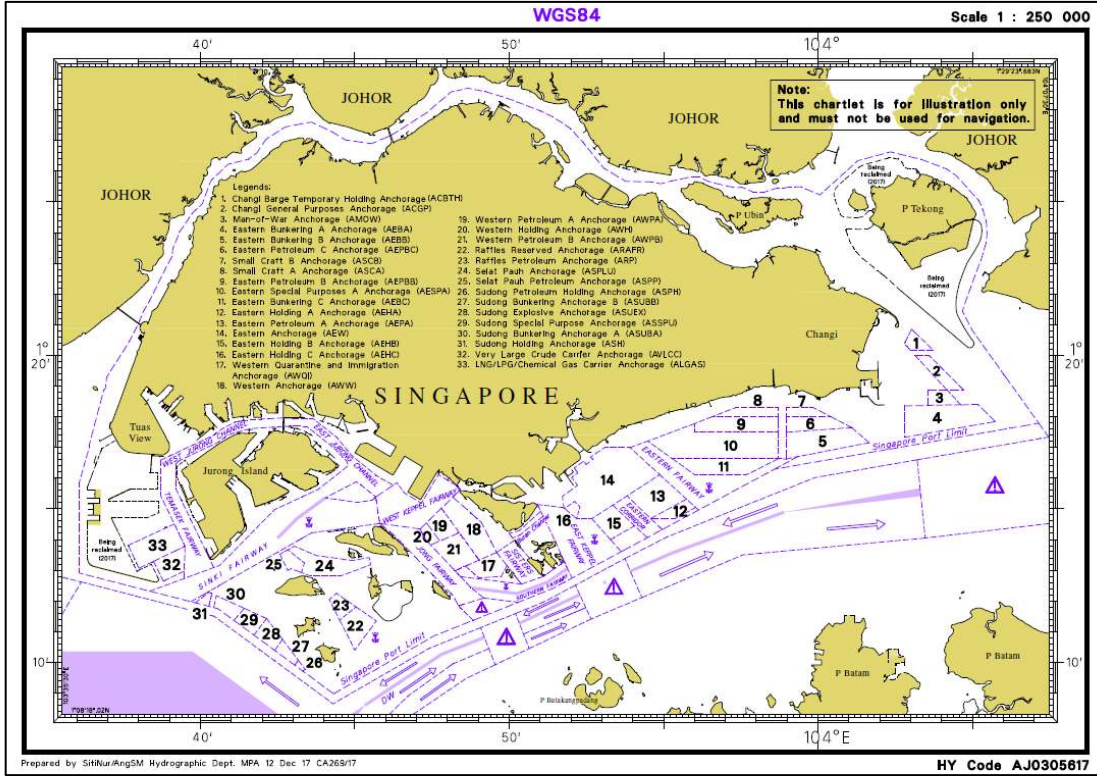
3.1.3. Singapur Boğazı Konumsal ve İstatistiksel Analiz Sonuçları

Singapur Boğazı'nda meydana gelen kazaların konumsal dağılımı çatışma kazalarının en sık rastlanan kaza türü olduğunu (Tablo 22) ve özellikle geçidin en dar kısımlarında yoğunlaştığını göstermektedir (Şekil 19). Bunun yanı sıra kazalar boğazın Malakka yönündeki demir bölgesinde ve güney-doğu girişinde de yoğun olarak meydana gelmektedir.

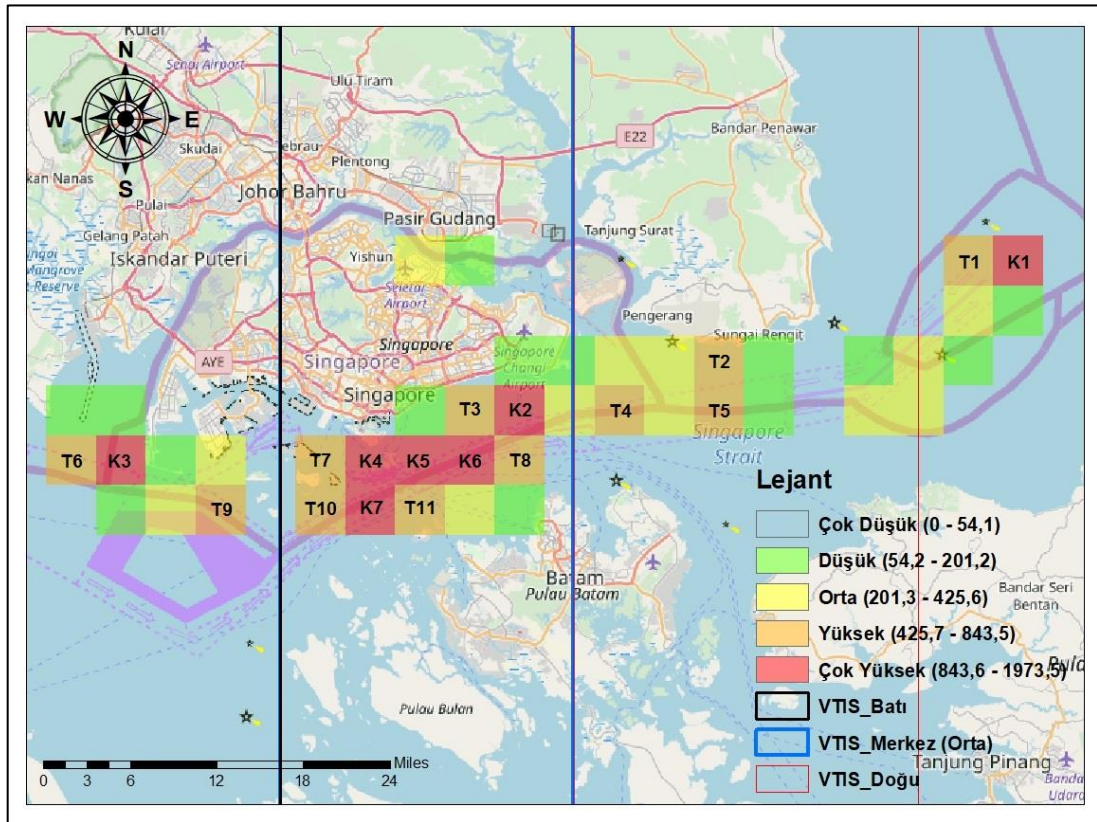


Şekil 19. Singapur Boğazı'ndaki kazaların konumsal dağılımı

Singapur Boğazı'nın coğrafi yapısı, demir yerlerinin yerleşimi (Şekil 20), trafik ayırım düzeni ve kazaların noktasal dağılımı göz önünde bulundurularak, optimum Kernel bant genişliği $0,05^{\circ} \times 0,05^{\circ}$ olarak belirlenmiştir. SB için Kernel yoğunluk değerleri temel alınarak, elde edilen Deniz Kazaları Risk Haritası Şekil 21'de sunulmuştur. SB trafik ayırım düzeni içerisinde 7 tane çok yüksek riskli denizalanı (28 kaza), 11 tane de yüksek riskli denizalanı (20 kaza) tespit edilmiştir. SB'de incelenen 61 kazanın % 78,7'si bu deniz alanlarında meydana gelmiştir. SB'de çok yüksek yoğunluklu bölgelerde en sık görülen kaza türleri sırasıyla çatışma (% 96,4) ve karaya oturma (% 3,6) kazalarıdır. Benzer şekilde, yüksek yoğunluklu bölgelerde de en sık görülen kaza türleri sırasıyla çatışma (% 95,0) ve karaya oturmadır (% 5,0) (Tablo 22). Her iki yoğunlukta da deniz alanları içerisinde batma ve çatma kazaları yer almamıştır.



Şekil 20. Singapur Boğazı demir yerlerinin dağılımı



Şekil 21. Singapur Boğazı Kernel yoğunluk haritası

Singapur Boğazı'nda çok yüksek yoğunluklu deniz alanları Güney GTH bölgesinin hemen dışındaki kuzey yaklaşımı (K1), Merkez GTH bölgesindeki boğazın en dar olduğu kısım (K5, K6, K7) ve boğaz içindeki demir yerlerinin yoğun olduğu alanları (K2 ve K4) içerisine almaktadır. Bu alanlara ek olarak Batı GTH bölgesi içerisinde Johor Geçidi'nin batı girişinde bulunan K3 alanı da çok yoğun bölgelerden biridir. Diğer taraftan emniyetli suyun nispeten daha geniş olduğu ve demir yerlerinin bulunmadığı Doğu GHT bölgesinde hiç çok yüksek yoğunluklu denizalanı tespit edilmemiştir (Şekil 21). K2 alanı 8, 9, 10 ve 11 no'lu demir yerlerini içermektedir. Bu alanlarda, küçük gemiler, petrol tankerleri, özel amaçlarla demirleme yapan gemiler ve yakıt ikmali yapan gemiler beklemektedir. K4 alanı 17, 18, 19, 21 no'lu demir yerlerini kapsar. Bu alanlarda, karantina ve göçmenlik ile ilgili işlemler için bekleyen gemiler, batıda demirleyip geçişi bekleyen gemiler ve petrol tankerleri bulunmaktadır. K5 alanı 15, 16 no'lu demir yerlerini içine almaktadır. Bu alanlarda, doğuda demirleyip geçişi bekleyen gemiler bulunmaktadır. K6 alanında 12 ve 13 no'lu demir yerleri bulunmaktadır. Bu alanlarda ise, doğuda demirleyip geçişi bekleyen gemiler ve petrol gemileri demirlemektedir.

Çok yoğun alanlarda kazaların gemi tipine göre dağılımı incelendiğinde K1-K7 arasındaki alanlarında kazalar % 35,7 ile kuru yük ve konteyner gemilerinde yoğunlaşmıştır. İB'nda ve DB'da da gemi tipine göre dağılımda kazalar kuru yük gemilerinde fazladır. Trafik ayırım düzenindeki emniyetli su derinliği uygun olduğu için SB'den geçiş yapan gemilerin boyutu DB'da olduğu gibi İB'na oranla oldukça büyüktür. Bu nedenle gemi büyüklüklerine göre (boy ve gros tonaj) kazaların dağılımı incelendiğinde çok yoğun bölgelerde handy max (40.000-50.000 DWT) ve daha büyük gemilerin (Panamax: 52.000-80.000 DWT; Neopanamax: 120.000 DWT kadar) çoğunlukta olduğu (% 96,4) görülmektedir. Gemi yaşına göre dağılım incelendiğinde çok belirgin bir farklılık olmasa da bu bölgelerde kazalar 10 yaşın altındaki genç gemilerde daha yoğundur (% 53,6). Bunun yanı sıra çalışmanın veri setinde çok yoğun bölgelerde kaza yapmış 30 yaşın üzerinde hiç gemiye rastlanmamıştır (Tablo 22). Bu durum, DB'ile benzer bir dağılım sergilemektedir; ancak İB'ndaki kazaların gemi yaşına göre dağılımından oldukça farklıdır.

SB ekvatoryal (tropikal) kuşakta yer aldığı için kazaların mevsime göre dağılımı hava ve deniz koşullarının etkisinin anlaşılmasında önemlidir. Çok yoğun bölgelerdeki kazaların % 64,2'si ilkbahar ve yaz aylarında meydana gelmiştir. Bölgede ilkbahar ve yaz aylarında tropikal fırtınalar görülmektedir, buna bağlı olarak bu mevsimler daha riskli olabilir. İklim kuşağı farklı olduğundan çok yoğun bölgelerde kazaların mevsime göre dağılımı İB ve

DB'ndakinden farklıdır. Çok yüksek yoğunluklu bölgelerde kazaların gün durumuna göre dağılımı incelendiğinde İB'ndakine benzer şekilde, kazaların % 82,1'i gece (18:01-06:00) meydana geldiği görülmektedir (Tablo 22). Veri setinde yer alan kazaların gece ve gündüz dağılımlarının bu şekilde yoğunlaşmış olması kazaların gün durumu ile ilişkisi olabileceğini göstermektedir.

Çok yüksek yoğunluklu bölgelerde ağırlıklı olarak çatışma (% 96,4) ve karaya oturma (% 3,6) kazaları meydana gelmiştir. Bu durum SB'de tüm kazaların genel dağılımına paraleldir (Tablo 22).

Yüksek yoğunluklu alanlar incelendiğinde, Doğu GTH Bölgesinin hemen dışında boğazın doğu yaklaşımında yer alan T1 alanı ve Doğu GTH Bölgesinin içerisinde yer alan T2, T4 ve T5 alanları yüksek yoğunlukludur (4 bölge). Merkez GTH alanı içinde ise T3, T7, T8, T10 ve T11 yüksek yoğunluklu alanlardır (5 bölge). Ayrıca Batı GTH bölgesi içerisinde boğazın batı yaklaşımında yer alan T6 ve T9 alanları yüksek yoğunluklu (2 bölge) olarak tespit edilmiştir (Şekil 21). T1, T2, T4 ve T5 ve T6 alanları emniyetli suyunun nispeten daha geniş olduğu alanlardır. Bu yüzden SB içerisinde ve doğu-batı yaklaşımlarında yer alan en riskli GTH sektörü Merkez sektördür.

Yüksek yoğunluklu Kernel bölgelerindeki (T1-T11) kazalar gemi tipleri açısından değerlendirildiğinde kazalar sırasıyla en sık kuru yük gemilerinde (% 35), konteyner gemilerinde (% 30) ve tanker gemilerinde (% 30) meydana gelmiştir. Gemi büyüklükleri (boy ve gros tonaj) incelendiğinde ise yoğun bölgelerde çok yoğun bölgelerde ve DB'ndaki dağılıma benzer şekilde Handymax, Panamax ve Neopanamax gibi büyük gemilerde çoğunlukta olduğu (% 90) görülmektedir. Gemi yaşına göre dağılım incelendiğinde İB'ndan farklı şekilde bu bölgelerde kazalar 10 yaş altı gemilerde yoğundur (% 60) (Tablo 22). Bu durum DB'ndaki kazaların gemi yaşına göre dağılımı ile paraleldir.

Yoğun bölgelerdeki kazaların mevsimlere göre dağılımı incelendiğinde, çok yoğun bölgelerden farklı olarak kazalar yaz (% 50) aylarında yoğunlaşmıştır. Tropikal kuşakta, mevsim geçişleri ve yaz aylarında tropik fırtınaların etkin olması nedeniyle bu sonuç olasıdır. Kazaların gün durumuna göre dağılımı incelendiğinde İB'nda ve DB'nda olduğu gibi % 65'i gece (18:01-06:00 arası) meydana gelmiştir. Geceleri, kazaların yoğunlaştığı bu çalışmada incelenen tüm dar su yollarında sabittir. Kaza türüne göre dağılım incelendiğinde ise çok yüksek yoğunluklu bölgelerdeki ve DB'ndakine benzer şekilde ağırlıklı olarak çatışma (% 95,0) kazalarının meydana geldiği görülmektedir (Tablo 22).

Tablo 22. Singapur Boğazı'nda kazaların Operasyonel Koşullara göre dağılımı

Operasyonel Koşullar		SB (N=61)		SB (ÇY+Y=48)			
		f	%	f		%	
				ÇY	Y	ÇY	Y
Gemi Tipi	Kuru Yük	20	32,8	10	7	35,7	35
	Tanker	17	27,9	7	6	25	30
	Konteyner	18	29,5	10	6	35,7	30
	Diğer (RoRo, Yolcu, vb.)	6	9,84	1	1	3,6	5
Gemi Boyu	Boy≤100	3	4,92	0	2	0	10
	101≤Boy≤150	3	4,92	1	0	3,6	0
	151≤Boy	55	90,2	27	18	96,4	90
Gemi Gros Tonajı	Gros≤5000	3	4,92	0	0	0	0
	5001≤Gros≤10000	2	3,28	1	2	3,6	10
	10001≤Gros	56	91,8	27	18	96,4	90
Gemi Yaşı	Yaş≤10	32	52,5	15	12	53,6	60
	11≤Yaş≤30	26	42,6	12	7	42,9	35
	31≤Yaş	3	4,92	1	1	3,6	5
Mevsim	İlkbahar	12	19,7	9	1	32,1	5
	Yaz	26	42,6	9	10	32,1	50
	Sonbahar	8	13,1	3	3	10,7	15
	Kış	15	24,6	7	6	25	30
Gün Durumu	Gündüz (06:01-1800)	18	29,5	5	7	17,9	35
	Gece (18:01-06:00)	43	70,5	23	13	82,1	65
Kaza Türü	Karaya oturma	3	4,92	1	1	3,6	5
	Çatma	1	1,6	0	0	0	0
	Çatışma	55	90,2	27	19	96,4	95
	Batma	2	3,28	0	0	0	0
Kaza Boyutu	Az Ciddi	11	18	4	5	14,3	25
	Ciddi	38	62,3	18	13	64,3	65
	Çok Ciddi	12	19,7	6	2	21,4	10

SB'nde yer alan çok yüksek ve yüksek yoğunluklu alanlarda çatma ve batma kazaları hiç gözlenmemiştir. Bu nedenle Ki-Kare testi uygulanırken kaza türü altında çatışma ve karaya oturma olmak üzere iki kategorik değişken bulunmaktadır (N=48 kaza). Ki-Kare test sonuçlarına göre; kaza türü-mevsim ve kaza türü-gün durumu arasında anlamlı ilişki ($p<0,05$) tespit edilmiştir. Kazaların boyutu ve kazaların meydana geldiği coğrafi alanların yoğunluk kategorisi ile Ki-Kare testi uygulanan Operasyonel Koşullar arasında anlamlı bir ilişki yoktur (Tablo 23).

Tablo 23. Singapur Boğazı Ki-Kare test sonuçları

İkili Karşılaştırmalar (Test Hipotezleri)		Singapur Boğazı	
		İlişkinin Durumu	Geçerlilik (p)
Kaza türü	Gemi yaşı	Yok	0,444
	Gemi büyüklüğü (boy-tonaj)	Yok	0,933
	Gemi tipi	Yok	0,704

Tablo 23'ün devamı

Kaza türü	Kaza boyutu	Yok	0,742
	Mevsim	Var	0,002
	Gün durumu	Var	0,012
	Yoğunluk	Yok	0,807
Kaza boyutu	Gemi yaşı	Yok	0,499
	Gemi büyüklüğü	Yok	0,781
	Gemi tipi	Yok	0,917
	Mevsim	Yok	0,457
	Gün durumu	Yok	0,276
	Yoğunluk	Yok	0,443
Yoğunluk	Gemi yaşı	Yok	0,85
	Gemi büyüklüğü	Yok	0,168
	Gemi tipi	Yok	0,964
	Mevsim	Yok	0,148
	Gün durumu	Yok	0,176

Kaza türü ile kazanın meydana geldiği mevsim arasındaki çapraz tablo incelendiğinde, çatışma kazaları yaz mevsiminde (% 41) yoğunlaşmıştır. Yazı takiben çatışmaların yoğunlaştığı mevsimler sırasıyla kış (% 28) ve ilkbahardır (% 22). Bunun yanı sıra çok yüksek ve yüksek yoğunluklu alanlardaki karaya oturma kazaları çatışma kazalarından farklı olarak sonbahar mevsiminde meydana gelmiştir (Tablo 24). Çatışma kazalarının gün durumu ile ilişkisi incelendiğinde gecelerin kazalar açısından 3 kat daha riskli (% 78) olduğu görülmektedir. Bu sonuç, diğer dar suyollarında kazaların genel dağılımı ve SB'nda meydana gelmiş tüm kazaların dağılımına benzerdir.

Tablo 24. Singapur Boğazı için kaza türü-mevsim ve kaza türü-gün durumu çapraz tablosu

			Mevsim				Gün Durumu	
			İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	Gündüz (06:01-18:00)	Gece (18:01-06:00)
Kaza Türü	Karaya oturma	Sayı	0	0	2	0	2	0
		Kaza türü (%)	0,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0
		Mevsim-Gün durumu (%)	0,0	0,0	33,3	0,0	16,7	0,0
	Çatışma	Sayı	10	19	4	13	10	36
		Kaza türü (%)	21,7	41,3	8,7	28,3	21,7	78,3
		Mevsim-Gün durumu (%)	100,0	100,0	66,7	100,0	83,3	100,0
Toplam		Sayı	10	19	6	13	12	36
		Kaza türü (%)	20,8	39,6	12,5	27,1	25,0	75,0

Ki-Kare testleri her dar suyolundaki yüksek ve çok yüksek yoğunluklu kazalara ayrı ayrı uygulanıp yukarıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Son olarak dar suyollarında etken ortak Operasyonel Koşulların tespit edilmesi amacıyla İB, DB ve SB'da yüksek ve çok yüksek

yoğunluklu alanlarda meydana gelmiş tüm kazalar (N=209) tek veri seti olarak düşünülmüştür. Uygulanan Ki-Kare test sonuçlarına göre, dar suyollarında meydana gelen kazaların türü ile gemi yaşı ($p=0,027$), gemi tipi ($p=0,036$) ve kazanın boyutu ($p=0,001$) arasında anlamlı bir ilişki vardır (Tablo 25). Benzer şekilde meydana gelen kazaların boyutu ile gemi yaşı ($p=0,001$) ve gemi büyüklüğü ($p=0,001$) arasındaki ilişki anlamlıdır. Kazanın meydana geldiği coğrafi alanın yoğunluk kategorisi ile gemi büyüklüğü ($p=0,045$), gemi tipi ($p=0,015$) ve mevsim ($p=0,018$) arasında da anlamlı ilişki tespit edilmiştir (Tablo 25).

Tablo 25. İstanbul Boğazı, Dover Boğazı ve Singapur Boğazı ortak Ki-Kare test sonuçları

İkili Karşılaştırmalar (Test Hipotezleri)		İB, DB ve SB ortak	
		İlişkinin Durumu	Geçerlilik (p)
Kaza türü	Gemi yaşı	Var	0,027
	Gemi büyüklüğü (boy-tonaj)	Yok	0,096
	Gemi tipi	Var	0,03
	Kaza boyutu	Var	0,001
	Mevsim	Yok	0,07
	Gün durumu	Yok	0,119
	Yoğunluk	Var	0,001
Kaza boyutu	Gemi yaşı	Var	0,001
	Gemi büyüklüğü	Var	0,001
	Gemi tipi	Yok	0,343
	Mevsim	Yok	0,523
	Gün durumu	Yok	0,752
	Yoğunluk	Yok	0,46
Yoğunluk	Gemi yaşı	Yok	0,29
	Gemi büyüklüğü	Var	0,045
	Gemi tipi	Var	0,015
	Mevsim	Var	0,018
	Gün durumu	Yok	0,203

İB, DB ve SB birlikte değerlendirildiğinde, kazaların gemi tipine göre dağılımı; İB ve SB’de kuru yük (dökmeci) gemilerinin, DB’nda ise konteyner gemilerinin diğer gemi tiplerine göre daha fazla olduğunu göstermektedir. Tüm kazalar içerisinde (334 kaza) gemilerin % 60,2’si (201 kaza) kuru yük gemileridir. Dar suyollarında şüphesiz önemli konulardan biri, kanal genişliği ve geçiş yapan gemilerin büyüklüğünün bir risk oluşturup oluşturmadığıdır. Bu bağlamda kazaların gemi boyuna göre dağılımı incelenmiştir. İB’nda kazaların yaklaşık % 43’ü 101-150 m tam boy uzunluğuna sahip gemilerde meydana gelmiştir. DB ve SB’de ise tam boyu 151 m ve üzeri olan daha büyük gemiler çoğunluktadır. Gemi boyutunun risk oluşturup oluşturmadığının anlaşılabilmesi için kazaların gemi gros

tonajına göre dağılımı da incelenmiştir. İB’nda kazalar % 64, 5.000 gros ton ve altındaki gemilerde, DB (% 77) ve SB’de (% 92) ise 10001 gros ton ve daha büyük gemilerde yoğunlaşmıştır.

Deniz kazaları alanında yapılmış çalışmalar gemi yaşının risk oluşturabildiğini belirtmiştir (Akhtar ve Utne, 2014; Antão ve Soares, 2019; F. Uğurlu vd., 2020; Yıldırım vd., 2019). Bu nedenle kazaların gemi yaşına göre dağılımı da incelenmiştir. İB’ndaki kazaların % 32,8’ü 31 yaşın üzerindeki gemilerde meydana gelmiştir. Bunun yanı sıra 10 yaşın altında olan gemilerin oranı neredeyse yarısı kadardır (% 19,3). DB (% 51,4) ve SB’de (% 52,5) ise kaza yapan gemilerin yarısından fazlası 10 yaşın altındadır.

Bölgedeki deniz ve hava koşulları ile yakından ilişkili olduğu ve dolaylı olarak çalışma koşullarını da etkilediği için deniz kazalarının mevsime göre dağılımları da incelenmiştir. İB’nda ve DB’nda sonbahar ve kış aylarında hava ve deniz koşulları daha çetindir. Bu nedenle İB’nda kazaların % 62,6’sı, DB’nda ise % 57,1’i sonbahar ve kış aylarında meydana gelmiştir. SB ise kuzey yarım kürede, tropikal kuşaktadır. İlkbahar ve yaz aylarında bu bölgede hava ve deniz koşulları daha çetindir. Buna paralel olarak SB’de kazaların % 62,3’ü ilkbahar ve yaz aylarındadır.

Özellikle insan faktörü üzerine yapılmış çalışmalar (Antão vd., 2008; Arslan ve Turan, 2009; Bal vd., 2015; Uğurlu vd., 2015c; Yıldırım vd., 2019) gün ışığının (gece-gündüz) gözcülük başta olmak üzere çalışma verimliliğini yakından etkilediğini ortaya koymuştur. Bu nedenle kazaların gün durumuna (gece-gündüz) göre dağılımı incelenmiştir. Gün durumunu, gündüz (06:01-18:00) ve gece (18:01-06:00) olarak ayırırken uluslararası 12 saatlik standart zaman sistemi kullanılmıştır (Karakawa, 1969). Kazaların dağılımı incelenen 3 dar suyolunda da, İB (% 64,3), DB (% 54,3) ve SB (% 70,5) gece yoğunlaştığını göstermiştir. Bunun yanı sıra İB ve SB’de kazaların gece-gündüz oranı yaklaşık iki kat fazladır.

Kazaların kaza türüne göre dağılımları incelendiğinde üç dar suyolunda da, çatışma kazalarının yoğun olduğu görülmektedir (İB (% 52,1), DB (% 54,3), SB (% 91,8)). Bunun temel nedeni çalışmada dar su yolu içerisinde ve trafik ayırım düzeni içerisindeki kazaların incelenmiş olmasıdır. Karaya oturma kazaları ikinci en sık görülen kaza türüdür. Dar su yollarında manevra alanının kısıtlı oluşu (sıgırlıkların mevcudiyeti), arızalar ve gemi personeli tarafından yapılan hatalı manevralar düşünüldüğünde bu sonuç şaşırtıcı değildir.

IMO’ya raporlanması zorunlu kazalar ciddi ve çok ciddi boyutlu, ölüm, yaralanma ve büyük ölçüde çevre kirliliğinin meydana geldiği kazalardır. Bu nedenle ufak maddi hasar,

ufak yaralanma veya hasarsız atlatılan kazalar ve kazaya yakın olaylar genellikle ülkeler tarafından uluslararası olarak raporlanmamaktadır. Bu nedenle kazaların kaza boyutuna göre dağılımlarına bakarak meydana gelen kazaların sonuçlarının ağırlığını kıyaslamak doğru olmayacaktır. Ancak çalışmanın veri setinde yer alan kazaların ve bu kazalardan çıkan sonuçların ciddiyetinin anlaşılması açısından yararlıdır. İncelenen dar suyollarında meydana gelen kazaların yaklaşık % 93'ü ciddi ve çok ciddi sonuçları olan kazalardır (İB (% 99), DB (% 71), SB (% 93)). Bu durum çalışma sonuçları ışığında tek bir kazanın dahi önlenmesiyle ciddi kayıpların (can kaybı, çevre felaketleri) önüne geçilebileceğini göstermektedir.

3.1.4. Uzman Görüşleri ve Dar Kanallardaki Operasyonel Riskler

Tüm coğrafi analiz sonuçları ve Ki-Kare test sonuçları çalışmadaki uzmanlarla öncelikle tek tek paylaşılmıştır. Uzmanlardan çalışmada tespit edilen her bir operasyonel koşulun kazadaki etkisini değerlendirmesi ve yorumlaması istenmiştir. Uzmanlar sadece kendi uzman oldukları dar suyolunda değerlendirme yapmışlardır. Uzmanların yorumları temel alınarak oluşturulmuş dar suyollarında kazalara etkiyen Operasyonel Koşullar Tablo 26'da sunulmuştur. Tabloda her dar suyolu için röportaj yapılan uzmanlardan kaç tanesinin ilgili operasyonel koşulu etken bir kaza faktörü olarak değerlendirdiği verilmiştir.

Tablo 26. Uzmanların çalışma sonuçları hakkındaki görüşleri

Operasyonel Koşullar	Uzman Görüşleri (N=21)											
	İstanbul Boğazı (N=19)			İngiliz Kanalı (N=14)			Singapur Boğazı (N=13)			Tüm Dar Suyolları (N=11)		
	Etkiler	Kararsız	Etkilemez	Etkiler	Kararsız	Etkilemez	Etkiler	Kararsız	Etkilemez	Etkiler	Kararsız	Etkilemez
Gemi yaşı	17	0	2	6	3	5	4	4	5	8	1	2
Gemi büyüklüğü (boy-tonaj)	16	0	3	10	2	2	10	1	2	9	1	1
Gemi tipi	15	1	3	8	2	4	10	0	3	7	2	2
Mevsim	12	2	5	13	0	1	3	0	10	7	0	4
Gün durumu	17	0	2	8	0	6	13	0	0	9	0	2
Gemi hızı	19	0	0	12	0	2	10	0	3	8	1	2
Gemi draftı	14	2	3	10	1	3	10	0	3	7	0	4
Rüzgâr yönü	19	0	0	12	1	1	8	1	4	10	1	0
Rüzgâr hızı	19	0	0	12	1	1	8	1	4	10	1	0
Akıntı yönü	19	0	0	13	1	0	11	1	1	10	1	0
Akıntı hızı	19	0	0	13	1	0	11	1	1	10	1	0
Gemi kaptanının geçiş sayısı	10	0	9	12	1	1	13	0	0	8	0	3
Kanalın en dar kısmı	7	3	9	3	0	11	12	0	1	5	2	4
Kanal üzerindeki en keskin dönüş	10	2	7	8	2	4	11	1	1	6	2	3
Yerel trafik	19	0	0	14	0	0	14	0	0	11	0	0
Sahil aydınlatmalarının yoğunluğu	16	0	3	10	0	4	12	0	1	10	1	0
Demir yeri kapasitesi ve doluluk oranı	6	5	8	0	0	14	11	0	2	8	3	0

Röportaj yapılan uzmanlar gemi yaşının; tekne-makine kondisyonu ve kronik arıza ihtimalini etkileyebileceğini belirtmişlerdir. Buna bağlı olarak İB için uzmanların % 89'u, DB için % 42'si, SB için ise % 30'u gemi yaşının kazalarda etken olabileceğini belirtmiştir. Yıllık geçiş istatistikleri değerlendirildiğinde İB'nın en fazla sayıda 20'yaş ve üzeri gemi geçişinin olduğu dar su yolu olduğuna vurgu yapmışlardır. Bu nedenle çalışma sonuçları da İB'nda gemi yaşının diğer dar su yollarına göre daha baskın bir faktör olduğunu ifade etmektedir. Çalışma sonuçları ve uzman görüşleri ışığında (% 72) geçişi yapacak geminin yaşının tüm dar su yollarında riski arttıracığı öngörülmüştür. Bu nedenle dar su yollarında her geçişe özgü risk analizi yapılırken geçişi yapacak geminin yaşı dikkate alınmalıdır. Geminin yaşı arttıkça kaza olasılığının artabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Uzman görüşleri ve çalışma sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, dar su yollarında meydana gelen kazalarla incelenen Operasyonel Koşullar arasında ilişki olduğu anlaşılmaktadır. Bu bağlamda dar su yollarında kaza ve emniyeti tehdit eden riskler değerlendirilirken dar su yoluna (bölgeye) özgü risklerin yanında gemiye özgü risklerin de değerlendirilmesi gerekmektedir. Çalışma sonuçları ışığında dar su yollarında seyir emniyetini arttırabilmek ve korumak için, geçiş yapacak gemilerin her birine özgü Operasyonel Koşullar (gemi büyüklüğü, gemi tipi, gemi yaşı, geçiş saati, GTH Sektörü, trafik yoğunluğu) kaynaklı risk çarpanının belirlenmesi önemlidir. Buna ek olarak istatistiki veriler ışığında her dar su yoluna (İB, DB, SB, vb.) özgü Operasyonel Koşullar (kanalın en dar kısmı, yoğunluk kategorileri ve sayıları, mevsime özgü risk, gün durumuna özgü risk) kaynaklı risk çarpanının belirlenmesi gerekir. Kanal geçiş operasyonu her gemiye ve her dar su yoluna özgü dinamik olarak planlanmalıdır. Her geçişin risk analizi titizlikle kanala girecek her gemi için yapılmalıdır. Zorunlu pilotaj ve zorunlu römorkör refakati kararları verilirken bu analizlerden elde edilecek sayısal sonuçlar da göz önünde bulundurulabilir.

3.2. Dar Suyollarında Kazaların Oluşumuna Etkiyen Uygunsuzluklar

Çalışmanın veri setinde yer alan tüm dar su yollarında meydana gelmiş 335 kazanın HFACS-PV yapısıyla analiz edilmesi sonucunda toplam 271 adet farklı uygunsuzluk tespit edilmiştir. Dar su yollarında kazaların oluşumunda rol oynayan bu uygunsuzlukların 244 tanesi İnsan ve Organizasyonel Faktör, 27 tanesi ise Operasyonel Koşuldur. HFACS-PV'nin genel yaklaşımına paralel olarak uygun Operasyonel Koşullar dar su yollarında kazaların oluşumunda emniyetsiz eylemleri tamamlayıcı rol üstlenmektedir. Kazaların analizi sonucu

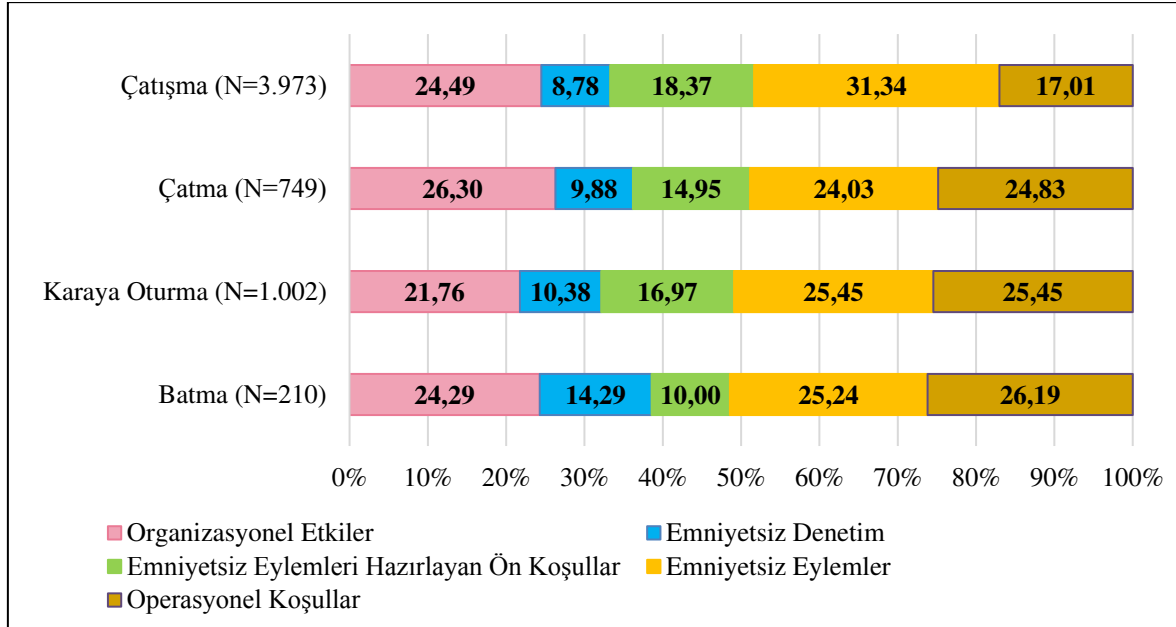
tespit edilen tüm uygunsuzlukların toplam görülme frekansı 5.395’dir. Uygunsuzlukların görülme frekansının kaza türlerine göre dağılımı incelendiğinde 3.973 (% 66,9) tanesi çatışma, 1.002 (% 16,9) tanesi karaya oturma, 749 (% 12,6) tanesi çatma ve 210 tanesi (% 3,5) batma kazalarının oluşumunda rol oynamıştır (Tablo 27).

Tablo 27. Kazaları meydana getiren uygunsuzlukların HFACS-PV seviyelerine göre dağılımı

HFACS-PV Alt Kategoriler		Tüm Dar Suyolları (İB+DB+SB)							
1. Seviye	2. Seviye	Çatışma		Çatma		Karaya Oturma		Batma	
		f	%	f	%	f	%	f	%
Organizasyonel Etkiler	Kaynak Yönetimi	580	14,6	106	14,2	122	12,2	25	11,9
	Örgüt İklimi	15	0,4	2	0,3	6	0,6	3	1,4
	Örgütsel Süreçler	378	9,5	89	11,9	90	9,0	23	11,0
Emniyetsiz Denetim	Yetersiz Denetim	47	1,2	24	3,2	33	3,3	15	7,1
	Uygunsuz Planlanmış Operasyonlar	301	7,6	49	6,5	68	6,8	14	6,7
	Bilinen Bir Problemin Çözülememesi	1	0,0	1	0,1	3	0,3	1	0,5
Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Ön Koşullar	Standart Altı Takım Üyeleri	726	18,3	112	15,0	167	16,7	21	10,0
	Teknoloji ve Arayüz Arızaları	4	0,1	0	0,0	3	0,3	0	0,0
Emniyetsiz Eylemler	Hatalar	480	12,1	62	8,3	122	12,2	26	12,4
	İhlaller	765	19,3	118	15,8	133	13,3	27	12,9
Operasyonel Koşullar	İç Koşullar	141	3,5	47	6,3	45	4,5	24	11,4
	Dış Koşullar	535	13,5	139	18,6	210	21,0	31	14,8
Toplam		3.973	100,0	749	100,0	1.002	100,0	210	100,0

Çatışma kazaları için en etkili HFACS-PV seviyesi Emniyetsiz Eylemler (% 31,3), çatma kazaları için Organizasyonel Etkiler (% 26,3) seviyesidir (Şekil 22). Bunun temel nedeni çatışma ve çatma kazalarında insan faktörünün direkt etkisinin diğer kaza türlerine oranla daha fazla olmasıdır. Karaya oturma kazalarında Emniyetsiz Eylemler ve Operasyonel Koşullar (% 25,4) eşit ve en yüksek etkiye sahiptir. Batma kazalarında ise Operasyonel Koşullar (% 26,2) en etkili seviyedir (Şekil 22). Bu durum dar suyollarında karaya oturma ve batma kazalarının meydana gelebilmesi için Operasyonel Koşulların gerekliliğini kanıtlar niteliktedir. HFACS-PV gibi sınıflandırma yapılarında kategoriler altındaki uygunsuzlukların eksiksiz olması ve mümkün olduğunca kapsamlı olması önemlidir. Bu nedenle bu çalışmada, önceki yapılmış HFACS-PV çalışmalarındaki (Kaptan, 2019; Sarılioğlu vd., 2020; F. Uğurlu vd., 2020; Ö. Uğurlu vd., 2020; Yıldız vd., 2021) uygunsuzluklar da göz önünde bulundurularak, en detaylı ve kapsamlı uygunsuzluk

tablolarının oluşturulmasına özen gösterilmiştir. HOF'lar açısından kısmen benzer olsalar da hem yapısal hem de Operasyonel Koşullar bakımından farklı oldukları için her dar su yolu için kazaların oluşumunda rol oynayan faktörler ayrı ayrı sınıflandırılmıştır.



Şekil 22. HFACS-PV ana seviyelerinin tüm kazalardaki etkinliği

3.2.1. İstanbul Boğazı'nda Kazalara Etkiyen HFACS-PV Uygunsuzlukları

İstanbul Boğazı'nda meydana gelen 240 kazanın oluşumuna etkiyen 130 adet farklı uygunsuzluk (Operasyonel Koşul (20), İnsan ve Organizasyonel Faktör (110)) tespit edilmiştir. Bu uygunsuzlukların toplam gözlemlenme frekansı (f) 3.876'dır. Bunların 2.371 tanesi çatışma, 644 tanesi çatma, 707 tanesi karaya oturma ve 154 tanesi batma kazalarının oluşumunda rol oynamıştır. İB'nda meydana gelen tüm kazalar değerlendirildiğinde sırasıyla, Organizasyonel Etkiler (% 26,6), Emniyetsiz Eylemler (% 26,5) ve Operasyonel Koşullar (% 21,9) kazalarda en sık görülen ana seviyelerdir. İlk derece alt seviyeler incelendiğinde, İhlaller (% 18,6), Standart Altı Köprüüstü Takım Üyeleri (% 16,4), Dış Operasyonel Koşullar (% 16,2) ve yetersiz Kaynak Yönetimi (% 15,4) İB'nda meydana gelen kazalarda en etkili alt seviyelerdir (Tablo 28).

Tablo 28. İstanbul Boğazı'nda kazaları meydana getiren uygunsuzlukların HFACS-PV seviyelerine göre frekans dağılımı

HFACS-PV Alt Kategorileri		İstanbul Boğazı'ndaki Kazalar									
1. Seviye	2. Seviye	Çatışma		Çatma		Karaya Oturma		Batma		Toplam	
		f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
Organizasyonel Etkiler	Kaynak Yönetimi	396	16,7	96	14,9	85	12,0	18	11,7	595	15,4
	Örgüt İklimi	3	0,1	2	0,3	1	0,1	0	0,0	6	0,2
	Örgütsel Süreçler	281	11,9	72	11,2	63	8,9	14	9,1	430	11,1
Emniyetsiz Denetim	Yetersiz Denetim	10	0,4	19	3,0	23	3,3	11	7,1	63	1,6
	Uygunsuz Planlanmış Operasyonlar	173	7,3	43	6,7	41	5,8	11	7,1	268	6,9
	Bilinen Bir Problemin Çözülememesi	0	0,0	0	0,0	1	0,1	0	0,0	1	0,0
Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Ön Koşullar	Standart Altı Takım Üyeleri	408	17,2	91	14,1	120	17,0	15	9,7	634	16,4
	Teknoloji ve Arayüz Arızaları	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Emniyetsiz Eylemler	Hatalar	185	7,8	47	7,3	60	8,5	17	11,0	309	8,0
	İhlaller	475	20,0	112	17,4	110	15,6	23	14,9	720	18,6
Operasyonel Koşullar	İç Koşullar	121	5,1	43	6,7	40	5,7	20	13,0	224	5,8
	Dış Koşullar	319	13,5	119	18,5	163	23,1	25	16,2	626	16,2
Toplam		2.371	100,0	644	100,0	707	100,0	154	100,0	3.876	100,0

İB'ndaki her kaza türü için tüm HFACS-PV seviyelerinin kazaları nasıl etkilediğini ve seviyelerin birbiriyle nasıl etkileştiğini ortaya koyabilmek için kaza raporlarının analizi sonucunda oluşturulan HFACS-PV uygunsuzlukları ve gözlemlenme frekansları Tablo 29-33'de ortaya konmuştur. Tablolarda gözlemlenme frekansı sıfır olan uygunsuzluklar, HFACS-PV'nin gelecekteki uygulayıcılarına referans teşkil etmek amacıyla konmuştur.

Tablo 29. İstanbul Boğazı'nda kazaların oluşumunda rol oynayan Organizasyonel Etkiler seviyesi altındaki faktörler ve gözlem frekansları

	Uygunsuzluklar	Çatışma	Çatma	Karaya Oturma	Batma
Kaynak Yönetimi	Eğitim ve Aşinalık Eksikliği	276	79	70	11
	Gemi	1	5	5	3
	Elektronik seyir cihazları (Ecdis, Radar, GPS, Otopilot, Gyro vb.)	1	0	3	0
	Geminin manevra karakteristiği	0	4	1	0
	Dümen kontrol sistemi	0	1	1	0
	Yük operasyonları (Yükleme, tahliye, stabilite, laşing vb.)	0	0	0	3
	Geminin pervane tipi	0	0	0	0
	Makine personeli geminin makine dairesi ekipmanlarına aşına değil	0	0	0	0

Tablo 29'un devamı

Kaynak Yönetimi	İnsan Kaynakları	<u>Kişisel Eğitim</u>	275	65	51	8
		Demirleme manevrası	96	15	8	2
		BRM uygulamaları (Demirde)	74	10	4	1
		Acil durum yönetimi (Demir tarama)	39	6	4	1
		COLREG kuralları ve uygulanması	31	3	0	1
		BRM uygulamaları (Seyirde)	23	20	23	2
		Demir alma manevrası	8	1	2	0
		Acil durum yönetimi (Acil durum eylemleri, dümen kilitlenmesi, makine arızası, güç kaybı vb.)	3	10	10	1
		Demirde ikmal (Gemiden - Gemiye)	1	0	0	0
Kaynak Yönetimi	İnsan Kaynakları	<u>Seyir Bölgesi</u>	0	9	14	0
		Kaptan seyir bölgesine aşına değil	0	6	10	0
		Köprüüstü takım üyeleri seyir bölgesine aşına değil	0	3	4	0
		Pilot seyir bölgesine aşına değil	0	0	0	0
		<u>Personel Atama</u>	2	0	0	1
		Minimum emniyetli adam donatımı	1	0	0	1
		Uygunsuz personel atama (Yetkin olmayan personel (Kaptan, 1. Zabit, 2. Zabit, vb.))	1	0	0	0
	Ekipman ve Tesis Kaynakları	<u>Tesis ve Ekipmanların Mevcudiyeti</u>	114	16	13	4
		Demirleme alanı kapasitesi (yetersiz)	114	16	13	4
		Pilotaj Servisi	0	0	0	0
		Köprüüstü yayınları (harita, kitap, vb.)	0	0	0	0
		Köprüüstü seyir ekipmanları (Ecdis, Radar, AIS, Derinlikölçer vb.)	0	0	0	0
		Gemi Trafik Hizmetleri Ekipmanları	0	0	0	0
		Limanda bulunan sabit veya yüzer seyir yardımcıları	0	0	0	0
		<u>Tesis ve Ekipmanların Niteliği</u>	1	1	1	2
		Limanda bulunan sabit veya yüzer seyir yardımcıları	1	0	0	0
		Köprüüstü seyir cihazları (Ecdis, Radar, Derinlikölçer, Dümen kontrol sistemi vb.)	0	1	1	2
		Görsel ve sesli sistemler (Ekranlar ve ses aygıtları)	0	0	0	0
		Manevra ekipmanları (Yedekleme halatı, vb.)	0	0	0	0
		<u>Ergonomik Dizayn Kusurları</u>	3	0	1	0
		Köprüüstü seyir ekipmanlarının yerleşimi - Ecdis, Radar, AIS, Derinlikölçer vb.	2	0	1	0
		Köprüüstü Ergonomik Dizayn (Kör sektör)	1	0	0	0
		Köprüüstü Ergonomik Dizayn (Genel, ses yalıtımı vb.)	0	0	0	0
Örgüt İklimi	Örgüt Yapısı	<u>İletişim ve Koordinasyon</u>				
			0	0	0	0
		<u>Emir-Komuta Zinciri</u>				
			0	0	0	0
	Politikalar	<u>Yetki Dağılımı</u>				
			0	0	0	0
		<u>Promosyon (Yükseltme)</u>				
			0	0	0	0
	Örgüt Kültürü	<u>Uyusturucu ve Alkol</u>				
		Yetersiz alkol politikası	0	0	0	0
		Şirketin filo üzerindeki zaman baskısı	2	1	1	0
		Gemi personelinin Emniyet Kültürü zayıf	1	1	0	0
		Köprüüstü seyir ekipmanının etkin kullanımı için uygun ortam	0	0	0	0
		Düzensiz vardiya sistemi	0	0	0	0
		Şirketin Emniyet Kültürü zayıf	0	0	0	0

Tablo 29'un devamı

Örgütsel Süreçler	Operasyon Yönetimi	Uygunsuz manevra yönetimi - Demir	110	17	11	3
		Uygunsuz sefer yönetimi - Gemi	27	17	21	2
Örgütsel Süreçler	Yasal Eksiklikler	Uygunsuz manevra yönetimi - Liman	1	0	1	0
		Uygunsuz sefer yönetimi - GTH	0	0	0	0
Örgütsel Süreçler	Yasal Eksiklikler	Prosedür Temelli	9	0	0	0
		Vardiya sistemi	5	0	0	0
		Demir vardiyasının tutulması	4	0	0	0
		Vardiya devir-teslimi	0	0	0	0
		Kullanıcı manueelleri (Köprüüstü manevra konsolu)	0	0	0	0
		Seyir emniyeti (kısıtlı sular, cep telefonu kullanımı, vb.)	0	0	0	0
		Köprüüstü tanıtım ve aşinalık prosedürleri (Yeni katılışlarda)	0	0	0	0
		Acil durumlar için eylem talimatları	0	0	0	0
	Yasal Eksiklikler	Sefer planı hazırlama talimatları	0	0	0	0
		Yorgunluk yönetimi	0	0	0	0
		Kullanıcı manueelleri (Köprüüstü seyir cihazları)	0	0	0	0
		Manevra talimatları	0	0	0	0
		Risk değerlendirme prosedürleri	0	0	0	0
		Standardizasyon (Kaptan'ın gece-gündüz emirleri, operasyonel doktrinler, vb.)	0	0	0	0
		Kural Temelli	0	0	0	0
		Sertifikasyon	0	0	0	0
		Bayrak Devletin gemiadamı donatım standartları	0	0	0	0
		Planlı bakım ile ilgili kurallar	0	0	0	0
	Gözden Geçirme	Risk Değerlendirmesi	134	37	29	4
		Demirleme öncesi risk değerlendirmesi	92	15	11	2
		Dar kanal seyri öncesi risk değerlendirmesi	19	18	16	1
		Demir alma manevrası öncesi risk değerlendirmesi	14	1	2	0
		Sefer öncesi risk değerlendirmesi	5	0	0	1
		Variş risk değerlendirmesi (Liman)	3	3	0	0
		Manevra öncesinde seyir ekipmanlarının kontrolünün yetersiz yapılması	1	0	0	0
		Kalkış risk değerlendirmesi (Liman)	0	0	0	0
		Emniyet Değerlendirmesi	0	1	1	5
		Hava tahminlerinin göz ardı edilmesi (incelenmemesi)	0	1	1	5
		Seyir emniyet bültenin göz ardı edilmesi (incelenmemesi)	0	0	0	0

Tablo 30. İstanbul Boğazı'nda kazaların oluşumunda rol oynayan Emniyetsiz Denetim seviyesi altındaki faktörler ve gözlem frekansları

	Uygunsuzluklar	Çatışma	Çatma	Karaya Oturma	Batma
Yetersiz Denetim	İç denetim eksikliği - Sefer planı	5	1	3	6
	İç denetim eksikliği - Pilot manevra komutları	1	5	4	0
	Test ve kontrol - Köprüüstü seyir cihazları (Ecdis, Radar, Derinlikölçer, Dümen kontrol sistemi vb.)	1	4	5	1
	Test ve kontrol - Ana makine kontrol paneli	1	4	5	0
	Ana makine rutin bakımı	1	4	5	0
	Dış denetim eksikliği - Şirket denetimleri	0	1	0	4
	Seyir zabitanın vardiyadaki yetkinliği	1	0	0	0
	Test ve kontrol - Köprüüstü alarm paneli	0	0	1	0
	Yetersiz bakım - Ana makine kontrol paneli	0	0	0	0

Tablo 30'un devamı

Yetersiz Denetim	Dış denetim eksikliği - Liman/bayrak devleti denetimleri vb.	0	0	0	0
	Yetersiz bakım - Köprüüstü seyir cihazları (Ecdis, Radar, Derinlikölçer, Dümen kontrol sistemi vb.)	0	0	0	0
	Test ve kontrol - Makine alarm paneli	0	0	0	0
Uygunsuz Planlanmış Operasyonlar	Demirleme operasyonu	94	16	11	2
	Sefer planı	30	18	19	7
	Gözcülük - Seyir vardiyası	28	6	9	2
	Demirden kalkış	18	1	2	0
	Yanışma manevrası	0	2	0	0
	Gözcülük - Kısıtlı görüş	1	0	0	0
Uygunsuz Planlanmış Operasyonlar	Boğaz geçişi - Kılavuz almadan	1	0	0	0
	Demirde ikmal	1	0	0	0
	Yetersiz pilot, römorkör veya GTH desteği	0	0	0	0
	Römorkörsüz manevra	0	0	0	0
	Köprüüstü takımının seyir türüne uygun atanmaması	0	0	0	0
	Çalışma ve dinlenme saatleri	0	0	0	0
	Kalkış manevrası	0	0	0	0
	Balast operasyonu	0	0	0	0
	Yedekleme operasyonu	0	0	0	0
Bilinmeyen Bir Problemin Çözülmemesi	Haritada görünmeyen sığlık	0	0	1	0
	Değişen şamandıralama sisteminin haritada görünmemesi	0	0	0	0
	Seyir bölgesinde yanmayan fener-şamandıra	0	0	0	0
	Limanda derinlik markalarının hatalı olması	0	0	0	0
	Arızalara hatalı müdahale	0	0	0	0

Tablo 31. İstanbul Boğazı'nda kazaların oluşumunda rol oynayan Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Ön Koşullar seviyesi altındaki faktörler ve gözlem frekansları

		Uygunsuzluklar	Çatışma	Çatma	Karaya Oturma	Batma
Standart Altı Takım Üyeleri	Takım Üyelerinin Standart Altı Durumları	Uygunsuz Zihinsel Durumlar	61	13	26	3
		Dikkat eksikliği	29	6	10	1
		Durumsal farkındalık eksikliği - Köprüüstü takım üyeleri	28	6	4	1
		Aşırı güven - Köprüüstü takım üyeleri	3	0	3	1
		Durumsal farkındalık eksikliği - Kaptan	1	1	8	0
		Aşırı güven - Kaptan	0	0	1	0
		Durumsal farkındalık eksikliği - Makine dairesi takım üyeleri	0	0	0	0
		Durumsal farkındalık eksikliği - Seyir zabiti	0	0	0	0
		Durumsal farkındalık eksikliği - Dümenci	0	0	0	0
		Aşırı güven - Seyir zabiti	0	0	0	0
		Özgüven eksikliği - Kaptan	0	0	0	0
		Özgüven eksikliği - Seyir zabiti	0	0	0	0
		Uykusuzluk	0	0	0	0
		Stres	0	0	0	0
		Elektronik seyir ekipmanına aşırı güven - (Ecdis, Radar, Derinlikölçer, Dümen kontrol sistemi vb.)	0	0	0	0
		Durumsal farkındalık eksikliği - GTH operatörü	0	0	0	0
		Uygunsuz Fiziksel Durumlar	0	0	0	0
		Tıbbi hastalık	0	0	0	0
		Fiziksel yorgunluk - Kaptan	0	0	0	0

Tablo 31'in devamı

Standart Altı Takım Üyeleri	Standart Altı Takım Üyeleri	Fiziksel yorgunluk - Seyir zabiti	0	0	0	0
		Fiziksel yorgunluk - Pilot	0	0	0	0
Standart Altı Takım Üyeleri	Takım Üyelerinin Standart Altı Uygulamaları	Fiziksel ve Zihinsel Kısıtlamalar	84	23	23	3
		Gece vardiyasında gözcülük	84	23	23	3
		Aşırı iş yükü - Kaptan	0	0	0	0
		Aşırı iş yükü - Seyir zabiti	0	0	0	0
		Aşırı iş yükü - Pilot	0	0	0	0
		Aşırı iş yükü - GTH operatörü	0	0	0	0
		Seyir zabitinin cep telefonu, dizüstü bilgisayar vb. ile meşguliyeti	0	0	0	0
		Göreve Hazır Olma	0	0	0	0
		Geminin ilaç/uyuşturucu etkisi altında idare edilmesi - Kaptan	0	0	0	0
		Geminin ilaç/uyuşturucu etkisi altında idare edilmesi - Seyir zabiti	0	0	0	0
		Geminin alkol etkisi altında idare edilmesi - Kaptan	0	0	0	0
		Geminin alkol etkisi altında idare edilmesi - Seyir zabiti	0	0	0	0
		Uygunsuz Yönetim Faaliyetleri	109	21	31	4
		Gevşek Köprüüstü Kaynak Yönetimi	107	13	21	3
		Acil durumun yönetiminde başarısızlık - Ana makine arızası	1	4	5	0
		Acil durumun yönetiminde başarısızlık - Acil durum dümen	1	4	5	1
		Kaptan'ın otorite eksikliği	0	0	0	0
		Acil durumun yönetiminde başarısızlık - Güç kaybı	0	0	0	0
		Yönlendirme hatası - Gemi trafik hizmetleri (GTH)	0	0	0	0
		Yönlendirme hatası - Pilot	0	0	0	0
		Kaptan'ın yönetim yetersizliği	0	0	0	0
		Sefer öncesi briefing yetersizliği	0	0	0	0
		İletişim ve Koordinasyon Eksikliği	154	34	40	5
		Gemi - GTH (İrtibat kurulmamış)	134	32	35	4
		Gemi - Gemi (İrtibat kurulmamış)	17	2	0	0
		Gemi - GTH (Ortak dil sorunu)	3	0	2	0
		Kaptan - Pilot	0	0	3	0
		Gemi - Gemi (Ortak dil sorunu)	0	0	0	1
		Köprüüstü - Makine dairesi	0	0	0	0
		Köprüüstü takım üyeleri arası	0	0	0	0
		Kaptan - Seyir zabiti	0	0	0	0
		Seyir zabiti - Gözcü	0	0	0	0
		Pilot - Römorkör	0	0	0	0
Teknoloji ve Arayüz Arızaları	Elektronik Seyir Yardımcıları Arızaları	Köprüüstü elektronik seyir cihazları (Ecdis, Radar, AIS vb.)	0	0	0	0
		Gyro pusula	0	0	0	0
		VHF telsiz	0	0	0	0
		Navtex	0	0	0	0
	Arayüz Arızaları	Koordinat sistemi (GPS, Ecdis vb.)	0	0	0	0
		Seyir cihazlarının birbiri ile bağlantı sorunları (GPS, Ecdis, Radar vb.)	0	0	0	0
		Hatalı veri (GPS, Ecdis, Radar vb.)	0	0	0	0
	Diğer	-	0	0	0	0

Tablo 32. İstanbul Boğazi’nda kazaların oluşumunda rol oynayan Emniyetsiz Eylemler seviyesi altındaki faktörler ve gözlem frekansları

		Uygunsuzluklar	Çatışma	Çatma	Karaya Oturma	Batma	
Hatalar	Beceri Temelli	Köprüüstü takım üyelerinin elektronik seyir yardımcılarını etkin kullanamaması (GPS, Ecdis, Radar, AIS vb.)	4	0	0	0	
		Yetersiz laşing	0	0	0	2	
		Hatalı yükleme ve stabilite hesabı	0	0	0	1	
		Makine kontrol panelinin etkin kullanılamaması (Kaptan)	0	0	0	0	
		Dümen kontrol sisteminin etkin kullanılamaması (Köprüüstü takım üyeleri)	0	0	0	0	
		Rotayı takip edememe	0	0	0	0	
		Köprüüstü takım üyelerinin manevra konsolunu etkin kullanamaması (Ana makine, baş iter, pervane, dümen kontrol sistemi vb.)	0	0	0	0	
		Radar değişken aralık işaretleyicisinin (VRM) etkin kullanılamaması (Vardiya zabiti)	0	0	0	0	
		Gemi pervanelerinin senkronize modda kullanılamaması	0	0	0	0	
		Dümen modlarının etkin kullanılamaması (takipli, takipsiz)	0	0	0	0	
		Köprüüstü takım üyelerinin hatalı gel-git hesabı	0	0	0	0	
		Balast sisteminin hatalı kullanımı	0	0	0	0	
		Karar Temelli	Uygunsuz demirleme manevrası (demir atma)	50	11	8	1
			Uygunsuz demir yeri seçimi (demir tarama)	42	5	5	1
	Hatalı manevra-Kaptan		23	13	18	2	
	Uygunsuz demirden kalkış manevrası (demir alma)		14	1	1	0	
	Yetersiz manevra (dümen açısı, hız kesme, hız arttırma, vb.)		12	3	0	1	
	Geç manevra-Kaptan		6	0	0	0	
	Fırtınada seyir		3	0	0	0	
	Hatalı manevra-Pilot		1	5	4	0	
	Hatalı manevra-Kaptan (acil durum demirleme manevrası yapılmamış)		1	3	4	0	
	Geminin tasarım limitlerini aşan bir durumda kullanılması		0	1	1	5	
	Hatalı manevra-Zabit		1	0	0	0	
	Uygunsuz rota seçimi		0	0	1	0	
	Kaptan GHT’i geç bilgilendiriyor (sürüklenme)		0	0	1	0	
	Yük kayması veya uygunsuz stabilite		0	0	0	2	
	Geç manevra-Pilot		0	0	0	0	
	Geç manevra-Zabit		0	0	0	0	
	Planlanan rotadan sapma		0	0	0	0	
	Kötü hava ve deniz koşullarında limandan kalkış		0	0	0	0	
	Kaptanın pilot tavsiyelerini göz ardı etmesi	0	0	0	0		
	Algısal	Çatışma riskinin tespit edilememesi	25	1	0	1	
		İşitsel gözcülük -VHF	3	0	3	0	
		Karaya oturma riskinin tespit edilememesi	0	2	14	0	
		Geminin su aldığıın geç tespit edilmesi (Batma riski)	0	1	0	1	
		Derinlik verilerinin yanlış yorumlanması (sığlığın farkında olmama)	0	1	0	0	
Hedef geminin niyetinin anlaşılammaması		0	0	0	0		
Rüzgâr ve akıntının etkilerinin anlaşılammaması		0	0	0	0		
Seyir verilerinin yanlış yorumlanması (Ecdis, AIS, GPS, Radar vb.)		0	0	0	0		
Sorunun fark edilememesi/geç fark edilmesi (Ecdis, AIS, GPS, Radar vb.)		0	0	0	0		
Pozisyon (Ecdis, AIS, GPS, Radar vb.)		0	0	0	0		
Sorunun fark edilememesi/geç fark edilmesi - Ana makine	0	0	0	0			

Tablo 32'nin devamı

Hatalar	Algısal	Sorunun fark edilememesi/geç fark edilmesi - Dümen kontrol sistemi	0	0	0	0
		Mesafe ölçümü - Gemiler arası mesafe	0	0	0	0
		Rota ve dümen açısı - Dümen kontrol sistemi	0	0	0	0
		Seyir uyarıları -Navtex	0	0	0	0
İhlaller	Kural	Demir vardiyası (STCW)	63	12	6	2
		COLREG Kural 5 (Gözcülük)	44	9	15	2
		COLREG Kural 8 (Çatışmadan kaçınma manevrası)	39	4	1	2
		COLREG Kural 10 (Trafik ayırım düzeni)	23	4	1	1
		Seyir vardiyası (STCW)	14	8	8	0
		COLREG Kural 2 (Çatışma riskinde sorumluluk)	8	0	0	0
		COLREG Kural 22 (Işıkların görünürlüğü)	4	0	0	1
		Köprüüstünde kimse yok (STCW)	4	0	0	1
		COLREG Kural 34 (Manevra ve uyarı işaretleri)	2	0	0	0
		COLREG Kural 15 (Aykırı geçiş)	1	0	0	0
		COLREG Kural 19 (Kısıtlı görüş koşullarında teknelerin davranışları)	1	0	0	0
		COLREG Kural 35 (Kısıtlı görüşte ses işareti)	1	0	0	0
		Yerel mevzuat (Türk Boğazları Gemi Trafik Düzeni)	1	0	0	0
		COLREG Kural 6 (Emniyetli hız)	0	1	3	0
		COLREG Kural 13 (Yetişme)	0	0	0	0
		COLREG Kural 14 (Pruva-pruvaya geliş)	0	0	0	0
		Vardiya devir teslimi (STCW)	0	0	0	0
		Çalışma ve dinlenme saatleri (ILO)	0	0	0	0
		Yerel mevzuat (Römorkör halatı ve bağlama uygunsuz - SCV Kod)	0	0	0	0
	Prosedür	Şirket prosedürleri - Geminin konumunun rutin kontrolleri	136	34	38	4
		Şirket prosedürleri - Geminin emniyetli demirlenmesi (SMS)	102	16	12	2
		Şirket prosedürleri - Emniyetli dar su yolu geçişi (SMS)	23	18	16	6
		Şirket prosedürleri - Ağır deniz koşullarında demirin alınması	5	0	1	0
		Dümen kontrol sistemi - Acil durum dümen kullanımı	1	5	4	1
		Şirket prosedürleri - Geminin bağlama halatlarının rutin kontrolleri	0	1	0	0
		Şirket prosedürleri - Rota Ecdis /GPS'e girili değil	0	0	0	0
		Şirket politikası - Alkol	0	0	0	0
		Kaptan'ın daimi emirleri	0	0	0	0
		Cihaz güncellemesi - Ecdis	0	0	0	0
		Dümen kontrol sistemi - Dümen motorunun kullanımı	0	0	0	0
		Kullanılmayan cihaz (Ecdis, AIS, Radar, BNWAS, Derinlikölçer vb.)	0	0	0	0
	Yetki Suiistimali	Sesini kısma - VHF telsiz	3	0	2	0
		Yanlış/eksik bilgi - GTH	0	0	1	1
		Alarmin kapatılması - Ecdis	0	0	1	0
		Alarmin kapatılması - Derinlikölçer	0	0	1	0
		GTH'ın uyarısının görmezden gelinmesi	0	0	0	0
		Yanlış/eksik bilgi - Pilot	0	0	0	0
		Alarmin kapatılması - Radar	0	0	0	0
		Alarmin kapatılması - Dümen kontrol sistemi	0	0	0	0
		Gösteri amaçlı emniyetli rotadan sapma	0	0	0	0

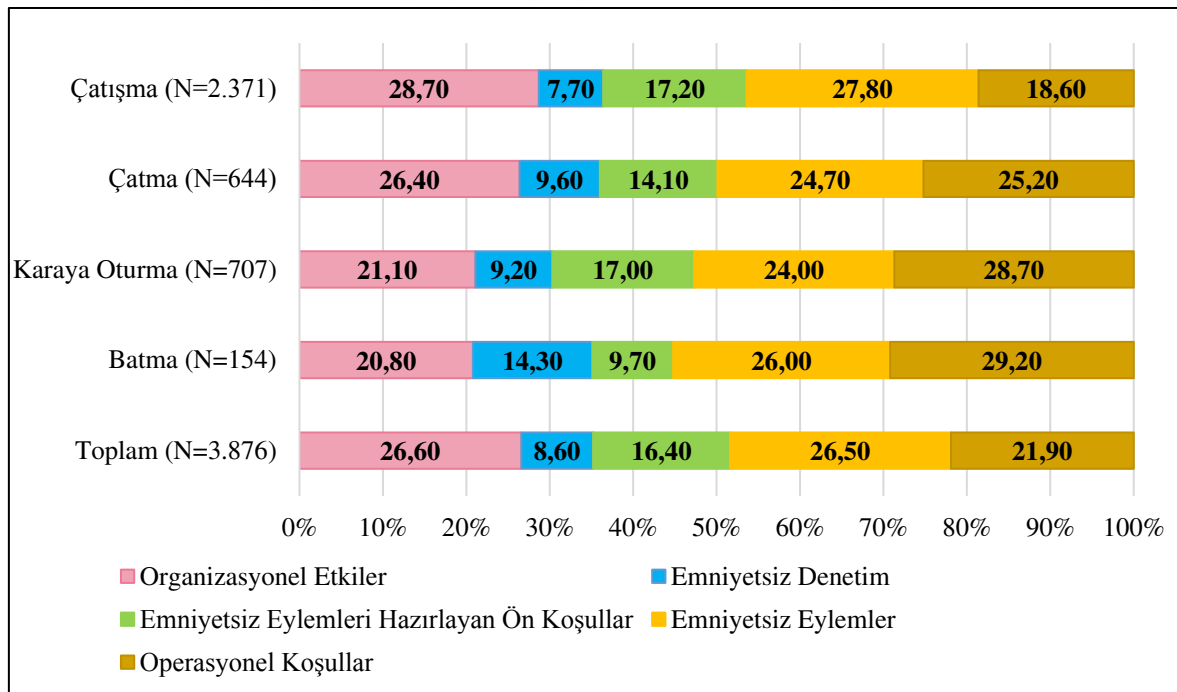
Tablo 33. İstanbul Boğazı'nda kazaların oluşumunda rol oynayan Operasyonel Koşullar seviyesi altındaki faktörler ve gözlem frekansları

		Uygunsuzluklar	Çatışma	Çatma	Karaya Oturma	Batma
Dış Koşullar	Hava, Deniz ve Görüş	Görüşü Engelleven Koşullar	96	24	28	5
		Gece	95	24	28	5
		Sis	1	0	0	0
		Yağmur	0	0	0	0
		Güneş yansıması (deniz yüzeyi)	0	0	0	0
		Gemi Hareketini Engelleven Koşullar	44	10	17	6
		Ağır deniz koşulları	33	5	9	6
		Kuvvetli akıntı	7	4	7	0
		Şiddetli rüzgâr	4	1	1	0
		Buzlanma	0	0	0	0
		Gel-Git (Akıntı)	0	0	0	0
	Konumsal Kısıtlamalar	Sevir Türü	144	43	42	10
		Demir yeri (Yoğun)	114	17	16	4
		Dar su yolu-kanal	27	21	26	5
		Liman	3	5	0	0
		Kıyı suları	0	0	0	1
		Açık deniz	0	0	0	0
		GTH Sektörü	35	42	76	4
		Kısıtlı manevra alanı	17	16	14	1
		Yoğun trafik	15	12	11	1
		Keskin dönüş	3	10	9	1
		Sıgılık	0	4	42	1
İç Koşullar	Geminin Hareketini Engelleven Uygunsuzluklar ve Arızalar	Güç kaybı	2	2	2	0
		Makine arızası	1	4	5	0
		Dümen arızası	1	4	5	1
		Halat kesmesi	0	1	0	0
		Kontrol edilebilir kanatlı pervane arızası	0	0	0	0
		Baş iter arızası	0	0	0	0
	Gemi Yapısı	Yaşlı gemi (yaş≥21)	117	31	27	8
		Yıpranmış tekne yapısı	0	1	0	2
		İç su gemisi (nehir gemisi)	0	0	1	9

HFACS-PV uygunsuzluklarının kaza türlerine göre dağılımı incelendiğinde Organizasyonel Etkiler; çatışma (% 28,7) ve çatma (% 26,4) kazalarının meydana gelmesinde en etkili seviyedir (Şekil 23). Bu durum İB için çatma ve çatışma kazalarının kısmen benzer özellikte olduğunu göstermektedir. Çatışma kazaları için, Organizasyonel Etkiler seviyesini sırasıyla; Emniyetsiz Eylemler (% 27,8), Operasyonel Koşullar (% 18,6), Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Ön Koşullar (% 17,2) ve Emniyetsiz Denetim (% 7,7) izlemektedir. Çatma kazaları için ise, Operasyonel Koşullar (% 25,2), Emniyetsiz Eylemler (% 24,7), Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Ön Koşullar (% 14,1) ve Emniyetsiz Denetim (% 9,6) sırasıyla en etkili seviyelerdir (Şekil 23). Çatma kazaları için Operasyonel Koşullar seviyesinin daha etkili çıkmasının temel sebebi bu kazaların tek geminin hareketiyle meydana gelmesidir. Diğer taraftan çatışma kazalarının oluşumunda birden fazla hareketli

geminin eylemleri etkilidir. Bu durum çatışma kazaları için Emniyetsiz Eylemlerin, Operasyonel Koşullardan daha sık görülmesine sebep olmaktadır.

Karaya oturma (% 28,7) ve batma (% 29,2) kazalarının meydana gelmesinde en etkili olan HFACS-PV temel seviyesi ise Operasyonel Koşullardır. Bu sonuç, karaya oturma ve batma kazalarının gerçekleşebilmesi için kazaya elverişli Operasyonel Koşulların (sıgılık, yıpranmış tekne yapısı, arızalar, kötü hava koşulları ve tekne uygunsuzlukları vb.) mevcut olması gerektiğini kanıtlar niteliktedir. Karaya oturma kazaları için, Operasyonel Koşullar seviyesini sırasıyla; Emniyetsiz Eylemler (% 24,0), Organizasyonel Etkiler (% 21,1), Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Ön Koşullar (% 17,0) ve Emniyetsiz Denetim (% 9,2) izlemektedir. Batma kazaları için ise, Emniyetsiz Eylemler (% 26,0), Organizasyonel Etkiler (% 20,8), Emniyetsiz Denetim (% 14,3) ve Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Ön Koşullar (% 9,7) sırasıyla en etkili seviyelerdir (Şekil 23). Batma kazalarında karaya oturmalarından farklı olarak Emniyetsiz Denetim seviyesi, Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Ön Koşullar seviyesinden daha etkilidir. Bunun temel nedeni İB'nın kuzey ve güney yaklaşımlarında, yaşlı ve nehir tipi teknelerin kötü hava koşullarında seyir yaparken kaza sonucunda batmasıdır.



Şekil 23. HFACS-PV ana seviyelerinin İstanbul Boğazı'nda meydana gelen kazalar üzerindeki etkinliği

Çatışma kazaları için HFACS-PV'nin ikinci seviyesi altındaki; İhlaller (% 20,0), Standart Altı Takım Üyeleri (% 17,2), Kaynak Yönetimi (% 16,7), Dış Koşullar (% 13,5) ve Örgütsel Süreçler (% 11,9) en etkili ilk beş kategoridir (Tablo 28). İhlaller kategorisi altında sırasıyla; Prosedür İhlalleri (Şirket Prosedürleri - Geminin konumunun rutin kontrolü, Geminin emniyetli demirlenmesi) ve Kural İhlalleri (Demir vardiyasının tutulması Gemiadamlarının Eğitimi, Vardiya Tutma ve Sertifikalandırılması Hakkında Uluslararası Sözleşme (STCW), Denizde Çatışmaları Önleme Uluslararası Kuralları (COLREG) ihlalleri (Kural 2, 5, 6, 8, 10)) en sık görülen uygunsuzluklardır (Tablo 32). Standart Altı Takım Üyeleri altında; İletişim ve Koordinasyon Eksikliği (Gemi-Gemi, Gemi-GTH arası), Uygunsuz Yönetim Faaliyetleri (Gevşek BRM vb.) en etkili olanlardır (Tablo 31). Kaynak Yönetimi kategorisi altında; Eğitim ve Aşinalık Eksikliği (Bireysel Eğitim Aşinalık (Demir manevrası, Acil durum yönetimi)), uygunsuz Ekipman ve Tesis Kaynakları (Yetersiz manevra alanı) sık görülen uygunsuzluklardır (Tablo 29). Yoğun Demir Bölgesi, Gece Operasyonları, Ağır Hava ve Deniz Koşulları, İB'nda çatışma kazaları için en elverişli dış Operasyonel Koşullardır (Tablo 33). Son olarak Örgütsel Süreçler seviyesi altındaki; Gözden Geçirme ve Kontrollerin (Demirleme-dar kanal seyri öncesi risk değerlendirmesi) eksik yapılması en etkili uygunsuzluklardır (Tablo 29).

Çatma kazalarının oluşumunda en etkili ikinci seviye kategoriler; Dış Koşullar (% 18,5), İhlaller (% 17,4), Kaynak Yönetimi (% 14,9), Standart Altı Takım Üyeleri (% 14,1) ve Örgütsel Süreçler (% 11,2) (Tablo 28). Dış Koşullar kategorisi altında sırasıyla; Konumsal Kısıtlamalar (Dar kanal yapısı, Yoğun demir bölgesi, Kısıtlı manevra alanı), kötü Hava, Deniz ve Görüş koşulları (Gece operasyonları, Ağır deniz, Kuvvetli rüzgâr) en sık görülen olumsuzluklardır (Tablo 33). Çatışma kazalarına benzer şekilde çatma kazaları için de İhlaller kategorisinde; Prosedür İhlalleri (Şirket Prosedürleri - Geminin konumunun rutin kontrolü, Emniyetli dar su yolu geçişi) ve Kural İhlalleri (Demir vardiyasının tutulması, COLREG ihlali (Kural 5), Seyir vardiyasının tutulması) en etkili uygunsuzluklardır (Tablo 32). Kaynak Yönetimi kategorisi altında; Eğitim ve Aşinalık Eksikliği (Bireysel Eğitim Aşinalık (Yetersiz BRM eğitimi, demir manevrası)), uygunsuz Ekipman ve Tesis Kaynakları (Yetersiz demirleme alanı vb.) etkilidir (Tablo 29). Standart Altı Takım Üyeleri altında; İletişim ve Koordinasyon Eksikliği (Gemi-GTH arası), Fiziksel ve Zihinsel Sınırlamalar (Gece vardiyasında gözcülük), Uygunsuz Yönetim Faaliyetleri (Gevşek BRM) en etkili olanlardır (Tablo 31). Çatma kazalarında Örgütsel Süreçler seviyesi altındaki; Gözden Geçirme ve Kontrollerin (Demirleme-dar kanal seyri öncesi risk değerlendirmesi vb.) eksik

yapılması en etkili uygunsuzluklardır (Tablo 29). Çatma kazaları ile ilgili HFACS-PV analiz sonuçları, ana seviyeler ve alt kategorilerin etkileşimi açısından İB’nda meydana gelen çatışma ve çatma kazalarının oluşumlarının benzer olduğunu göstermiştir. Ancak kategoriler altında yer alan uygunsuzluklar açısından farklılıklar bulunmaktadır. Çatma kazalarında Operasyonel Koşullar, çatışma kazalarına göre daha etkilidir. Benzer şekilde uygunsuz kaynak yönetimi çatma kazaları için, standart altı takım üyeleri altındaki uygunsuzluklardan daha sık görülmektedir.

Karaya oturma kazalarının oluşumunda en etkili ikinci seviye kategoriler; Dış Koşullar (% 23,1), Standart Altı Takım Üyeleri (% 17,0), İhlaller (% 15,6) ve Kaynak Yönetimidir (% 12,0) (Tablo 28). Dış Koşullar kategorisi altında sırasıyla; Konumsal Kısıtlamalar (Sıgılık, Kısıtlı manevra alanı), kötü Hava, Deniz ve Görüş Koşulları (Gece operasyonları, Kuvvetli akıntı) en sık görülen olumsuzluklardır (Tablo 33). Standart Altı Takım Üyeleri altında; İletişim ve Koordinasyon eksikliği (Gemi-GTH arası), Fiziksel ve Zihinsel Sınırlamalar (Gece vardiyasında gözcülük), Uygunsuz Yönetim Faaliyetleri (Gevşek BRM) en etkili olanlardır (Tablo 31). İhlaller kategorisinde; Prosedür İhlalleri (Şirket Prosedürleri - Geminin konumunun rutin kontrolü, Emniyetli dar su yolu geçişi) ve Kural İhlalleri (COLREG ihlali (Kural 5), Seyir vardiyasının tutulması) en etkili uygunsuzluklardır (Tablo 32). Karaya oturma kazaları ihlallerin kazalardaki etkinliği bakımından çatışma ve çatma kazaları ile benzerlik göstermektedir. Kaynak Yönetimi kategorisi altında; Eğitim ve Aşinalık Eksikliği (Bireysel Eğitim Aşinalık (Yetersiz BRM eğitimi, Seyir bölgesine eğitim aşinalığının eksik olması)), uygunsuz Ekipman ve Tesis Kaynakları (Yetersiz demirleme alanı vb.) etkilidir (Tablo 29). HFACS-PV analiz sonuçlarına göre, karaya oturma kazaları, HOF’lar açısından çatışma ve çatma kazalarıyla kısmen benzerlik göstermektedir. Ancak, Operasyonel Koşullar seviyesi altındaki uygunsuzlukların etkinliği karaya oturma kazalarında çatma ve çatışma kazalarına göre % 5-10 daha fazladır (Tablo 33, Şekil 23). Bu durum kötü hava koşulları, kuvvetli akıntı ve rüzgâr gibi Operasyonel Koşulların varlığında İB’nda özellikle demir yerlerinde ve keskin dönüş noktalarında (Kandilli, Yeniköy) karaya oturma kazalarına dikkat edilmesi gerektiğini göstermektedir.

Batma kazalarının oluşumunda en etkili ikinci seviye kategoriler; Dış Koşullar (% 16,2), İhlaller (% 14,9), İç Koşullar (% 13,0), Kaynak Yönetimi (% 11,7) ve Hatalardır (% 11,0) (Tablo 28). En etkili alt seviyeler bakımından karaya oturma kazalarına benzerlik göstermektedir. HFACS-PV sonuçları, İB’nda batma kazalarının % 55,1 oranında aktif kusurlar (Hatalar, İhlaller (% 25,9)) ve Operasyonel Koşulların (% 29,2) etkileşimiyle

meydana geldiğini göstermektedir (Tablo 28). Dış Koşullar kategorisi altında sırasıyla; kötü Hava, Deniz ve Görüş Koşulları (Gece operasyonları, Kuvvetli akıntı), Konumsal Kısıtlamalar (Dar kanal yapısı, Yoğun demir yeri) en sık görülen olumsuz durumlardır (Tablo 33). İhlaller kategorisinde; Prosedür İhlalleri (Şirket Prosedürleri - Geminin konumunun rutin kontrolü, Emniyetli dar su yolu geçişi) en etkili uygunsuzluklardır (Tablo 32). İç Koşullar kategorisi altında; Gemi Yapısal Kusurları (Yaşlı ve iç su gemilerinin açık denizde kullanımı) en sık görülen uygunsuz durumdur (Tablo 33). Kaynak Yönetimi kategorisi altında; Gemiye (Yükleme, tahliye, stabilite, laşing vb.) Eğitim ve Aşinalığın eksik olması etkilidir (Tablo 29). Hatalar kategorisinde; Karar Temelli Hatalar (Geminin tasarım limitlerini aşan koşullarda kullanılması, Köprüüstü takım üyelerinin manevra hatası) ve Beceri Temelli Hatalar (Yetersiz laşing, Hatalı yükleme ve stabilite hesabı) en etkili uygunsuzluklardır (Tablo 32). HFACS-PV analiz sonuçlarına göre, batma kazaları, HOF'lar açısından çalışmada incelenen diğer kaza türlerine benzerlik göstermektedir. Operasyonel Koşullar seviyesi altındaki uygunsuzlukların kazanın oluşumunda en etkili olduğu (% 29,2) kaza türü batmadır (Tablo 33, Şekil 23). Batma kazaları İB'nın iç kısmından ziyade kuzey ve güney yaklaşımlarında sık görülmektedir. Bu durum kötü hava koşulları, kuvvetli akıntı ve rüzgâr gibi olumsuz Operasyonel Koşulların varlığında, nehir tipi veya yaşlı gemilerin seyir planlarının daha dikkatli yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

3.2.2. Dover Boğazı'nda Kazalara Etkiyen HFACS-PV Uygunsuzlukları

Dover Boğazı'nda meydana gelen 34 kazanın oluşumuna etkiyen 143 adet farklı uygunsuzluk (Operasyonel Koşul (14), İnsan ve Organizasyonel Faktör (129)) tespit edilmiştir. Bu uygunsuzlukların toplam gözlemlenme frekansı (f) 856'dır. Bunların 503 tanesi çatışma, 255 tanesi karaya oturma, 82 tanesi çatma ve 15 tanesi batma kazalarının oluşumunda rol oynamıştır. DB'nda meydana gelen tüm kazalar değerlendirildiğinde sırasıyla, Emniyetsiz Eylemler (% 33,5), Organizasyonel Etkiler (% 20,2) ve Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Ön Koşullar (% 19,7) kazalarda en sık görülen ana seviyelerdir. İlk derece alt seviyeler incelendiğinde, Hatalar (% 20,1), Standart Altı Köprüüstü Takım Üyeleri (% 19,0), İhlaller (% 13,4), Dış Operasyonel Koşullar (% 12,7) ve yetersiz Kaynak Yönetimi (% 10,3) DB'nda meydana gelen kazalarda en etkili seviyelerdir (Tablo 34). DB'ndaki her kaza türü için, kazaları meydana getiren HFACS-PV uygunsuzlukları ve gözlemlenme frekansları Tablo 35-39'da sunulmuştur.

Tablo 34. Dover Boğazı'nda kazaları meydana getiren uygunsuzlukların HFACS-PV seviyelerine göre frekans dağılımı

HFACS-PV Alt Kategoriler		Dover Boğazı'ndaki Kazalar									
1. Seviye	2. Seviye	Çatışma		Çatma		Karaya Oturma		Batma		Toplam	
		f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
Organizasyonel Etkiler	Kaynak Yönetimi	51	10,1	6	7,3	29	11,4	2	13,3	88	10,3
	Örgüt İklimi	6	1,2	0	0,0	3	1,2	1	6,7	11	1,3
	Örgütsel Süreçler	32	6,4	14	17,1	25	9,8	3	20,0	74	8,6
Emniyetsiz Denetim	Yetersiz Denetim	15	3,0	1	1,2	9	3,5	1	6,7	26	3,0
	Uygunsuz Planlanmış Operasyonlar	47	9,3	5	6,1	22	8,6	1	6,7	75	8,8
	Bilinen Bir Problemin Çözülememesi	1	0,2	1	1,2	2	0,8	0	0,0	4	0,5
Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Ön Koşullar	Standart Altı Takım Üyeleri	99	19,7	17	20,7	46	18,0	1	6,7	163	19,0
	Teknoloji ve Arayüz Arızaları	3	0,6	0	0,0	3	1,2	0	0,0	6	0,7
Emniyetsiz Eylemler	Hatalar	105	20,9	12	14,6	53	20,8	2	13,3	172	20,1
	İhlaller	88	17,5	5	6,1	22	8,6	0	0,0	115	13,4
Operasyonel Koşullar	İç Koşullar	4	0,8	3	3,7	4	1,6	2	13,3	13	1,5
	Dış Koşullar	52	10,3	18	22,0	37	14,5	2	13,3	109	12,7
Toplam		503	100,0	82	100,0	255	100,0	15	100,0	856	100,0

Tablo 35. Dover Boğazı'nda kazaların oluşumunda rol oynayan Organizasyonel Etkiler seviyesi altındaki faktörler ve gözlem frekansları

Uygunsuzluklar		Çatışma	Çatma	Karaya Oturma	Batma
Kaynak Yönetimi	<u>Eğitim ve Aşinalık Eksikliği</u>	36	5	20	1
	<u>Gemi</u>	18	2	9	1
	Elektronik seyir cihazları (Ecdis, Radar, GPS, Otopilot, Gyro vb.)	16	0	6	0
	Geminin manevra karakteristiği	2	0	2	0
	Makine personeli geminin makine dairesi ekipmanlarına aşına değil	0	1	0	0
	Dümen kontrol sistemi	0	1	1	0
	Yük operasyonları (Yükleme, tahliye, stabilite, laşing vb.)	0	0	0	1
	<u>Kişisel Eğitim</u>	18	3	4	0
	BRM uygulamaları (Seyirde)	10	3	4	0
	COLREG kuralları ve uygulanması	8	0	0	0
	<u>Seyir Bölgesi</u>	0	0	7	0
	Köprüüstü takım üyeleri seyir bölgesine aşına değil	0	0	4	0
	Kaptan seyir bölgesine aşına değil	0	0	3	0
	<u>Personel Atama</u>	10	0	5	1
	Uygunsuz personel atama (Yetkin olmayan personel (Kaptan, 1. Zabit, 2. Zabit, vb.))	10	0	5	1
Ekipman ve Tesis Kaynakları	<u>Tesis ve Ekipmanların Mevcudiyeti</u>	0	0	2	0
	Köprüüstü seyir ekipmanları (Ecdis, Radar, AIS, Derinlikölçer vb.)	0	0	2	0
	<u>Tesis ve Ekipmanların Niteliği</u>	1	1	0	0
	Manevra ekipmanları (Yedekleme halatı, vb.)	1	0	0	0
Limanda bulunan sabit veya yüzer seyir yardımcıları		0	1	0	0

Tablo 35'in devamı

Kaynak Yönetimi	Ekipman ve Tesis Kaynakları	<u>Ergonomik Dizayn Kusurları</u>	4	0	2	0
		Köprüüstü Ergonomik Dizayn (Genel, ses yalıtımı vb.)	2	0	0	0
		Köprüüstü Ergonomik Dizayn (Kör sektör)	2	0	0	0
		Köprüüstü seyir ekipmanlarının yerleşimi - Ecdis, Radar, AIS, Derinlikölçer vb.	0	0	2	0
Örgüt İklimi	Örgüt Yapısı	<u>İletişim ve Koordinasyon</u>	0	0	0	0
		<u>Emir-Komuta Zinciri</u>	0	0	0	0
		<u>Yetki Dağılımı</u>	0	0	0	0
		-	0	0	0	0
	Politikalar	<u>Promosyon (Yükseltme)</u>	0	0	0	0
		-	0	0	0	0
	Örgüt Kültürü	<u>Uyusturucu ve Alkol</u>	0	0	1	0
		Yetersiz alkol politikası	0	0	1	0
		Köprüüstü seyir ekipmanının etkin kullanımı için uygun ortam	4	0	0	1
		Şirketin filo üzerindeki zaman baskısı	2	0	1	0
Örgütsel Süreçler	Operasyon Yönetimi	Uygunsuz sefer yönetimi - Gemi	14	2	7	1
		Uygunsuz manevra yönetimi - Liman	0	3	1	0
		Uygunsuz sefer yönetimi - GTH	0	0	2	0
	Yasal Eksiklikler	<u>Prosedür Temelli</u>	5	0	3	0
		Seyir emniyeti (kısıtlı sular, cep telefonu kullanımı, vb.)	2	0	2	0
		Standardizasyon (Kaptan'ın gece-gündüz emirleri, operasyonel doktrinler, vb.)	2	0	0	0
		Sefer planı hazırlama talimatları	1	0	0	0
		Manevra talimatları	0	0	1	0
		<u>Kural Temelli</u>	0	0	0	1
		Planlı bakım ile ilgili kurallar	0	0	0	1
	Gözden Geçirme	<u>Risk Değerlendirmesi</u>	13	8	10	1
		Dar kanal seyri öncesi risk değerlendirmesi	11	0	6	0
		Sefer öncesi risk değerlendirmesi	1	2	4	1
		Manevra öncesinde seyir ekipmanlarının kontrolünün yetersiz yapılması	1	3	0	0
		Varış risk değerlendirmesi (Liman)	0	2	0	0
		Kalkış risk değerlendirmesi (Liman)	0	1	0	0
		<u>Emniyet Değerlendirmesi</u>	0	1	2	0
		Hava tahminlerinin göz ardı edilmesi (incelenmemesi)	0	1	1	0
		Seyir emniyet bültenin göz ardı edilmesi (incelenmemesi)	0	0	1	0

Tablo 36. Dover Boğazı'nda kazaların oluşumunda rol oynayan Emniyetsiz Denetim seviyesi altındaki faktörler ve gözlem frekansları

	Uygunsuzluklar	Çatışma	Çatma	Karaya Oturma	Batma
Yetersiz Denetim	İç denetim eksikliği - Seyir zabitanın vardiyadaki yetkinliği	8	0	4	0
	İç denetim eksikliği - Sefer planı	4	1	2	0
	Dış denetim eksikliği - Şirket denetimleri	3	0	1	1
	Test ve kontrol - Köprüüstü seyir cihazları (Ecdis, Radar, Derinlikölçer, Dümen kontrol sistemi vb.)	0	0	2	0
Uygunsuz Planlanmış Operasyonlar	Sefer planı	18	0	10	0
	Gözcülük - Seyir vardiyası	12	0	5	0
	Köprüüstü takımının seyir türüne uygun atanmaması	10	0	3	0
	Çalışma ve dinlenme saatleri	4	0	3	0
	Gözcülük - Kısıtlı görüş	1	0	0	0
	Yanaşma manevrası	1	3	1	0
	Yedekleme operasyonu	1	0	0	0
	Kalkış manevrası	0	2	0	0
	Balast operasyonu	0	0	0	1
Bilinen Bir Problemin Çözülmemesi	Arızalara hatalı müdahale	1	1	2	0

Tablo 37. Dover Boğazı'nda kazaların oluşumunda rol oynayan Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Ön Koşullar seviyesi altındaki faktörler ve gözlem frekansları

	Uygunsuzluklar	Çatışma	Çatma	Karaya Oturma	Batma
Standart Altı Takım Üyeleri	<u>Uygunsuz Zihinsel Durumlar</u>	35	6	14	0
	Durumsal farkındalık eksikliği - Köprüüstü takım üyeleri	11	1	2	0
	Dikkat eksikliği	6	1	1	0
	Durumsal farkındalık eksikliği - Seyir zabiti	5	0	4	0
	Elektronik seyir ekipmanına aşırı güven - (Ecdis, Radar, Derinlikölçer, Dümen kontrol sistemi vb.)	4	1	2	0
	Uykusuzluk	3	0	2	0
	Durumsal farkındalık eksikliği - Kaptan	2	1	1	0
	Aşırı güven - Köprüüstü takım üyeleri	2	0	1	0
	Stres	1	0	1	0
	Durumsal farkındalık eksikliği - GTH operatörü	1	0	0	0
	Durumsal farkındalık eksikliği - Makine dairesi takım üyeleri	0	1	0	0
	Aşırı güven - Kaptan	0	1	0	0
	<u>Uygunsuz Fiziksel Durumlar</u>	3	0	2	0
	Fiziksel yorgunluk - Kaptan	3	0	0	0
	Fiziksel yorgunluk - Seyir zabiti	0	0	2	0
	<u>Fiziksel ve Zihinsel Kısıtlamalar</u>	11	2	4	0
	Gece vardiyasında gözcülük	8	2	4	0
	Seyir zabitanın cep telefonu, dizüstü bilgisayar vb. ile meşguliyeti	2	0	0	0
	Aşırı iş yükü - GTH operatörü	1	0	0	0

Tablo 37'nin devamı

Standart Altı Takım Üyeleri	Takım Üyelerinin Standart Altı Uygulamaları	Göreve Hazır Olma	0	0	1	0
		Geminin alkol etkisi altında idare edilmesi - Seyir zabiti	0	0	1	0
Teknoloji ve Arayüz Arızaları	Elektronik Seyir Yardımcıları	Uygunsuz Yönetim Faaliyetleri	19	6	18	1
		Gevşek köprüüstü kaynak yönetimi	17	3	8	1
		Kaptan'ın otorite eksikliği	1	0	0	0
		Kaptan'ın yönetim yetersizliği	1	1	0	0
		Acil durumun yönetiminde başarısızlık - Güç kaybı	0	1	1	0
		Acil durumun yönetiminde başarısızlık - Ana makine arızası	0	1	2	0
		Yönlendirme hatası - Gemi trafik hizmetleri (GTH)	0	0	4	0
		Sefer öncesi briefing yetersizliği	0	0	3	0
		İletişim ve Koordinasyon Eksikliği	31	3	7	0
		Gemi - GTH (İrtibat kurulmamış)	15	1	7	0
		Gemi - Gemi (İrtibat kurulmamış)	14	0	0	0
		Gemi - GTH (Ortak dil sorunu)	1	0	0	0
		Köprüüstü takım üyeleri arası	1	2	0	0
	Arayüz Arızaları	Köprüüstü elektronik seyir cihazları (Ecdis, Radar, AIS vb.)	3	0	2	0
		Navtex	0	0	1	0
Teknoloji ve Arayüz Arızaları	Diğer	Koordinat sistemi (GPS, Ecdis vb.)	0	0	0	0
		-	0	0	0	0

Tablo 38. Dover Boğazı'nda kazaların oluşumunda rol oynayan Emniyetsiz Eylemler seviyesi altındaki faktörler ve gözlem frekansları

		Uygunsuzluklar	Çatışma	Çatma	Karaya Oturma	Batma
Hatalar	Beceri Temelli	Köprüüstü takım üyelerinin elektronik seyir yardımcılarını etkin kullanamaması (GPS, Ecdis, Radar, AIS vb.)	34	0	11	0
		Rotayı takip edememe	10	0	7	0
		Makine kontrol panelinin etkin kullanılamaması (Kaptan)	0	1	0	0
		Dümen kontrol sisteminin etkin kullanılamaması (Köprüüstü takım üyeleri)	0	2	1	0
		Balast sisteminin hatalı kullanımı	0	0	0	1
	Karar Temelli	Geç manevra-Kaptan	7	0	0	0
		Yetersiz manevra (dümen açısı, hız kesme, hız arttırma, vb.)	7	0	4	0
		Hatalı manevra-Kaptan	6	4	6	0
		Hatalı manevra-Zabit	6	0	1	0
		Geç manevra-Zabit	5	0	0	0
		Uygunsuz rota seçimi	1	0	2	0
		Uygunsuz demirleme manevrası (demir atma)	1	0	0	0
		Fırtınada seyir	1	0	1	0
		Geminin tasarım limitlerini aşan bir durumda kullanılması	1	0	1	0
		Kaptan GHT'i geç bilgilendiriyor (sürüklenme)	1	0	0	0
		Hatalı manevra-Pilot	0	1	0	0

Tablo 38'in devamı

Hatalar	Algısal	Çatışma riskinin tespit edilememesi	13	0	0	0
		Hedef geminin niyetinin anlaşılabilmesi	10	0	0	0
İhlaller	Kural	Rüzgâr ve akıntının etkilerinin anlaşılabilmesi	2	2	4	0
		Sorunun fark edilememesi/geç fark edilmesi - Ana makine	0	1	1	0
		Rota ve dümen açısı - Dümen kontrol sistemi	0	1	0	0
		Karaya oturma riskinin tespit edilememesi	0	0	6	0
		Derinlik verilerinin yanlış yorumlanması (sığlığın farkında olmama)	0	0	6	0
		Pozisyon (Ecdis, AIS, GPS, Radar vb.)	0	0	1	0
		Seyir uyarıları -Navtex	0	0	1	0
		Geminin su aldığı geç tespit edilmesi (Batma riski)	0	0	0	1
		COLREG Kural 5 (Gözcülük)	16	2	4	0
		COLREG Kural 2 (Çatışma riskinde sorumluluk)	11	0	0	0
		Seyir vardiyası (STCW)	8	0	1	0
		COLREG Kural 10 (Trafik ayırım düzeni)	5	0	0	0
Yetki Suiistimali	Prosedür	COLREG Kural 19 (Kısıtlı görüş koşullarında teknelerin davranışları)	4	0	0	0
		COLREG Kural 35 (Kısıtlı görüşte ses işareti)	4	0	0	0
		Çalışma ve dinlenme saatleri (ILO)	4	0	3	0
		COLREG Kural 6 (Emniyetli hız)	2	0	0	0
		COLREG Kural 8 (Çatışmadan kaçınma manevrası)	2	0	0	0
		COLREG Kural 15 (Aykırı geçiş)	2	0	0	0
		COLREG Kural 22 (Işıkların görünürlüğü)	2	0	0	0
		Köprüüstünde kimse yok (STCW)	2	0	0	0
		COLREG Kural 13 (Yetişme)	1	0	0	0
		Yerel mevzuat (Römorkör halatı ve bağlama uygunsuz - SCV Kod)	1	0	0	0
		Şirket prosedürleri - Geminin konumunun rutin kontrolleri	10	0	8	0
		Kullanılmayan cihaz (Ecdis, AIS, Radar, BNWAS, Derinlikölçer vb.)	6	0	1	0
Yetki Suiistimali	Prosedür	Kaptan'ın daimi emirleri	4	1	0	0
		Şirket prosedürleri - Emniyetli dar su yolu geçişi (SMS)	2	1	4	0
		Şirket prosedürleri - Geminin bağlama halatlarının rutin kontrolleri	1	0	0	0
		Şirket prosedürleri - Rota Ecdis/GPS'e girili değil	0	1	0	0
		Şirket politikası - Alkol	0	0	1	0
		Yanlış/eksik bilgi - GTH	1	0	0	0

Tablo 39. Dover Boğazı'nda kazaların oluşumunda rol oynayan Operasyonel Koşullar seviyesi altındaki faktörler ve gözlem frekansları

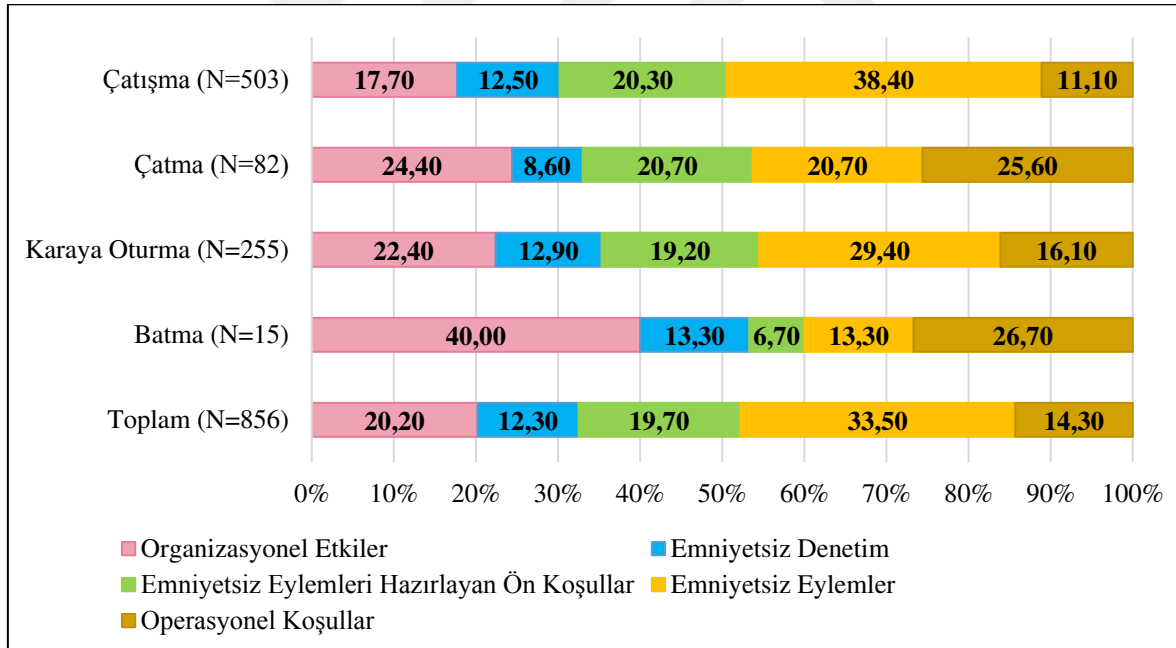
Dış Koşullar	Hava, Deniz ve Görüş	Uygunsuzluklar	Çatışma	Çatma	Karaya Oturma	Batma
		Görüşü Engelleyen Koşullar	16	3	5	1
		Gece	12	3	5	1
		Sis	4	0	0	0

Tablo 39'un devamı

Dış Koşullar	Hava, Deniz ve Görüş	<u>Gemi Hareketini Engelleyen Koşullar</u>	3	4	6	0
		Ağır deniz koşulları	2	2	3	0
		Kuvvetli akıntı	1	2	0	0
		Gel-Git (Akıntı)	0	0	3	0
	Konumsal Kısıtlamalar	<u>Sevir Türü</u>	18	8	11	1
		Dar su yolu-kanal	18	5	10	1
		Liman	0	3	1	0
		<u>GTH Sektörü</u>	15	3	15	0
		Yoğun trafik	15	0	4	0
		Kısıtlı manevra alanı	0	3	1	0
		Sıgılık	0	0	10	0
İç Koşullar	Geminin Hareketini Engelleyen Uygunsuzluklar ve Arızalar	Makine arızası	0	1	2	0
		Güç kaybı	0	1	1	0
	Gemi Yapısı	Yaşlı gemi (yaş≥21)	4	1	1	1
		Yıpranmış tekne yapısı	0	0	0	1
		İç su gemisi (nehir gemisi)	0	0	0	0

HFACS-PV uygunsuzluklarının kaza türlerine göre dağılımı incelendiğinde, çatışma kazaları için Emniyetsiz Eylemler (% 38,4), çatma kazaları için ise Operasyonel Koşullar (% 25,6) en etkili seviyedir (Şekil 24). Bu sonuç; İB'ndan farklı olarak, DB'nda çatışma ve çatma kazalarının farklı karakteristikte olduğunu göstermektedir. Çatışma kazaları için, Emniyetsiz Eylemler seviyesini sırasıyla; Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Ön Koşullar (% 20,3), Organizasyonel Etkiler (% 17,7), Emniyetsiz Denetim (% 12,5) ve Operasyonel Koşullar (% 11,1) izlemektedir. Bu dağılım DB için Operasyonel Koşulların çatışma kazalarında İB'na göre daha az (-% 7,5) etkili olduğunu göstermektedir. Çatma kazaları için ise, Operasyonel Koşullardan sonra, Organizasyonel Etkiler (% 24,4), Emniyetsiz Eylemler (% 20,7), Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Ön Koşullar (% 20,7) ve Emniyetsiz Denetim (% 8,6) sırasıyla en etkili seviyelerdir (Şekil 24). İB'ndaki kazalara benzer şekilde, DB'ndaki çatma kazalarında da Operasyonel Koşullar seviyesi çatışma kazalarında olduğundan daha (+% 14,5) etkidir. Benzer şekilde Organizasyonel Etkiler (+% 6,7) ve Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Ön Koşullar (+0,4) seviyeleri altındaki uygunsuzluklar da çatma kazalarında daha etkilidir. Bu sonuçlar ışığında, çatışma kazaları gibi birden fazla geminin karıştığı olaylarda emniyetsiz eylemler daha etkin rol oynarken, çatma kazaları gibi tek geminin hareketiyle yönetilebilen olaylarda ise Operasyonel Koşullar daha etkin rol oynamaktadır.

İB’ndan farklı olarak DB’ndaki karaya oturmalar da Emniyetsiz Eylemler (% 29,4) en etkili olan HFACS-PV temel seviyesidir. DB’ndaki batma kazalarında ise en etkili olan HFACS-PV temel seviyesi Organizasyonel Etkilerdir (% 40,0) (Şekil 24). Bu sonuç; İB’ndan farklı olarak, DB’nda karaya oturma ve batma kazalarının farklı karakteristikte olduğunu göstermektedir. Karaya oturma kazaları için, Emniyetsiz Eylemler seviyesini sırasıyla; Organizasyonel Etkiler (% 22,4), Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Ön Koşullar (% 19,2), Operasyonel Koşullar (% 16,1) ve Emniyetsiz Denetim (% 12,9) izlemektedir. Bu dağılım DB için Operasyonel Koşulların karaya oturma kazalarında İB’na göre daha az (-% 12,6) etkili olduğunu göstermektedir. Batma kazaları için ise, Organizasyonel Etkilerden sonra, Operasyonel Koşullar (% 26,7), Emniyetsiz Eylemler (% 13,3), Emniyetsiz Denetim (% 13,3) ve Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Ön Koşullar (% 6,7) sırasıyla en etkili seviyelerdir (Şekil 24). DB’nda Operasyonel Koşulların en etkili olduğu kaza türü batma kazalarıdır.



Şekil 24. HFACS-PV ana seviyelerinin Dover Boğazı’nda meydana gelen kazalar üzerindeki etkinliği

HFACS-PV’nin ikinci seviye alt kategorileri incelendiğinde çatışma kazaları için; Hatalar (% 20,9), Standart Altı Takım Üyeleri (% 19,7), İhlaller (% 17,5), Dış Koşullar (% 10,3) ve Kaynak Yönetimi (% 10,1) en etkili olanlardır (Tablo 34). Hatalar altında yer alan uygunsuzluklar incelendiğinde en etkili olanlar; Beceri Temelli Hatalar (Köprüüstü takım

üyelerinin elektronik seyir yardımcılarını (GPS, Ecdis, Radar, AIS vb.) etkin kullanamaması) ve Karar Temelli Hatalardır (Köprüüstü takım üyelerinin hatalı-geç manevrası) (Tablo 38). Standart Altı Takım Üyeleri altında; Uygunsuz Zihinsel Durumlar (Durumsal farkındalık eksikliği), İletişim ve Koordinasyon Eksikliği (Gemi-gemi, Gemi-GTH arası), Uygunsuz Yönetim Faaliyetleri (Gevşek BRM vb.) en etkili olanlardır (Tablo 37). İhlaller kategorisi altında sırasıyla; Kural İhlalleri (COLREG Kural 2, 5) ve Prosedür İhlalleri (Şirket Prosedürleri - Geminin konumunun rutin kontrolü) en sık görülen uygunsuzluklardır (Tablo 38). Yoğun Trafik, Dar Kanal Yapısı (Varne Bankları bölgesi) ve Gece Operasyonları DB’nda çatışma kazaları için en elverişli dış Operasyonel Koşullardır (Tablo 39). Kaynak Yönetimi kategorisi altındaki; Eğitim ve Aşinalık Eksikliği (Gemiye Eğitim Aşinalık (Elektronik seyir cihazları), Bireysel Eğitim Aşinalık (BRM uygulamaları, COLREG kuralları ve uygulanması)), Uygunsuz Personel Atama (Yetkin olmayan personel (Kaptan, 1. Zabit, 2. Zabit, vb.)) sık görülen uygunsuzluklardır (Tablo 35).

Çatma kazalarının oluşumunda en etkili ikinci seviye kategoriler; Dış Koşullar (% 22,0), Standart Altı Takım Üyeleri (% 20,7), Örgütsel Süreçlerdir (% 17,1) ve Hatalardır (% 14,6) (Tablo 34). Dış Koşullar kategorisi altında sırasıyla; Konumsal Kısıtlamalar (Dar kanal yapısı, Kısıtlı manevra alanı), kötü Hava, Deniz ve Görüş Koşulları (Gece operasyonları, Ağır deniz, Kuvvetli rüzgâr) en sık görülen olumsuzluklardır (Tablo 39). Standart Altı Takım Üyeleri altında; Uygunsuz Yönetim Faaliyetleri (Gevşek BRM, Acil durum yönetimi), Fiziksel ve Zihinsel Sınırlamalar (Gece vardiyasında gözcülük), İletişim ve Koordinasyon Eksikliği (Köprüüstü takım üyeleri arası) en etkili olanlardır (Tablo 37). Örgütsel Süreçler altındaki; Gözden Geçirme ve Kontrollerin (Manevra öncesinde seyir ekipmanlarının kontrolü, Sefer ve varış öncesi risk değerlendirmesi) eksik yapılması en etkili uygunsuzluklardır (Tablo 35). Hatalar kategorisinde; Karar Temelli Hatalar (Kaptanın manevra hatası), Beceri Temelli Hatalar (Dümen kontrol sisteminin etkin kullanılamaması) ve Algısal Hatalar (Rüzgâr ve akıntının gemi üzerindeki etkisinin anlaşılamaması) en etkili uygunsuzluklardır (Tablo 38). HFACS-PV analiz sonuçları, ana seviyeler ve alt kategorilerin etkileşimi açısından DB’nda meydana gelen çatışma ve çatma kazalarının oluşumlarının birbirinden farklı olduğunu göstermektedir. DB meydana gelen çatışma kazalarında Emniyetsiz Eylemler temel tetikleyici uygunsuzluklar iken; çatma kazalarında Operasyonel Koşullar altındaki uygunsuzluklar temel etkenlerdir. Gizli kusurlar incelendiğinde, Standart Altı Takım Üyeleri altındaki uygunsuzlukların çatışma ve çatma kazalarında ortak etkiye (% 20) sahip olduğu görülmektedir. Benzer şekilde organizasyonel seviyede yer alan uygunsuz

Kaynak Yönetimi çatışma kazalarında, uygunsuz Örgütsel Süreçler ise çatma kazalarında daha etkilidir (Tablo 34).

Karaya oturma kazalarının oluşumunda en etkili ikinci seviye kategoriler; Hatalar (% 20,8), Standart Altı Takım Üyeleri (% 18,0), Dış Koşullar (% 14,5), ve Kaynak Yönetimidir (% 11,4) (Tablo 34). Bu sıralama DB’nda meydana gelen çatışma kazalarıyla oldukça benzerdir. İB’ndan farklı olarak DB’nda çatışma ve karaya oturma kazalarının oluşumlarının kısmen benzer olduğunu söyleyebilmek mümkündür. Hatalar kategorisi altında yer alan uygunsuzluklar incelendiğinde; Algısal Hatalar (Karaya oturma riskinin tespit edilememesi, Derinlik verilerinin yanlış yorumlanması), Beceri Temelli Hatalar (Köprüüstü takım üyelerinin elektronik seyir yardımcılarını (GPS, Ecdis, Radar, AIS vb.) etkin kullanamaması) ve Karar Temelli Hatalar (Kaptanın manevra hatası) en etkili uygunsuzluklardır (Tablo 38). İB’ndaki kazalardan farklı olarak DB’nda İhlaller altındaki uygunsuzluklar karaya oturma kazalarında daha az (-% 7,0) etkilidir. Standart Altı Takım Üyeleri altında; Uygunsuz Yönetim Faaliyetleri (Gevşek BRM vb.), Uygunsuz Zihinsel Durumlar (Durumsal farkındalık eksikliği), İletişim ve Koordinasyon Eksikliği (Gemi-GTH arası) en etkili olanlardır (Tablo 37). Dış Operasyonel Koşullardan; Dar Kanal Yapısı, Sıgırlıkların mevcudiyeti (Varne Bankları bölgesi) ve Gece Operasyonları DB’nda karaya oturma kazası olasılığını arttırmaktadır (Tablo 39). Kaynak Yönetimi kategorisi altındaki; Eğitim ve Aşinalık Eksikliği (Gemiye (Elektronik seyir cihazları), Bireysel (BRM uygulamaları, Bölgeye (Seyir bölgesine)), Uygunsuz Personel Atama (Yetkin olmayan personel (Kaptan, 1. Zabit, 2. Zabit, vb.)) sık görülen uygunsuzluklardır (Tablo 35). HFACS-PV analiz sonuçlarına göre, Operasyonel Koşullar seviyesi altındaki uygunsuzlukların etkinliği karaya oturma kazalarında çatışma kazalarına göre % 5 daha fazladır (Tablo 39, Şekil 24). Bu durum Operasyonel Koşulların varlığında İB’nda olduğu gibi DB’nda da özellikle karaya oturma kazalarına dikkat edilmesi gerektiğini göstermektedir.

Veri setinde DB’nda meydana gelmiş tek batma kazası yer almaktadır. Batma kazasına ait rapor HFACS-PV yapısıyla analiz edildiğinde, en etkili ikinci seviye kategoriler; Örgütsel Süreçler (% 20,0), Dış Koşullar (% 13,3), İç Koşullar (% 13,3), Hatalar (% 13,3) ve Kaynak Yönetimi (% 13,3) olarak tespit edilmiştir (Tablo 34). İncelenen batma kazasının oluşum örgüsü en etkili alt seviyeler bakımından İB’nda meydana gelen batma kazalarıyla kısmen benzerlik göstermektedir. Aradaki en önemli farklılık Örgütsel Süreçler altında yer alan uygunsuzlukların (Sefer öncesi risk değerlendirmesi, Yetersiz planlı bakım) DB’ndaki batma kazasında İB’ndaki kazalardan daha etkili (+% 10,9) olmasıdır. Dış Koşullar

kategorisi altındaki; kötü Hava, Deniz ve Görüş koşulları (Gece Operasyonları), Konumsal Kısıtlamalar (Dar Kanal Yapısı) incelenen batma kazasındaki olumsuz durumlardır (Tablo 39). İç Koşullar kategorisi altında; Gemi Yapısal Kusurları (Yaşa ve yetersiz bakım tutuma bağlı olarak yıpranmış tekne yapısı) kaza oluşumunu tamamlayan uygunsuz durumdur (Tablo 39). Hatalar kategorisindeki; Algı Hataları (Geminin su aldığıının geç tespit edilmesi) ve Beceri Temelli Hatalar (Balast sisteminin hatalı kullanımı) batma kazasındaki tetikleyici uygunsuzluklardır (Tablo 38). Son olarak Kaynak Yönetimi kategorisi altında; Eğitim ve Aşinalık Eksikliği (Gemiye (Yükleme, tahliye, stabilite, laşing vb.)), Uygunsuz Personel Atama (Yetkin olmayan personel (Kaptan, 1. Zabit, 2. Zabit, vb.) kazanın oluşumunda etkili olmuştur (Tablo 35). Operasyonel Koşullar seviyesi altındaki uygunsuzluklar DB’nda da İB’nda olduğu gibi batma kazasının oluşumunda etkilidir (% 26,6) (Tablo 39, Şekil 24).

3.2.3. Singapur Boğazı’nda Kazalara Etkiyen HFACS-PV Uygunsuzlukları

Singapur Boğazı’nda meydana gelen 61 kazanın oluşumuna etkiyen 126 adet farklı uygunsuzluk (Operasyonel Koşul (16), İnsan ve Organizasyonel Faktör (110)) tespit edilmiştir. Bu uygunsuzluklar kazaların oluşumunda toplam 1.203 (f) defa gözlemlenmiştir. Bunların 1.099 tanesi çatışma, 41 tanesi batma, 40 tanesi karaya oturma ve 23 tanesi çatma kazalarının oluşumunda rol oynamıştır. SB’nda meydana gelen tüm kazalar değerlendirildiğinde DB’ndaki kazalara benzer şekilde, sırasıyla, Emniyetsiz Eylemler (% 34,7), Organizasyonel Etkiler (% 19,6) ve Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Ön Koşullar (% 19,1) kazalarda en sık görülen ana seviyelerdir. İlk derece alt seviyeler incelendiğinde, Standart Altı Köprüüstü Takım Üyeleri (% 19,0), Hatalar (% 17,4), İhlaller (% 17,3), Dış Operasyonel Koşullar (% 15,0) ve yetersiz Kaynak Yönetimi (% 12,5) SB’nda meydana gelen kazalarda etkilidir (Tablo 40). HFACS-PV ana ve alt seviyelerinin tüm kazalardaki etkinliği bakımından SB ve DB benzerlik göstermektedir. SB’ndaki her kaza türü için, kazaları meydana getiren HFACS-PV uygunsuzlukları ve gözlemlenme frekansları Tablo 41-45’de sunulmuştur.

Tablo 40. Singapur Boğazı'nda kazaları meydana getiren uygunsuzlukların HFACS-PV seviyelerine göre frekans dağılımı

HFACS-PV Alt Kategoriler		Singapur Boğazı									
1. Seviye	2. Seviye	Çatışma		Çatma		Karaya Oturma		Batma		Toplam	
		f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
Organizasyonel Etkiler	Kaynak Yönetimi	133	12,1	4	17,4	8	20,0	5	12,2	150	12,5
	Örgüt İklimi	6	0,5	0	0,0	2	5,0	2	4,9	10	0,8
	Örgütsel Süreçler	65	5,9	3	13,0	2	5,0	6	14,6	76	6,3
Emniyetsiz Denetim	Yetersiz Denetim	22	2,0	4	17,4	1	2,5	3	7,3	30	2,5
	Uygunsuz Planlanmış Operasyonlar	81	7,4	1	4,3	5	12,5	2	4,9	89	7,4
	Bilinen Bir Problemin Çözülememesi	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	2,4	1	0,1
Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Ön Koşullar	Standart Altı Takım Üyeleri	219	19,9	4	17,4	1	2,5	5	12,2	229	19,0
	Teknoloji ve Arayüz Arızaları	1	0,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	0,1
Emniyetsiz Eylemler	Hatalar	190	17,3	3	13,0	9	22,5	7	17,1	209	17,4
	İhlaller	202	18,4	1	4,3	1	2,5	4	9,8	208	17,3
Operasyonel Koşullar	İç Koşullar	16	1,5	1	4,3	1	2,5	2	4,9	20	1,7
	Dış Koşullar	164	14,9	2	8,7	10	25,0	4	9,8	180	15,0
Toplam		1.099	100,0	23	100,0	40	100,0	41	100,0	1.203	100,0

Tablo 41. Singapur Boğazı'nda kazaların oluşumunda rol oynayan Organizasyonel Etkiler seviyesi altındaki faktörler ve gözlem frekansları

Uygunsuzluklar		Çatışma	Çatma	Karaya Oturma	Batma
Kaynak Yönetimi	Eğitim ve Aşinalık Eksikliği	118	4	5	3
	Gemi	23	1	4	2
	Elektronik seyir cihazları (Ecdis, Radar, GPS, Otopilot, Gyro vb.)	16	1	1	0
	Geminin manevra karakteristiği	7	0	2	0
	Dümen kontrol sistemi	0	0	1	0
	Yük operasyonları (Yükleme, tahliye, stabilite, laşing vb.)	0	0	0	2
	Kişisel Eğitim	91	2	1	1
	BRM uygulamaları (Seyirde)	37	1	1	1
	COLREG kuralları ve uygulanması	36	0	0	0
	BRM uygulamaları (Demirde)	7	0	0	0
	Demirleme manevrası	5	0	0	0
	Demirde ikmal (Gemiden - Gemiye)	2	0	0	0
	Acil durum yönetimi (Acil durum eylemleri, dümen kilitlenmesi, makine arızası, güç kaybı vb.)	2	1	0	0
	Acil durum yönetimi (Demir tarama)	2	0	0	0
	Seyir Bölgesi	4	1	0	0
	Köprüüstü takım üyeleri seyir bölgesine aşına değil	2	0	0	0
	Kaptan seyir bölgesine aşına değil	2	1	0	0
	Personel Atama	5	0	1	2
	Uygunsuz personel atama (Yetkin olmayan personel (Kaptan, 1. Zabit, 2. Zabit, vb.))	5	0	1	2

Tablo 41'in devamı

Kaynak Yönetimi	Ekipman ve Tesis Kaynakları	<u>Tesis ve Ekipmanların Mevcudiyeti</u>	7	0	1	0
		Demirleme alanı kapasitesi (yetersiz)	6	0	1	0
		Köprüüstü seyir ekipmanları (Ecdis, Radar, AIS, Derinlikölçer vb.)	1	0	0	0
		<u>Tesis ve Ekipmanların Niteliği</u>	0	0	0	0
		Limanda bulunan sabit veya yüzer seyir yardımcıları	0	0	0	0
Örgüt İklimi	Örgüt Yapısı	<u>Ergonomik Dizayn Kusurları</u>	3	0	1	0
		Köprüüstü Ergonomik Dizayn (Genel, ses yalıtımı vb.)	3	0	1	0
		<u>İletişim ve Koordinasyon</u>				
		-	0	0	0	0
	Politikalar	<u>Emir-Komuta Zinciri</u>				
		-	0	0	0	0
		<u>Yetki Dağılımı</u>				
		-	0	0	0	0
		<u>Promosyon (Yükseltme)</u>				
		-	0	0	0	0
Örgütsel Süreçler	Operasyon Yönetimi	<u>Uyusturucu ve Alkol</u>				
		Yetersiz alkol politikası	0	0	0	0
	Yasal Eksiklikler	Şirketin Emniyet Kültürü zayıf	3	0	1	1
		Gemi personelinin Emniyet Kültürü zayıf	2	0	1	1
		Şirketin filo üzerindeki zaman baskısı	1	0	0	0
		-				
	Gözden Geçirme	Uygunsuz sefer yönetimi - Gemi	34	0	1	1
		Uygunsuz manevra yönetimi - Demir	5	1	0	0
		<u>Prosedür Temelli</u>	0	0	0	2
		Standardizasyon (Kaptan'ın gece-gündüz emirleri, operasyonel doktrinler, vb.)	0	0	0	2
		<u>Kural Temelli</u>	0	0	0	1
		Planlı bakım ile ilgili kurallar	0	0	0	1
		<u>Risk Değerlendirmesi</u>	24	2	1	2
		Dar kanal seyri öncesi risk değerlendirmesi	13	0	0	0
		Manevra öncesinde seyir ekipmanlarının kontrolünün yetersiz yapılması	5	1	0	0
		Sefer öncesi risk değerlendirmesi	3	0	1	2
		Demirleme öncesi risk değerlendirmesi	3	1	0	0
		<u>Emniyet Değerlendirmesi</u>	2	0	0	0
		Seyir emniyet bültenin göz ardı edilmesi (incelenmemesi)	1	0	0	0
		Hava tahminlerinin göz ardı edilmesi (incelenmemesi)	1	0	0	0

Tablo 42. Singapur Boğazı'nda kazaların oluşumunda rol oynayan Emniyetsiz Denetim seviyesi altındaki faktörler ve gözlem frekansları

	Uygunsuzluklar	Çatışma	Çatma	Karaya Oturma	Batma
Yetersiz Denetim	İç denetim eksikliği - Seyir zabitanın vardiyadaki yetkinliği	8	0	1	0
	İç denetim eksikliği - Sefer planı	5	2	0	1
	Test ve kontrol - Ana makine kontrol paneli	3	1	0	0
	Yetersiz bakım - Ana makine kontrol paneli	2	1	0	0
	Ana makine rutin bakımı	2	0	0	0

Tablo 42'nin devamı

Yetersiz Denetim	Test ve kontrol - Köprüüstü seyir cihazları (Ecdis, Radar, Derinlikölçer, Dümen kontrol sistemi vb.)	1	0	0	0
	Yetersiz bakım - Köprüüstü seyir cihazları (Ecdis, Radar, Derinlikölçer, Dümen kontrol sistemi vb.)	1	0	0	0
	Dış denetim eksikliği - Şirket denetimleri	0	0	0	2
Uyumsuz Planlanmış Operasyonlar	Sefer planı	39	0	1	1
	Gözcülük - Seyir vardiyası	19	0	2	0
	Köprüüstü takımının seyir türüne uygun atanmaması	9	0	1	0
	Demirleme operasyonu	6	1	0	0
	Gözcülük - Kısıtlı görüş	4	0	0	0
	Demirde ikmal	3	0	0	0
	Yetersiz pilot, römorkör veya GTH desteği	1	0	1	0
	Balast operasyonu	0	0	0	1
Bilinen Bir Problem Çözülemedi	Arızalara hatalı müdahale	0	0	0	1

Tablo 43. Singapur Boğazı'nda kazaların oluşumunda rol oynayan Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Ön Koşullar seviyesi altındaki faktörler ve gözlem frekansları

		Uyumsuzluklar	Çatışma	Çatma	Karaya Oturma	Batma
Standart Altı Takım Üyeleri	Takım Üyelerinin Standart Altı Durumları	<u>Uyumsuz Zihinsel Durumlar</u>	51	1	4	2
		Durumsal farkındalık eksikliği - Köprüüstü takım üyeleri	37	0	1	0
		Dikkat eksikliği	5	0	1	0
		Durumsal farkındalık eksikliği - Kaptan	4	1	1	2
		Uykusuzluk	2	0	1	0
		Elektronik seyir ekipmanına aşırı güven - (Ecdis, Radar, Derinlikölçer, Dümen kontrol sistemi vb.)	2	0	0	0
		Aşırı güven - Kaptan	1	0	0	0
		<u>Uyumsuz Fiziksel Durumlar</u>	2	0	1	0
		Fiziksel yorgunluk - Kaptan	2	0	0	0
		Fiziksel yorgunluk - Seyir zabiti	0	0	1	0
	Takım Üyelerinin Standart Altı Uygulamaları	<u>Fiziksel ve Zihinsel Kısıtlamalar</u>	34	0	1	0
		Gece vardiyasında gözcülük	34	0	1	0
		<u>Göreve Hazır Olma</u>	0	0	0	0
		<u>Uyumsuz Yönetim Faaliyetleri</u>	50	1	3	1
		Gevşek köprüüstü kaynak yönetimi	44	0	2	0
		Kaptan'ın yönetim yetersizliği	4	0	0	1
		Yönlendirme hatası - Gemi trafik hizmetleri (GTH)	1	0	1	0
		Sefer öncesi briefing yetersizliği	1	1	0	0
		<u>İletişim ve Koordinasyon Eksikliği</u>	82	2	2	2
		Gemi - Gemi (İrtibat kurulmamış)	36	0	0	0
		Gemi - GTH (İrtibat kurulmamış)	36	1	1	1
		Gemi - Gemi (Ortak dil sorunu)	6	0	0	0
		Köprüüstü takım üyeleri arası	2	1	0	1
		Gemi - GTH (Ortak dil sorunu)	1	0	1	0
		Kaptan - Pilot	1	0	0	0

Tablo 43'ün devamı

Teknoloji ve Arayüz Arızaları	Elektronik Seyir Yardımcıları Arızaları	Köprüüstü elektronik seyir cihazları (Ecdis, Radar, AIS vb.)	1	0	0	0
	Arayüz Arızaları	-	0	0	0	0
	Diğer	-	0	0	0	0

Tablo 44. Singapur Boğazı'nda kazaların oluşumunda rol oynayan Emniyetsiz Eylemler seviyesi altındaki faktörler ve gözlem frekansları

		Uygunsuzluklar	Çatışma	Çatma	Karaya Oturma	Batma
Hatalar	Beceri Temelli	Köprüüstü takım üyelerinin elektronik seyir yardımcılarını etkin kullanamaması (GPS, Ecdis, Radar, AIS vb.)	48	1	3	0
		Rotayı takip edememe	2	1	0	0
		Dümen kontrol sisteminin etkin kullanılamaması (Köprüüstü takım üyeleri)	1	0	0	1
		Makine kontrol panelinin etkin kullanılamaması (Kaptan)	0	0	1	0
		Balast sisteminin hatalı kullanımı	0	0	0	2
		Köprüüstü takım üyelerinin hatalı gel-git hesabı	0	0	0	1
		Yetersiz laşing	0	0	0	1
	Karar Temelli	Yetersiz manevra (dümen açısı, hız kesme, hız arttırma, vb.)	43	0	0	0
		Hatalı manevra-Kaptan	22	0	1	1
		Geç manevra-Kaptan	13	0	0	0
		Hatalı manevra-Zabit	7	0	1	0
		Geç manevra-Zabit	4	0	0	0
		Uygunsuz demirleme manevrası (demir atma)	2	1	0	0
		Kaptan GHT'i geç bilgilendiriyor (sürüklenme)	1	0	0	0
	Algısal	Hedef geminin niyetinin anlaşılabilmesi	21	0	0	0
		Çatışma riskinin tespit edilememesi	17	0	0	0
		İşitsel gözcülük -VHF	8	0	1	0
		Sorunun fark edilememesi/geç fark edilmesi - Ana makine	1	0	0	0
		Karaya oturma riskinin tespit edilememesi	0	0	1	0
		Derinlik verilerinin yanlış yorumlanması (sığlığın farkında olmama)	0	0	1	0
		Geminin su aldığıının geç tespit edilmesi (Batma riski)	0	0	0	1
İhlaller	Kural	COLREG Kural 5 (Gözcülük)	39	0	1	0
		COLREG Kural 8 (Çatışmadan kaçınma manevrası)	18	0	1	0
		COLREG Kural 2 (Çatışma riskinde sorumluluk)	15	0	0	0
		COLREG Kural 10 (Trafik ayırım düzeni)	15	0	1	0
		COLREG Kural 34 (Manevra ve uyarı işaretleri)	14	0	0	0
		COLREG Kural 6 (Emniyetli hız)	7	0	2	1
		Demir vardiyası (STCW)	6	0	1	0
		COLREG Kural 13 (Yetişme)	5	0	0	0
		Seyir vardiyası (STCW)	4	0	1	1

Tablo 44'ün devamı

İhlaller	Kural	COLREG Kural 15 (Aykırı geçiş)	3	0	0	0
		COLREG Kural 22 (Işıkların görünürlüğü)	3	0	0	0
		COLREG Kural 35 (Kısıtlı görüşte ses işareti)	2	0	0	0
		Çalışma ve dinlenme saatleri (ILO)	2	0	1	0
		Köprüüstünde kimse yok (STCW)	1	0	0	0
	Prosedür	Şirket prosedürleri - Geminin konumunun rutin kontrolleri	35	0	1	0
		Şirket prosedürleri - Emniyetli dar su yolu geçişi (SMS)	8	0	0	1
		Şirket prosedürleri - Geminin emniyetli demirlenmesi (SMS)	6	1	0	0
		Kaptan'ın daimi emirleri	2	0	1	0
		Dümen kontrol sistemi - Dümen motorunun kullanımı	1	0	0	1
	Yetki Suistimali	Sesini kısma - VHF telsiz	9	0	0	0
		GTH'nın uyarısının görmezden gelinmesi	4	0	1	0
		Yanlış/eksik bilgi - GTH	2	0	0	0
		Alarmin kapatılması - Radar	1	0	0	0

Tablo 45. Singapur Boğazı'nda kazaların oluşumunda rol oynayan Operasyonel Koşullar seviyesi altındaki faktörler ve gözlem frekansları

		Uygunsuzluklar	Çatışma	Çatma	Karaya Oturma	Batma
Dış Koşullar	Hava, Deniz ve Görüş	Görüşü Engelleyen Koşullar	46	0	1	1
		Gece	39	0	1	1
		Sis	4	0	0	0
		Yağmur	3	0	0	0
		Gemi Hareketini Engelleyen Koşullar	14	0	1	0
		Ağır deniz koşulları	8	0	0	0
		Kuvvetli akıntı	5	0	0	0
		Gel-Git (Akıntı)	1	0	1	0
	Konumsal Kısıtlamalar	Sevir Türü	61	2	4	2
		Dar su yolu-kanal	56	1	3	2
		Demir yeri (Yoğun)	5	1	1	0
		GTH Sektörü	43	0	4	1
		Yoğun trafik	43	0	1	1
		Sıgılık	0	0	3	0
İç Koşullar	Geminin Hareketini Engelleyen Uyunsuzluklar ve Arızalar	Güç kaybı	3	0	0	0
		Makine arızası	1	1	0	0
		Kontrol edilebilir kanatlı pervane arızası	1	0	0	0
		Dümen arızası	1	0	0	0
	Gemi Yapısı	Yaşlı gemi (yaş≥21)	10	0	1	0
		Yıpranmış tekne yapısı	0	0	0	2

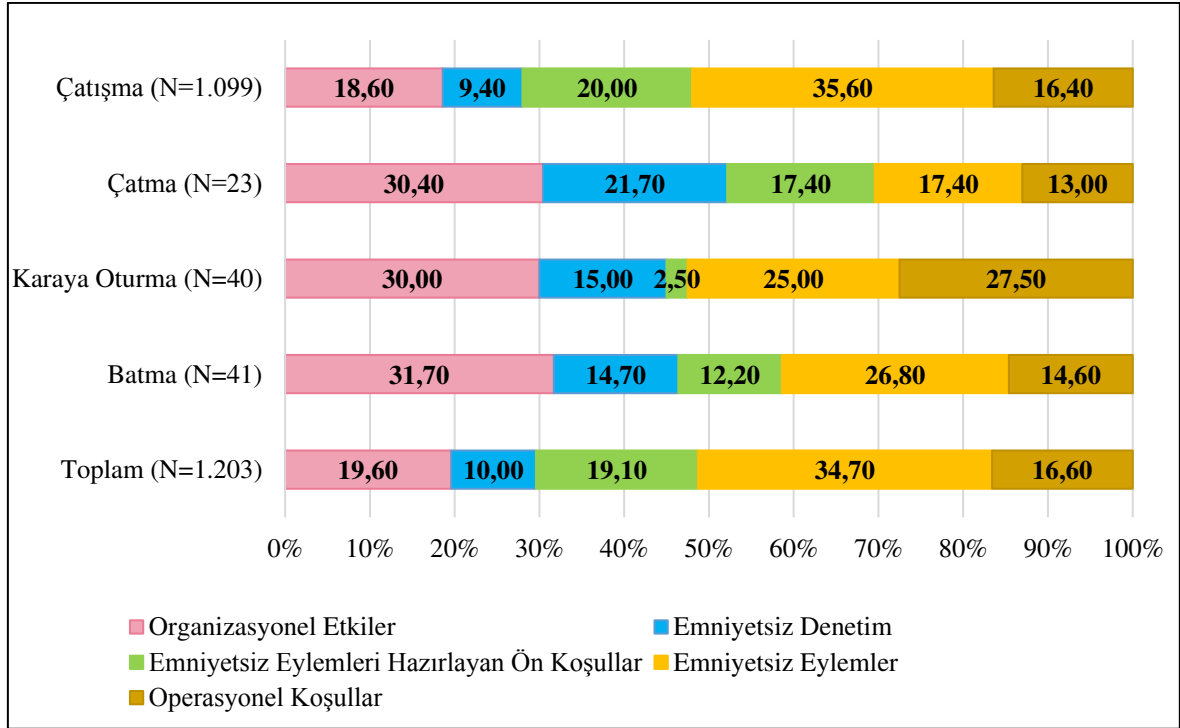
SB'nda kazaları meydana getiren HFACS-PV uygunsuzluklarının kaza türlerine göre dağılımı incelendiğinde, çatışma kazaları için Emniyetsiz Eylemler (% 35,6), çatma kazaları için ise Organizasyonel Etkiler (% 30,4) en etkili seviyedir (Şekil 25). Bu dağılım çatışma kazaları için DB'ndaki benzerdir. Ancak SB'nda meydana gelen çatma kazaları, İB ve

DB'ndan farklı karakteristiktir. SB'nda Operasyonel Koşulların en az etkili (% 13,0) olduğu kaza türü çatmadır. Kaza türlerini tek tek ele alacak olursak; çatışma kazaları için, Emniyetsiz Eylemler seviyesini sırasıyla; Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Ön Koşullar (% 20,0), Organizasyonel Etkiler (% 18,6), Operasyonel Koşullar (% 16,4) ve Emniyetsiz Denetim (% 9,4) izlemektedir. Bu dağılım, çatışma kazalarında Operasyonel Koşulların, SB'nda; İB'na göre % 2,2 daha düşük, DB'na göre % 5,3 daha yüksek etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Bu durumda Operasyonel Koşulların çatışma kazalarındaki etki büyüklüğünü İB>SB>DB olarak sıralayabiliriz. Çatışma kazalarında Emniyetsiz Eylemler, SB'nda; DB'na göre % 2,8 daha düşük, İB'na göre % 7,8 daha yüksek etkiye sahiptir. Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Ön Koşullar, SB'nda; DB'na göre % 0,3 daha düşük, İB'na göre % 2,8 daha yüksek etkiye sahiptir. Emniyetsiz Denetim altındaki uygunsuzluklar, SB'nda; DB'na göre % 3,1 daha düşük, İB'na göre % 1,7 daha yüksek etkiye sahiptir. İncelenen dar suyollarında, Emniyetsiz Eylemler, Eylemleri Hazırlayan Ön Koşullar ve Emniyetsiz Denetimin çatışma kazalarındaki etki büyüklüğünün sıralaması DB>SB>İB şeklindedir. Organizasyonel Etkiler altındaki uygunsuzluklar, SB'nda; İB'na göre % 10,1 daha düşük, DB'na göre % 0,9 daha yüksek etkiye sahiptir. Organizasyonel Etkilerin çatışma kazalarındaki etki büyüklüğü İB>SB>DB olarak sıralanabilir.

SB'nda çatma kazaları için, Organizasyonel Etkilerden sonra, Emniyetsiz Denetim (% 21,7), Emniyetsiz Eylemler (% 17,4), Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Ön Koşullar (% 17,4) ve Operasyonel Koşullar (% 13,0) sırasıyla en etkili seviyelerdir (Şekil 25). Organizasyonel Etkiler altındaki uygunsuzluklar, SB'nda; İB'na göre % 4,0, DB'na göre % 6,0 daha yüksek etkiye sahiptir. Benzer şekilde SB'ndaki çatma kazalarında Emniyetsiz Denetim seviyesi altındaki uygunsuzlukların etkisi; İB'ndakinden % 12,1, DB'ndakinden % 13,1 daha yüksektir. Organizasyonel Etkilerin ve Emniyetsiz Denetimin çatma kazalarındaki etki büyüklüğünü SB>İB>DB olarak sıralayabilmek mümkündür. Emniyetsiz Eylemler, SB'nda; DB'na göre % 3,3, İB'na göre % 7,3 daha düşük etkiye sahiptir. Emniyetsiz Eylemlerin çatma kazalarındaki etki büyüklüğünün sıralaması İB>DB>SB şeklindedir. Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Ön Koşullar, SB'nda; DB'na göre % 3,3 daha düşük, İB'na göre % 3,3 daha yüksek etkiye sahiptir. Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Ön Koşulların çatma kazalarındaki etki büyüklüğü DB>SB>İB şeklinde sıralanabilir. SB'nda Operasyonel Koşullar; İB'na ve DB'na göre % 12,2 daha düşük etkiye sahiptir. Bu durumda Operasyonel Koşulların çatma kazalarındaki etki büyüklüğü sıralaması İB=DB>SB'dir.

İB'ndaki ve DB'ndakinden farklı olarak SB'nda karaya oturma kazaları için, Organizasyonel Etkiler (% 30,0), Operasyonel Koşullar (% 27,5), Emniyetsiz Eylemler (% 25,0), Emniyetsiz Denetim (% 15,0) ve Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Ön Koşullar (% 2,5) sırasıyla en etkili seviyelerdir (Şekil 25). Organizasyonel Etkiler altındaki uygunsuzluklar, SB'nda; İB'na göre % 8,9, DB'na göre % 7,6 daha yüksek etkiye sahiptir. Benzer şekilde SB'ndaki karaya oturma kazalarında Emniyetsiz Denetim seviyesi altındaki uygunsuzlukların etkisi; İB'ndakinden % 5,8, DB'ndakinden % 2,1 daha yüksektir. Organizasyonel Etkilerin ve Emniyetsiz Denetimin karaya oturma kazalarındaki etki büyüklüğünü SB>DB>İB olarak sıralayabilmek mümkündür. SB'nda Operasyonel Koşullar; İB'na göre % 1,2 daha düşük, DB'na göre % 11,4 daha yüksek etkiye sahiptir. Bu durumda Operasyonel Koşulların karaya oturma kazalarındaki etki büyüklüğü sıralaması İB>SB>DB'dir. Emniyetsiz Eylemler, SB'nda; İB'na göre % 1,0 daha yüksek, DB'na göre % 4,4 daha düşük etkiye sahiptir. Emniyetsiz Eylemlerin karaya oturma kazalarındaki etki büyüklüğünün sıralaması DB>SB>İB şeklindedir. Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Ön Koşullar, SB'nda; İB'ndakinden % 14,5, DB'ndakinden % 16,7 daha düşük etkiye sahiptir. Eylemleri Hazırlayan Ön Koşulların karaya oturma kazalarındaki etki büyüklüğü DB>İB>SB şeklinde sıralanabilir.

SB'nda batma kazaları için, Organizasyonel Etkiler (% 31,7), Emniyetsiz Eylemler (% 26,8), Emniyetsiz Denetim (% 14,7), Operasyonel Koşullar (% 14,6) ve Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Ön Koşullar (% 12,2) sırasıyla en etkili seviyelerdir (Şekil 25). Organizasyonel Etkiler altındaki uygunsuzluklar, SB'nda; İB'na göre % 10,9 daha yüksek, DB'na göre % 8,3 daha düşük etkiye sahiptir. Organizasyonel Etkilerin batma kazalarındaki etki büyüklüğünü DB>SB>İB olarak sıralayabilmek mümkündür. Batma kazalarında Emniyetsiz Eylemler, SB'nda; İB'na göre % 0,8, DB'na göre % 13,5 daha yüksek etkiye sahiptir. Benzer şekilde, Emniyetsiz Denetim seviyesi altındaki uygunsuzlukların etkisi; İB'ndakinden % 0,4, DB'ndakinden % 1,4 daha yüksektir. Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Ön Koşullar ise SB'nda; İB'ndakinden % 2,5, DB'ndakinden % 5,5 daha yüksek etkiye sahiptir. Bu bilgiler ışığında, Emniyetsiz Eylemler, Emniyetsiz Denetim ve Eylemleri Hazırlayan Ön Koşulların batma kazalarındaki etki büyüklüğü SB>İB>DB şeklinde sıralanabilir. SB'nda Operasyonel Koşullar; İB'na göre % 14,6, DB'na göre % 12,1 daha düşük etkiye sahiptir. Bu durumda Operasyonel Koşulların batma kazalarındaki etki büyüklüğü sıralaması İB>DB>SB'dir.



Şekil 25. HFACS-PV ana seviyelerinin Singapur Boğazı'nda meydana gelen kazalar üzerindeki etkinliği

HFACS-PV'nin ikinci seviye alt kategorileri incelendiğinde SB'nda meydana gelen çatışma kazaları için; Standart Altı Takım Üyeleri (% 19,9), İhlaller (% 18,4), Hatalar (% 17,3), Dış Koşullar (% 14,9) ve Kaynak Yönetimi (% 12,1) en etkili olanlardır (Tablo 40). Standart Altı Takım Üyeleri altındaki; Uygunsuz Yönetim Faaliyetleri (Gevşek BRM), Uygunsuz Zihinsel Durumlar (Durumsal farkındalık eksikliği), İletişim ve Koordinasyon Eksikliği (Gemi-Gemi, Gemi-GTH arası), Fiziksel ve Zihinsel Kısıtlamalar (Gece vardiyasında gözcülük) en sık rastlanan uygunsuzluklardır (Tablo 43). İhlaller kategorisi altında sırasıyla; Prosedür İhlalleri (Şirket Prosedürleri - Geminin konumunun rutin kontrolü), Kural İhlalleri (COLREG Kural 5, 8, 2, 10, 34) ve Yetki Suiistimalleri (VHF telsizinin sesinin kısılması) en sık görülen uygunsuzluklardır (Tablo 44). Hatalar altında yer alan uygunsuzluklar incelendiğinde en etkili olanlar; Beceri Temelli Hatalar (Köprüüstü takım üyelerinin elektronik seyir yardımcılarını (GPS, Ecdis, Radar, AIS vb.) etkin kullanamaması), Karar Temelli Hatalar (Köprüüstü takım üyelerinin yetersiz-hatalı-geç manevrası) ve Algısal Hatalardır (Hedef geminin niyetinin anlaşılabilmesi) (Tablo 44). Dış Operasyonel Koşullardan; Dar Kanal Yapısı (Özellikle merkez sektör içerisindeki), Yoğun Trafik ve Gece Operasyonları SB'nda çatışma kazaları için en elverişli olumsuzluklardır

(Tablo 45). Kaynak Yönetimi kategorisi altındaki; Eğitim ve Aşinalık Eksikliği (Bireysel Eğitim Aşinalık (BRM uygulamaları, COLREG kuralları ve uygulanması), Gemiye Eğitim Aşinalık (Elektronik seyir cihazları)) sık görülen uygunsuzluklardır (Tablo 41).

Veri setinde SB’nda meydana gelmiş tek çatma kazası yer almaktadır. SB’ndaki çatma kazasının oluşumunda en etkili ikinci seviye kategoriler; Standart Altı Takım Üyeleri (% 17,4), Kaynak Yönetimi (% 17,4), Yetersiz Denetim (% 17,4), Hatalar (% 13,0) ve Örgütsel Süreçlerdir (% 13,0) (Tablo 40). Standart Altı Takım Üyeleri altında; Uygunsuz Yönetim Faaliyetleri (Sefer öncesi brifing yetersizliği) ve Uygunsuz Zihinsel Durumlar (Durumsal farkındalık eksikliği) en etkili olanlardır (Tablo 43). Kaynak Yönetimi kategorisi altındaki; Eğitim ve Aşinalık Eksikliği (Bireysel Eğitim Aşinalık (BRM uygulamaları), Gemiye Eğitim Aşinalık (Elektronik seyir cihazları)) sık görülen uygunsuzluklardır (Tablo 41). Yetersiz Denetim kategorisinde; İç Denetim eksikliği (Sefer planı) ve yetersiz Planlı Bakım (Ana makine kontrol paneli) SB’ndaki çatma kazalarında etkilidir (Tablo 42). Hatalar kategorisi altında; Beceri Temelli Hatalar (Köprüüstü takım üyelerinin elektronik seyir yardımcılarını (GPS, Ecdis, Radar, AIS vb.) etkin kullanamaması, Rotanın takip edilememesi) ve Karar Temelli Hatalar (Uygunsuz demirleme manevrası) kazaları tetikleyen eylemlerdir (Tablo 44). Örgütsel Süreçler altındaki; emniyetsiz Operasyon Yönetimi (Demir manevrası), Gözden Geçirme ve Kontrollerin (Manevra öncesinde seyir ekipmanlarının kontrolü, Demirleme öncesi risk değerlendirmesi) eksik yapılması en etkili uygunsuzluklardır (Tablo 41). HFACS-PV analiz sonuçları, ana seviyeler ve alt kategorilerin etkileşimi açısından SB’nda meydana gelen çatışma ve çatma kazalarının kısmen benzer olduğunu göstermektedir. Farklı olarak çatışma kazalarında Operasyonel Koşullar, çatma kazalarına göre daha (+% 3,4) etkilidir. Operasyonel Koşulların etkisinin çatma kazalarında kısmen düşük olması yönüyle SB’ndaki kazalar diğer dar su yollarındaki (İB, DB) kazalardan ayrılmaktadır. SB’nda meydana gelen çatışma kazalarında İhlaller ve Hatalar temel tetikleyici uygunsuzluklar iken; çatma kazalarında Hatalar altındaki uygunsuzluklar temel etkenlerdir. Gizli kusurlar incelendiğinde, Standart Altı Takım Üyeleri ve Kaynak Yönetimi altındaki uygunsuzlukların çatışma ve çatma kazalarında ortak olduğu görülmektedir.

Karaya oturma kazalarının oluşumunda en etkili ikinci seviye kategoriler; Dış Koşullar (% 25,0), Hatalar (% 22,5), Kaynak Yönetimi (% 20,0) ve Uygunsuz Planlanmış Operasyonlardır (% 12,5) (Tablo 40). Dış Koşulların etkinliği bakımından SB’ndaki karaya oturmalar, İB ve DB’nda meydana gelen kazalara kısmen benzerdir. Dış Operasyonel Koşullardan; Gece Operasyonları, Dar Kanal Yapısı ve Sıgılıkların mevcudiyeti SB’ndaki

karaya oturma kazalarında etkilidir (Tablo 45). Hatalar kategorisi altındaki; Karar Temelli Hatalar (Kaptanın manevra hatası) ve Algısal hatalar (Karaya oturma riskinin tespit edilememesi) en etkili uygunsuzluklardır (Tablo 44). İB ve DB'ndan farklı olarak SB'nda Hatalar, karaya oturma kazalarının oluşumunda İhlallerden daha etkilidir. Kaynak Yönetimi kategorisi altındaki; Eğitim ve Aşinalık Eksikliği (Gemiye (Geminin manevra karakteristiği)) ve Uygunsuz Personel Atama (Yetkin olmayan personel (Kaptan, 1. Zabit, 2. Zabit, vb.)) sık görülen uygunsuzluklardır (Tablo 41). Seyir vardiyasında yetersiz gözcü ile vardiya planlaması, Uygunsuz Planlanmış Operasyonlar altındaki en etkili gizli kusurdur (Tablo 42). HFACS-PV analiz sonuçlarına göre, Operasyonel Koşullar seviyesi altındaki uygunsuzlukların etkinliği karaya oturma kazalarında çatışma kazalarına göre % 11,1, çatma kazalarına göre % 14,5 daha fazladır (Tablo 45, Şekil 25). Bu sonuç, Operasyonel Koşulların varlığında İB ve DB'nda olduğu gibi SB'nda da karaya oturma kazalarının görülme ihtimalinin arttırabileceğini göstermektedir.

SB'nda meydana gelmiş iki adet batma kazasına ait rapor HFACS-PV yapısıyla analiz edildiğinde, en etkili ikinci seviye kategoriler; Hatalar (% 17,1), Örgütsel Süreçler (% 14,6), Kaynak Yönetimi (% 12,2) ve Standart Altı Takım Üyeleri (% 12,2) olarak tespit edilmiştir (Tablo 40). İB ve DB'ndan farklı olarak, İç ve Dış Operasyonel Koşulların batma kazalarında en düşük etkiye sahip olduğu dar su yolu SB'dır. Bu durum SB'nın ekvatoryal kuşağa yakın olması ve buna bağlı olarak bölgede hava ve deniz durumunun İB ve DB'ndan daha uygun olmasıyla ilişkilidir. Operasyonel Koşullar dışında, SB'ndaki batma kazasının oluşum örgüsü en etkili alt seviyeler bakımından DB'nda meydana gelen batma kazalarıyla kısmen benzerlik göstermektedir. Hatalar kategorisindeki; Beceri Temelli Hatalar (Balast sisteminin hatalı kullanımı), Algısal Hatalar (Geminin su aldığıının geç tespit edilmesi) batma kazalarındaki tetikleyici uygunsuzluklardır (Tablo 45). Örgütsel Süreçler altındaki; Yasal Eksiklikler (Kaptan'ın gece-gündüz emirleri, operasyonel doktrinler, vb. talimatların eksik olması), Gözden Geçirme ve Kontrollerin (Sefer öncesi risk değerlendirmesi) eksik yapılması en etkili uygunsuzluklardır (Tablo 41). Kaynak Yönetimi kategorisi altında; Eğitim ve Aşinalık Eksikliği (Gemiye (Yükleme, tahliye, stabilite, laşing vb.)), Uygunsuz Personel Atama (Yetkin olmayan personel (Kaptan, 1. Zabit, 2. Zabit, vb.) kazanın oluşumunda etkili olmuştur (Tablo 41). Standart Altı Takım Üyeleri altında; Uygunsuz Zihinsel Durumlar (durumsal farkındalık eksikliği) ve iletişim ve koordinasyon eksikliği (köprüüstü takım üyeleri arası) en etkili olanlardır (Tablo 43).

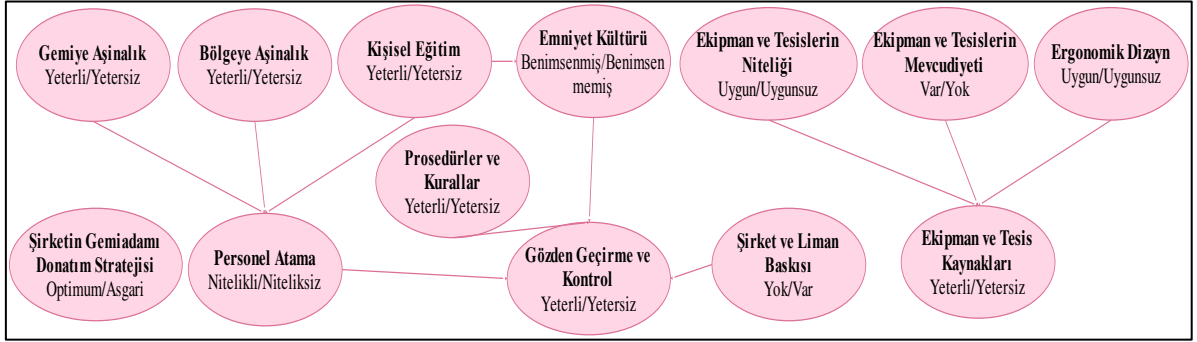
Yukarıda İB, DB ve SB’ndaki kazaların oluşumunda rol oynayan Operasyonel Koşullar ve HOF’lar detaylı şekilde sunulmuştur. İncelenen dar suyollarındaki kazaların HFACS-PV ile analiz edilmesi sonucunda elde edilen bulgular, kazaların oluşumunun kaza türüne ve dar suyoluna göre farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur. Diğer bir ifadeyle uygunsuzlukların, her dar suyolunda, her kaza türü için görülme frekansı, kazalardaki rolü ve etkinliği değişkendir. Ayrıca, İB, DB ve SB’nda kazalarda tamamlayıcı rol oynayan, Operasyonel Koşullar (GTH Sektörü, hava ve deniz koşulları vb.) da farklıdır. Bu nedenle çalışmanın amacı doğrultusunda geliştirilecek olan Kaza ağı her dar suyoluna ve kaza türüne özgü değişken olarak hazırlanmıştır. HFACS-PV yapısı (ana ve alt seviyeler hiyerarşisi) ve kazalardan tespit edilen uygunsuzluklar BN kullanılarak oluşturulan Kaza ağına temel teşkil etmiştir. Böylelikle kaza verilerinden elde edilen uygunsuzluklar göz önünde bulundurularak her dar suyolu (İB, DB, SB) için kazaların oluşumu gerçeğe en yakın şekilde modellenmiştir.

3.3. Dar Suyolları İçin HFACS-PV Temelinde Oluşturulmuş Kaza Ağları

Kazaları meydana getiren uygunsuzluklar her kaza türü için HFACS-PV yapısı altında sınıflandırıldıktan sonra her dar suyolu için kazaların oluşumu BN yaklaşımı ile modellenmiştir. Bayes ağında düğümler; HFACS-PV altında yer alan tüm uygunsuzlukları kapsayacak, açıkta uygunsuzluk bırakmayacak şekilde belirlenmiştir. Ağdaki ilişki okları; her bir kaza için yapılmış Bayes ağında kazaların oluş örgüsü temel alınarak düğümden düğüme, döngü yaratmayacak şekilde yerleştirilmiştir. Yapılan çalışmalar bölümünde anlatıldığı gibi, düğümlere ait olasılıklar; kök düğümler için, kaza verileri temel alınarak kazalardaki görülme frekansı/toplam kaza sayısı ile hesaplanmıştır. Çocuk düğümler için ise olasılıklar, Bulanık Sayılar olasılık yaklaşımıyla uzman görüşleri ile belirlenmiştir. Oluşturulan Kaza ağları, kazayı meydana getiren faktörler arasındaki ilişkiyi somut olarak ortaya koymakta (yönlü oklar, kenarlar yardımıyla) ve Bayes’in koşullu olasılık yaklaşımıyla analitik değerlendirmeler yapmayı mümkün kılmaktadır. Her dar suyolu için Kaza ağını sunmadan önce, ağın genel yapısı ve altında yer alan düğümler HFACS-PV seviyelerine göre aşağıda açıklanmıştır.

3.3.1. Organizasyonel Etkiler Seviyesi Altındaki Düğümler ve Kazalar ile İlişkisi

Organizasyonel Etkiler seviyesi altındaki uygunsuzluklar, üst düzey yönetsel faaliyetlerdeki başarısızlıkları kapsamaktadır. Örgütsel seviyedeki eksiklik ve aksaklıklar, Emniyetsiz Denetim seviyesindeki uygunsuzlukların ortaya çıkmasını doğrudan etkiler. Kazalarda kolaylıkla tespit edilemeyen derinlemesine analiz ve yorumlama gerektiren eksikliklerdir. BN yapısında Organizasyonel Etkiler seviyesi altında; Gemiye Aşinalık, Bölgeye Aşinalık, Kişisel Eğitim, Emniyet Kültürü, Ekipman ve Tesislerin Niteliği, Ekipman ve Tesislerin Mevcudiyeti, Ergonomik Dizayn, Şirketin Gemiadamı Donatım Stratejisi, Personel Atama, Prosedürler ve Kurallar, Gözden Geçirme ve Kontrol, Şirket ve Liman Baskısı, Ekipman ve Tesis Kaynakları düğümleri yer almaktadır (Şekil 26, Tablo 46). Her düğümün altındaki uygunsuzluklar ve diğer düğümlerle ilişkisi aşağıda sunulmuştur.



Şekil 26. Organizasyonel Etkiler seviyesi BN yapısı

Tablo 46. Organizasyonel Etkiler seviyesindeki düğümler, kısaltmaları ve ebeveynleri

Düğüm (Kısaltma)	Düğümün altındaki uygunsuzluklar	Olumsuz durum	Ebeveyn
Gemiye Aşinalık (GA)	Elektronik seyir cihazları (Ecdis, Radar, GPS, Otopilot, Gyro vb.), Geminin manevra karakteristiği, Dümen kontrol sistemi, Yük operasyonları (Yükleme, tahliye, stabilite, laşing vb.), Geminin pervane tipi, Makine personeli geminin makine dairesi ekipmanlarına	Yetersiz	Yok
Bölgeye Aşinalık (BA)	Kaptan seyir bölgesine aşına değil, Köprüüstü takım üyeleri seyir bölgesine aşına değil, Pilot seyir bölgesine aşına değil	Yetersiz	Yok

Tablo 46'nın devamı

Kişisel Eğitim (KE)	Demirleme manevrası, Köprüüstü kaynak yönetimi uygulamaları (Demirde, seyirde), Acil durum yönetimi (Demir tarama, acil durum eylemleri, dümen kilitlenmesi, makine arızası, güç kaybı vb.), COLREG kuralları ve uygulanması, Demir alma manevrası, Demirde ikmal (Gemiden - Gemiye)	Yetersiz	Yok
Personel Atama (PA)	Minimum emniyetli adam donatımı, Uygunsuz personel atama (Yetkin olmayan personel (Kaptan, 1. Zabit, 2. Zabit, vb.))	Niteliksiz	GA, BA, KE
Prosedürler ve Kurallar (PK)	Vardiya sistemi, Demir vardiyasının tutulması, Vardiya devir-teslimi, Kullanıcı manuelleri (Köprüüstü manevra konsolu), Seyir emniyeti (kısıtlı sular, cep telefonu kullanımı, vb.), Köprüüstü tanıtım ve aşinalık prosedürleri (Yeni katılışlarda), Acil durumlar için eylem talimatları Sefer planı hazırlama talimatları, Yorgunluk yönetimi, Kullanıcı manuelleri (Köprüüstü seyir cihazları), Manevra talimatları, Risk değerlendirme prosedürleri, Standardizasyon (Kaptan'ın gece/gündüz emirleri, operasyonel doktrinler, vb.), Sertifikasyon, Bayrak devletin gemiadamı donatım standartları, Planlı bakım ile ilgili kurallar	Yetersiz	Yok
Şirket ve Liman Baskısı (ŞLB)	Şirketin filo üzerindeki zaman baskısı, Limanın gemiler üzerindeki kalkış baskısı	Var	Yok
Gözden Geçirme ve Kontrol (GGK)	Demirleme öncesi risk değerlendirmesi, Dar kanal seyri öncesi risk değerlendirmesi, Demir alma manevrası öncesi risk değerlendirmesi, Sefer öncesi risk değerlendirmesi, Varış risk değerlendirmesi (Liman), Manevra öncesinde seyir ekipmanlarının kontrolünün yetersiz yapılması, Kalkış risk değerlendirmesi (Liman), Hava tahminlerinin göz ardı edilmesi (incelenmemesi), Seyir emniyet bültenin göz ardı edilmesi (incelenmemesi)	Yetersiz	PA, PK, ŞLB, EK
Şirketin Gemiadamı Donatım Stratejisi (ŞGDS)	Şirketin minimum adam donatma politikası, Gemiye ve sefer yoğunluğuna göre optimum adam donatılmaması	Asgari	Yok
Ergonomik Dizayn (ED)	Köprüüstü seyir ekipmanlarının yerleşimi - Ecdis, Radar, AIS, Derinlikölçer vb., Köprüüstü ergonomik dizayn (Kör sektör, genel, ses yalıtımı vb.)	Uygunsuz	Yok

Tablo 46'nın devamı

Ekipman ve Tesislerin Niteliği (ETN)	Limanda bulunan sabit veya yüzer seyir yardımcıları, Köprüüstü seyir cihazları (Ecdis, Radar, Derinlikölçer, Dümen kontrol sistemi vb.), Görsel ve sesli sistemler (Ekranlar ve ses aygıtları), Manevra ekipmanları (Yedekleme halatı, vb.)	Uygunsuz	Yok
Ekipman ve Tesislerin Mevcudiyeti (ETM)	Demirleme alanı kapasitesi (yetersiz), Pilotaj servisi, Köprüüstü yayınları (harita, kitap, vb.), Köprüüstü seyir ekipmanları (Ecdis, Radar, AIS, Derinlikölçer vb.), Gemi Trafik Hizmetleri ekipmanları, Limanda bulunan sabit veya yüzer seyir yardımcıları	Var	Yok
Ekipman ve Tesis Kaynakları (ETK)	Gemide veya limandaki ekipman ve tesislerin mevcudiyeti, niteliği ve dizayn ile ilgili uygunsuzluklar	Yetersiz	ETN, ETM, ED
Emniyet Kültürü (EK)	Gemi personelinin/Şirketin emniyet kültürü zayıf, Köprüüstü seyir ekipmanının etkin kullanımı için uygun ortamın olmaması, Düzensiz vardiya sistemi	Benimsenmemiş	Yok

Gemiye Aşinalık; gemi kullanıcılarının gemiye ve gemi ekipmanlarına aşinalık durumu ile ilişkili uygunsuzluğunu belirtir. Düğümün olumsuzluk ifadesi yetersiz, olumlu ifadesi yeterlidir. Kök düğümdür, bu nedenle ebeveyn düğümü yoktur.

Bölgeye Aşinalık; gemi kullanıcılarının sefer bölgesine aşinalık durumu ile ilişkili uygunsuzluğunu belirtir. Düğümün olumsuzluk ifadesi yetersiz, olumlu ifadesi yeterlidir. Kök düğümdür, bu nedenle ebeveyn düğümü yoktur.

Kişisel Eğitim; kişinin yeterliliğine sahip olabilmek için aldığı eğitimler ve oryantasyon sürecinde edindiği aşinalık durumu ile ilişkili uygunsuzluğunu belirtir. Düğümün olumsuzluk ifadesi yetersiz, olumlu ifadesi yeterlidir. Kök düğümdür, bu nedenle ebeveyn düğümü yoktur.

Personel Atama; gemiye ataması yapılan personelin nitelik standartlarındaki uygunsuzluğu belirtir. Personelin sahip olduğu rütbedeki deneyimsizliği, deniz tecrübesindeki yetersizliği, eğitim alt yapısındaki eksiklikler, kötü İngilizce seviyesi gibi özelliklerini ifade eder. Olumsuzluk ifadesi niteliksiz, olumlu ifadesi niteliklidir. Personel Atama düğümünü; Gemiye Aşinalık, Bölgeye Aşinalık ve Kişisel Eğitim düğümleri etkiler (Şekil 26). Diğer bir ifadeyle bir gemiye ataması yapılacak olan personelin nitelik standartlarını, o personelin eğitim ve aşinalık durumu belirler. Örneğin gemide kullanılan ekipmanlara aşina olmayan ya da yabancı dil seviyesi kötü bir vardiya zabitanın gemiye atanması yapılırsa, gemiye niteliksiz personel ataması yapılmış olur.

Prosedürler ve Kurallar; şirket prosedürlerinde, liman mevzuatlarında, ulusal ya da uluslararası mevzuatlarda yer alan eksiklikleri ifade eder. Olumsuzluk ifadesi eksik, olumlu ifadesi tamdır. Prosedür ya da mevzuat kaynaklı eksikliklerin yaşandığı bir firmanın gemilerinde emniyet değerlendirmesi ya da risk analizinde aksaklıklar yaşanması muhtemeldir. Örneğin varış öncesi kontrol listesi (liman) prosedüründe eksiklikler olan bir firmanın gemisinde yanaşma öncesi risk analizinin tam olarak yapılması beklenemez. Düğümün olumsuzluk ifadesi yetersiz, olumlu ifadesi yeterlidir. Kök düğümdür, bu nedenle ebeveyn düğümü yoktur.

Şirket ve Liman Baskısı; liman otoritesinin, acentenin ya da şirketin gemi üzerinde oluşturmuş olduğu zaman, hızlı ve sıkı operasyonlar gibi baskıları kapsar. Örneğin liman otoritesinin ya da acentenin kötü hava şartlarında gemiyi limandan kalkmaya teşvik etmesi bu baskıya örnek gösterilebilir. Bu baskı gemi kaptanının risk analizi ya da emniyet değerlendirmesini göz ardı etmesine sebebiyet verebilir. Olumsuzluk ifadesi var, olumlu ifadesi yoktur. Kök düğümdür, bu nedenle ebeveyn düğümü yoktur.

Gözden Geçirme ve Kontrol; iş öncesi yapılması gereken risk analizi ya da emniyet değerlendirmesindeki eksiklikleri içerir. Gözden Geçirme ve Kontrol düğümünü; Personel Atama, Prosedürler ve Kurallar, Şirket ve Liman Baskısı, Emniyet Kültürü düğümleri etkiler. Olumsuzluk ifadesi yetersiz, olumlu ifadesi yeterlidir. Düğümü etkileyen 4 ebeveyn düğüm bir gemi bünyesinde yürütülecek olan risk analizi ya da emniyet değerlendirmesinin uygunsuzluğuna sebep olabilecek faktörleri ifade eder.

Şirketin Gemiadamı Donatım Stratejisi: geminin çalıştığı bölge, gemi büyüklüğü, sefer yoğunluğu gibi etmenlerden kaynaklı olarak bazı durumlarda minimum adam donatma stratejisi benimsendiğinde gemideki iş yükü ağır olabilmektedir. Örneğin, yakın yol çalışan ve haftada iki-üç sefer yapan bir kabotaj geminin minimum adam donatımını benimsediğinde personelde oluşacak iş yükü ile aynı geminin uluslararası (seyir süresi uzun olan) ve ayda 1 sefer yaparken minimum adam donatımını benimsediğinde personelde oluşacak iş yükü farklıdır. Olumsuzluk ifadesi asgari, olumlu ifadesi optimumdur. Kök düğümdür, bu nedenle ebeveyn düğümü yoktur.

Ergonomik Dizayn; köprüüstü seyir cihazlarının konumu, cihazların köprüüstündeki yerleşimi, görüşü engelleyen köprüüstü ya da güverte tasarımı gemilerde yaşanan ergonomik tasarım kaynaklı uygunsuzluklardır. Olumsuzluk ifadesi uygunsuz, olumlu ifadesi uygundur. Kök düğümdür, bu nedenle ebeveyn düğümü yoktur.

Ekipman ve Tesislerin Niteliği; ekipman-tesislerin standartlara uygun olarak işlevlerini yerine getirememesi kaynaklı uygunsuzlukları içerir. Limanda bulunan sabit veya yüzer seyir yardımcılarının uygunsuzlukları, Köprüüstü seyir cihazları (Ecdis, Radar, Derinlikölçer, Dümen kontrol sistemi vb.) ile ilgili uygunsuzluklar, Görsel ve sesli sistemler (Ekranlar ve ses aygıtları) gibi ekipmanların uygunsuzlukları (arızalar hariç) vb. bunlara örnektir. Olumsuzluk ifadesi uygunsuz, olumlu ifadesi uygundur. Kök düğümdür, bu nedenle ebeveyn düğümü yoktur.

Ekipman ve Tesislerin Mevcudiyeti: eksik ekipman-tesis donatımı kaynaklı uygunsuzlukları içerir. Yoğun trafiğe sahip olmasına rağmen, gemi trafik istasyonu tesis edilmemiş bir kıyı bölgesi, kılavuzluk hizmeti verilmeyen bir dar kanal vb. bunlara örnektir. Olumsuzluk ifadesi var, olumlu ifadesi yoktur. Kök düğümdür, bu nedenle ebeveyn düğümü yoktur.

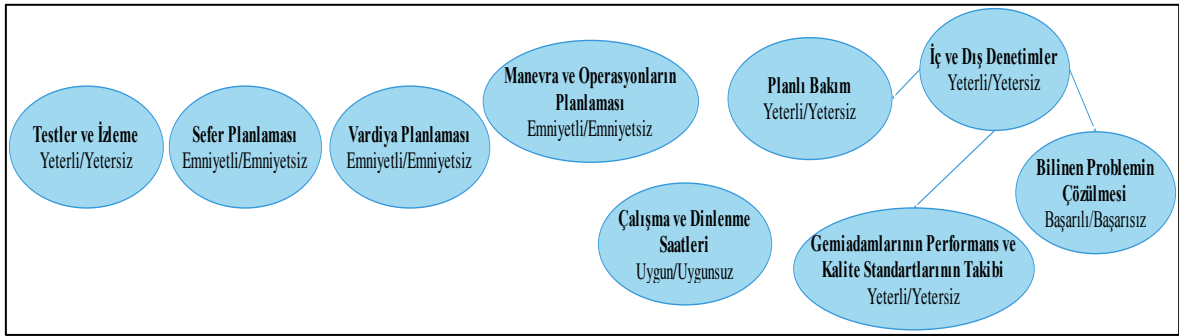
Ekipman ve Tesis Kaynakları; Ekipman ve Tesislerin Mevcudiyeti, Niteliği ve Ergonomik Dizayn uygunsuzluklarının bütününe ifade eder. Diğer bir deyişle Ekipman ve Tesis Kaynakları Yönetimiyle ilgili genel uygunsuzlukları kapsar. Bağımsız bir düğüm değildir. Bu düğüm ebeveyni olan Ekipman ve Tesislerin Niteliği, Mevcudiyeti ve Ergonomik Dizayn düğümlerinin aktarma düğümü niteliğindedir. Ebeveyn düğümlerdeki uygunsuzluklar mevcut ise Ekipman ve Tesis Kaynakları yönetimi düğümü de belli ölçüde uygunsuzdur. Olumsuzluk ifadesi yetersiz, olumlu ifadesi yeterlidir. Ekipman ve Tesis Kaynakları düğümünü; Ekipman ve Tesislerin Mevcudiyeti, Ekipman ve Tesislerin Niteliği ve Ergonomik Dizayn düğümleri etkiler.

Emniyet Kültürü; gemiyi işleten şirket, gemi personeli veya liman çalışanları gibi denizdeki tüm operasyonlarda görev alan bireylerin emniyete bakış açısını ifade eder. Diğer bir ifadeyle her bireyin emniyet gerekliliklerini yerine getirme kültürü ile ilgili eksikliklerini kapsar. Tüm endüstriler gibi denizcilik endüstrisinde de amaç tüm çalışanların emniyet bilincini bir kültür olarak benimsemesidir. Olumsuzluk ifadesi benimsenmemiş, olumlu ifadesi benimsenmiştir. Kişisel Eğitim düğümü, Emniyet Kültürü düğümünün ebeveyn düğümüdür.

3.3.2. Emniyetsiz Denetim Seviyesi Altındaki Düğümler ve Kazalar ile İlişkisi

Herhangi bir denetim otoritesinin rolü, çalışanlarına başarılı olma fırsatı sağlamaktır. Ne yazık ki, bu her zaman mümkün değildir. Başarılı bir organizasyonda bunu yapmak için

profesyonel rehberlik ve denetim mekanizması gerekli unsurlardır. Emniyetsiz Denetim seviyesi BN yapısında; Sefer Planlaması, Vardiya Planlaması, Çalışma ve Dinlenme Saatleri, Manevra ve Operasyon Planlaması, Planlı Bakım, Gemiadamlarının Performans ve Kalite Standartlarının Takibi, Testler ve İzleme, İç ve Dış Denetimler, Bilinen Problemin Çözülmesi düğümleri yer almaktadır (Şekil 27, Tablo 47). Her düğümün altındaki uygunsuzluklar ve diğer düğümlerle ilişkisi aşağıda sunulmuştur.



Şekil 27. Emniyetsiz Denetim seviyesi BN yapısı

Tablo 47. Emniyetsiz Denetim seviyesindeki düğümler, kısaltmaları ve ebeveynleri

Düğüm (Kısaltma)	Düğümün altındaki uygunsuzluklar	Olumsuz durum	Ebeveyn
Sefer Planlaması (SP)	Uygunsuz sefer planı, planın olmaması, Uygunsuz boğaz geçişi - Kılavuz almadan	Emniyetsiz	PA, PK, G GK, ETK
Vardiya Planlaması (VP)	Gözcülük - Seyir vardiyası/Kısıtlı görüş, Köprüüstü takımının seyir türüne uygun atanmaması	Emniyetsiz	ŞGDS, G GK
Çalışma ve Dinlenme Saatleri (ÇDS)	Uygunsuz çalışma ve dinlenme saatleri	Uygunsuz	ŞGDS, ŞLB
Manevra ve Operasyonların Planlaması (MOP)	Demirleme operasyonu, Demirden kalkış, Yanaşma manevrası, Demirde ikmal, Yetersiz pilot, römorkör veya GTH desteği, Römorkörsüz manevra, Limandan kalkış manevrası, Balast operasyonu, Yedekleme operasyonu	Emniyetsiz	ETK, PA, G GK
Planlı Bakım (PB)	Ana makine, ana makine kontrol paneli, Köprüüstü seyir cihazları (Ecdis, Radar, Derinlikölçer, Dümen kontrol sistemi vb.)	Yetersiz	G GK, PA, ETK, İDD
Gemiadamlarının Performans ve Kalite Standartlarının Takibi (GPKST)	Seyir zabitanın vardiyadaki yetkinliğinin takip edilmemesi, Köprüüstü takım üyelerinin vardiyadaki yetkinliğinin takip edilmemesi	Yetersiz	PA, G GK, İDD

Tablo 47'nin devamı

Testler ve İzleme (Tİ)	Köprüüstü seyir cihazları (Ecdis, Radar, Derinlikölçer, Dümen kontrol sistemi vb.), Ana makine kontrol paneli, Köprüüstü alarm paneli, Makine alarm paneli	Yetersiz	PA, PK, GGK
Bilinen Problemin Çözülmesi (BPÇ)	Haritada görünmeyen sığlık, Değişen şamandıralama sisteminin haritada görünmemesi, Seyir bölgesinde yanmayan fener-şamandıra, Limanda derinlik markalarının hatalı olması, Arızalara hatalı müdahale	Başarısız	ETK, İDD
İç ve Dış Denetimler (İDD)	İç denetim eksikliği - Sefer planı, Dış denetim eksikliği - Şirket denetimleri, Dış denetim eksikliği - Liman/bayrak devleti denetimleri vb.	Yetersiz	PA, GGK

Sefer Planlaması; bir geminin yapacağı seyrin bir plan dâhilinde yürütülmesine olanak sağlayan sefer öncesi yapılan planlamadır. Kurallara uygun şekilde hazırlanan sefer planı geminin emniyetli seyrine olanak sağlar. Bu düğüm sefer planının kurallara ve talimatlara uygun-emniyetli şekilde hazırlanmış olup olmamasını ifade eder. Olumsuzluk ifadesi emniyetsiz, olumlu ifadesi emniyetlidir. Sefer Planlaması düğümü etkileyen düğümler; Personel Atama, Prosedür ve Kurallar, Gözden Geçirme ve Kontrol, Ekipman ve Tesis Kaynaklarıdır. Gemiye niteliksiz bir personel atanması (kaptan, vardiya zabiti), uygunsuz ekipman ve tesis kaynakları donatımı (onaysız Ecdis cihazı, BNWAS cihazı donatılmamış bir gemi vb.) ya da prosedür ve mevzuat kaynaklı eksiklikler (seyir emniyeti prosedürü, demirleme prosedürü vb.) sefer planının uygunsuz olarak hazırlanmasında rol oynayabilir.

Vardiya Planlaması; kısıtlı ve trafiği yoğun sularda köprüüstünde yetersiz sayıda adam bulundurma, eksik gözcü ile vardiya planlaması gibi durumlar bu uygunsuzluğa örnek olarak gösterilebilir. Olumsuzluk ifadesi emniyetsiz, olumlu ifadesi emniyetlidir. Vardiya Planlamasını etkileyen düğümler; Şirketin Gemiadamı Donatım Stratejisi, Gözden Geçirme ve Kontroldür. Firmaların gemilerini minimum adam ile donatma politikası ya da gemi kaptanlarının kısıtlı sularda kaza riskini göz ardı etmesi (risk analizi eksikliği) uygunsuz vardiya planlamasına yol açabilir.

Çalışma ve Dinlenme Saatleri; uygunsuz çalışma ve dinlenme saatlerini ifade eder. Olumsuzluk ifadesi uygunsuz, olumlu ifadesi uygundur. Şirketlerin gemilerini minimum adam ile donatma politikaları ve firmaların, kiracı otoritelerin ya da denetim mekanizmalarının gemi üzerinde kurduğu baskı gemiadamlarının çalışma ve dinlenme

saatlerini olumsuz yönde etkiler. Çalışma ve Dinlenme Saatleri düğümünün ebeveynleri; Şirketin Gemiadamı Donatım Stratejisi, Şirket ve Liman Baskısı düğümleridir.

Manevra ve Operasyon Planlaması; gemi kaptanının bireysel tercihi olarak ya da firmanın baskısıyla daha az maliyet için yetersiz sayıda römorkörle yaşama-kalkış yapılması, gemi kaptanının pilotaj muafiyet sertifikasına sahip olmasından dolayı trafiği yoğun ve tehlikeli su yolunda gemiye kılavuz kaptan almaması gibi uygunsuzluklar bu düğüm altındaki uygunsuzluklara örnektir. Manevra ve Operasyon Planlaması düğümünün olumsuzluk ifadesi emniyetsiz, olumlu ifadesi emniyetlidir. Manevra ve Operasyon Planlamasını; Ekipman ve Tesis Kaynakları, Personel Atama, Gözden Geçirme ve Kontrol düğümleri etkiler. Ekipman ve tesis kaynakları yetersiz bir gemide, niteliksiz gemiadamı (kaptan) donatımı yapılmış ve gözden geçirme kaynaklı eksiklikler mevcutsa o gemide emniyetli manevra ve operasyon planlamasından söz edilemez.

Planlı Bakım; gemi cihazlarının, ekipmanlarının ve donanımlarının bakım ve tutum işlemlerinde yapılan aksaklıkları ifade eder. Olumsuzluk ifadesi yetersiz, olumlu ifadesi yeterlidir. Planlı Bakım düğümünü; Gözden Geçirme ve Kontrol, Personel Atama, Ekipman ve Tesis Kaynakları, İç ve Dış Denetimler düğümleri etkiler. Yetersiz gözden geçirme, niteliksiz personel (2.kaptan, başmühendis vb.) atama, yetersiz ekipman, yetersiz iç ve dış denetim planlı bakımın aksamasına sebep olabilmektedir.

Gemiadamlarının Performans ve Kalite Standartlarının Takibi; gemi kaptanının önemli rollerden biri de personelinin nitelik ve performansını takip etmektir. Bu düğüm altındaki uygunsuzluklar bu görevin tam olarak yerine getirilememesine yol açar. Bu düğümün olumsuzluk ifadesi yetersiz, olumlu ifadesi yeterlidir. Personel Atama, Gözden Geçirme ve Kontrol, İç ve Dış Denetimler bu düğümü etkileyen ebeveyn düğümlerdir.

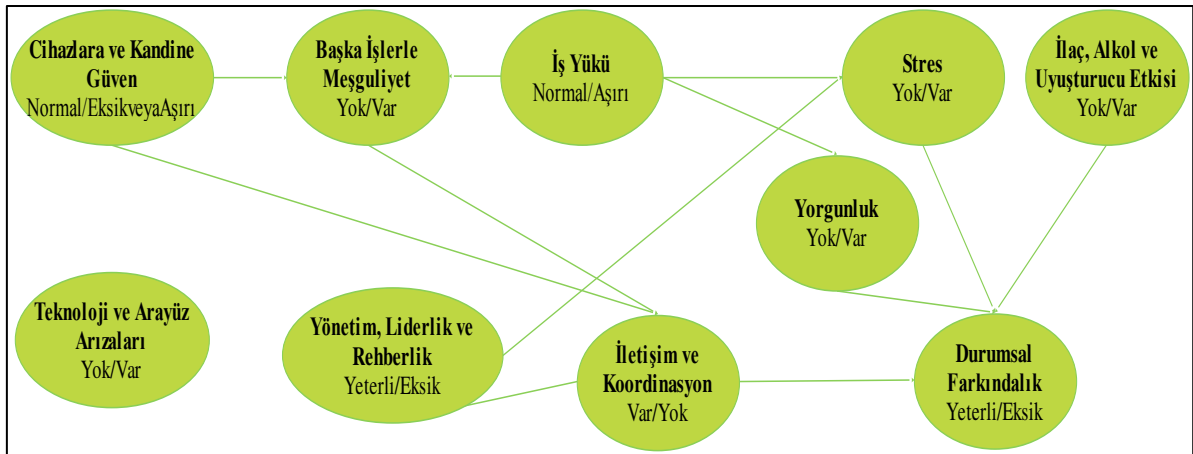
Testler ve İzleme; gemi ekipman, donanım ve cihazlarının test ve denetimleri ile ilişkili uygunsuzlukları kapsar. Olumsuzluk ifadesi yetersiz, olumlu ifadesi yeterlidir. Niteliksiz personel atama, prosedür ve kurallarda yer alan boşluklar, gözden geçirme ve kontrol mekanizmasının çalışmaması, test ve kontrollerin yetersiz yapılmasına sebep olabilmektedir.

Bilinen Problemi Çözme: haritalandırılmayan sığlık, ışıklandırması çalışmayan şamandıralama sistemi, sönmük fener gibi uygunsuzluklar problemlerin başarısız çözülmesine örnektir. Olumsuzluk ifadesi başarısız, olumlu ifadesi başarılıdır. Ekipman ve Tesis Kaynaklarındaki eksiklikler, İç ve Dış Denetimlerdeki yetersizlikler bu düğümün oluşmasına zemin hazırlayan ebeveyn düğümlerdir.

İç ve Dış Denetimler; rutin yapılması gereken liman ve bayrak devleti denetimleri, şirket denetimleri, sefer planının denetlenmesi gibi süreçlerdeki uygunsuzlukları kapsar. Olumsuzluk ifadesi yetersiz, olumlu ifadesi yeterlidir. Personel atamadaki uygunsuzluklar, gözden geçirme ve kontrol mekanizmasındaki eksiklikler bu düğümün oluşmasına zemin hazırlamaktadır.

3.3.3. Emniyetsiz Eylemi Hazırlayan Ön Koşullar Seviyesi Altındaki Düğümler ve Kazalar ile İlişkisi

Emniyetsiz eylemlerin oluşumuna zemin hazırlarlar. Bu çatının kaza oluşumunda önemli olduğu Shappell ve Wiegmann başta olmak üzere birçok araştırmacı tarafından vurgulanmıştır (Shappel ve Wiegmann, 2000; Wiegmann ve Shappell, 1997; Chauvin vd., 2013; Schröder-Hinrichs vd., 2012). Emniyetsiz Eylemi Hazırlayan Ön Koşullar seviyesi BN yapısında; Cihazlara ve Kendine Güven, Durumsal Farkındalık, Yorgunluk, Stres, Başka İşle Meşguliyet, İş Yükü, İlaç, Alkol ve Uyuşturucu Etkisi, Yönetim, Liderlik ve Rehberlik, İletişim ve Koordinasyon, Teknoloji ve Arayüz Arızaları düğümleri yer almaktadır (Şekil 28, Tablo 48). Her düğümün altındaki uygunsuzluklar ve diğer düğümlerle ilişkisi aşağıda sunulmuştur.



Şekil 28. Emniyetsiz Eylemi Hazırlayan Ön Koşullar seviyesi BN yapısı

Tablo 48. Emniyetsiz Eylemi Hazırlayan Ön Koşullar seviyesindeki düğümler, kısaltmaları ve ebeveynleri

Düğüm (Kısaltma)	Düğümün altındaki uygunsuzluklar	Olumsuz durum	Ebeveyn
Cihazlara ve Kendine Güven (CKG)	Aşırı güven - Köprüüstü takım üyeleri, Kaptan, Seyir zabiti, Özgüven eksikliği - Kaptan, Seyir zabiti, Elektronik seyir ekipmanına Aşırı güven - Köprüüstü seyir cihazları	Eksik/Aşırı	SP, GPKST, MOP
Durumsal Farkındalık (DF)	Dikkat eksikliği, Durumsal farkındalık eksikliği - Köprüüstü takım üyeleri, Durumsal farkındalık eksikliği - Makine dairesi takım üyeleri, Durumsal farkındalık eksikliği - GTH operatörü, Gece vardiyasında gözcülük	Eksik	Y, S, İAUE, İK
Yorgunluk (Y)	Fiziksel yorgunluk - Kaptan, Seyir zabiti, Pilot, Uykusuzluk - Köprüüstü takım üyeleri	Var	İY, ÇDS
Stres (S)	Stres altında çalışmak	Var	İY, YLR
Başka İşlerle Meşguliyet (BİM)	Seyir zabitinin cep telefonu, dizüstü bilgisayar vb. ile meşguliyeti	Var	İY, CKG, GPKST
İş Yüğü (İY)	Aşırı iş yüğü - Kaptan, Seyir zabiti, Pilot, Aşırı iş yüğü - GTH operatörü	Aşırı	VP, MOP, ÇDS, İY
İlaç Alkol ve Uyuşturucu Etkisi (İAUE)	Geminin ilaç/uyuşturucu etkisi altında idare edilmesi - Kaptan, Seyir zabiti, Geminin alkol etkisi altında idare edilmesi - Kaptan, Seyir zabiti, Tıbbi hastalık	Var	GPKST, İDD
Yönetim, Liderlik ve Rehberlik (YLR)	Gevşek köprüüstü kaynak yönetimi, Acil durumun yönetiminde başarısızlık - Ana makine/dümen arızası, Güç kaybı, Kaptanın otorite eksikliği, Yönlendirme hatası - Gemi trafik hizmetleri (GTH), Pilot/Kaptanın yönetim yetersizliği, Sefer öncesi briefing yetersizliği	Eksik	SP, İK, GPKST, BPC
İletişim ve Koordinasyon (İK)	Gemi - GTH, Kaptan - Pilot, Gemi - Gemi, Köprüüstü - Makine dairesi, Köprüüstü takım üyeleri arası, Kaptan - Seyir zabiti, Seyir zabiti - Gözcü, Pilot - Römorkör	Yok	CKG, BİM
Teknoloji ve Arayüz Arızaları (TAA)	Köprüüstü elektronik seyir cihazları (Ecdis, Radar, AIS vb.), VHF telsiz, Navtex, Koordinat sistemi (GPS, Ecdis vb.), Seyir cihazlarının birbiri ile bağlantı sorunları (GPS, Ecdis, Radar vb.), Hatalı veri (GPS, Ecdis, Radar vb.)	Var	Tİ

Cihazlara ve Kendine Güven; gemiadamının içerisinde bulunduğu zihinsel durumdur. İstenen durumda, optimum düzeyde kişinin kendine güvenmesi ve inanması gerekmektedir. Özgüven eksikliği durumu kişinin kendisini ve cihazları yetersiz görmesiyle, aşırı özgüven ise kişinin kendisine ve cihazlara gereğinden fazla güvenmesidir. Özgüven eksikliği ya da aşırı özgüven halinde, kişide durumsal farkındalık kaybı, dikkat bozukluğu gibi olumsuzluklar görülür ve performansı negatif etkilenir. Bu düğümün olumsuzluk ifadesi eksik veya aşırı, olumlu ifadesi ise normaldir. Sefer Planlaması, Gemiadamlarının Performans ve Kalite Standartlarının Takibi, Manevra ve Operasyonların Planlaması bu düğümün oluşmasına zemin hazırlayan ebeveyn düğümlerdir.

Durumsal Farkındalık; durumsal farkındalık eksikliği, kişinin etrafındaki olayların, tehlikeli durumların ve potansiyel tehditlerin farkında olmaması durumudur. Olumsuzluk ifadesi eksik, olumlu ifadesi yeterlidir. Durumsal farkındalık; yorgunluk, stres, alkol ve uyuşturucu etkisinde olma, yetersiz iletişim ve koordinasyon olumsuz yönde etkiler.

Yorgunluk; gemiadamlarının gemilerde maruz kaldığı önemli uygunsuzluklardan birisidir. Birçok araştırmacı tarafından yorgunluğun gemi kazalarında etken faktör olduğuna vurgu yapılmaktadır (Allen vd., 2008; Bal vd., 2015; Jepsen vd., 2017; Kim ve Jang, 2018). Yorgunluk düğümünün olumsuzluk ifadesi var, olumlu ifadesi yoktur. Yorgunluğun oluşumunu etkileyen iki ebeveyn düğümü vardır; bunlar İş Yüğü ve gemi adamlarının uygunsuz Çalışma ve Dinlenme Saatleridir.

Stres; gemiadamlarının mesleği icra ederken karşı karşıya kaldığı zorlu ya da rahatsız edici bir durum karşısında hissettiği duygusal ve fiziksel gerilimlerdir. Stres düğümünün olumsuzluk ifadesi var, olumlu ifadesi yoktur. İş Yüğü düğümü, Yönetim, Liderlik ve Rehberlik düğümü Stresin oluşumunu etkileyen ebeveyn düğümlerdir.

Başka İşle Meşguliyet; vardiya esnasında vardiya harici işler yapılmasını ifade eder. Örneğin; cep telefonu ile meşguliyet, müzik dinleme, gelen gemi mesajları ile meşguliyet, liman evrakları hazırlama bu düğümün içerdiği uygunsuzluklardır. Olumsuzluk ifadesi var, olumlu ifadesi yoktur. Başka işle meşguliyete; aşırı iş yüğü, cihazlara ve kendine aşırı güven, gemiadamlarının performans ve kalite standartlarının amirleri tarafından takip edilmemesi sebep olabilmektedir.

İş Yüğü; günümüz deniz taşımacılığında firmaların gemilerine minimum adam donatma politikaları ve gemiler üzerinde oluşturmuş olduğu baskı; manevra operasyon planlamalarını, çalışma ve dinlenme saatlerini ve vardiya planlamalarını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu olumsuz durumlar gemiadamlarının üzerindeki iş yükünü artırmakta ve

performanslarını olumsuz etkilemektedir. Örneğin her hangi bir liman ya da dar kanal için pilotaj muafiyet sertifikasına sahip bir kaptan, kılavuz kaptanın iş yükünü de üstlenecek (manevra ve operasyon planlaması-kılavuz kaptansız seyir) ve bu durum gemi kaptanının üzerinde ki iş yükünü artacaktır. İş Yüğü düğümünün olumsuzluk ifadesi aşırı, olumlu ifadesi normaldir. Vardiya Planlaması, Manevra ve Operasyonların Planlaması, Çalışma ve Dinlenme Saatleri, İş Yüğü düğümünün ebeveynleridir.

İlaç, Alkol ve Uyuşturucu Etkisi; gemiadamlarının vardiyaya alkol ya da uyuşturucu etkisinde çıkmalarını ifade eder. Olumsuzluk ifadesi var, olumlu ifadesi yoktur. Gemiadamlarının Performans ve Kalite Standartlarının Takip edilmemesi, yetersiz İç ve Dış Denetimler; İlaç, Alkol ve Uyuşturucu Etkisi kaynaklı uygunsuzlukların gözden kaçmasına yol açabilen ebeveyn düğümlerdir.

Yönetim, Liderlik ve Rehberlik; otorite eksikliği, acil durumların yönetimindeki başarısızlık, takım yönetimini kaybetme, kıyı istasyonlarının, GHT'nin yönlendirme eksiklikleri gibi yönetsel uygunsuzlukları kapsamaktadır. Olumsuzluk ifadesi eksik, olumlu ifadesi yeterlidir. Yönetim, Liderlik ve Rehberlik kaynaklı uygunsuzluklara; Sefer Planlaması, İletişim ve Koordinasyon, Gemiadamlarının Performans ve Kalite Standartlarının Takibi, Bilinen Problemin Çözümündeki başarısızlık düğümleri zemin hazırlar.

İletişim ve Koordinasyon Eksikliği; iç-dış iletişim eksikliğini ifade eder. Gemi-Gemi, gemi içi iletişim, Gemi-GTH, Köprüüstü-Makine dairesi, Gemi-Sahil iletişim eksikliği gibi uygunsuzlukları içerir. Yabancı dil eksikliği kaynaklı ortaya çıkabileceği gibi aşırı özgüven ve başka işlerle meşguliyet sonucu da ortaya çıkabilir. Olumsuzluk ifadesi yok, olumlu ifadesi vardır. İletişim eksikliğinin ebeveyn düğümleri; Cihazlara ve Kendine Güven, Başka İşlerle Meşguliyettir.

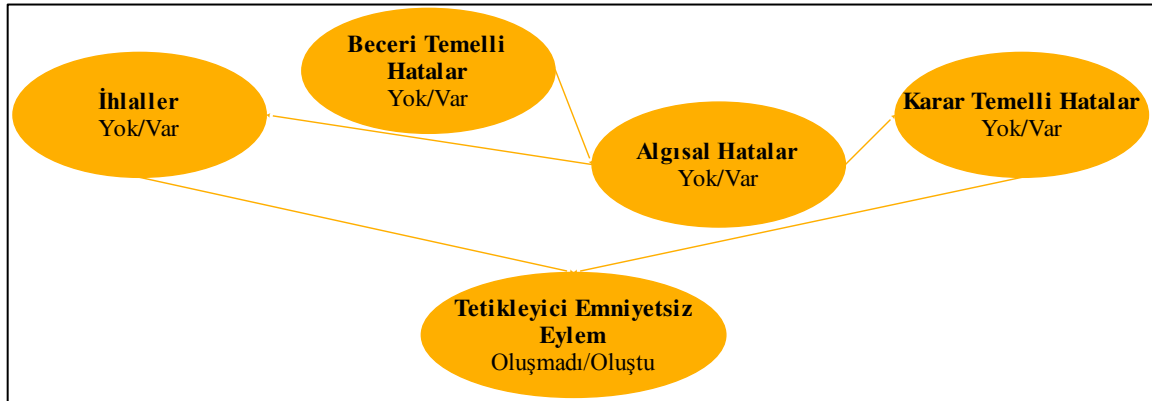
Teknoloji ve Arayüz Arızaları; teknolojik cihazların barındırdığı arızalar ve uygunsuzlukları içerir. Gemi kullanıcıların emniyetsiz eylemi ile sonuçlanan cihazlarla ilişkili arızaları içerir. Olumsuzluk ifadesi var, olumlu ifadesi yoktur. Teknoloji ve Arayüz Arızaları düğümünü, Testler ve İzleme düğümü etkilemektedir.

3.3.4. Emniyetsiz Eylemler Seviyesi Altındaki Düğümler ve Kazalar ile İlişkisi

Köprüüstü ve makine dairesi takım üyelerinin yaptıkları kaza ile sonuçlanan aktif kusurlardır. Önceki üç seviyedeki (Organizasyonel Etkiler, Emniyetsiz Denetim, Emniyetsiz

Eylemleri Hazırlayan Ön Koşullar) gizli kusurların bir düzen içinde bir araya gelmesi sonucu oluşurlar. Direkt olarak kazaya neden olabilecekleri gibi kendi içerisinde faktörlerin birbirini etkilemesi sonucunda da kazayı meydana getirebilirler. Takım üyeleri tarafından yapılan uygunsuz ve hatalı davranışları kapsar. Kaza oluşumunda net olarak gözlemlenebildikleri için çoğu kurum ve kuruluş tarafından yayınlanan deniz kaza raporları Emniyetsiz Eylemler hakkında çok detaylı bilgi içerir.

Emniyetsiz Eylemler seviyesi BN yapısında; Beceri Temelli Hatalar, Algısal Hatalar, Karar Temelli Hatalar, İhlaller ve Tetikleyici Emniyetsiz Eylem düğümleri yer almaktadır (Şekil 29, Tablo 49). Beceri Temelli Hatalar; bireylerin bilişsel, duygusal ve psikomotor becerilerinin yetersizliği nedeniyle yaptığı hataları kapsamaktadır. Beceri Temelli Hatalar direk olarak kazaya yol açabilseler de genellikle algı hatalarının oluşumuna zemin hazırlarlar. Olumsuzluk ifadesi var, olumlu ifadesi yoktur. Durumsal Farkındalık eksikliği, uygunsuz Yönetim, Liderlik ve Rehberlik faaliyetleri Beceri Temelli Hataların oluşumunu etkileyen ebeveyn düğümlerdir.



Şekil 29. Emniyetsiz Eylemler seviyesi BN yapısı

Tablo 49. Emniyetsiz Eylemler seviyesindeki düğümler, kısaltmaları ve ebeveynleri

Düğüm (Kısaltma)	Düğümün altındaki uygunsuzluklar	Olumsuz durum	Ebeveyn
Beceri Temelli Hatalar (BTH)	Köprüüstü takım üyelerinin elektronik seyir yardımcılarını etkin kullanamaması (GPS, Ecdis, Radar, AIS vb.), Yetersiz laşing, Hatalı yükleme ve stabilite hesabı, Makine kontrol panelinin etkin kullanılamaması (Kaptan), Rotayı takip edememe,	Var	DF, YLR

Tablo 49'un devamı

Beceri Temelli Hatalar (BTH)	Köprüüstü takım üyelerinin manevra konsolunu etkin, kullanamaması (Ana makine, baş iter, pervane, dümen kontrol sistemi vb.), Gemi pervanelerinin senkronize modda kullanılamaması (Kaptan), Dümen modlarının etkin kullanılamaması (Takipli, takipsiz) (Vardiya zabiti), Köprüüstü takım üyelerinin hatalı gel-git hesabı, Balast sisteminin hatalı kullanımı	Var	DF, YLR
Algısal Hatalar (AH)	Çatışma riskinin tespit edilememesi, İşitsel gözcülük -VHF, Karaya oturma riskinin tespit edilememesi, Geminin su aldığıın geç tespit edilmesi (Batma riski), Derinlik verilerinin yanlış yorumlanması (Sıgılığın farkında olmama), Hedef geminin niyetinin anlaşılamaması, Rüzgâr ve akıntının etkilerinin anlaşılamaması, Seyir verilerinin yanlış yorumlanması (Ecdis, AIS, GPS, Radar vb.), Sorunun fark edilememesi/geç fark edilmesi (Ecdis, AIS, GPS, Radar vb.), Pozisyon (Ecdis, AIS, GPS, Radar vb.), Mesafe ölçümü - Gemiler arası mesafe, Rota ve dümen açısı - Dümen kontrol sistemi, Seyir uyarıları-Navtex	Var	BTH, TAA, DF, İK
Karar Temelli Hatalar (KTH)	Uygunsuz demirleme manevrası (Demir atma), Uygunsuz demir yeri seçimi (Demir tarama) Hatalı manevra - Kaptan, Pilot, Zabit Uygunsuz demirden kalkış manevrası (Demir alma), Yetersiz manevra (Dümen açısı, hız kesme, hız arttırma, vb.), Geç manevra - Kaptan, Pilot, Zabit Geminin tasarım limitlerini aşan bir durumda kullanılması, Uygunsuz rota seçimi, Yük kayması veya uygunsuz stabilite, Planlanan rotadan sapma, Kötü hava ve deniz koşullarında limandan kalkış, Kaptanın pilot tavsiyelerini göz ardı etmesi	Var	AH, DF, YLR
İhlaller (İ)	COLREG Kuralları Seyir ve demir vardiyası (STCW), Yerel mevzuat (Geçiş tüzüğü ve kodlar), Vardiya devir teslimi (STCW), Çalışma ve dinlenme saatleri (ILO), Şirket prosedürleri - Geminin konumunun rutin kontrolleri, Şirket prosedürleri - Geminin emniyetli demirlenmesi (SMS), Şirket prosedürleri - Emniyetli dar su yolu geçişi (SMS), Şirket prosedürleri - Ağır deniz koşullarında demirin alınması, Şirket politikası - Alkol, Kaptanın daimi emirleri, Kullanılmayan cihaz (Ecdis, AIS, Radar, BNWAS, Derinlikölçer vb.), Sesini kısma - VHF telsiz, Yanlış/eksik bilgi - GTH, Pilot Alarmin kapatılması - Ecdis, Derinlikölçer, Radar, Dümen kontrol GTH'ın uyarısının görmezden gelinmesi, Gösteri amaçlı emniyetli rotadan sapma	Var	AH, YLR
Tetikleyici Emniyetsiz Eylem (TEE)	Bireyler tarafından yapılan karar hataları, algı hataları, beceri hataları ve ihlaller	Var	KTH, İ

Algı Temelli Hatalar; çoğunlukla beceri hataları sonucunda ortaya çıkarlar ve bireylerin algı bozukluğuna bağlı olarak hatalı karar vermesiyle sonuçlanırlar. Diğer taraftan Teknoloji ve Arayüz Arızaları, Durumsal Farkındalık eksikliği ve İletişim ve Koordinasyon eksikliği de Algı Hatalarına sebebiyet verebilir. Olumsuz ifadesi var, olumlu ifadesi ise yoktur.

Karar Temelli Hatalar; karar hatası emniyetsiz eylemin kaza ile sonuçlanan yüzüdür ve uygun çevresel koşullarla birleşirse kaza oluşumu kaçınılmaz hal almaktadır. Mevcut bir olumsuz durum karşısında yanlış hareket edilmesi veya zamanında doğru hareket tarzının uygulanmaması en temel karar hatalarıdır. Karar hataları beceri ve algı hatalarına göre çok daha karmaşık bir yapıya sahiptir. Olumsuz ifadesi var, olumlu ifadesi ise yoktur. Karar Temelli Hataları oluşumunu etkileyen ebeveyn düğümler; Algısal Hatalar, Durumsal Farkındalık eksikliği, uygunsuz Yönetim, Liderlik ve Rehberlik faaliyetleridir.

İhlaller; emniyetli operasyonları sağlamak için konulan kural, prosedür ve talimatları bireylerin takip etmemesi veya edememesi sonucu oluşan uygunsuzlukları kapsar. Genellikle çatma, çatışma ve karaya oturma kazaların oluşumunda en etkili düğümlerden biridir. Olumsuz ifadesi var, olumlu ifadesi ise yoktur. İhlallerin oluşumunu etkileyen ebeveyn düğümler; Algısal Hatalar, Yönetim, Liderlik ve Rehberliktir.

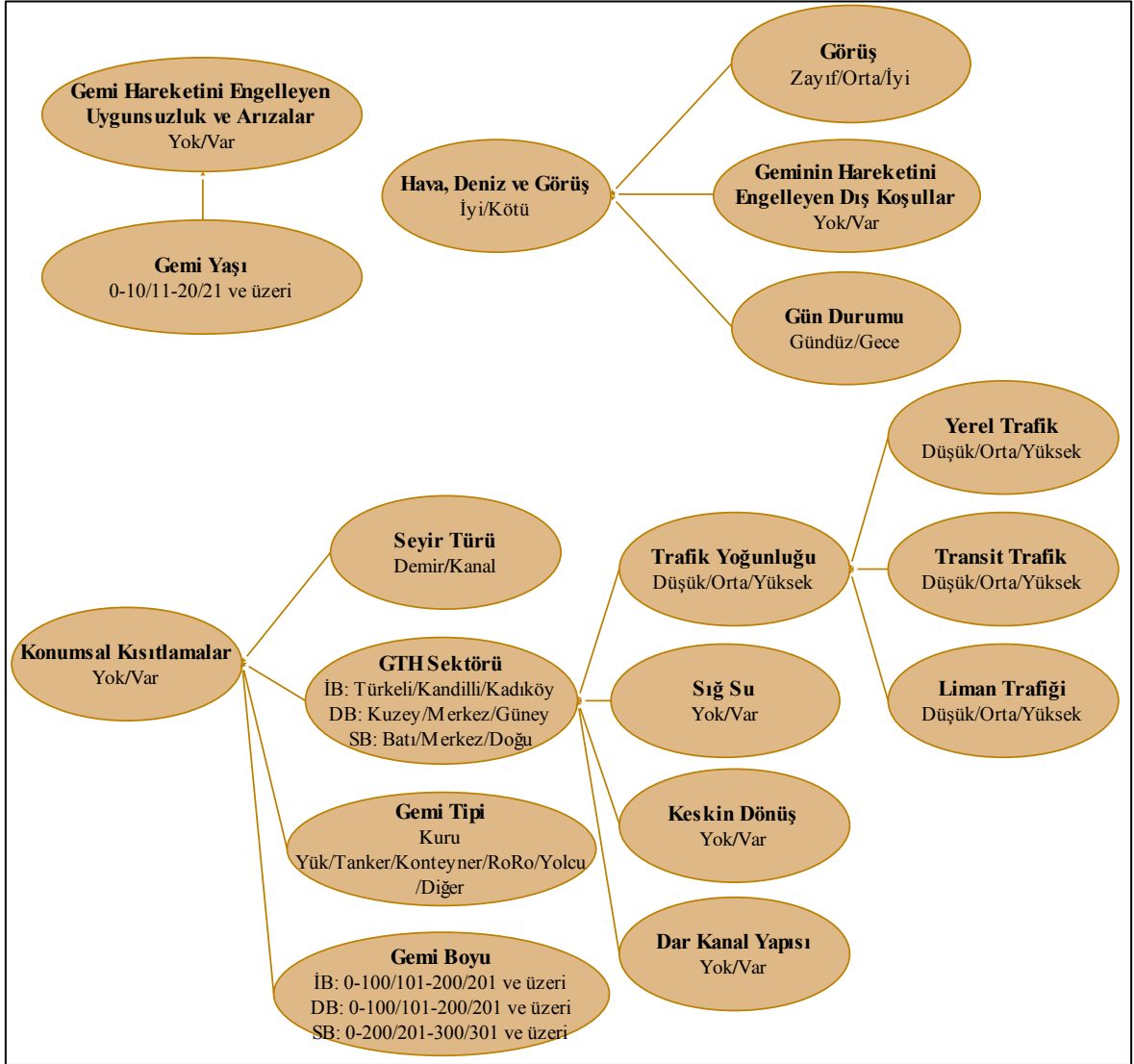
Tetikleyici Emniyetsiz Eylem; bu düğüm bir aktarma düğümü olarak ağa yerleştirilmiştir. Bu düğüm altında herhangi bir HFACS-PV uygunsuzluğu bulunmamaktadır. Direk olarak kazalara yol açan düğümlerin (Karar Temelli Hatalar ve İhlaller), aynı seviyede bulunan ama direkt olarak kazalara yol açmayan düğümlerden (Beceri Temelli ve Algısal Hatalar) ayrılmasını sağlar. Buna ek olarak kaza (Çatma, Çatışma, Karaya Oturma ve Batma) düğümlerine 4’den fazla ilişki oku gitmesini de engeller. Tetikleyici Emniyetsiz Eylem düğümünün olumsuz ifadesi var, olumlu ifadesi ise yoktur. Bu düğüme ait olumsuz koşul, ebeveyni olan Karar Temelli Hatalar ve İhlaller düğümlerinin olumsuz koşulunun gerçekleşmesine bağlıdır.

3.3.5. Operasyonel Koşullar Seviyesi Altındaki Düğümler ve Kazalar ile İlişkisi

Köprüüstü ve makine dairesi takım üyelerinin emniyetsiz eylemlerinin kaza ile sonuçlanabilmesi için tamamlayıcı rol oynayan elverişli çevresel koşulları kapsamaktadır. Operasyonel Koşullar, Tetikleyici Emniyetsiz Eylemler ile bir araya geldiğinde kaza kaçınılması zor bir hal alır. İç Koşullar ve Dış Koşullar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

Takım üyeleri tarafından bu etmenler karar verme sürecinde göz önünde bulundurularak kazalar engellenebilir.

Operasyonel Koşullar seviyesi BN yapısında; Gemi Hareketini Engelleyen Uygunsuzluk ve Arızalar, Gemi Yaşı, Görüş, Geminin Hareketini Engelleyen Dış Koşullar, Gün Durumu, Hava, Deniz ve Görüş, Konumsal Kısıtlamalar, Seyir Türü, Gemi Tipi, Gemi Boyu, GTH Sektörü, Trafik Yoğunluğu, Yerel Trafik, Transit Trafik, Liman Trafiği, Sığ Su, Keskin Dönüş, Dar Kanal Yapısı düğümleri yer almaktadır (Şekil 30, Tablo 50). Bu seviyedeki düğümlerden Gemi Boyu ve GTH Sektörü altındaki koşul ifadeleri dar su yoluna özgü olduğundan her ağda farklı alınmıştır, bu durum aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.



Şekil 30. Operasyonel Koşullar seviyesi BN yapısı

Tablo 50. Operasyonel Koşullar seviyesindeki düğümler, kısaltmaları ve ebeveynleri

Düğüm (Kısaltma)	Düğümün altındaki uygunsuzluklar	Olumsuz durum	Ebeveyn
Gemi Hareketini Engelleyen Uygunsuzluk ve Arızalar (GHEUA)	Güç kaybı, Makine arızası, Dümen arızası, Halat kesmesi, Kontrol edilebilir kanatlı pervane arızası, Baş-Kıç iter arızası	Var	GY, ETK
Gemi Yaşı (GY)	Yaşlı gemiler (yaş≥21), Yıpranmış tekne yapısı	-	Yok
Görüş (G)	Gece, Sis, Yağmur, Güneş yansıması (deniz yüzeyi) gibi görüşü etkileyen koşullar	Zayıf	Yok
Geminin Hareketini Engelleyen Dış Koşullar (GHEDK)	Ağır deniz koşulları, Kuvvetli akıntı, Şiddetli rüzgâr, Buzlanma, Gel-Git (Akıntı)	Var	Yok
Gün Durumu (GD)	Gece sahil aydınlatmaları ve diğer gemilerin aydınlatmalarına bağlı oluşan olumsuzluklar	Gece	Yok
Hava, Deniz ve Görüş (HDG)	Hava ve deniz koşullarından kaynaklı olumsuzluklar	Kötü	G, GHEDK, GD
Konumsal Kısıtlamalar (KK)	Geminin Seyir Türüne ve içinde bulunduğu GTH Sektörüne bağlı koşullar	Var	ST, GTHS, GT, GB
Seyir Türü (ST)	Demir yeri (Yoğun), Dar su yolu-kanal, Liman, Kıyı suları, Açık deniz	-	Yok
GTH Sektörü (GTHS)	GTH Sektörünün içinde, Kısıtlı manevra alanı, Yoğun trafik, Keskin dönüş noktaları ve Sıgırlıkların mevcudiyetinden kaynaklı olumsuzluklar	-	TY, SS, KD, DKY
Gemi Tipi (GT)	Kuru yük, Tanker, Konteyner, RoRo, Yolcu, Diğer, İç su gemisi (nehir gemisi)	-	Yok
Gemi Boyu (GB)	Gemi boyunun uzun olmasından ve kanalın dar olmasından kaynaklı olumsuzluk	-	Yok
Trafik Yoğunluğu (TY)	Yerel trafik, Transit trafik ve Liman trafiğine bağlı olarak genel trafiğin yoğun olması	Yüksek	YT, TT, LT
Yerel Trafik (YT)	Bölgede yerel trafiğin yoğun olması	Yüksek	Yok
Transit Trafik (TT)	Bölgede transit trafiğin yoğun olması	Yüksek	Yok
Liman Trafiği (LT)	Bölgede liman trafiğinin yoğun olması	Yüksek	Yok
Sığ Su (SS)	Sıgırlıkların (gemi draftına ve derinliğe bağlı) mevcudiyeti	Var	Yok
Keskin Dönüş (KD)	Dar su yolunda iskele veya sancak tarafa büyük rota değişikliği gerektiren dönüş noktalarının mevcudiyeti	Var	Yok
Dar Kanal Yapısı (DKY)	Seyire elverişli su yolunun dar kısımlarının mevcut olması	Var	Yok

Gemi Hareketini Engelleyen Uygunsuzluk ve Arızalar; bu düğüm HFACS-PV yapısı altındaki uygunsuzluklarla birebir uyumludur. Makine arızası, Pervane-Dümen kilitlenmesi, Baş-Kıç iter arızası, Geminin çökmesi (kararması) gibi olumsuzlukları kapsamaktadır. Olumsuz ifadesi var, olumlu ifadesi ise yoktur. Gemi Hareketini Engelleyen Uygunsuzluk ve Arızaların meydana gelmesine zemin hazırlayan; Gemi Yaşı, Ekipman ve Tesis Kaynakları düğümleri ebeveynleridir.

Gemi Yaşı; geminin arıza ve tekne yapısı ile ilgili uygunsuzluklarla karşılaşma ihtimalini arttırmaktadır. Bu nedenle Gemi Yaşı düğümü dar kanal Bayes ağına alınmıştır. SPSS sonuçları ve uzman görüşleri eşliğinde; 0-10 arası, 11-20 arası, 21 ve üzeri olarak 3 alt koşula ayrılmıştır. Kök düğümdür, bu nedenle ebeveyn düğümü yoktur.

Görüş; sis, yağmur, kar fırtınası, gece çevre aydınlatmalarının varlığı gibi görüşü etkileyen koşulları kapsamaktadır. Düğümün alt koşulları; zayıf (2 NM'den daha düşük), orta (2-5 NM arası) ve iyi (5 NM ve üzeri) olarak görüş skalasına göre oluşturulmuştur. Kök düğümdür, bu nedenle ebeveyn düğümü yoktur.

Gemi Hareketini Engelleyen Dış Koşullar; akıntı, rüzgâr, ağır deniz koşulları, buzlanma, gelgit gibi gemi hareketini etkileyen olumsuz koşulları kapsamaktadır. Olumsuzluk ifadesi var, olumlu ifadesi yoktur. Kök düğümdür, bu nedenle ebeveyn düğümü yoktur.

Gün Durumu; dar su yolu geçişinin gündüz (06:01-1800) veya gece (18:01-06:00) günün hangi diliminde yapılacağını ifade etmektedir. Dar su yollarında, kıyıya yakın bölgelerde geceleri, sahil aydınlatmaları ve diğer gemilerin aydınlatmaları ile karışmakta ve algıyı olumsuz etkilemektedir. Bu düğümün olumsuz ifadesi gece, olumlu ifadesi gündüzdür. Kök düğümdür, bu nedenle ebeveyn düğümü yoktur.

Hava, Deniz ve Görüş; denizde yapılan tüm operasyonlarda çevresel koşullar önemlidir. Bu aktarma düğümü geçişin yapılacağı zaman diliminde dar su yolundaki hava, deniz ve görüş koşullarının genel durumunu ifade eder. Bu düğümün olumsuz ifadesi kötü, olumlu ifadesi iyidir. Görüş, Gemi Hareketini Engelleyen Dış Koşullar ve Gün Durumu bu düğümü etkileyen ebeveynlerdir. Ebeveynlerden birinin olumsuz olması durumunda Hava, Deniz ve Görüş düğümü de belli ölçüde olumsuz olur.

Konumsal Kısıtlamalar; incelenen üç dar su yolunda da geçiş yapacak geminin tipi, boyu, trafik durumu, keskin dönüşlerin ve sığılıkların varlığı-yokluğu gibi durumlara bağlı olarak kazaların görülme frekansı değişmektedir. Bu nedenle, Konumsal Kısıtlamalar düğümü ağa dâhil edilmiştir. Bu düğümün olumsuz ifadesi var, olumlu ifadesi yoktur. Seyir

Türü, GTH Sektörü, Gemi Tipi ve Gemi Boyu; Konumsal Kısıtlamaların varlığını etkileyen ebeveyn düğümlerdir.

Seyir Türü; İB ve SB gibi, dar suyunun etrafında, giriş, çıkışına yakın demir alanları bulunmaktadır. Bölgedeki GTH Sistemleri bu alanları da kapsamaktadır. Geminin ilgili dar suyunun demir bölgesindeki kaza riski ile kanal içindeki riski farklılık göstermektedir. Bu nedenle Seyir Türü düğümü, Demir ve Kanal koşulları ile ağa dâhil edilmiştir. Kök düğümdür, bu nedenle ebeveyn düğümü yoktur.

GTH Sektörü; Kernel yoğunluk analizi sonuçları ve uzman görüşleri her dar suyunun farklı alanlarında gemilerin taşıdığı riskin boyutunun farklı olduğunu ortaya koymuştur. Bu nedenle her dar suyu için üç alt sektör tanımlanmıştır. İB için bu düğümün alt koşulları; Türkeli, Kandilli ve Kadıköy'dür. Günümüzde DB'ndaki gemi trafik düzeninde sektör ayrımı bulunmamaktadır, tek sektör üzerinden trafik düzenlenmektedir. Ancak kazalar dar suyunun darlaştığı noktalarda, trafiğin yoğunlaştığı noktalarda yoğunlaşmaktadır. Bu nedenle DB için GTH Sektörü düğümünün alt koşulları dar suyunun coğrafi yapısına bağlı olarak; Kuzey Yaklaşım, Merkez ve Güney Yaklaşım olarak tanımlanmıştır. SB için ise alt koşullar; Batı Yaklaşım, Merkez ve Doğu Yaklaşımıdır. Sektörlerdeki riskin boyutu, Trafik Yoğunluğu, Sığ Su, Keskin Dönüş ve Dar Kanal Yapısı düğümlerine bağlı olarak değişmektedir.

Gemi Tipi; Kernel yoğunluk analizi, SPSS sonuçları ve uzman görüşleri her dar suyu için farklı gemi tiplerinin farklı boyutta risk oluşturabildiğini ortaya koymuştur. Bu nedenle Gemi tipi düğümü: Kuru yük, Tanker, Konteyner, RoRo, Yolcu, Diğer koşulları ile ağa dâhil edilmiştir. Kök düğümdür, bu nedenle ebeveyn düğümü yoktur.

Gemi Boyu; SPSS sonuçları ve uzman görüşleri kanalın yapısına bağlı olarak dar suyollarında farklı boydaki gemilerin kaza yapma olasılığının da farklı olabildiğini ortaya koymuştur. Bu nedenle Gemi Boyu düğümü Kaza ağına dâhil edilmiştir. Geçiş yapan ve kaza yapan gemilerin boy dağılımları ve uzman görüşleri eşliğinde, İB ve DB için Gemi Boyu düğümünün koşulları; 0-100m arası, 101-200m arası, 201m ve üzeri olarak belirlenmiştir. SB için ise alt koşullar, 0-200m arası, 201-300m arası, 301m ve üzeridir. Kök düğümdür, bu nedenle ebeveyn düğümü yoktur.

Trafik Yoğunluğu; her dar suyu için Yerel Trafik, Transit Trafik ve Liman Trafikğine bağlı olarak deniz trafik yoğunluğunu ifade etmektedir. Trafik yoğunluğu dar suyolları arasında değişkenlik gösterebildiği gibi, zamana bağlı olarak her dar suyunun kendi içinde farklılık gösterebilmektedir. Trafiğin durumu dar suyolundan geçiş yapan gemilerin

taşıyacağı riski değiştirmektedir. Bu nedenle bu düğüm Kaza ağına dâhil edilmiştir. Bir dar su yolundaki genel trafik yoğunluğu, yerel, transit ve liman trafiğine bağlı olduğundan ebeveyn düğümleri bu şekilde yerleştirilmiştir. Trafik Yoğunluğu düğümünün koşulları İB, DB ve SB Kaza ağları için ortaktır ve düşük-orta-yüksektir. Benzer mantıkla, Yerel Trafik, Transit Trafik ve Liman Trafiği kök düğümlerinin koşulları da düşük-orta-yüksek şeklindedir.

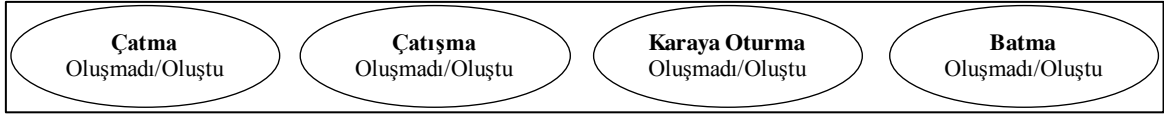
Sığ Su; her dar su yolunun farklı bölgeleri farklı drafttaki gemiler için, sığ su olarak nitelenebilmektedir. Böyle bölgeler karaya oturma kazaları açısından daha riskli bölgelerdir. Bu nedenle Sığ Su düğümüne ağda yer verilmiştir. Olumsuzluk ifadesi var, olumlu ifadesi yoktur. Kök düğümdür, bu nedenle ebeveyn düğümü yoktur.

Keskin Dönüş; dar su yolunun coğrafi yapısına ve tekne, manevra karakteristiğine bağlı olarak değişmekle birlikte keskin dönüşün varlığı riskleri arttırmaktadır. Örneğin; İB’nda, Kandilli ve Yeniköy dönüşleri diğer bölgelere oranla daha fazla kazanın meydana geldiği alanlardır. Olumsuzluk ifadesi var, olumlu ifadesi yoktur. Kök düğümdür, bu nedenle ebeveyn düğümü yoktur.

Dar Kanal Yapısı; yer şekillerine bağlı olarak kanalların bazı bölgeleri daha dardır. Bu nedenle kanal içinde dar kısımlardaki risklerin ayrı hesaplanması daha tutarlı olmaktadır. Bunun yanı sıra demir bölgelerinde risk hesaplanırken dar kanal yapısından kaynaklı ekstra riskin hesaplamanın dışında tutulması gerekmektedir. Bu nedenle Dar Kanal Yapısı düğümü ağa eklenmiştir. Olumsuzluk ifadesi var, olumlu ifadesi yoktur. Kök düğümdür, bu nedenle ebeveyn düğümü yoktur.

3.3.6. Kaza Sonuç Düğümleri

HFACS-PV’deki uygunsuzluklar sonucunda meydana gelen Çatma, Çatışma, Karaya Oturma ve Batma düğümlerini içermektedir. Bu bir HFACS-PV seviyesi değildir ve bu düğümler altında uygunsuzluklar yer almamaktadır. Her kaza türüne ait düğümün alt koşulları kazanın meydana geldiğini belirten “Oluştı” ve kazanın meydana gelmediğini belirten “Oluşmadı” ifadeleridir (Şekil 31). Ebeveyn düğümleri, dar su yollarında kazaları meydana getiren; Gemi Hareketini Engelleyen Uygunsuzluk ve Arızalar, Tetikleyici Emniyetsiz Eylem, Konumsal Kısıtlamalar, Hava, Deniz ve Görüş düğümleridir (Tablo 51).



Şekil 31. Kaza türleri BN yapısı

Tablo 51. Kaza türleri düğümleri, kısaltmaları ve ebeveynleri

Düğüm (Kısaltma)	Düğümün altındaki uygunsuzluklar	Olumsuz durum	Ebeveyn
Çatma (Çtm)	Çatma kazası	Oluştı	GHEUA, TEE, KK, HDG
Çatışma (Çts)	Çatışma kazası	Oluştı	GHEUA, TEE, KK, HDG
Karaya Oturma (KO)	Karaya oturma kazası	Oluştı	GHEUA, TEE, KK, HDG
Batma (B)	Batma kazası	Oluştı	GHEUA, TEE, KK, HDG

İB için oluşturulmuş Kaza ağı yapısı incelendiğinde, olasılıkların girilmesi ve ağın çalıştırılması sonucunda; Organizasyonel Etkiler seviyesinde, Kişisel Eğitimin yetersizliği (% 81), Emniyet Kültürünün benimsenmemiş olması (% 66) ve niteliksiz Personel Atama (% 52) kaza olasılığını en çok arttıran düğümler olduğu görülmüştür. Emniyetsiz Denetim seviyesindeki en etkili düğümler; yetersiz yapılan İç ve Dış Denetimler (% 49), Gemiadamlarının Performans ve Kalite Standartlarının yetersiz takibi (% 46) ve yetersiz Planlı Bakımdır (% 42). Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Ön Koşullar seviyesi altındaki; Durumsal Farkındalık eksikliği (% 50), İlaç Alkol ve Uyuşturucu etkisi altındayken çalışmak (% 48), Teknoloji ve Arayüz arızaları (% 48), Stres altında çalışmak (% 47), Yönetim, Liderlik ve Rehberliğin eksik yapılması (% 46), İletişim ve Koordinasyon eksikliği (% 45) en etkili düğümlerdir. Emniyetsiz Eylemler seviyesinde sırasıyla; Algısal Hatalar (% 56), Karar Temelli Hatalar (% 54) ve İhlaller (% 52), Tetikleyici Emniyetsiz Eylemlerin oluşumunu en çok etkileyen düğümlerdir. İB için, Operasyonel Koşullar seviyesinde bir geminin kaza yapma olasılığını en çok etkileyen (değiştiren) düğümler; Gemi Tipi (kuru yük, % 72), Gemi Yaşı ($21 \leq \text{yaş}$, % 70), Seyir Türü (demir bölgelerindeki aşırı yoğunluk, % 66), Gün Durumu (gece, % 64), Gemi Hareketini Engelleyen Uygunsuzluk ve Arızaların mevcudiyetidir (% 63) (Şekil 32). Bu düğümlerin olumlu ve olumsuz koşullarının kazalar üzerindeki (çatma, çatışma, karaya oturma ve batma) etkisini daha net ortaya koyabilmek için olasılıkları önce sıfır (0), sonra (100) yapılmıştır. Bu işlem duyarlılık analizi olarak adlandırılmaktadır ve literatürde sıklıkla tercih edilmektedir (Pristrom vd., 2016; Ö. Uğurlu vd., 2020). Duyarlılık analizinin amacı dar suyollarında seyir emniyetini arttırmak için hangi düğümlere odaklanmak gerektiğini nicel olarak ortaya koymaktır. Analiz sonuçlarına

geçmeden önce, ilk durumda çalışmanın veri setine göre kazalara ait düğümlerin son olasılıkları çatma için % 21, çatışma için % 24, karaya oturma için % 21 ve batma için % 11'dir (Şekil 32). Bu sonuç İB'nda kuru yük gemileri başta olmak üzere tüm gemiler için en riskli kaza türünün çatışma olduğunu göstermektedir. Aşağıda her seviyedeki en etkili düğümlerin duyarlılık analizi sonuçları sunulmuştur.



Organizasyonel Etkiler seviyesi için duyarlılık analizinde en yüksek sonuçları veren Personel Atama düğümünün çatma, çatışma ve karaya oturma kazalarına etkisi $\pm\%$ 9'dur. Batma kazalarındaki etkisi ise $\pm\%$ 5'dir (Tablo 52). Bu durum niteliksiz personel atamanın önlenmesiyle kazaların azaltılabileceğinin kanıtı niteliğindedir. Benzer yaklaşımla, Kişisel Eğitim düğümünün duyarlılık analizi sonuçları bu düğümün en çok çatışma kazalarını etkilediğini ($\pm\%$ 5) göstermiştir. Ardından eşit değişim oranıyla ($\pm\%$ 4) çatma ve karaya oturma kazalarını etkilemektedir. Batma kazalarının görülme olasılığını ise ($\pm\%$ 3) değiştirmektedir. Emniyet Kültürü düğümü $\pm\%$ 3 değişim oranıyla çatışma kazalarını, $\pm\%$ 2 oranıyla da diğer kaza türlerini etkilemektedir (Tablo 52). Literatürde, kazaların emniyet kültürü, eğitim ve aşinalık eksikliği nedeniyle gerçekleştiği sıklıkla vurgulanmaktadır (Chauvin vd., 2013; Özdemir ve Güneröglu, 2015; Yıldırım vd., 2019; Ö. Uğurlu vd., 2020; Yıldız vd., 2021).

Emniyetsiz Denetim seviyesinde duyarlılık analizi sonuçları en yüksek olan düğüm Gemiadamlarının Performans ve Kalite Standartlarının yetersiz takibidir. Bu düğüm çatışma kazalarını $\pm\%$ 11, çatma kazalarını $\pm\%$ 10, karaya oturma kazalarını $\pm\%$ 10 ve batma kazalarını $\pm\%$ 6 etkilemektedir (Tablo 52). Dar su yolu geçişi gibi hassasiyet gerektiren seyir süreçleri öncesinde gemi adamlarının günlük performanslarının ve o günkü fiziksel, zihinsel durumunun amirleri tarafından gözden geçirilmesi önemlidir. Bireylerdeki aşırı kendine güven, yorgunluk, dikkat eksikliği, durumsal farkındalık gibi bazı olumsuz durumlar bu yolla tespit edilebilir. Bu konuyu ulusal, uluslararası düzenleyici kuruluşlar ve denizcilik şirketleri yayınladığı etkili köprüüstü takım yönetimi kural ve prosedürlerinde sürekli vurgulamaktadır. Bu konu ile ilgili genel sorun gemide uygulanmasının sağlanmasıdır (Arslan ve Er, 2008; Schröder-Hinrichs vd., 2012). İkinci en etkili düğüm olan, İç ve Dış Denetimler, çatışmaları $\pm\%$ 10, çatma kazalarını $\pm\%$ 9, karaya oturma kazalarını $\pm\%$ 9 ve batma kazalarını $\pm\%$ 5 etkilemektedir (Tablo 52). Gemiler için iç ve dış denetimler sistemdeki eksiklik ve aksaklıkların tespit edilebilmesi için son derece önemlidir. Buna paralel olarak Karadeniz'e kıyısı olan ülkeler liman ve bayrak devleti denetimleri için Karadeniz Memorandumuna (MoU) üyedir. Karadeniz MoU'nun denetimlerinin sıklaştırılması, yaptırım gücünün artırılması buna bağlı olarak denizcilik şirketleri ve gemileri de tetikleyecektir. Bu sayede sürekli olarak iç ve dış denetimlerin yeterli düzeyde yapılması sağlanabilecektir (Ö. Uğurlu vd., 2020). Planlı Bakımın yetersiz yapılması sırasıyla çatma ($\pm\%$ 8), karaya oturma ($\pm\%$ 8), çatışma ($\pm\%$ 7) ve batma ($\pm\%$ 5) kazalarında etkilidir (Tablo 52). Deniz ticaret filosuna sahip şirketlerin çoğunda Emniyetli Yönetim

Sistemi (EYS) bulunmaktadır ve planlı bakım bu sistemin önemli bir parçasını oluşturmaktadır. Yetersiz planlı bakım sadece arızaların görülme sıklığını arttırmasının yanı sıra tekne ömrünü ve dayanıklılığını da olumsuz etkilemektedir. Bunun sonucunda gemiadamlarının eylemlerine bağlı kalmaksızın kazalar kaçınılmaz hal almaktadır.

Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Ön Koşullar seviyesindeki en etkili düğüm Durumsal Farkındalıktır ve $\pm\%$ 16 oranıyla en fazla çatışma kazalarında etkilidir. Ayrıca gemiadamlarının durumsal farkındalık eksikliği İB'ndaki çatma ve çatışma kazalarını $\pm\%$ 15, batma kazalarını ise $\pm\%$ 8 etkilemektedir (Tablo 52). Kaza ağında üst seviyelerden alt seviyelerdeki düğümlere indikçe düğümlerin kazalar üzerindeki etkisinin büyüklüğü de artmaktadır. Gemiadamlarının İlaç, Alkol veya Uyuşturucu Etkisindeyken görev başında olması, çatışmaları $\pm\%$ 10, çatmaları $\pm\%$ 9, karaya oturmaları $\pm\%$ 9 ve batma kazalarını $\pm\%$ 5 etkilemektedir (Tablo 52). Bu düğüm durumsal farkındalıkla olan yakın ilişkisinden dolayı kazalarda bu kadar etkilidir. Birçok şirket bu reaksiyon zincirini kırmaya yönelik olarak filusunda sıfır alkol politikası uygulamaktadır. Etkisi görel olarak az olan ancak en etkili üç düğüm arasında bulunan Teknoloji ve Arayüz Arızaları çatışmaları $\pm\%$ 4, çatmaları $\pm\%$ 3, karaya oturmaları $\pm\%$ 3 ve batma kazalarını $\pm\%$ 2 etkilemektedir (Tablo 52). Bu tür arızalar ani olarak ortaya çıkmaktadır, bu nedenle gemiadamlarının ve şirketin direkt kontrolünde değildir. Ancak geminin hareketini direkt olarak etkilemediğinden iyi eğitilmiş ve aşinalığı yüksek gemiadamları tarafından bu tür krizler emniyetli yönetilebilmektedir. Bunu sağlamaya yönelik gemiadamlarına periyodik olarak arıza durumunda hareket tarzı eğitimleri verilebilir.

Kazalarda direkt olarak tetikleyici rol oynayan Karar Temelli Hatalar; çatışma kazalarını $\pm\%$ 24, çatmaları $\pm\%$ 21, karaya oturmaları $\pm\%$ 21 ve batmaları $\pm\%$ 12 etkilemektedir (Tablo 52). İB'nda karar hataları çoğunlukla, algı hatalarının etkisiyle ortaya çıkmaktadır. Algısal Hatalar düğümü, en fazla çatışma ($\pm\%$ 19), ardından çatma ($\pm\%$ 17), karaya oturma ($\pm\%$ 17) ve batma ($\pm\%$ 9) kazalarında etkilidir (Tablo 52). Çatışma kazalarında iki geminin birbirinin niyetini anlayamaması ve iletişimsizlik sonucu kararların hatalı alınması temel reaksiyon zinciridir. Çatma, karaya oturma ve batma kazalarında ise seyir ile ilgili çevresel dinamikleri görsel ve işitsel gözcülüğü kullanarak yeterince takip edememek karar hatalarını oluşturan unsurlardır. İhlaller düğümü sırasıyla, çatışma kazalarını $\pm\%$ 23, çatmaları $\pm\%$ 20, karaya oturmaları $\pm\%$ 20 ve batmaları $\pm\%$ 11 etkilemektedir (Tablo 52). Rutin takip edilmesi gereken emniyetli seyir ve gemi operasyonu prosedürlerinin, kurallarının çoğunlukla bilerek gözden kaçırılması veya üstün körü

yapılması ihlallerin genel oluşum örgüsüdür. Bu örgüde rutin kelimesi büyük önem taşımaktadır. Bireyler tarafından aynı işin sürekli yapılması ve aşinalık kazanılması titizliği olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle literatürde rutin ihlaller tanımı mevcuttur (Wiegmann ve Shappell, 2001; Schröder-Hinrichs vd., 2011). İhlallerin azaltılabilmesinin anahtarı, emniyet kültürünün yaygınlaştırılmasıdır.

HFACS-PV yapısında emniyetsiz eylemlerle birlikte son seviyede yer alan Operasyonel Koşullar altında; Seyir Türü düğümü en etkili olandır. Bunun temel nedeni İB'nın güney girişindeki demir yerlerinin yoğun olmasıdır. Özellikle sektör Kadıköy içerisinde kuru yük gemilerinin demirlediği B bölgesindeki yoğunluktan dolayı gemiler birbirine çok yakın demirlemek zorunda kalmaktadır. Seyir Türü düğümü İB'nda meydana gelen çatışmalarda $\pm\%$ 13, çatmalarda $\pm\%$ 11, karaya oturmalarında $\pm\%$ 11 ve batmalarda $\pm\%$ 6 etkilidir (Tablo 52). İB'nda emniyeti arttırmaya yönelik olarak uygulanan tek yönlü geçiş rejimi, kanal geçişindeki riskleri nispeten azaltmaktadır. Seyir emniyetini arttırmaya yönelik olarak, sektör Kadıköy içerisindeki demir bölgelerinin kapsamlı bir şekilde yeniden düzenlenmesi bu alanlardaki yoğunluğu azaltabilecektir. Gemi Hareketini Engelleyen Uygunsuzluk ve Arızalar, Operasyonel Koşullar seviyesi altındaki en etkili ikinci düğümdür. Geminin ana ekipmanlarında (makine, dümen vb.) meydana gelen arızalar çatma, karaya oturma ve batma kazalarını $\pm\%$ 8, çatışma kazalarını ise $\pm\%$ 4 etkilemektedir (Tablo 52). İB'nda yoğun demir, drift bölgelerinde ve boğazın iç kısmındaki keskin dönüş noktalarında (Kandilli, Yeniköy) eğer arıza meydana gelirse kazalar neredeyse kaçınılmaz hal almaktadır. Gemide yeterli düzeyde uygulanacak planlı bakım, test ve kontroller bu tür ana ekipman arızalarını belli ölçüde engellemektedir. Bunun yanı sıra arıza ortaya çıktığı anda acil durum yönetiminde başarılı olunabilirse yine kazanın boyutu küçülmektedir. Acil durum yönetimi için gemiadamlarının bu konudaki eğitimi ve aşinalığı son derece önemlidir. Buna ek olarak kıyı devleti otoriteleri de acil durum müdahale istasyonları (römorkör desteği) ile kazanın önlenmesi veya boyutunun küçültülmesi sürecine katkı sağlayabilir. İB'nda geçişin yapılacağı saati belirten Gün Durumu düğümü batma kazalarını $\pm\%$ 7, çatmaları $\pm\%$ 2, karaya oturmaları $\pm\%$ 2, çatışmaları ise $\pm\%$ 1 etkilemektedir. Operasyonun (demir veya geçiş) gece yapılması sahil ışıkları ve diğer gemilerin ışıklarının karışması nedeniyle bu kadar etkilidir. Sahil ışıklarının denize bakan kısımlarının yalıtımı ve ışık akısının düşürülmesi bu düğümün etkisini azaltmaya yönelik uygun olabilir. Bunun mümkün olmadığı durumlarda mümkün olduğunca riskli gemi tipleri için operasyonun gündüz planlanması yine kazaları azaltıcı etki yapabilecektir. Duyarlılık analizi sonuçları, İB'ndan

geçiş yapacak gemi tipinin kuru yük olması durumunda, çatışma ($\pm\%$ 5), çatma ($\pm\%$ 4), karaya oturma ($\pm\%$ 4) ve batma ($\pm\%$ 2) olasılığına karşı daha dikkatli olunması gerektiğini göstermektedir (Tablo 52). Bu sonuç gemi tipine yöneltmiş bir negatiflik olarak değerlendirilmemelidir. Ancak bu sonuç, İB’nda kuru yük gemilerinin kazalar açısından daha riskli olmasının altında yatan nedenlerin incelenmesi gerektiğini göstermektedir. Bu tipteki gemilerin geçiş sayısının fazla olması, demir ve drift bölgelerinin yoğun olması, bu tipte çalışan gemiadamlarının operasyonel prosedürleri takip etme disiplini, emniyet kültürleri gibi birçok alt neden bu sonucu etkilemektedir. Kuru yük gemilerindeki personelin ve gemi işleticisi şirketlerin operasyonel doktrinleri elleçleme biçiminin tanker gemileriyle mümkün olduğu ölçüde eşitlenmesi gerekmektedir. Bu sayede kuru yük gemilerinin karıştığı kazalar azaltılabilecektir.

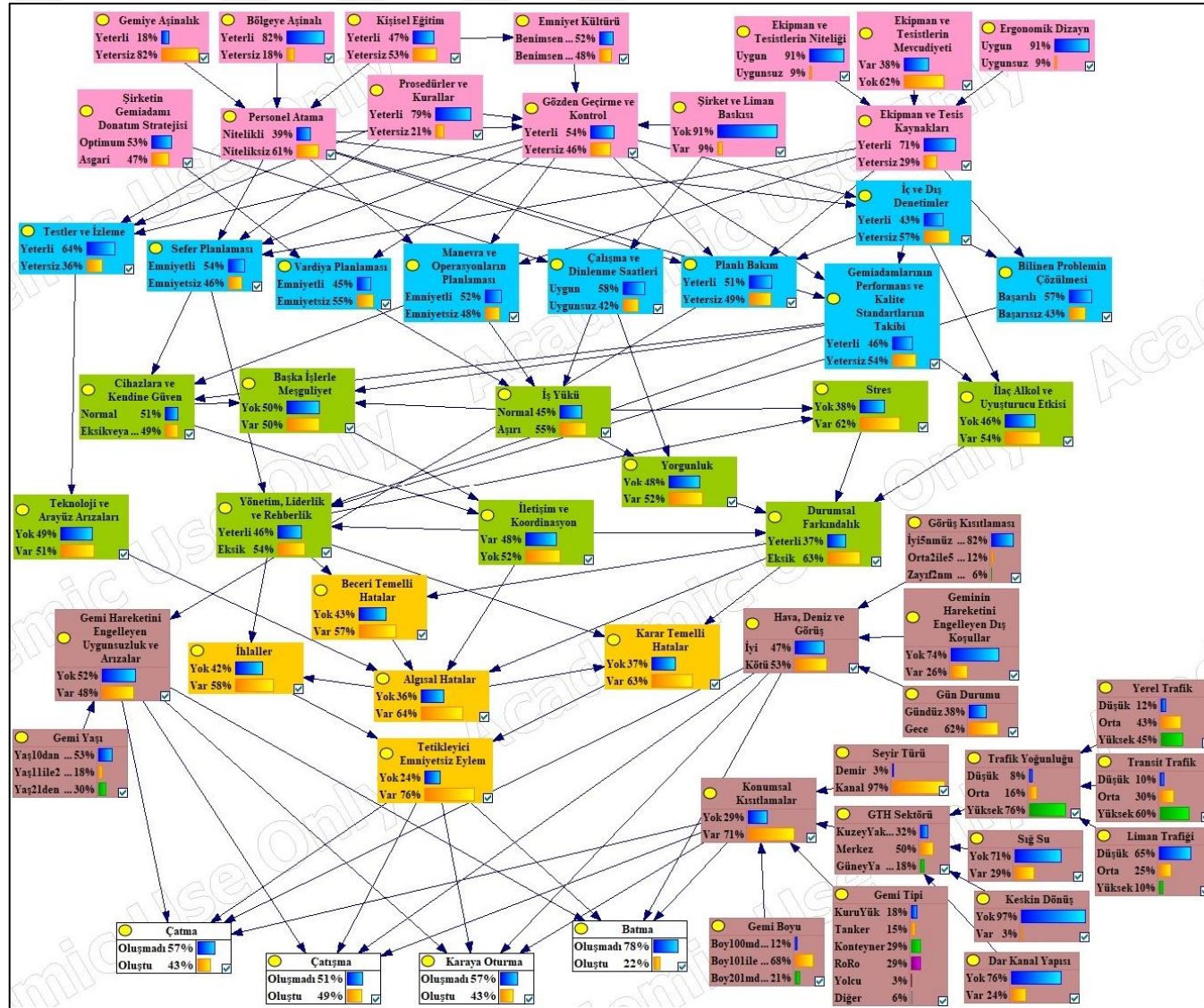
Tablo 52. İstanbul Boğazı Kaza ağındaki en etkili düğümlerin duyarlılık analizi sonuçları

Düğümler		Sıfır	Yüz	Değişim	Düğümler		Sıfır	Yüz	Değişim
Değişken	Kontrol	(%)	(%)	(%)	Değişken	Kontrol	(%)	(%)	(%)
Kişisel Eğitim (Yetersiz)	Çatma	18,0	22,0	4,0	Algısal Hatalar (Var)	Çatma	12,0	29,0	17,0
	Çatışma	20,0	25,0	5,0		Çatışma	13,0	32,0	19,0
	Karaya Oturma	18,0	22,0	4,0		Karaya Oturma	12,0	29,0	17,0
	Batma	9,0	12,0	3,0		Batma	6,0	15,0	9,0
Emniyet Kültürü (Benimsenmemiş)	Çatma	20,0	22,0	2,0	Karar Temelli Hatalar (Var)	Çatma	10,0	31,0	21,0
	Çatışma	22,0	25,0	3,0		Çatışma	11,0	35,0	24,0
	Karaya Oturma	20,0	22,0	2,0		Karaya Oturma	10,0	31,0	21,0
	Batma	10,0	12,0	2,0		Batma	5,0	17,0	12,0
Personel Atama (Niteliksiz)	Çatma	17,0	26,0	9,0	İhlaller (Var)	Çatma	11,0	31,0	20,0
	Çatışma	19,0	28,0	9,0		Çatışma	12,0	35,0	23,0
	Karaya Oturma	17,0	26,0	9,0		Karaya Oturma	11,0	31,0	20,0
	Batma	9,0	14,0	5,0		Batma	6,0	17,0	11,0
İç ve Dış Denetimler (Yetersiz)	Çatma	17,0	26,0	9,0	Gemi Tipi (Kuru Yük)	Çatma	18,0	22,0	4,0
	Çatışma	19,0	29,0	10,0		Çatışma	20,0	25,0	5,0
	Karaya Oturma	17,0	26,0	9,0		Karaya Oturma	18,0	22,0	4,0
	Batma	9,0	14,0	5,0		Batma	10,0	12,0	2,0
Gemiadamlarının Performans ve Kalite Standartlarının Takibi (Yetersiz)	Çatma	17,0	27,0	10,0	Gemi Yaşı (21≤Yaş)	Çatma	19,0	22,0	3,0
	Çatışma	19,0	30,0	11,0		Çatışma	23,0	24,0	1,0
	Karaya Oturma	17,0	27,0	10,0		Karaya Oturma	19,0	22,0	3,0
	Batma	9,0	15,0	6,0		Batma	9,0	12,0	3,0
Planlı Bakım (Yetersiz)	Çatma	18,0	26,0	8,0	Seyir Türü (Demir)	Çatma	29,0	40,0	11,0
	Çatışma	21,0	28,0	7,0		Çatışma	32,0	45,0	13,0
	Karaya Oturma	18,0	26,0	8,0		Karaya Oturma	29,0	40,0	11,0
	Batma	9,0	14,0	5,0		Batma	15,0	21,0	6,0

Tablo 52'nin devamı

Durumsal Farkındalık (Eksik)	Çatma	14,0	29,0	15,0	Gün Durumu (Gece)	Çatma	20,0	22,0	2,0
	Çatışma	16,0	32,0	16,0		Çatışma	23,0	24,0	1,0
	Karaya Oturma	14,0	29,0	15,0		Karaya Oturma	20,0	22,0	2,0
	Batma	7,0	15,0	8,0		Batma	7,0	14,0	7,0
İlaç Alkol ve Uyuşturucu Etkisi (Var)	Çatma	17,0	26,0	9,0	Gemi Hareketini Engelleyen Uygunsuzluk ve Arızalar (Var)	Çatma	17,0	25,0	8,0
	Çatışma	19,0	29,0	10,0		Çatışma	22,0	26,0	4,0
	Karaya Oturma	17,0	26,0	9,0		Karaya Oturma	17,0	25,0	8,0
	Batma	9,0	14,0	5,0		Batma	9,0	17,0	8,0
Teknoloji ve Arayüz Arızaları (Var)	Çatma	20,0	23,0	3,0					
	Çatışma	22,0	26,0	4,0					
	Karaya Oturma	20,0	23,0	3,0					
	Batma	10,0	12,0	2,0					

DB için oluşturulmuş Kaza ağı yapısında (Şekil 33); Organizasyonel Etkiler seviyesindeki, niteliksiz Personel Atama (% 82), Gemiye Aşinalığın yetersizliği (% 61) ve Kişisel Eğitimin yetersizliği (% 53) kaza olasılığını en çok arttıran düğümlerdir. Emniyetsiz Denetim seviyesindeki en etkili düğümler; yetersiz yapılan İç ve Dış Denetimler (% 57), emniyetsiz Vardiya Planlaması (% 55), Gemiadamlarının Performans ve Kalite Standartlarının yetersiz takibidir (% 54). Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Ön Koşullar seviyesi altındaki; Durumsal Farkındalık eksikliği (% 63), Stres altında çalışmak (% 62), köprüüstü takım üyelerinin aşırı İş Yüğü (% 55), İlaç Alkol ve Uyuşturucu Etkisi altındayken çalışmak (% 54), Yönetim, Liderlik ve Rehberliğin eksik yapılması (% 54) en etkili düğümlerdir. Emniyetsiz Eylemler seviyesinde sırasıyla; Algısal Hatalar (% 64), Karar Temelli Hatalar (% 63) ve İhlaller (% 58), Tetikleyici Emniyetsiz Eylemlerin oluşumunu en çok etkileyen düğümlerdir. Operasyonel Koşullar seviyesinde en etkili düğümler; Seyir Türü (kanalın katılış ve ayrılış noktaları, % 97), Konumsal Kısıtlamalar (gemi boyu ve GTH sektörüne bağlı olarak, % 71), Gün Durumu (gece, % 62), Gemi Hareketini Engelleyen Uygunsuzluk ve Arızalar (% 48) ve Gemi Tipidir (konteyner, RoRo, % 29) (Şekil 33). Bu düğümlerin etkisini daha net ortaya koyabilmek için duyarlılık analizi yapılmıştır (Tablo 53). Ağın ilk durumunda çalışmanın veri setine göre kazalara ait düğümlerin son olasılıkları çatma için % 43, çatışma için % 49, karaya oturma için % 43 ve batma için % 22'dir (Şekil 33). Bu sonuç İB'na benzer şekilde, DB'nda da konteyner ve RoRo gemileri başta olmak üzere tüm gemiler için en riskli kaza türünün çatışma olduğunu göstermektedir. Aşağıda her seviyedeki en etkili düğümlerin duyarlılık analizi sonuçları sunulmuştur.



Şekil 33. Dover Boğazı için oluşturulmuş Kaza (Bayes) ağı yapısı

Organizasyonel Etkiler seviyesi için duyarlılık analizinde en yüksek sonuçları veren Personel Atama düğümünün çatma, çatışma ve karaya oturma kazalarına etkisi $\pm\%$ 14'dur. Batma kazalarındaki etkisi ise $\pm\%$ 8'dir (Tablo 53). Kişisel Eğitim düğümünün duyarlılık analizi sonuçları bu düğümün DB'nda en çok çatışma kazalarını etkilediğini ($\pm\%$ 9) göstermiştir. Ardından eşit oranla ($\pm\%$ 8) çatma ve karaya oturma kazalarını son olarak da batma kazalarını ($\pm\%$ 5) etkilemektedir. Personel Atama ve Kişisel Eğitim düğümleri DB'ndaki kazalarda da en yüksek etkiye sahip Organizasyonel Etkilerdendir. Gemiye Aşinalık düğümü $\pm\%$ 4 değişim oranıyla çatma, çatışma ve karaya oturma kazalarını, $\pm\%$ 2 oranıyla da batmaları etkilemektedir (Tablo 53). Bu üç düğümü birlikte değerlendirdiğimizde, Kişisel Eğitimi ve Gemiye Aşinalığı yetersiz olan bir gemiadamının ataması yapıldığında o geminin dar suyollarında kaza yaşama olasılığının yükseleceği ortadadır. Personel atamalarında geminin sefer bölgeleri ve sıklığı ile birlikte atanacak kişinin eğitim ve aşinalığı da dikkate alınmalıdır.

Emniyetsiz Denetim seviyesinde duyarlılık analizi sonuçları en yüksek olan düğüm Gemiadamlarının Performans ve Kalite standartlarının yetersiz takibidir. Bu düğüm çatma, çatışma ve karaya oturma kazalarını $\pm\%$ 18, batma kazalarını ise $\pm\%$ 9 etkilemektedir. İkinci en etkili düğüm olan, İç ve Dış Denetimler, çatışma kazalarını $\pm\%$ 17, çatma kazalarını $\pm\%$ 16, karaya oturma kazalarını $\pm\%$ 16 ve batma kazalarını $\pm\%$ 9 etkilemektedir (Tablo 53). Bu iki düğüm bakımından DB'ndaki sonuçlar, İB'ndakiler ile benzerlik göstermektedir. Ayrıca, bu iki düğüm birbiriyle de etkileşim içerisindedir. Şirketin, liman ve bayrak devletlerinin denetimlerindeki herhangi bir eksiklik, gemide de performans takibi konusunda zafiyete neden olmaktadır. Emniyetsiz Vardiya Planlaması çatma, çatışma ve karaya oturma kazalarını eşit ve $\pm\%$ 7 oranında, batma kazalarını ise $\pm\%$ 4 etkilemektedir (Tablo 53). Gemilerde vardiya planları çoğunlukla standarttır. Ancak riskli operasyonlarda (dar suyu geçişi, manevra vb.), dümenci, gözcü görevlendirilerek vardiya planı daha emniyetli yapılır. Bu süreçte gemide vardiyayı planlayan, Kaptan, Birinci Zabit, Baş Mühendis ve İkinci Mühendislerin emniyet algısı son derece önemlidir. Diğer bir önemli konu ise gemide bulunan kalifiye gemiadamı sayısıdır. Çok yoğun trafiğin olduğu sularda çalışan ve sık liman yapan gemiler eğer uluslararası minimum standartlara göre donatılırsa, bu süreç olumsuz etkilenmektedir. Yetersiz sayıda personel veya mevcut personelin niteliklerinin yetersizliğinden dolayı uygunsuz planlama kaçınılmaz olmaktadır. Sonuç olarak gemiadamlarında aşırı iş yükü oluşmakta ve emniyetsiz eylemler tetiklenmektedir.

Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Ön Koşullar seviyesindeki en etkili düğüm olan Durumsal Farkındalık eksikliği sırasıyla; çatışma ($\pm\%$ 28), çatma ($\pm\%$ 25), karaya oturma ($\pm\%$ 25) ve batma ($\pm\%$ 13) kazalarında etkilidir (Tablo 53). Gemiadamlarının Stres altında çalışması, durumsal farkındalığı direkt etkilediğinden, çatışmaları $\pm\%$ 17, çatmaları $\pm\%$ 16, karaya oturmaları $\pm\%$ 16 ve batma kazalarını $\pm\%$ 8 etkilemektedir (Tablo 53). İş Yüğü düğümü ise çatışmalarda $\pm\%$ 12, çatmalarda $\pm\%$ 10, karaya oturmalarında $\pm\%$ 10 ve batma kazalarında $\pm\%$ 5 etkiye sahiptir (Tablo 53). İş Yüğü düğümünün kazalardaki rolünün azaltılabilmesi için gemi işleticisi şirketler tarafından, gereken filo gemilerinde, minimum yerine optimum adam donatımı düşünülmelidir.

Emniyetsiz Eylemler seviyesi altındaki Karar Temelli Hatalar; DB'ndaki çatışma kazalarını $\pm\%$ 42, çatmaları $\pm\%$ 36, karaya oturmaları $\pm\%$ 36 ve batmaları $\pm\%$ 19 etkilemektedir (Tablo 53). İB'a benzer şekilde DB'nda da karar hataları çoğunlukla, algı hatalarının etkisiyle ortaya çıkmaktadır. Algısal Hatalar düğümü, en fazla çatışma ($\pm\%$ 34), ardından çatma ($\pm\%$ 29), karaya oturma ($\pm\%$ 29) ve batma ($\pm\%$ 15) kazalarında etkilidir (Tablo 53). DB'ndaki çatışma kazalarında çatışma riskinin tespit edilememesi ve iki geminin birbirinin niyetini anlayamaması önemli tetikleyicilerdir. Çatma, karaya oturma ve batma kazalarında ise rüzgâr ve akıntının gemi hareketi üzerindeki etkisinin anlaşılabilmesi karar hatasına zemin hazırlayan ana faktördür. İhlaller düğümü sırasıyla, çatışma kazalarını $\pm\%$ 37, çatmaları $\pm\%$ 32, karaya oturmaları $\pm\%$ 32 ve batmaları $\pm\%$ 17 etkilemektedir (Tablo 53).

DB Kaza ağında Operasyonel Koşullar altında; Seyir Türü düğümü en etkili olandır. İB'ndan farklı olarak, DB'nda liman girişleri haricinde, trafik seperasyon alanı çevresinde demir yerleri bulunmamaktadır. Bu nedenle en riskli seyir türü kanal seyri çıkmıştır. Seyir Türü düğümü DB'nda meydana gelen çatışma kazalarında $\pm\%$ 43, çatma kazalarında $\pm\%$ 38, karaya oturma kazalarında $\pm\%$ 38 ve batma kazalarında $\pm\%$ 19 etkilidir (Tablo 53). DB'nda Seyir Türü açısından en riskli durum merkez sektörde kanal seyridir. Konumsal Kısıtlamalar, Operasyonel Koşullar seviyesi altındaki en etkili ikinci düğümdür. Bu düğüm, çatışma kazalarında $\pm\%$ 36, çatmalarda $\pm\%$ 31, karaya oturmalarında $\pm\%$ 31 ve batmalarda $\pm\%$ 16 etkiye sahiptir (Tablo 53). Konumsal Kısıtlamalar bir çocuk düğüm olduğundan, bu düğümün etkisinin bu kadar yüksek olmasının temel sebebinin ebeveynleri olduğunu belirtmek gerekmektedir. DB'nda gemi boyu (201m üzeri) ve gemi tipi (konteyner, RoRo) koşulları tüm kaza türleri için olasılığı arttırmaktadır ($\pm\%$ 6-13). Gemi Hareketini Engelleyen Uygunsuzluk ve Arızalar; çatma kazalarını $\pm\%$ 16, karaya oturmaları $\pm\%$ 16,

batmaları $\pm\%$ 14, çatışma kazalarını ise $\pm\%$ 8 etkilemektedir (Tablo 53). Kaza türleri üzerindeki etki dağılımı İB ile benzerdir. DB’nda Gün Durumu düğümü batma kazalarını $\pm\%$ 13, çatmaları $\pm\%$ 3, karaya oturmaları $\pm\%$ 3, çatışmaları ise $\pm\%$ 1 etkilemektedir. Geçiş operasyonunun gece yapılması İB’ndakine benzer şekilde sahil ışıkları ve diğer gemilerin ışıklarının karışması nedeniyle algıyı olumsuz etkilemektedir.

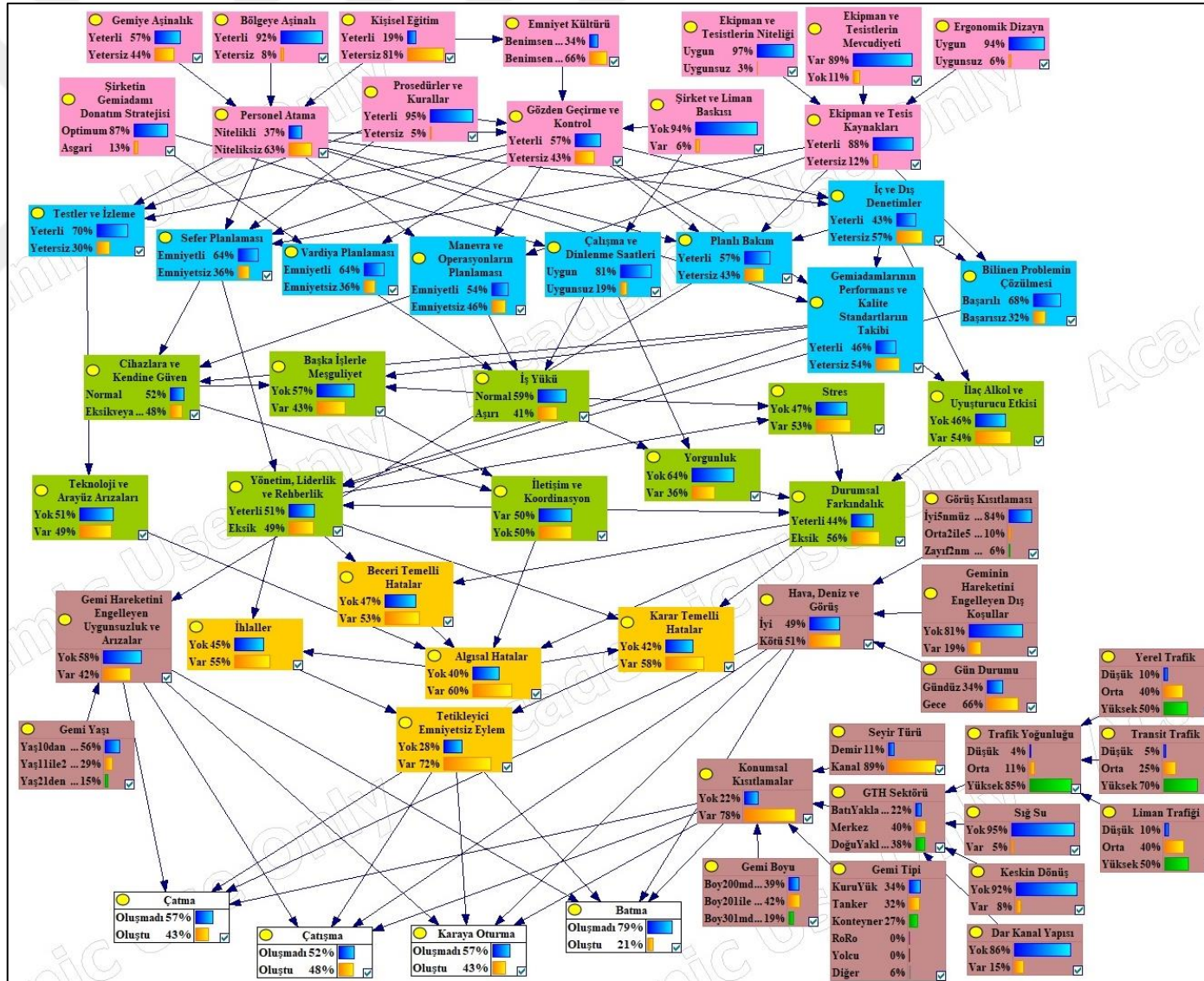
Tablo 53. Dover Boğazı Kaza ağındaki en etkili düğümlerin duyarlılık analizi sonuçları

Düğüm		Sıfır	Yüz	Değişim	Düğüm		Sıfır	Yüz	Değişim
Değişken	Kontrol	(%)	(%)	(%)	Değişken	Kontrol	(%)	(%)	(%)
Gemiye Aşinalık (Yetersiz)	Çatma	39.0	43.0	4.0	Algısal Hatalar (Var)	Çatma	24.0	53.0	29.0
	Çatışma	45.0	49.0	4.0		Çatışma	27.0	61.0	34.0
	Karaya Oturma	39.0	43.0	4.0		Karaya Oturma	24.0	53.0	29.0
	Batma	20.0	22.0	2.0		Batma	12.0	27.0	15.0
Personel Atama (Niteliksiz)	Çatma	34.0	48.0	14.0	Karar Temelli Hatalar (Var)	Çatma	20.0	56.0	36.0
	Çatışma	40.0	54.0	14.0		Çatışma	22.0	64.0	42.0
	Karaya Oturma	34.0	48.0	14.0		Karaya Oturma	20.0	56.0	36.0
	Batma	17.0	25.0	8.0		Batma	10.0	29.0	19.0
Kişisel Eğitim (Yetersiz)	Çatma	38.0	46.0	8.0	İhlaller (Var)	Çatma	24.0	56.0	32.0
	Çatışma	44.0	53.0	9.0		Çatışma	27.0	64.0	37.0
	Karaya Oturma	38.0	46.0	8.0		Karaya Oturma	24.0	56.0	32.0
	Batma	19.0	24.0	5.0		Batma	12.0	29.0	17.0
İç ve Dış Denetimler (Yetersiz)	Çatma	33.0	49.0	16.0	Seyir Türü (Kanal)	Çatma	6.0	44.0	38.0
	Çatışma	39.0	56.0	17.0		Çatışma	7.0	50.0	43.0
	Karaya Oturma	33.0	49.0	16.0		Karaya Oturma	6.0	44.0	38.0
	Batma	17.0	26.0	9.0		Batma	3.0	22.0	19.0
Vardiya Planlaması (Uyumsuz)	Çatma	39.0	46.0	7.0	Gemi Hareketini Engelleyen Uyumsuzluk ve Arızalar (Var)	Çatma	35.0	51.0	16.0
	Çatışma	45.0	52.0	7.0		Çatışma	45.0	53.0	8.0
	Karaya Oturma	39.0	46.0	7.0		Karaya Oturma	35.0	51.0	16.0
	Batma	20.0	24.0	4.0		Batma	15.0	29.0	14.0
Gemiadamlarının Performans ve Kalite Standartlarının Takibi (Yetersiz)	Çatma	33.0	51.0	18.0	Konumsal Kısıtlamalar (Var)	Çatma	29.0	60.0	31.0
	Çatışma	39.0	57.0	18.0		Çatışma	33.0	69.0	36.0
	Karaya Oturma	33.0	51.0	18.0		Karaya Oturma	29.0	60.0	31.0
	Batma	17.0	26.0	9.0		Batma	15.0	31.0	16.0
Durumsal Farkındalık (Eksik)	Çatma	27.0	52.0	25.0	Gün Durumu (Gece)	Çatma	41.0	44.0	3.0
	Çatışma	31.0	59.0	28.0		Çatışma	48.0	49.0	1.0
	Karaya Oturma	27.0	52.0	25.0		Karaya Oturma	41.0	44.0	3.0
	Batma	14.0	27.0	13.0		Batma	14.0	27.0	13.0
Stres (Var)	Çatma	33.0	49.0	16.0	Gemi Tipi (Konteyner, RoRo)	Çatma	36.0	47.0	11.0
	Çatışma	38.0	55.0	17.0		Çatışma	41.0	54.0	13.0
	Karaya Oturma	33.0	49.0	16.0		Karaya Oturma	36.0	47.0	11.0
	Batma	17.0	25.0	8.0		Batma	18.0	24.0	6.0

Tablo 53'ün devamı

İş Yüğü (Aşırı)	Çatma	37.0	47.0	10.0
	Çatışma	42.0	54.0	12.0
	Karaya Oturma	37.0	47.0	10.0
	Batma	19.0	24.0	5.0

SB için oluşturulmuş Kaza ağında (Şekil 34), Organizasyonel Etkiler seviyesinde, Kişisel Eğitimin yetersizliği (% 81), niteliksiz Personel Atama (% 63) ve Emniyet Kültürünün benimsenmemiş olması (% 6) kaza olasılığını en çok arttıran düğümlerdir. Emniyetsiz Denetim seviyesindeki en etkili düğümler; yetersiz yapılan İç ve Dış Denetimler (% 57), Gemiadamlarının Performans ve Kalite Standartlarının yetersiz takibi (% 54), emniyetsiz Manevra ve Operasyon Planlaması (% 46), yetersiz Planlı Bakımdır (% 43). Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Ön Koşullar seviyesi altındaki; Durumsal Farkındalık eksikliği (% 56), İlaç Alkol ve Uyuşturucu etkisi altındayken çalışmak (% 54), Stres altında çalışmak (% 53), İletişim ve Koordinasyon eksikliği (% 50), Yönetim, Liderlik ve Rehberliğin eksik yapılması (% 49), Teknoloji ve Arayüz Arızaları (% 49) en etkili düğümlerdir. Emniyetsiz Eylemler seviyesinde sırasıyla; Algısal Hatalar (% 60), Karar Temelli Hatalar (% 58) ve İhlaller (% 55), Tetikleyici Emniyetsiz Eylemlerin oluşumunu en çok etkileyen düğümlerdir. Operasyonel Koşullar seviyesindeki en etkili düğümler; Seyir Türü (kanal, merkez sektör, % 89), Trafik Yoğunluğu (% 85), Konumsal Kısıtlamalar (gemi tipi, boyu ve GTH sektörüne bağlı olarak, % 78), Gün Durumu (gece, % 66) ve Gemi Hareketini Engelleyen Uygunsuzluk ve Arızalardır (% 42) (Şekil 34). Bu düğümlere duyarlılık analizi uygulanmıştır. SB Kaza ağındaki düğümlerin ilk durumuna göre kazalara ait son olasılıklar; çatma % 43, çatışma % 48, karaya oturma % 43 ve batma % 21'dir (Şekil 34). Aşağıda her seviyedeki en etkili düğümlerin duyarlılık analizi sonuçları sunulmuştur.



Şekil 34. Singapur Boğazı için oluşturulmuş Kaza (Bayes) ağı yapısı

SB duyarlılık analizi sonuçlarına göre, Personel Atama, Organizasyonel Etkiler seviyesi altındaki en etkili düğümdür. Niteliksiz Personel Atama; çatışma kazalarını ($\pm\%$ 18), çatma ve karaya oturma kazalarını $\pm\%$ 17, batma kazalarını ise $\pm\%$ 10 etkilemektedir (Tablo 54). İkinci en etkili düğüm olan Kişisel Eğitim, SB’nda en çok çatışma kazalarını ($\pm\%$ 10), ardından eşit oranla ($\pm\%$ 9) çatma ve karaya oturma kazalarını son olarak da batma kazalarını ($\pm\%$ 5) etkilemektedir. Bu sonuç; incelenen dar suyuollarında niteliksiz Personel Atama ve yetersiz Kişisel Eğitimin kazaların oluşumuna zemin hazırlayan önemli bir gizli kusurlar olabileceğini desteklemiştir. Emniyet Kültürü düğümü SB’nda meydana gelen çatma, çatışma ve karaya oturma kazalarında $\pm\%$ 5, batma kazalarında ise $\pm\%$ 3 değiştirici etkiye sahiptir (Tablo 54). Emniyet Kültürü düğümünün SB’nda kazalara etkisi ile İB’ndaki duruma paralellik göstermektedir.

Emniyetsiz Denetim seviyesinde duyarlılık analizi sonuçları en yüksek olan düğüm Gemiadamlarının Performans ve Kalite Standartlarının yetersiz takibidir. Bu düğüm çatma, çatışma ve karaya oturma kazalarını $\pm\%$ 21, batma kazalarını ise $\pm\%$ 11 etkilemektedir. Etkinlik oranları farklılık gösterse de incelenen dar suyuollarının tümünde gemiadamlarının görev başındayken performanslarının takibi son derece önemlidir. Emniyetsiz Denetim seviyesindeki ikinci en etkili düğüm, İç ve Dış Denetimler; çatışmaları $\pm\%$ 19, çatmaları $\pm\%$ 18, karaya oturmaları $\pm\%$ 18 ve batma kazalarını $\pm\%$ 11 etkilemektedir (Tablo 54). Yetersiz iç ve dış denetimlerin incelenen dar suyuollarındaki kazalara temel etkisi denetim ve kontrol mekanizmasının bozulmasıdır. Bunun sonucunda bireylerin iş disiplini ve emniyetli operasyon talimatlarını uygulama becerisi olumsuz etkilenmektedir. İncelenen diğer dar suyuollarından farklı olarak emniyetsiz Manevra ve Operasyon Planlaması SB’nda; çatma, çatışma ve karaya oturma kazalarında $\pm\%$ 14, batma kazalarında ise $\pm\%$ 7 etkiye sahiptir (Tablo 54). SB’nda demir bölgesinde meydana gelen kazalar çoğunlukla kılavuzsuz operasyonlar esnasında meydana gelmektedir. Herhangi bir dar suyuolunda kılavuzsuz operasyon (geçiş veya demirleme) planlandığında, gemi personeline özellikle gemi kaptanı ve vardiyadaki zabitte aşırı iş yükü oluşabileceğine dikkat edilmelidir.

Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Ön Koşullar seviyesindeki en etkili düğüm olan Durumsal Farkındalık eksikliği sırasıyla; çatışma ($\pm\%$ 31), çatma ($\pm\%$ 28), karaya oturma ($\pm\%$ 28) ve batma ($\pm\%$ 14) kazalarında etkilidir. Gemiadamlarının Stres altında çalışması, çatışma kazalarını $\pm\%$ 20, çatma kazalarını $\pm\%$ 18, karaya oturma kazalarını $\pm\%$ 18 ve batma kazalarını $\pm\%$ 10 etkilemektedir. Benzer şekilde, Gemiadamlarının İlaç, Alkol veya Uyuşturucu Etkisindeyken görev başında olması, çatışma kazalarını $\pm\%$ 18, çatma ve karaya

oturma kazalarını $\pm\%$ 17 ve batma kazalarını $\pm\%$ 9 etkilemektedir (Tablo 54). Stres, ilaç, uyuşturucu veya alkol etkisi gibi etmenler durumsal farkındalığı direkt etkilediğinden tüm dar suyollarında ve gemi operasyonlarında emniyeti olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle incelenen dar suyollarında ve Kaza ağlarında da bu düğümler yüksek etkiye sahiptir.

Emniyetsiz Eylemler seviyesi altındaki Karar Temelli Hatalar en etkili düğümdür; SB'ndaki çatışma kazalarını $\pm\%$ 45, çatmaları $\pm\%$ 41, karaya oturmaları $\pm\%$ 41 ve batmaları $\pm\%$ 21 etkilemektedir. İncelenen diğer dar suyollarından farklı olarak SB'nda ikinci en etkili düğüm İhlaller düğüdür ve Algısal Hatalardan daha etkilidir. İhlaller sırasıyla, çatışma kazalarını $\pm\%$ 42, çatma ve karaya oturma kazalarını $\pm\%$ 38 ve batmaları $\pm\%$ 19 etkilemektedir (Tablo 54). Diğer dar suyollarında olduğu gibi Karar Temelli Hatalara zemin hazırlayan Algısal Hatalar düğümü üçüncü en etkili düğüdür. Algısal Hatalar, en yüksek çatışma kazalarında ($\pm\%$ 36), ardından çatma ($\pm\%$ 33), karaya oturma ($\pm\%$ 33) ve batma ($\pm\%$ 17) kazalarında etkilidir (Tablo 54). Algı hatalarının etkinliği açısından incelenen dar suyolları benzerdir.

İB ve DB'na ait Kaza ağlarında olduğu gibi SB'nda da Operasyonel Koşullar altında; Seyir Türü düğümü en etkili olandır. İB'na benzer şekilde SB'nda da seperasyon hattı çevresinde, yoğunlukla merkez sektörde demir yerleri mevcuttur. Demirleme operasyonları, aşırı yoğunluktan dolayı, kılavuzlu olarak yapılmaktadır. SB'nda demir yerlerinin varlığı ve yoğunluğuna rağmen en riskli seyir türü kanal seyridir. Bu durum kılavuz ile demirlemenin demir bölgelerinde emniyeti belli ölçüde arttırabildiğinin göstergesidir. Seyir Türü düğümü SB'nda meydana gelen çatışma kazalarında $\pm\%$ 23, çatma ve karaya oturma kazalarında $\pm\%$ 21 ve batma kazalarında $\pm\%$ 10 etkilidir (Tablo 54). Seyir Türü açısından en riskli koşul, DB'nda olduğu gibi merkez sektörde kanal seyridir. Emniyetli suyun dar olması, manevra alanının kısıtlı olması emniyetli seyrin önündeki en önemli potansiyel tehditlerdir. SB Kaza ağında, Operasyonel Koşullar seviyesi altındaki en etkili ikinci düğüm Konumsal Kısıtlamalardır. Etki büyüklüklerinin ($\pm\%$) kaza türü üzerindeki dağılımı Seyir Türü düğümü ile aynıdır (Tablo 54). SB'nda Gemi Boyu (301m üzeri) ve Gemi Tipi (kuru yük, tanker) koşulları tüm kaza türleri için olasılığı arttırmaktadır ($\pm\%$ 6-13). Gemi Hareketini Engelleyen Uygunsuzluk ve arızalar; çatma ve karaya oturma kazalarını $\pm\%$ 18, batma kazalarını $\pm\%$ 15, çatışma kazalarını ise $\pm\%$ 9 etkilemektedir (Tablo 54). Gemi Boyu, Gemi Tipi, Gemi Hareketini Engelleyen Uygunsuzluk ve Arızalar düğümlerinin kaza türleri üzerindeki etki dağılımı İB ve DB ile kısmen benzerdir. Son olarak, Gün Durumu düğümü SB'ndaki batma kazalarını $\pm\%$ 14, çatma, çatışma ve karaya oturmaları $\pm\%$ 4 etkilemektedir.

İncelenen üç dar suyolunda geçiş operasyonunun gece yapılmasından kaynaklı görsel olumsuzluklar en çok SB'ndaki kazalarda etkilidir.

Tablo 54. Singapur Boğazı Kaza ağındaki en etkili düğümlerin duyarlılık analizi sonuçları

Düğüm		Sıfır	Yüz	Değişim	Düğüm		Sıfır	Yüz	Değişim
Değişken	Kontrol	(%)	(%)	(%)	Değişken	Kontrol	(%)	(%)	(%)
Kişisel Eğitim (Yetersiz)	Çatma	36.0	45.0	9.0	Algısal Hatalar (Var)	Çatma	24.0	57.0	33.0
	Çatışma	40.0	50.0	10.0		Çatışma	27.0	63.0	36.0
	Karaya Oturma	26.0	45.0	19.0		Karaya Oturma	24.0	57.0	33.0
	Batma	17.0	22.0	5.0		Batma	11.0	28.0	17.0
Personel Atama (Niteliksiz)	Çatma	33.0	50.0	17.0	Karar Temelli Hatalar (Var)	Çatma	20.0	61.0	41.0
	Çatışma	37.0	55.0	18.0		Çatışma	22.0	67.0	45.0
	Karaya Oturma	33.0	50.0	17.0		Karaya Oturma	20.0	61.0	41.0
	Batma	15.0	25.0	10.0		Batma	9.0	30.0	21.0
Emniyet Kültürü (Benimsenmemiş)	Çatma	40.0	45.0	5.0	İhlaller (Var)	Çatma	23.0	61.0	38.0
	Çatışma	45.0	50.0	5.0		Çatışma	25.0	67.0	42.0
	Karaya Oturma	40.0	45.0	5.0		Karaya Oturma	23.0	61.0	38.0
	Batma	19.0	22.0	3.0		Batma	11.0	30.0	19.0
İç ve Dış Denetimler (Yetersiz)	Çatma	33.0	51.0	18.0	Seyir Türü (Kanal)	Çatma	25.0	46.0	21.0
	Çatışma	38.0	57.0	19.0		Çatışma	28.0	51.0	23.0
	Karaya Oturma	33.0	51.0	18.0		Karaya Oturma	25.0	46.0	21.0
	Batma	15.0	26.0	11.0		Batma	12.0	22.0	10.0
Gemiadamlarının Performans ve Kalite Standartlarının Takibi (Yetersiz)	Çatma	32.0	53.0	21.0	Trafik Yoğunluğu (Yüksek)	Çatma	42.0	47.0	5.0
	Çatışma	37.0	58.0	21.0		Çatışma	47.0	53.0	6.0
	Karaya Oturma	32.0	53.0	21.0		Karaya Oturma	42.0	47.0	5.0
	Batma	15.0	26.0	11.0		Batma	20.0	22.0	2.0
Manevra ve Operasyonların Planlaması (Emniyetsiz)	Çatma	37.0	51.0	14.0	Konumsal Kısıtlamalar (Var)	Çatma	35.0	56.0	21.0
	Çatışma	42.0	56.0	14.0		Çatışma	39.0	62.0	23.0
	Karaya Oturma	37.0	51.0	14.0		Karaya Oturma	35.0	56.0	21.0
	Batma	18.0	25.0	7.0		Batma	17.0	27.0	10.0
Durumsal Farkındalık (Eksik)	Çatma	28.0	56.0	28.0	Gemi Hareketini Engelleyen Uygunsuzluk ve Arızalar (Var)	Çatma	36.0	54.0	18.0
	Çatışma	31.0	62.0	31.0		Çatışma	45.0	54.0	9.0
	Karaya Oturma	28.0	56.0	28.0		Karaya Oturma	36.0	54.0	18.0
	Batma	13.0	27.0	14.0		Batma	15.0	30.0	15.0
İlaç Alkol ve Uyuşturucu Etkisi (Var)	Çatma	34.0	51.0	17.0	Gün Durumu (Gece)	Çatma	41.0	45.0	4.0
	Çatışma	39.0	57.0	18.0		Çatışma	46.0	50.0	4.0
	Karaya Oturma	34.0	51.0	17.0		Karaya Oturma	41.0	45.0	4.0
	Batma	16.0	25.0	9.0		Batma	12.0	26.0	14.0
Stres (Var)	Çatma	34.0	52.0	18.0					
	Çatışma	38.0	58.0	20.0					
	Karaya Oturma	34.0	52.0	18.0					
	Batma	16.0	26.0	10.0					

Dar suyuollarının ortak yönlerini değerdendirebilmek için incelenen üç dar suyuoluna ait Kaza ağıları ve duyarlılık analizi sonuçları birlikte değerdendirilmiştir. Üç dar suyuolunda da etki büyüklükleri değışmesine rağmen en etkili HOF'lar ve birbirleriyle ilişkisi benzerlik göstermektedir. Bu ilişkiyi açıklayabilmek için öncelikle dar suyuollarında kaza oluşum örgüsünü HFACS-PV seviyeleri uyarınca işleyen bir reaksiyonlar zinciri olarak düşünmek gerekmektedir. Reaksiyonun başlangıcında Organizasyonel Etkiler seviyesinde; Eğitim, Aşinalık ve Emniyet Kültürü yetersiz personelin gemiye atanması, artan gemi sayısı ve yoğunlaşan trafikten dolayı emniyetli suyuolu-demir-drift bölgelerinin yetersiz kalması bulunmaktadır. Bu elementler Emniyetsiz Denetim seviyesindeki; yetersiz İç ve Dış Denetimler, Gemiadamlarının Performansının Takip edilmemesi ve Emniyetsiz Operasyon Planlaması elementlerini meydana getirmektedir. Ardından bunların etkisiyle, Emniyetsiz Eylemleri Hazırlayan Ön Koşullar seviyesindeki; yetersiz Yönetim, Liderlik, Rehberlik ve yetersiz İletişime bağlı olarak Durumsal Farkındalık eksikliği ortaya çıkmaktadır. İncelenen dar suyuollarında reaksiyonun gizli kusurlar kısmı bu şekilde tamamlanmaktadır. Bunu takiben aktif hatalar olan Karar Temelli Hatalar ve İhlaller gemiadamları tarafından yapılmaktadır. HOF'ların dar suyuollarındaki kazalarda genel oluşum örgüsü bu şekildedir. Bu faktörler elverişli Operasyonel Koşullar olarak adlandırabileceğimiz; riskli Gemi Tipi, riskli GTH Sektörü, olumsuz Hava, Deniz ve Görüş koşullarında meydana geldiğinde, reaksiyon için uygun ortam da hazır olmaktadır. Bu kombinasyon sonucunda ise incelenen tüm dar suyuollarında kaza oluşumu kaçınılmazdır. Bu çalışmada sunulan tüm Kaza ağıları bu genel prensibe göre çalışmaktadır.

3.4. Kaza Ağı Örnek Uygulama

Çalışmanın bu aşamasında Kaza ağıının herhangi bir dar suyuolunda potansiyel kullanıcılar (gemi kaptanları, deniz trafik operatörleri vb.) tarafından kullanımının nasıl olacağı ve ağıın nasıl bir dinamizmi olduğu açıklanmıştır. Bunun için örnek Kaza ağı olarak İB seçilmiştir. Olası 3 farklı gemi geçiş senaryosu üzerinden ağı çalıştırılarak sonuçların karşılaştırması sunulmuştur. Senaryo uyarınca; İB'ndan geçiş yapmak isteyen ve 25.04.2021 tarihinde boğazın güney girişine (sektör Kadıköy) tahmini olarak sabah saat 10:00'da (yerel saat, YS) varacak olan üç farklı gemi (Gemi A, B, C) olduğunu var sayalım. İlgili tarih ve saatte İB'nda hava, deniz durumu ve gemiler hakkında detaylı bilgi Tablo 55'de sunulmuştur.

Tablo 55. İstanbul Boğazı örnek senaryo ile ilgili bilgiler

Gemi adı	A Gemisi	B Gemisi	C Gemisi
Gemi tipi	Kuru yük	Tanker	Kuru yük
Gemi boyu (m)	115	120	212
Gemi yaşı	12	8	20
Seyir türü	Kanal	Kanal	Kanal
	Demir	Demir	Demir
GTH sektörü	Kadıköy	Kadıköy	Kadıköy
Yerel trafik	Yüksek	Yüksek	Yüksek
Transit trafik	Orta	Orta	Orta
Liman trafiği	Orta	Orta	Orta
Sığ su	Yok	Yok	Yok
Keskin dönüş	Yok	Yok	Yok
Dar kanal yapısı	Yok	Yok	Yok
Gün durumu	Gündüz	Gündüz	Gündüz
Görüş	İyi	İyi	İyi
Hava-Deniz durumu	4/3	4/3	4/3

Tablo 55’deki değerler üç gemi için de ayrı ayrı Genie 3.0 yazılımı kullanılarak Kaza ağına girilmiş ve ağlar çalıştırılmıştır. HFACS-PV’nin ilk 4 seviyesindeki HOF’lar senaryoların hepsinde sabit olarak alınmıştır. Gizli kusurlar olarak da adlandırılan; Organizasyonel Etkiler, Emniyetsiz Denetim ve Emniyetsiz Eylemler son olasılıkları Şekil 32’deki sonuçlar ile aynıdır. Bu nedenle A, B ve C gemileri için ağ sonuçları sunulurken Emniyetsiz Eylemler (aktif hatalar), Operasyonel Koşullar ve kaza düğümlerine etkisi sunulmuştur. Aynı gemilerin boğaza ulaştıktan sonra direkt giriş ilerlemeleri ve 12 saat demirde kalıp gece (22:00 YS) geçiş yapmaları durumunda kaza olasılıklarındaki değişim ortaya konmuştur (Tablo 56). Tüm senaryolarda Yerel Trafik, Transit Trafik ve Liman Trafiği düğümlerine koşullar (Tablo 55) girildikten sonra, İB’ndaki genel Trafik Yoğunluğu % 86 yüksek olarak çıkmıştır (Tablo 56). Üç senaryoda da Gemi Yaşı durumları İB Kaza ağına girildikten sonra Gemi Hareketini Engelleyen Uygunsuzluk ve Arızalar düğümünün olasılığı A gemisi için % 52, B gemisi için % 27 ve C gemisi için % 74 olarak hesaplanmıştır (Tablo 56). Çalışmanın sonuçları ve uzman görüşleri gemi ana donanımlarındaki arıza ve aksaklıkların meydana gelme sıklığının geminin yaşı ile ilişkili olduğunu gösterdiğinden bu sonuç ağın yaş faktörünü doğru entegre ettiğini göstermektedir.

İlk olarak, gemilerin direkt İB girişine ilerlemeleri durumunda Sektör Kadıköy içerisindeki kaza olasılıkları belirlenmiştir (Tablo 56, Direkt giriş durumu). Görüş, Gemi Hareketini Engelleyen Dış Koşullar ve Gün Durumu koşulları Tablo 55’deki gibi girildiğinde, Hava, Deniz ve Görüş koşullarının genel durumu kötü (% 59) olarak çıkmıştır (Tablo 56, Direkt giriş durumu). Birinci senaryo sonuçlarına göre, gemilerin genel kaza

olasılıkları sıralaması C gemisi>A gemisi>B gemisi şeklindedir. Gemi tipi ve yaşının farklı olduğu A-B gemileri incelendiğinde; A gemisi için Gemi Hareketini Engelleyen Arızaların görülebilme olasılığı B gemisine göre % 25 daha fazladır. Benzer şekilde Gemi Boyu ve Yaşının farklı olduğu A-B gemileri incelendiğinde; C gemisi için Gemi Hareketini Engelleyen Arızaların görülebilme olasılığı A gemisine göre % 22 daha fazladır (Tablo 56, Direkt giriş durumu). Gemilerin yaşı arttıkça diğer koşullar sabit olduğunda arıza ve aksaklık ihtimali artmaktadır. Ağın analitik olarak sunabildiği bu sonuç hem literatürdeki çalışmalarla (Saralioğlu vd., 2020; Ö. Uğurlu vd., 2020), hem de bu çalışmanın sonuçlarıyla tutarlılık göstermektedir. Konumsal Kısıtlamalardan kaynaklanan olumsuzlukların en çok etkileyeceği gemi ise C gemisidir, bunun temel nedeni diğer faktörler sabit olduğunda gemi büyüklüğü arttıkça dar suyollarında emniyetli manevra alanının kısıtlanmasıdır. Gemi tipleri farklı olsalar dahi, Trafik Yoğunluğu, Gemi Boyu, Sıklık gibi koşullar sabit olarak alındığından A ve B gemileri için Konumsal Kısıtlamalardan kaynaklanan olumsuzluklar aynı orandadır. Kazalara ait çocuk düğümler incelendiğinde; C gemisi en riskli gemidir ve tüm kaza türleri için, A gemisinden % 10-15 arası, B gemisinden ise % 13-17 arası daha risklidir (Tablo 56, Direkt giriş durumu). Kaza ağının bu şekilde çalışmasının nedeni, veri setindeki kuru yük gemilerinin tanker gemilerine, yaşlı gemilerin daha genç gemilere göre daha sık kaza yapmış olmasıdır.

İkinci senaryo, gemilerin direkt boğaz girişine ilerlemeyip 10 saat demirlemeleri durumundaki kaza olasılıklarıdır. İlk senaryodakine benzer şekilde hava, deniz ve görüş koşullarının genel durumu kötüdür (% 59) (Tablo 56, Demirlediğindeki durum). Demirleme durumunda genel kaza olasılıklarının sıralaması, birinci senaryodaki gibi C gemisi>A gemisi>B gemisi şeklindedir (Tablo 56, Demirlediğindeki durum). Bu senaryoda gemilerin birbirine göre durumları değil, her geminin bir önceki senaryoya göre durumunun incelenmesi daha kullanışlı bir yaklaşımdır. Böylelikle ilgili geminin demirlemesi veya direkt geçmesinin kazalara ve Operasyonel Koşullara etkisi yorumlanabilir. Sektör Kadıköy içerisindeki kuru yük demir bölgesi diğer bölgelere göre daha yoğun olduğundan A gemisinin (+% 9-17) ve C gemisinin (+% 4-7) tüm kaza türleri için olasılıkları direkt geçiş senaryosuna göre daha fazladır. Tanker gemisi olan B gemisi için ise demirde kaza olasılığı kanal seyri yaparken ki kaza olasılığına göre % 1-2 daha düşüktür (Tablo 56, Demirlediğindeki durum). Bunun temel nedeni tanker gemilerinin demirleme operasyonu ve demir suresince kuru yük gemilerine oranla daha nadir kaza yapmış olmasıdır. İB’nda kuru

yük demir bölgesinde kaza ve kazaya yakın olayların sıklığı literatürde de vurgulanmıştır (Arslan ve Turan, 2009; Aydogdu, 2014; Aydogdu vd., 2012).

Üçüncü senaryo gereğince gemilerin birinci senaryodaki aynı koşullarda ancak bu defa gece, Sektör Kadıköy'deki kaza olasılıkları incelenmiştir. İlk iki senaryodan farklı olarak Gün Durumu düğümünün gece koşulu girilerek hesaplandığında Hava, Deniz ve Görüş koşullarının genel durumu % 84 kötü olarak hesaplanmıştır (Tablo 56, Demirden sonra gece giriş). Bu durum gece operasyonları açısından İB'nin oldukça riskli olduğunu bir kez daha ortaya koymaktadır. Bu senaryo ile gündüz geçiş yapacak bir geminin geceye kalması ya da gece boğaz girişinde olacak bir geminin sabaha bırakılması halinde nasıl bir etkisi olacağının ortaya konması amaçlanmıştır. Her gemiye ait kaza olasılıkları, o geminin ilk senaryodaki kaza olasılıkları ile karşılaştırılmıştır. Gece geçişin en tehlikeli olduğu gemi C'dir (+% 2-13). C gemisi için en olası kaza türü ise batma (+% 13) kazasıdır. Yaşlı ve büyük bir gemi olduğundan Sektör Kadıköy içerisinde, C gemisinde meydana gelebilecek herhangi bir arıza durumunun kaza ile sonuçlanma ihtimali % 42-54 arası olarak görülmektedir. C gemisini sırasıyla A gemisi (+% 1-8) ve B gemisi (+% 2-7) takip etmektedir. İB'nda gece olasılığı en çok yükselen (+% 7-13) kaza türü üç senaryoda da batma kazalarıdır (Tablo 56, Demirden sonra gece giriş). Literatürden farklı olarak bu çalışmanın dar su yollarındaki kazalar ile ilgili sonuçları özellikle demir yerlerinde, keskin dönüş noktalarında, trafik düzeni katılış ayrılış kısımlarında sahil ışıkları ve diğer gemilerin ışıklarının görsel algıyı olumsuz etkilediğini göstermiştir. Kaza ağının örnek uygulamaları da bunu desteklemektedir.

Tablo 56. Senaryoların ağda uygulanmasıyla elde edilen sonuçlar

Düğüm	Direkt Giriş Durumu			Demirlediğindeki Durum			Demirden Sonra Gece Giriş		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
	Olasılık (%)	Olasılık (%)	Olasılık (%)	Olasılık (%)	Olasılık (%)	Olasılık (%)	Olasılık (%)	Olasılık (%)	Olasılık (%)
GTH Sektörü	Kadıköy: 100,0			Kadıköy: 100,0			Kadıköy: 100,0		
Gün Durumu	Gündüz: 100,0			Gündüz: 100,0			Gece: 100,0		
Seyir Türü	Kanal: 100,0			Demir: 100,0			Kanal: 100,0		
Tetikleyici Emniyetsiz Eylem	Var: 69,0			Var: 69,0			Var: 69,0		
Görüş	İyi: 100,0			İyi: 100,0			İyi: 100,0		
Sığ Su	Yok: 100,0			Yok: 100,0			Yok: 100,0		
Keskin Dönüş	Yok: 100,0			Yok: 100,0			Yok: 100,0		
Dar Kanal Yapısı	Yok: 100,0			Yok: 100,0			Yok: 100,0		
Yerel Trafik	Yüksek: 100,0			Yüksek: 100,0			Yüksek: 100,0		
Transit Trafik	Orta: 100,0			Orta: 100,0			Orta: 100,0		

Tablo 56'nın devamı

Liman Trafiği	Orta: 100,0			Orta: 100,0			Orta: 100,0		
Geminin Hareketini Engelleyen Dış Koşullar	Var: 100,0			Var: 100,0			Var: 100,0		
Gemi Tipi	Kuru yük: 100,0	Tanker: 100,0	Kuru yük: 100,0	Kuru yük: 100,0	Tanker: 100,0	Kuru yük: 100,0	Kuru yük: 100,0	Tanker: 100,0	Kuru yük: 100,0
Gemi Yaşı	11-20 arası: 100,0	10 ve altı: 100,0	21 üzeri: 100,0	11-20 arası: 100,0	10 ve altı: 100,0	21 üzeri: 100,0	11-20 arası: 100,0	10 ve altı: 100,0	21 üzeri: 100,0
Gemi Boyu	101-200m arası: 100,0	101-200m arası: 100,0	201m ve üzeri: 100,0	101-200m arası: 100,0	101-200m arası: 100,0	201m ve üzeri: 100,0	101-200m arası: 100,0	101-200m arası: 100,0	201m ve üzeri: 100,0
Hava, Deniz ve Görüş	Kötü: 59,0			Kötü: 59,0			Kötü: 84,0		
Trafik Yoğunluğu	Yüksek: 86,0			Yüksek: 86,0			Yüksek: 86,0		
Gemi Hareketini Engelleyen Uygunsuzluk ve Arızalar	Var: 52,0	Var: 27,0	Var: 74,0	Var: 52,0	Var: 27,0	Var: 74,0	Var: 52,0	Var: 27,0	Var: 74,0
Konumsal Kısıtlamalar	Var: 59,0	Var: 59,0	Var: 82,0	Var: 86,0	Var: 55,0	Var: 92,0	Var: 59,0	Var: 59,0	Var: 82,0
Çatma	33,0	31,0	48,0	48,0	29,0	55,0	35,0	33,0	51,0
Çatışma	37,0	36,0	52,0	54,0	34,0	59,0	38,0	38,0	54,0
Karaya Oturma	33,0	31,0	48,0	48,0	29,0	55,0	35,0	33,0	51,0
Batma	19,0	16,0	29,0	28,0	15,0	33,0	27,0	23,0	42,0

Çalışmanın bu bölümündeki örnek senaryolar yalnızca ağın çalışma dinamiklerini ve tutarlı sonuçlar verebildiğini ortaya koyabilmek için sunulmuştur. Geçiş veya demirleme operasyonunun özelliklerine göre bu senaryolar çeşitlendirilebilir ve detaylandırılabilir. Her bir gemi için gemiye özgü kaza olasılıkları, İB'ndaki hangi sektörün ilgili gemi için daha riskli olduğu, hangi trafik koşulunun daha riskli olduğu gibi değişim analizleri yapılabilir. Kaza ağının İB'ndaki üç senaryo için verdiği sonuçlar değerlendirildiğinde tutarlı olduğu görülmektedir. Benzer algoritmaları kullandığı için diğer iki dar su yolu için de Kaza ağlarının tutarlı sonuçlar vereceğini söyleyebilmek mümkündür. Bayes ağlarının esnek yapısı (düğüm ekleme-çıkarma, olasılıkları düzenleme) sayesinde, gemi kaptanları, denizcilik şirketleri ve ülkelerin denizcilik otoritelerinin talepleri doğrultusunda gereken optimizasyonlar yapılabilir. Örneğin İB'ndan farklı dar su yollarında bölgesel karakteristiklere uygun olarak gemi boyu, gemi tipi, hava ve deniz koşulları kaynaklı olumsuzlukların kazalara etki faktörü kolaylıkla güncellenebilmektedir.

3.5.Dar Suyollarında Riski Azaltmaya Yönelik Önlemler ve ER Yaklaşımı ile Sıralanması

Bu bölümde İB Kaza ağındaki her HFACS-PV seviyesindeki en yüksek olasılıklı 3 düğümün riskinin düşürülebilmesine yönelik RKS'leri uzman görüşleriyle belirlenmiştir. Bu önlemler tavsiye niteliğindedir ve sözel olarak ortaya konulmasının yanı sıra MCDA yöntemlerinden ER yaklaşımı ile sıralanmıştır. Bu uygulamanın amacı, ortaya konan herhangi bir önlemin kazaları meydana getiren uygunsuzluklar üzerindeki etkinliğini değerlendirebilmektir. Böylece önlemlerin sayısal da olsa bir fizibilitesi yapılmaktadır, önlemlerin birbiriyle kıyaslanması mümkün hale gelmektedir. Belirlenen tedbirler ve bu tedbirlerin etkileyebileceği düşünülen düğümler aşağıda sunulmuştur.

Öneri 1. Demir yerlerinin tekrar düzenlenmesi: İB'ndaki demir yerlerinin kıyı otoriteleri (Kıyı Emniyeti, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı), Türk Boğazları Araştırma Merkezi ve görüş sahibi diğer birimlerin ortak çalışması ile tekrar düzenlenmesidir. Bu düzenleme ile özellikle kuru yük gemilerinin demirlediği B Demir bölgesi genişletilebilir. Boğaz girişine çok yakın olan A Demir bölgesi daha neta bir pozisyona alınabilir. Bu öneride düzenlemenin nasıl yapılması gerektiği ve demir alanlarının son pozisyonlarının nasıl olması gerektiği sonuca bağlanmamıştır. Bu süreç ancak ve ancak Türk Denizciliğinin ilgili taraflarının hep birlikte katılımı ve çabasıyla yönetilip sonuçlandırılabilir. Bu uygulamada eğer demir yerleri yeniden düzenlenir ve yoğunluğu azaltılabilirse, Kaza ağındaki hangi düğümlere çözüm getirilebileceği ortaya konmuştur. Bu önerinin etkileyebileceği potansiyel düğümlerin; Ekipman ve Tesislerin Mevcudiyeti, Bölgeye Aşinalık, Operasyon Yönetimi, Trafik Yoğunluğu olduğu düşünülmüştür.

Öneri 2. Seperasyon hattının tekrar düzenlenmesi: Türk Boğazları gemi trafik düzeni (trafik ayırım hatları) 1998 tarihinde oluşturulmuştur (Gazete, 1998). Bu tarihten günümüze Türk Boğazlarında gemi trafiği artış göstermiştir. Deniz trafiğini yakından etkileyen birçok faktör de (Trafik operatörlüğü, balıkçı ve ikmal trafiği, iç hat deniz trafiği vb.) değişim göstermiştir. Bu nedenle trafik ayırım hattı özellikle Sektör Marmara-Sektör Kadıköy-Sektör Kandilli arasındaki kısımlar tekrar gözden geçirilebilirse Kaza ağındaki düğümlerden bazıları kontrol altına alınabilir. Uzman önerileri doğrultusunda bu önerinin; Ekipman ve Tesislerin Mevcudiyeti, Operasyon Yönetimi, Manevra ve Operasyon Planlaması, Hatalar, Trafik Yoğunluğu düğümlerini etkileyebileceği düşünülmüştür.

Öneri 3. Kılavuzlu seyir ve demirleme: Mevcut durumda İB geçişinde Kılavuz Kaptan alımı (200m üzeri tehlikeli yük taşıyan gemiler ve özel tip gemiler hariç) isteğe bağlıdır.

Gemilerin ikmal veya boğaz girişi beklemek için yaptığı demirlemelerde ise gemi tipine ve operasyona uygun alanlara gemiler kendileri demirlemektedirler. SB gibi seyir trafiği ve demir yerleri yoğun (gemilerin yakın demirlediği) dar suyollarında zorunlu kılavuzluk sistemi uygulanabilmektedir. Bu uygulamanın sonucu olarak operasyonlar daha kontrollü, daha profesyonel ve emniyetli yapılabilmektedir. SB’nda demir yerlerinde yaşanmış kazaların nispeten daha nadir olduğu dikkate alındığında İB’nda da benzer bir uygulamanın yararlı olabileceği düşünülmüştür. Bu nedenle bu önlem de ER yaklaşımıyla değerlendirilmiştir. Kılavuzlu seyir ve demirleme eğer hedeflendiği gibi uygulanabilirse Kaza ağındaki; Kişisel Eğitim, Ekipman ve Tesislerin Mevcudiyeti, Bölgeye Aşinalık, Operasyon Yönetimi, Manevra ve Operasyonların Planlaması, Sefer Planlaması, Durumsal Farkındalık, Yönetim, Liderlik ve Rehberlik, Hatalar, İhlaller, Hava, Deniz ve Görüş, Konumsal Kısıtlamalar düğümlerini olumlu etkileyebilir.

Öneri 4. Hazırda römorkör: Bu öneri İB’nda kanal seyri esnasında ani olarak ortaya çıkabilecek uygunsuzlukları kontrol altında tutabilmek amacına yöneliktir. İB’nda her sektör içerisinde keskin dönüşler, akıntı rejiminin düzensiz olduğu noktalar bulunmaktadır. Bu noktalarda ani olarak ortaya çıkan arıza ve aksaklıklar kaza oluşumlarını direkt olarak etkilemektedir. Bunu önlemeye yönelik olarak, riskli gemi (yaşlı, tam boyu 200metre üzeri, kuru yük vb.) geçişleri esnasında boğazın tehlikeli noktalarına (Kandilli ve Yeniköy dönüşü vb.) yakın bölgelerde hazırda römorkör bekletilebilir. Arıza ortaya çıktığı anda gemiye doğru harekete geçerek kazayı engelleyebilir veya kaza sonucunun boyutunu düşürebilir. Her iki durumda da riskin azaltılmasında önemli rol oynamış olur. Bu önlemin hedeflendiği gibi uygulanması halinde etkileyebileceği düğümler; Gemi Hareketini Engelleyen Uygunsuzluk ve Arızalar, Konumsal Kısıtlamalar, Geminin Hareketini Engelleyen Dış Koşullardır.

Öneri 5. Boğaza spesifik, sertifikalı eğitim: Kıyı devleti tarafından zorunlu tutulmamakla birlikte, birçok uluslararası denizcilik şirketi SB’nda çalışacak gemi kaptanlarına sertifikalı eğitim aldırılmaktadır. Bu eğitim sayesinde gemi kaptanları bölgeye gitmeden önce, trafik düzeninin işleyişini, raporlama sistemlerini, hava, deniz koşullarını, konumsal dinamikleri (dar, geniş noktalar, keskin dönüşler vb.) bölgenin uzmanı olan kılavuz kaptanlardan öğrenmektedir. Bu uygulamanın teşvik edilmesi ve uygulama alanının genişletilmesi halinde İB’nda Kaza ağı yapısındaki; Ekipman ve Tesislerin Mevcudiyeti, Bölgeye Aşinalık, Emniyet Kültürü, Operasyon Yönetimi, Bilinen Problemin Çözülmesi, Durumsal Farkındalık, Yönetim, Liderlik ve Rehberlik, İletişim ve Koordinasyon, Hatalar, İhlaller, Hava, Deniz ve Görüş, Konumsal Kısıtlamalar düğümlerine olumlu etki olacağı

öngörülmektedir. Bu nedenle uzmanlar tarafından yapılan bu öneri de ER ile değerlendirilmiştir.

Öneri 6. Dinamik risk değerlendirme modülünün kullanılması: Bu öneri, çalışmada sunulan, Kaza ağı yapısının bir risk değerlendirme modülü olarak kullanılmasını önermektedir. Bu sayede gemi kaptanları ve deniz trafik operatörleri geçiş veya demirleme operasyonunda gemiye ait kaza olasılıklarının değişimini gözlemleyebilecektir. Hangi düğümlerin gemi için daha büyük risk oluşturabileceğinin farkında olabilecektir. Ağın sonuçlarından, ilgili gemi için römorkör refakati gerekir mi, sürat sınırlaması veya pilotaj tavsiyesinde bulunulabilir, geceden gündüze veya tersi demirleme yapılması gerekir mi gibi operasyonel kararlarda destek alabilecektir. Kaza ağı'nın hedeflendiği şekilde kullanılması durumunda; Bölgeye Aşinalık, Emniyet Kültürü, Operasyon Yönetimi, Gözden Geçirme ve Kontrol, Uygunsuz Planlanmış Operasyonlar, Bilinen Problemin Çözülmesi, Durumsal Farkındalık, Yönetim, Liderlik ve Rehberlik, İletişim ve Koordinasyon, Hatalar, İhlaller, İç Koşullar, Konumsal Kısıtlamalar düğümlerine olumlu etkisi olabileceği düşünülmektedir.

Öneri 7. Boğaz trafiğinin uzaktan görüntüleme sistemleri ile görsel takibi: İncelenen dar su yollarının tümünde gemi trafik alanı radar aracılığı ile izlenmektedir. Bunun yanı sıra AIS kullanılarak da elektronik harita üzerinden gemilerin hareketleri takip edilmektedir. Bu iki sistem hem bölgeden geçiş yapan gemi kaptanları hem de trafiği düzenleyen deniz trafik operatörleri için son derece kullanışlıdır. Ancak bu sistemler iki boyutlu sistemlerdir ve her iki sistemin de dezavantajları mevcuttur. Küçük teknelerin radarda görece olarak daha zor fark edilmesi, hava şartlarının radar performansını direkt olarak etkilemesi radar sisteminin dezavantajlarından bazılarıdır. Tüm gemilerin AIS ile donatılmamış olması ya da çeşitli nedenlerle kapalı tutması, AIS pozisyonu ile gerçek pozisyon arasında kaymaların olması ise elektronik harita ile izlemenin dezavantajlarına örnektir. Bu nedenle günümüzde gelişen uzaktan algılama ve görüntüleme teknolojileri (uydu, 5. nesil baz istasyonları (5G), mobil teknolojiler, kameralar ve bulut sistemleri) kullanılarak trafik alanının 7/24 üç boyutlu izlenmesi mümkündür. Böyle bir sistem sadece seyir emniyetini değil, çevre emniyetini de arttırmada büyük rol üstlenecektir. Bu nedenle, İB'nın uzaktan görüntüleme teknolojileri ile sürekli görsel takibinin kazaları nasıl etkileyeceği de ER yaklaşımı ile incelenmiştir. Bu önerinin olumlu etkileyebileceği düğümler; Operasyon Yönetimi, Gözden Geçirme ve Kontrol, Manevra ve Operasyonların Planlaması, Sefer Planlaması, Bilinen Problemin Çözülmesi, İletişim ve Koordinasyon, İhlaller ve Trafik Yoğunluğudur.

Öneri 8. Gemiye spesifik, sertifikalı eğitim: Köprüüstü ve makine dairesi takım üyelerine gemiye katılım öncesi aşinalık eğitimi verilmesini önermektedir. Benzer eğitim programları sertifikasız olarak günümüzde birçok denizcilik şirketi tarafından uygulanmaktadır. Denizcilik şirketlerinin eğitim departmanları tarafından verilecek ve belli aralıklarla yenilemeye tabi tutulacak eğitimler takım üyelerinin aşinalığını arttıracaktır. Bu eğitimlerde sadece gemideki ekipmanların kullanımı değil, geminin önceki liman devleti ve iç denetim uygunsuzlukları, önceki yaşadığı kaza ve kazaya yakın olaylara da yer verilmelidir. Bu öneri, gemiye aşinalık eksikliği ve BRM temelli uygunsuzlukların azaltılmasını hedeflemektedir. Gemiye spesifik eğitimlerin; Kişisel Eğitim, Gemiye Aşinalık, Operasyon Yönetimi, Gözden Geçirme ve Kontrol, Uygunsuz Planlanmış Operasyonlar, Durumsal Farkındalık, Yönetim, Liderlik ve Rehberlik, İletişim ve Koordinasyon, Hatalar, İç Koşullar, Konumsal Kısıtlamalar düğümlerini olumlu etkileyebileceği düşünülmektedir.

Öneri 9. Kaptanın boğazdan yıllık geçiş sayısına göre kılavuzsuz seyir: Günümüzde İB’ndan geçiş yapacak bir gemi riskli gemilerden (200m’den uzun, tehlikeli yük taşıyan vb.) değilse, kılavuzsuz geçiş hakkı gemi kaptanının tercihinin bırakılmıştır. Ekonomik kaygılar, operasyon hızının yüksek tutulması gibi nedenlerle 2020 yılında geçiş yapan gemilerin yalnızca yarısı kılavuz kaptan almıştır (UAB, 2020). Bu öneride alternatif olarak geçişi yapacak gemi kaptanlarına Türk Boğazlarındaki seyir tecrübesine göre kılavuzsuz geçiş hakkının tanınması ifade edilmektedir. Bu sayede, kılavuz kaptan almadan geçebilmek için belli bir tecrübeye sahip olmak gerektiği koşulu bir ölçüde doğrulanabilecektir. Burada gemi kaptanının tecrübesinin yeterli ve güncel olduğunun tespiti için geçiş sayısı ve son yıllardaki geçiş sayısına göre bir minimum değer belirlenmesi uygun olacaktır. Örneğin Türk Boğazları’ndan minimum 10 geçiş yapmış olmak ve son 1 yıl içerisinde en az 1 defa geçmiş olmak gibi düşünülebilir. Bu sayede eğer gemi kaptanı gerçekten boğazlarda deneyimli ise kılavuzsuz geçme hakkı olacaktır. Kaptanın tecrübesine göre kılavuzsuz geçiş önleminin; Bölgeye Aşinalık, Operasyon Yönetimi, Uygunsuz Planlanmış Operasyonlar, Bilinen Problemin Çözülmesi, Durumsal Farkındalık, Yönetim, Liderlik ve Rehberlik, İletişim ve Koordinasyon, Hatalar, Konumsal Kısıtlamalar kaynaklı uygunsuzlukları azaltıcı etki yapabilecektir.

ER metodunun uygulanabilmesi için ilk olarak değerlendirme kriterlerinin sınıflandırılması ve MCDA yapısının oluşturulması gerekmektedir. Çalışmanın metot kısmında da belirtildiği gibi ER yapısı; HFACS-PV ve Kaza ağı temel alınarak

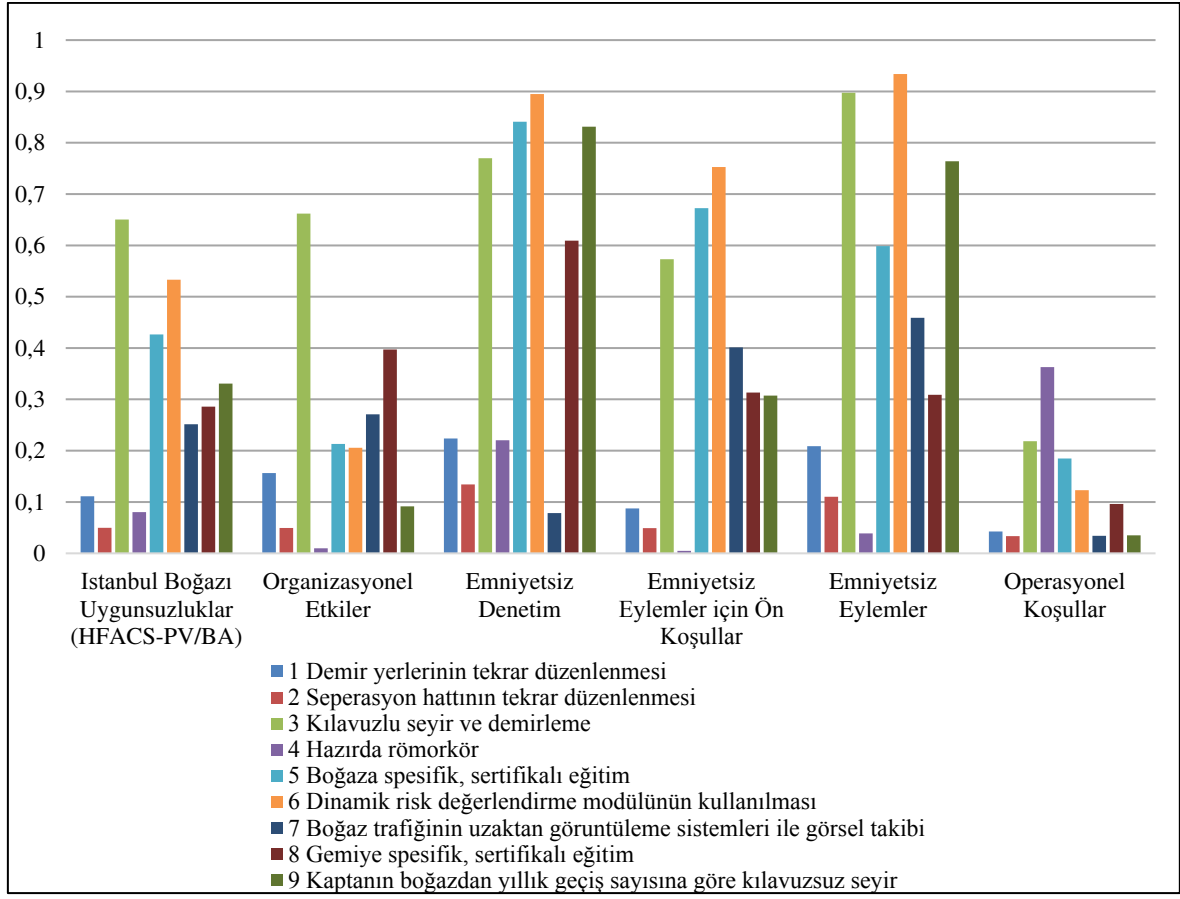
oluşturulmuştur (Şekil 35). Bu sayede İB Kaza ağı yapısı ve ER yapısı arasındaki tutarlılık sağlanmıştır. Ayrıca önerinin etkinliği direkt ağıdaki düğümler üzerinden değerlendirileceği için anlaşılması, yorumlanması ve kıyaslanması daha kolay olmaktadır. Kurulan ER yapısında aynı seviyede bulunan kriterlerin ağırlık faktörlerinin eşit olduğu (1/aynı seviyedeki toplam kriter sayısı) varsayılmıştır. Örneğin, Organizasyonel Etkiler Seviyesi altındaki; Kaynak Yönetimi, Örgütsel İklim ve Örgütsel Süreçler kriterlerinin ağırlık dağılımları $\frac{1}{3} = 0,3333$ olarak hesaplanmıştır. Yapı kurulurken, MCDA'nın genel prensibine uygun olarak, yukarıda açıklanan her bir öneri alternatifler olarak düşünülmüştür. Uzmanlardan, her bir alternatifin her değerlendirme kriteri üzerindeki potansiyel etkisini 3'lü likert ölçekte (Etkilemez, Kısmen Azaltır, Ortadan Kaldırır) değerlendirmesi istenmiştir. Alternatiflerin etkinliğini değerlendiren uzmanlar İB Kaza ağındakiler ile aynı kişiler olduğundan görüşler eşit ağırlıklı olarak kabul edilmiştir.



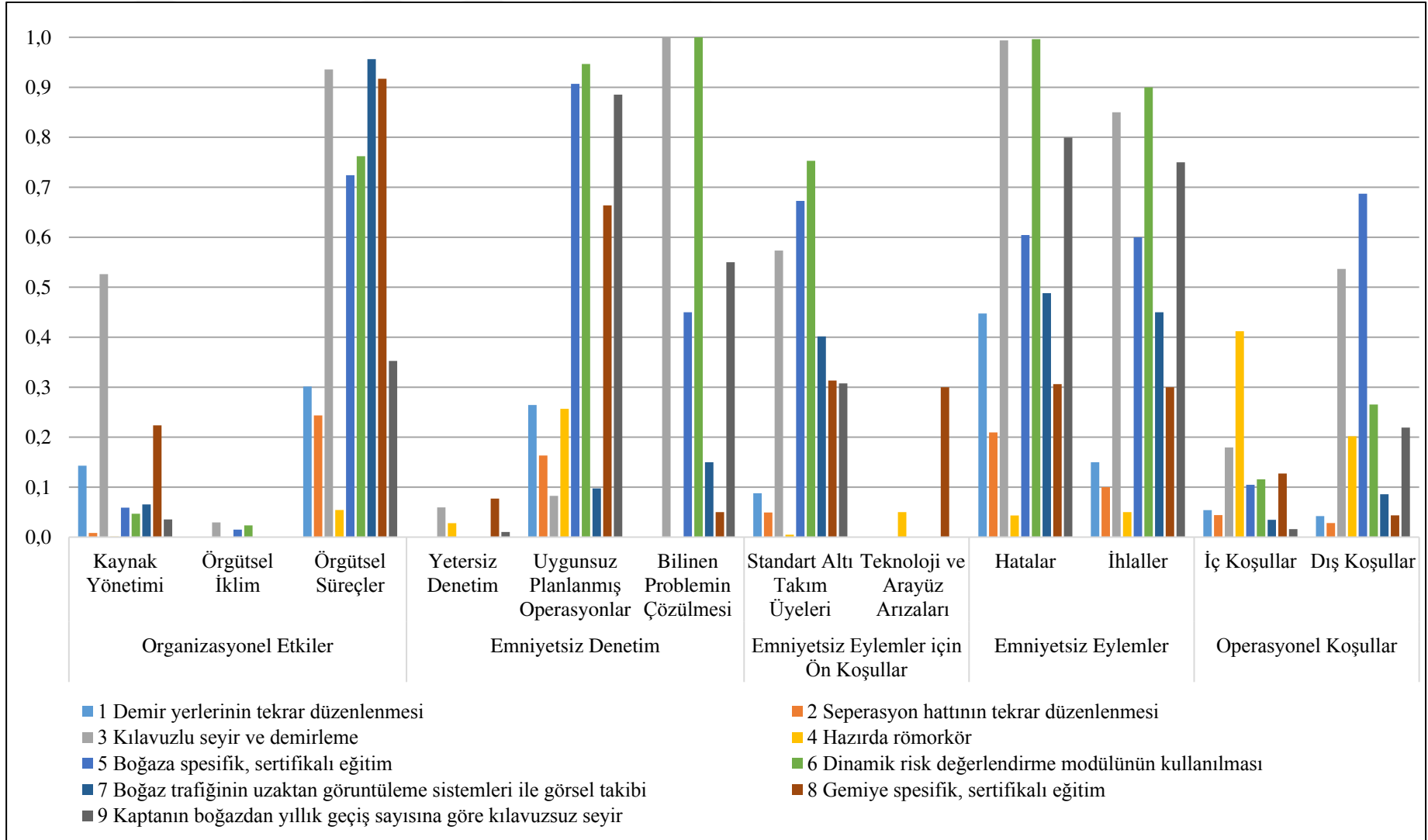


Şekil 35. İstanbul Boğazı için HFACS-PV ve Kaza ağı temel alınarak oluşturulmuş ER yapısı

ER uygulaması sonucunda uzmanlar tarafından yapılmış olan 9 önerinin HFACS-PV seviyeleri üzerindeki performans puanları IDS yazılımında hesaplanmıştır. Alternatiflerin genel performans puanları değerlendirildiğinde en etkili olan İB’nda seyir ve demirlemenin kılavuz kaptan ile yapılmasıdır (0,65) (Önlem 3). Seyir ve demirlemenin kılavuz kaptan ile yapılması sırasıyla; Emniyetsiz Eylemler (0,90), Emniyetsiz Denetim (0,77), Organizasyonel Etkiler (0,66) ve Emniyetsiz Eylemler için Ön Koşullar (0,57) kaynaklı uygunsuzluklar üzerinde etkilidir (Şekil 36). Köprüüstünde kılavuz kaptanın varlığı diğer takım üyeleri tarafından yapılabilecek hataları (0,99) ve ihlalleri (0,85) azaltarak direkt olarak kazalara etkiyebilmektedir (Şekil 37). Emniyetsiz Denetim seviyesinde kılavuz kaptan bölge ile ilgili bilinen bir problemin (bölgede haritalanmamış sığlık vb.) etkili (1,0) bir şekilde çözülmesiyle kaza oluşum örgüsünü bozabilmektedir (Şekil 37). Hava ve coğrafi şartlar gibi etmenlerden kaynaklı olarak yeni oluşan bir olumsuzluk kılavuz kaptan tarafından net bir şekilde bilinecektir. Çünkü gemi kaptanı ilgili bölgeden en sık haftada veya günde bir defa geçiş yaparken, kılavuz kaptan her gün defalarca geçiş yapmaktadır. Kılavuz kaptanın, Organizasyonel Etkiler seviyesine etkisi, Örgütsel Süreçlerin (0,94) (uygunsuz sefer ve manevra yönetimi, risk analizi ve gözden geçirmelerin) daha emniyetli yönetilmesidir (Şekil 37). Kılavuz kaptanlar; Standart Altı Takım Üyeleri kaynaklı (yönetim faaliyetleri vb.) uygunsuzlukları azaltarak (0,57) Emniyetsiz Eylemler için Ön Koşullar seviyesi üzerinde etkili olabilmektedir (Şekil 37). Önlem 3’ün Operasyonel Koşullar üzerindeki etkisi en düşüktür (0,22). Bu durum Operasyonel Koşulların oluşumunu engellemenin çoğunlukla mümkün olmamasından kaynaklanmaktadır. Ancak kılavuz kaptan, bölgede tecrübeli olduğundan gemi hareketini olumsuz etkileyen dış koşulların (kötü hava, deniz ve görüş vb.) varlığında operasyonları daha (0,54) emniyetli yönetebilmektedir (Şekil 37).



Şekil 36. İstanbul Boğazı için yapılan önerilerin HFACS-PV ana seviyeleri üzerindeki performans dağılımı



Şekil 37. İstanbul Boğazı için yapılan önerilerin HFACS-PV alt seviyeleri üzerindeki performans dağılımı

Bu çalışmanın bir sonucu olarak geliştirilen dinamik risk değerlendirme modülünün kullanılması (Önlem 6) ER sonuçlarına göre, HFACS-PV ana seviyeleri üzerinde en etkili (0,53) ikinci önlemdir (Şekil 36). Her geçişe ait risklerin gemi kaptanları, kılavuz kaptanlar ve deniz trafik operatörleri tarafından takip edilmesi operasyonların planlama ve uygulama aşamalarında emniyeti arttırabilecektir. Ayrıca modülün kullanılmasıyla; Emniyetsiz Eylemler (0,93), Emniyetsiz Denetim (0,84) ve Emniyetsiz Eylemler için Ön Koşullar (0,75) kaynaklı uygunsuzlukların meydana gelme olasılığı azaltılabilecektir (Şekil 36). Emniyetsiz Eylemler seviyesindeki olumlu etki karar hatalarının (0,99) ve ihlallerin (0,90) azaltılabilecek olmasının bir sonucudur (Şekil 37). Modülün kullanılması, Emniyetsiz Denetim seviyesinde bilinen bir problemin çözülmesi (1,0) ve uygunsuz planlama süreçlerinin engellenmesiyle (0,95) kaza oluşum örgüsünü bozabilmektedir (Şekil 37). Önlem 6 gerektiği gibi uygulanabilirse, takım üyelerinin farkındalığı ve tetikteliği olumlu (0,75) etkilenecektir, bunun yanı sıra olası bir farkındalık kaybında aynı modülü deniz trafik operatörleri de kullanacağı için direkt uyarıda bulunabilecektir (Şekil 37). Geniş ve kapsamlı bir farkındalık ile İB Kaza ağındaki reaksiyon zincirinin kırılabilmesi mümkündür. Kaza ağı modeli bu amaca hizmet edecektir. Modülün en düşük etkiye sahip olduğu uygunsuzluklar sırasıyla; Organizasyonel Etkiler (0,21) ve Operasyonel Koşullar (0,12) seviyesi altındakilerdir (Şekil 36). Bunun temel nedeni Kaza ağının örgütsel (yönetimsel) faaliyetlerde değil de daha çok operasyonel ve teknik süreçlerde kullanımının etkili sonuçlar vermesidir.

Bölgede çalışacak gemi kaptanlarına veya tüm köprüüstü takım üyelerine boğaza spesifik sertifikalı eğitim verilmesi (Önlem 5) HFACS-PV ana seviyeleri üzerindeki üçüncü en etkili (0,43) önlemdir (Şekil 36). Bu eğitim ile takım üyeleri, İB'ndaki riskler, riskli bölgeler, düzensiz akıntı rejimleri, acil durumlarda hareket tarzı, iletişim ve koordinasyon gibi çok önemli becerileri kazanabilecektir. Boğaza spesifik eğitim sonucunda sırasıyla; Emniyetsiz Denetim (0,84), Emniyetsiz Eylemler için Ön Koşullar (0,67) ve Emniyetsiz Eylemler (0,60) altındaki uygunsuzluklar azaltılabilecektir. Uzmanlardan alınacak eğitimin uygunsuz operasyon (seyir, drift, demirleme) planlamasını azaltarak (0,90) Emniyetsiz Denetim seviyesine olumlu etki yapabileceği öngörülmektedir (Şekil 37). Emniyetsiz Eylemler için Ön Koşullar seviyesi altında, takım üyelerinin standart altı durumları (durumsal farkındalık) ve uygunsuz yönetim faaliyetleri (gevşek takım yönetimi) azaltılarak kazaların önlenmesine olumlu etki (0,67) yapılabilecektir (Şekil 37). Eğitimin en az etkileyeceği öngörülen seviyeler ise; Organizasyonel Etkiler (0,21) ve Operasyonel

Koşullardır (0,18) (Şekil 36). Bölgede uzun yıllar görev yapan kılavuz kaptanlar vereceği eğitimler ile sahip oldukları tecrübeyi geçiş yapacak gemi kaptanlarına aktarabileceklerdir. Bu sayede bölgeye aşinalıkları arttırılabilecektir.

İB’ndan kılavuzsuz geçişin düzenlenmesi ile ilgili yapılan, gemi kaptanının boğazdan geçiş tecrübesine dayalı kılavuzsuz geçiş hakkı (Önlem 9) HFACS-PV ana seviyelerine göre dördüncü en etkili (0,33) önlemdir (Şekil 36). Bu önerinin temel amacı İB’ndan kılavuzsuz geçecek olan gemi kaptanının gerçekten bölgenin özelliklerini ve zorluklarını tanıyan bir kişi olduğundan emin olunmasıdır. Kaptanın boğazdan yıllık geçiş sayısına göre kılavuzsuz geçiş hakkı; Emniyetsiz Denetim (0,83), Emniyetsiz Eylemler (0,76), Emniyetsiz Eylemler için Ön Koşullar (0,31) seviyeleri altındaki uygunsuzlukları olumlu etkileyebilecektir (Şekil 36). Emniyetsiz Denetim seviyesindeki en yüksek olumlu etki (0,89), uygunsuz planlama süreçlerinin engellenmesiyle oluşmaktadır (Şekil 37). Emniyetsiz Eylemler seviyesindeki olumlu etki tecrübeye dayalı olarak karar hatalarının (0,80) ve ihlallerin (0,75) azaltılması ile mümkün olacaktır (Şekil 37). Gemi kaptanının İB’nda kılavuzsuz geçiş yetkinliğinin standart bir prosedürle denetlenmesi, standart altı takım yönetimi kaynaklı uygunsuzlukları azaltarak (0,31) Emniyetsiz Eylemler için Ön Koşullar seviyesi üzerinde etkili olabilmektedir (Şekil 37). Bölgeden geçerken yerel trafik telsiz kanalını dinlemeyen, çağrılara cevap vermeyen, dil sorunu nedeniyle çevre gemilerle ve sektörlerle irtibat kuramayan gemiler mevcuttur. Bu gibi durumlarda, en ufak aksaklıklar büyük felaketlerle sonuçlanmaktadır. Bu nedenle özellikle İB gibi tehlikeli dar su yollarında kılavuzluk hizmeti son derece önemlidir. Kılavuzsuz geçiş hakkının kapsamlı ve hassas ölçütler belirlenerek, gemi kaptanları bu ölçütlere göre değerlendirildikten sonra verilmesi yararlı olabilecektir.

Eğitim aşinalığa bağlı uygunsuzlukların, hatalar ve ihlallerin önlemesine yönelik olarak; gemiye spesifik sertifikalı eğitim önerisi sunulmuştur (Önlem 8). Gemiye spesifik sertifikalı eğitim, HFACS-PV ana seviyeleri üzerinde beşinci sırada (0,29) etkilidir. Öneri 8’in en etkili olduğu seviye Emniyetsiz Denetim (0,61) altındaki uygunsuzluklardır. Gemiye eğitim ve aşinalığın artması ile gemi kaynaklı uygunsuz operasyon planlaması (demir yeri seçimi, kanal seyrinde hız ve optimum rota vb.) azaltılabilecektir (0,66) (Şekil 37). Önlem 8’in etkili olabileceği diğer seviyeler; Organizasyonel Etkiler (0,38), Emniyetsiz Eylemler için Ön Koşullar (0,31) ve Emniyetsiz Eylemlerdir (0,31) (Şekil 36). Örgütsel Süreçlerin (0,92) (uygunsuz sefer ve manevra yönetimi) daha emniyetli yürütülmesiyle Organizasyonel Etkiler seviyesi altındaki uygunsuzluklara azaltıcı etkisi olabilecektir (Şekil 37). Şirketlerin gemiye özgü olarak sunacağı teorik ve uygulamalı aşinalık eğitimleri ile seyir esnasında

karşılaşılan acil durumlara (arızalar, güç kaybı, vb.) karşı takım üyelerinin toleransı artacaktır (0,30) (Şekil 37). Panik ve strese bağlı olarak ortaya çıkabilecek durumsal farkındalık eksikliği (0,31), algı bozukluğu ve hataların (0,31) azaltılması mümkün olabilecektir (Şekil 37). Diğer seviyelere göre etkisi düşük olmakla birlikte, Operasyonel Koşullar seviyesi altındaki İç Koşullar kaynaklı uygunsuzluklar (dümen, makine arızası vb.) karşısında da takım üyeleri daha emniyetli (0,13) eylemelerde bulunabileceklerdir (Şekil 37).

Boğaz trafiğinin uzaktan görüntüleme sistemleri ile takibi (Önlem 7) HFACS-PV ana seviyeleri üzerindeki altıncı etkili (0,25) önlemdir (Şekil 36). Uzaktan görüntüleme sistemleriyle trafiğin izlenmesi ve gereken durumlarda, emniyetli rota ve manevranın deniz trafik operatörleri tarafından tavsiye edilmesi seyir emniyetini arttırabilecektir. Önlem 7'nin uygulanmasıyla sırasıyla; Emniyetsiz Eylemler (0,46), Emniyetsiz Eylemler için Ön Koşullar (0,40) ve Organizasyonel Etkiler (0,27) kaynaklı uygunsuzluklar üzerinde etkilidir (Şekil 36). Sürekli izleme ile kaza reaksiyon zincirinin tetikleyicileri olan Hatalar (0,49) ve İhlallerin (0,45) azaltılabileceği öngörülmektedir (Şekil 37). Tehlikeye ilerleyen bir gemiye uyarıda bulunularak, takım üyelerinin farkındalığı arttırılabilir (0,40) ve Emniyetsiz Eylemler için Ön Koşullar altındaki uygunsuzlukların görülme sıklığı azaltılabilir (Şekil 37). Uzaktan izlemenin en düşük etkileyeceği uygunsuzluklar ise Emniyetsiz Denetim (0,08) ve Operasyonel Koşullar (0,03) seviyeleri altındaki uygunsuzluklardır (Şekil 36). Bunun nedeni, uzaktan izleme ile ancak ortaya çıkan ve görsel olarak belirti veren durumlara müdahale edilebilmesidir. Kılavuz kaptan uygulamasından en önemli farkı budur. Kılavuz kaptan direkt olarak köprüüstü takımının ve geminin bir üyesidir. Bu nedenle kılavuz kaptan ile seyir ve demirleme, dar suyollarında seyir emniyeti üzerinde daha etkilidir.

ER sonuçlarına göre; demir yerlerinin tekrar düzenlenmesi (0,11), riskli bölgelerde, riskli gemiler için hazırda römorkör uygulaması (0,08) ve seperasyon hattının yeniden düzenlenmesi (0,05), HFACS-PV uygunsuzlukları üzerinde diğer önlemlere göre daha düşük etkiye sahiptir. Ancak bu öneriler tek tek değerlendirildiğinde; demir yerlerinin tekrar düzenlenmesinin (Önlem 1); Emniyetsiz Denetim (0,22) ve Emniyetsiz Eylemler (0,21) kaynaklı uygunsuzluklar üzerinde etkili olabileceği görülmektedir. Riskli durumlar için hazırda römorkör uygulaması (Önlem 4); Operasyonel Koşullar (0,36) ve Emniyetsiz Denetim (0,22) kaynaklı uygunsuzluklar üzerinde etkili olabilecektir. Trafik seperasyon hattının yeniden düzenlenmesi ise; Emniyetsiz Denetim (0,13) ve Emniyetsiz Eylemler (0,11) üzerinde etkili olabilecektir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Küresel deniz ticaretinin stratejik bağlantı noktalarından olan dar suyollarında seyir emniyeti geçmişten günümüze önemli bir konu olmuştur (Lefevre, 1994; Istikbal, 2001; Squire, 2003; Bateman vd., 2007; Arslan ve Turan, 2009; Ulusçu vd., 2009; Başar, 2010; Aydogdu vd., 2012; Meng vd., 2014; Uğurlu vd., 2015a; Özlem vd., 2020). Sürekli büyüyen dünya deniz ticaret filosu ve gemilerin artan taşıma kapasitesi dar suyollarında deniz trafiğini yoğunlaştırmaktadır. Seyir emniyetini arttırmaya yönelik yayınlanan kurallar ve düzenleyicilere rağmen, yoğunlaşan trafik nedeniyle, dar suyollarında kaza riski var olmaya devam etmektedir. İB’nda Yeniköy dönüşünde, 01.04.2021 tarihinde, makine arızası nedeniyle, yalıya doğru sürüklenen kuru yük gemisi; Süveyş Kanalı’nda, 24.03.2021 tarihinde, kum fırtınasına yakalandıktan sonra karaya oturan konteyner gemisi bunun kanıtı niteliğindedir (BBC, 2021; NTV, 2021). Yakın geçmişteki olaylar, istatistiki veriler ve literatürdeki çalışmalar ışığında kaza ve kazaya yakın olayların dar suyollarında sıklıkla meydana geldiği, sonuç olarak çok yüksek maddi ve manevi kayıplar yaşandığı söylenebilir (Aydogdu, 2014; Uğurlu vd., 2015a; GISIS, 2019; KAİK, 2019; MAIB, 2019b; EMSA, 2020; Özlem vd., 2020). Deniz kazalarının önlenmesine yönelik olarak benimsenmiş en etkili yöntemlerden biri meydana gelen kazalardan çıkarılan derslerle gelecekteki operasyonların yönetilmesidir. Denizcilik alanındaki birçok kural ve düzenleme bu şekilde ortaya çıkmaktadır (IMO, 2008, 2011, 2015). Bu çalışmada dünyanın en yoğun dar suyollarından olan İB, DB ve SB’nda kazaların önlenmesi ve seyir emniyetinin artırılmasına yönelik bir analiz modeli geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak öncelikle geçmiş kazalardan elde edilen konumsal veriler, istatistiksel veriler, HOF’lar kalitatif ve kantitatif olarak analiz edilmiştir. Ardından BN yaklaşımıyla; İB, DB ve SB’nda kazaların oluşumunu özetleyen Kaza ağı modelleri oluşturulmuştur. Son olarak İB’nda kazaları önlemeye yönelik sunulan önlemlerin etkinliği ER metoduyla analitik olarak değerlendirilmiştir. Çalışmanın önemli sonuçları ve beklenen etkisi aşağıda maddeler halinde sunulmuştur.

- İB, DB ve SB’nda kazaların yoğun olarak yaşandığı bölgeleri gösteren kaza risk haritaları: İncelenen tüm dar suyollarında, sıklıkların mevcut olduğu, emniyetli su yolunun daraldığı ve trafik ayırım düzenine katılış-ayrılışın olduğu bölgelerde kazalar daha yoğun yaşanmaktadır. Diğer bir ifadeyle, mevcut

trafik ne kadar yoğun olursa olsun, düzenlendiği şekliyle olağan akışında devam edebiliyorsa çok büyük bir risk oluşturmamaktadır. Ancak eğer trafiğin olağan akışını direkt veya dolaylı olarak etkileyen bir koşul (dönüş, katılış, ayrılış, sıklık, arıza vb.) varsa kaza riski artmaktadır. Trafiğin olağan akışını etkileyen faktörler her dar su yoluna ve geçiş yapan gemiye bağlı olarak değişmektedir. Bu faktörler, HFACS-PV yapısındaki adıyla Operasyonel Koşullardır. Risk haritaları beşli (Çok yüksek, yüksek, orta, düşük, çok düşük) derecelendirme ölçeğiyle kaza türüne göre (çatma, çatışma, karaya oturma, batma) hazırlanmıştır (Şekil 15-21). Sunulan risk haritalarındaki yüksek ve çok yüksek yoğunluklu bölgeler ilgili dar su yolunda Operasyonel Koşulların kazalar için daha elverişli olduğu alanları göstermektedir. Haritaların potansiyel kullanıcıları bölgeden geçiş yapacak olan gemi kaptanları, bölgede hizmet veren kılavuz kaptanlar ve deniz trafik operatörleridir. Bu haritalar ile dar su yolundaki hangi bölgelerin hangi kaza türü için daha riskli olabileceği görselleştirilmiştir. Haritaların en önemli avantajı anlamak ve yorumlamanın kolay olmasıdır. Bunun yanı sıra haritalar kullanıcı istekleri doğrultusunda, gemi tipi, gemi boyu, kaza boyutu gibi çeşitli referanslara göre kolaylıkla yeniden yapılandırılabilir. Kullanıcının talep ettiği sıklıkta çalışmanın kaza veri tabanı güncellenerek haritalardaki riskli bölgeler de kolaylıkla güncellenebilir. ArcMap 10.5 yazılımı kullanılarak Kernel Yoğunluk Analizinin bu çalışmadakine benzer şekilde uygulanmasıyla, denizcilik otoritelerinin ve akademisyenlerin farklı operasyonlara ait yoğunluk haritalarını elde edebilmesi mümkündür.

- İB, DB ve SB'da kazaların oluşumunda rol oynayan uygunsuzluklar ve HFACS-PV sınıflandırması: Oldukça geniş bir deniz kazası analiz literatürü olmasına rağmen henüz deniz kazalarının soruşturulmasında kullanılan tek bir yöntem ve tek bir raporlama formatı bulunmamaktadır. Bu nedenle her ülke ve her kaza soruşturma kuruluşu farklı raporlar yayınlamaktadır. Bu durum raporların akademisyenler tarafından analizini ve bu analizlerin sonucunda tespit edilen uygunsuzlukları da farklılaştırmaktadır. Bu farklılaşmanın azaltılması, gelecekteki çalışmaların mevcut literatürden sağlayabileceği faydayı direkt etkileyecektir. Bunun sonucu olarak da gelecekteki çalışmaların çıktılarının endüstriyel sorunları çözme becerisi artacaktır. Buna yönelik olarak

bu çalışmada sunulan ve kazalara ait HFACS-PV uygunsuzluklarının yer aldığı tablolar mümkün olduğunca kapsamlı hazırlanmıştır (Tablo 29-33). Bu tablolar, gelecekte HFACS-PV yapısı kullanılarak analiz edilecek kaza raporlarında yer ala kök nedenlerin ve nedensel faktörlerin eksiksiz tespiti ve sınıflandırılmasına katkı sağlayabilecektir. Çalışmada sunulan HFACS-PV uygunsuzlukları bir şablon-terminoloji (numanklatür) olarak düşünülmelidir ve yalnızca dar suyuollarındaki kazalar değil tüm deniz kazalarının analizinde kullanılabilir. HFACS-PV yapısına aşına olan bir araştırmacı analiz etmek istediği olayı, bu çalışmadaki terminolojiyi kullanarak inceleyebilir ve olayı meydana getiren uygunsuzlukları ortaya koyabilir.

- İB, DB ve SB’ndan geçiş yapmak isteyen her gemi için değişken koşullara bağlı olarak kaza olasılığını gösteren Kaza ağları: Çalışmada sunulan ağlar ilgili dar suyuolundan geçiş yapacak her gemi, geminin bulunduğu her sektör ve değişken koşullar için kaza olasılığını analitik olarak ortaya koymaktadır (Şekil 32-34). Ayrıca ağ yapısı düğümler ve yönlü oklar yardımıyla ilgili dar suyuolunda kaza oluşum örgüsünü görselleştirmektedir. Bu yönleriyle Kaza ağları potansiyel kullanıcıların farkındalığını arttıracaktır. Eğer ağ yapısı Microsoft Excel tabanlı dosyalardan verileri otomatik çekebilecek ve ağda uygulayabilecek şekilde yazılım ile desteklenirse geçiş esnasında bir geminin kaza olasılığı dinamik olarak takip edilebilecektir. Bayes ağlarının esnek ve adapte edilebilir yapısı sayesinde her yeni duruma göre ağlar kolaylıkla güncellenebilir. Bu sayede kullanım alanına ve amaca uygun olacak şekilde optimize edilebilir. Kaza ağları dar suyuollarında operasyonel kararların alınması sürecinde karar destek aracı olarak kullanılabilir.
- İB’nda kazaları önlemeye yönelik sunulan ER değerlendirme modeli: Deniz emniyeti literatüründe yapılmış birçok akademik makale ve tez çalışmasının sonucunda emniyeti arttırmaya yönelik tavsiyelerde bulunmaktadır. Ancak çoğunlukla bu önerilerin kazalar ve kazaları meydana getiren faktörler üzerindeki olası etkisi derinlemesine analiz edilmemektedir. Böyle bir durumda hem çalışmanın potansiyel okuyucuları hem de önerilerin potansiyel uygulayıcıları hangi önerinin diğerine göre daha etkili olabileceğini kestirememektedir. Bu çalışmada MCDA yaklaşımı kullanılarak İB’nda kazaları önlemeye yönelik yapılan önerilerin etkinliği değerlendirilmiştir.

Sunulan ER yapısı (Şekil 35) gelecekte yapılacak olan HFACS-PV çalışmalarından çıkacak önerilerin etkinliğinin değerlendirilmesi amacıyla kullanılabilir. Ayrıca farklı veri setleri kullanılarak yapılacak olan kaza-risk analizi çalışmalarında, çok kriterli karar modeli; analiz modeliyle paralel olacak şekilde hazırlanarak önerilerin etkinliği değerlendirilebilir. Bu sayede hem sunulan önerilerin sayısal fizibilitesi, hem de performansı ortaya konmuş olacaktır.

Bu çalışmanın en önemli çıktısı ve literatüre katkısı, dar suyollarında kazaların oluşumunu özetleyen Kaza ağlarıdır. Kaza ağları, kullanıcıların değişken koşullarda kaza olasılığını kalitatif ve kantitatif olarak değerlendirebilmesini mümkün kılar. Ağların kullanılmasıyla uygulayıcıların durumsal farkındalığının artırılarak kazaların önlenmesi ve dar suyollarında seyir emniyetinin artırılması hedeflenmektedir. Geçmiş kazalar ve her bölgedeki uzmanların değerli görüşleriyle ortaya konmuş olan ağlar mümkün olduğunca kapsamlıdır ve kaza oluşumuna dâhil olan HOF'lar ve Operasyonel Koşulları içermektedir. Günümüz şartlarında ölçülebilirliği düşük olduğundan ağda yer alan HOF düğümleri (HFACS-PV ilk 3 seviyesindeki gizli kusurlar) örnek çalışmalarda sabit alınmıştır. Yakın gelecekte Kaza ağı otomatik yazılıma dönüştürüldüğünde de bu düğümlerin değerleri sabit alınacaktır. Çalışmanın en önemli kısıtı budur. Eğer, yorgunluk, stres, personel atama standartları, çalışma ve dinlenme saatleri gibi gizli kusurlara ölçülebilir nitelik kazandırılabilirse ağın çalışması çok daha tutarlı ve gerçeğe yakın olacaktır. Gizli kusurlar altındaki stres, yorgunluk gibi birçok olumsuz durumun giyilebilir teknolojiler (sağlık bantları, akıllı saatler vb.) ile ölçülebilmesi ve verilerin anlık transferi mümkündür. Beşinci nesil baz istasyonları ve bulut teknolojiler yardımıyla bu verilerin depolanması ve dağıtımı yakın gelecekte ucuz ve efektif olarak yapılabilecektir. Benzer şekilde Organizasyonel Etkiler altındaki bölgeye eğitim aşinalık durumu daha önceki geçiş sayısı ve sıklığı ile ölçülebilir hale getirilebilir. İç ve dış denetimler, test ve kontroller, arıza ve aksaklıklar; liman devleti, şirket denetimlerinden elde edilen veriler ile ölçülebilir. Kapsamlı, tutarlı ve doğru sonuçlar için ağda yer alan gizi kusurlar altındaki tüm düğümlerin ayrı ayrı ele alınması gerekmektedir. Gelecek çalışmalarda bunun yapılması yerinde olacaktır.

Deniz emniyetinin geleceği için önemli konulardan biri kaza raporlarıdır. Ulusal ve uluslararası kuruluşlar tarafından yayınlanan kaza raporları deniz emniyeti çalışmalarının temel veri setini oluşturmaktadır. IMO tarafından yayınlanan kaza soruşturma sirküleri ve kaza araştırması koduna rağmen tüm ülkeler ve kuruluşlar tarafından benimsenmiş tek bir

soruşturma tekniği ve raporlama formatı henüz yoktur. Bazı kuruluşlar en ufak kazayı ve kazaya yakın olayı bile en detaylı şekilde raporlarken, bazı kuruluşlar ise IMO'ya raporlanması zorunlu olan ciddi ve çok ciddi boyutlu kazaları bile yeterince detaylı ve standart formatta raporlamamaktadır. Bunun sonucu olarak yapılan kaza analizi çalışmalarında da zaman zaman belirsiz noktalar kalmaktadır. Bu çalışmanın veri setindeki kaza raporlarının analizi (kök neden ve nedensel faktörlerin tespiti) de dört akademisyen tarafından titizlikle yürütülmüş ve ancak altı aylık süreçte tamamlanabilmiştir. Kaza raporlarındaki belirsizliklerin giderilmesi ve çalışma sonuçlarının daha doğru ve tutarlı olabilmesi için çoğunlukla uzman görüşlerine başvurmak gerekmektedir. Ciddi boyutta zaman kaybına yol açan bu süreç, zaten soruşturulurken zaman ve emek harcanmış kazaların tekrar en başından analizini gerektirebilmektedir. Bu sorun, kaza soruşturmalarının HFACS benzeri kapsamlı bir metodolojiye göre yapılması, standart raporlama dili ve terminolojisiyle (IMO tarafından tanımlanan) raporlanmasıyla çözülebilir. Standardizasyon sağlanabilirse, kazayı meydana getiren kök nedenler ve nedensel faktörler resmi raporlarda direkt olarak yer alacağından, eksiksize en yakın şekilde tespit edilmiş olacaktır. Böylelikle akademik çalışmalar sonucunda üretilen emniyet değerlendirme ve optimizasyon algoritmaları çok daha doğru-tutarlı sonuçlar verebilecektir.

5. KAYNAKLAR

- Abraha, H. H. ve Liyanage, J. P., 2015. Review of Theories and Accident Causation Models: Understanding of Human-Context Dyad Toward the Use in Modern Complex Systems, Proceedings of the 7th World Congress on Engineering Asset Management (WCEAM 2012). Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham, 17-32.
- Afenyo, M., Khan, F., Veitch, B. ve Yang, M., 2017. Arctic Shipping Accident Scenario Analysis Using Bayesian Network Approach, Ocean Engineering, 133, 224-230.
- Ahn, J., Noh, Y., Park, S. H., Choi, B. I. ve Chang, D., 2017. Fuzzy-Based Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) of a Hybrid Molten Carbonate Fuel Cell (MCFC) and Gas Turbine System for Marine Propulsion, Journal of Power Sources, 364, 226-233.
- Akhtar, M. J. ve Utne, I. B., 2014. Human Fatigue's Effect on the Risk of Maritime Groundings – A Bayesian Network Modeling Approach, Safety Science, 62, 427-440.
- Akten, N., 2004. Analysis of Shipping Casualties in The Bosphorus, The Journal of Navigation, 57,3, 345-356.
- Akten, N., 2006. Shipping Accidents: A Serious Threat for Marineenvironment, Journal of Black Sea/Mediterranean Environment, 12, 3, 269-304.
- Akyuz, E., 2015. A Hybrid Accident Analysis Method to Assess Potential Navigational Contingencies: The Case of Ship Grounding, Safety Science, 79,268-276.
- Akyuz, E., 2017. A Marine Accident Analysing Model to Evaluate Potential Operational Causes in Cargo Ships, Safety Science, 92,17-25.
- Akyuz, E., Arslan, O. ve Turan, O., 2020. Application of Fuzzy Logic to Fault Tree and Event Tree Analysis of The Risk for Cargo Liquefaction on Board Ship, Applied Ocean Research, 101,1-10.
- Akyuz, E. ve Celik, M., 2014. Utilisation of Cognitive Map in Modelling Human Error in Marine Accident Analysis and Prevention, Safety Science, 70,19-28.
- Alinezhad, A. ve Khalili, J., 2019. MAUT Method New Methods and Applications in Multiple Attribute Decision Making (MADM): Springer, 127-131.
- Allen, P., Wardsworth, E. ve Smith, A., 2008. Seafarers' Fatigue: A Review of The Recent Literature, International Maritime Health, 59, 81-92.
- Allianz, 2020. Safety and Shipping Review 2020, Allianz Publishing (Web), 1-52.

- Anderson, T. K., 2009. Kernel Density Estimation and K-Means Clustering to Profile Road Accident Hotspots, Accident Analysis & Prevention, 41,3, 359-364.
- Antão, P., Almeida, T., Jacinto, C. ve Soares, C. G., 2008. Causes of Occupational Accidents in The Fishing Sector in Portugal, Safety Science, 46,6, 885-899.
- Antão, P. ve Soares, C. G., 2019. Analysis of The Influence of Human Errors on The Occurrence of Coastal Ship Accidents in Different Wave Conditions Using Bayesian Belief Networks, Accident Analysis & Prevention, 133, 1-17.
- Arici, S. S., Akyuz, E. ve Arslan, O., 2020. Application of Fuzzy Bow-Tie Risk Analysis to Maritime Transportation: The Case of Ship Collision During The STS Operation, Ocean Engineering, 217, 1-10.
- Arslan, O., Er, I. D., 2008. A SWOT Analysis for Successful Bridge Team Organization and Safer Marine Operations, Process Safety Progress, 27,1, 21-28.
- Arslan, O. ve Turan, O., 2009. Analytical Investigation of Marine Casualties at the Strait of Istanbul with SWOT–AHP Method, Maritime Policy & Management, 36, 2, 131-145.
- Arun, N. ve Mohan, B., 2017. Modeling, Stability Analysis, and Computational Aspects of Some Simplest Nonlinear Fuzzy Two-Term Controllers Derived Via Center of Area/Gravity Defuzzification, ISA Transactions, 70, 16-29.
- Athawale, V. M., Kumar, R. ve Chakraborty, S., 2011. Decision Making for Material Selection Using The UTA Method, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 57, 1-4.
- Ayalew, L. ve Yamagishi, H., 2005. The Application of GIS-Based Logistic Regression for Landslide Susceptibility Mapping in The Kakuda-Yahiko Mountains, Central Japan, Geomorphology, 65,1, 15-31.
- Aydogdu, Y. V., 2014. A Comparison of Maritime Risk Perception and Accident Statistics in The Istanbul Strait, The Journal of Navigation, 67,1, 129-144.
- Aydogdu, Y. V., Yurtoren, C., Park, J.-S. ve Park, Y.-S., 2012. A Study on Local Traffic Management to Improve Marine Traffic Safety in The Istanbul Strait, The Journal of Navigation, 65,1, 99-112.
- Baksh, A.A., Abbassi, R., Garaniya, V. ve Khan, F., 2018. Marine Transportation Risk Assessment Using Bayesian Network: Application to Arctic Waters, Ocean Engineering, 159, 422-436.
- Bal, E., Arslan, O. ve Tavacioglu, L., 2015. Prioritization of The Causal Factors of Fatigue in Seafarers and Measurement of Fatigue with The Application of The Lactate Test, Safety Science, 72, 46-54.

- Başar, E., 2010. Investigation into Marine Traffic and A Risky Area in The Turkish Straits System: Canakkale Strait, Transport, 25,1, 5-10.
- Başar, E., Köse, E. ve Güneroglu, A., 2006. Finding Risky Areas for Oil Spillage After Tanker Accidents at Istanbul Strait, International Journal of Environment and Pollution, 27,4, 388-400.
- Batalden, B. M. ve Sydnese, A. K., 2014. Maritime Safety and the ISM Code: A Study of Investigated Casualties and Incidents, WMU Journal of Maritime Affairs, 13, 1, 3-25.
- Bateman, S., Ho, J. ve Mathai, M., 2007. Shipping Patterns in The Malacca and Singapore Straits: An Assessment of The Risks to Different Types of Vessel, Contemporary Southeast Asia, 309-332.
- Bayes, T., 1970. An Essay Towards Solving A Problem in The Doctrine of Chances, Studies in the History of Statistics and Probability, 1,134-153.
- BayesFusion, L., 2017. GeNIe modeler, BayesFusion, LLC, Pittsburgh, PA, 30 Kasım 2017.
- Baysari, M. T., McIntosh, A. S. ve Wilson, J. R., 2008. Understanding The Human Factors Contribution to Railway Accidents And Incidents in Australia, Accident Analysis & Prevention, 40,5, 1-8.
- BBC. British Broadcasting Corporation, <https://www.bbc.com/news/world-middle-east-56505413> Egypt's Suez Canal blocked by huge container ship. 10 Nisan 2021.
- Bielić, T., Hasanspahić, N. ve Čulin, J., 2017. Preventing Marine Accidents Caused by Technology-Induced Human Error, Pomorstvo, 31,1, 33-37.
- Bimonte, A., 1995. Everybody's Business, Professional Safety, 40, 10, 6.
- Birpınar, M. E., Talu, G. F. ve Gönençgil, B., 2008. Environmental Effects of Maritime Traffic on The İstanbul Strait, Environmental Monitoring and Assessment, 152,1, 13.
- Bonnier, A., Finné, M. ve Weiberg, E., 2019. Examining Land-Use Through GIS-Based Kernel Density Estimation: A Re-Evaluation of Legacy Data From The Berbatilimnes Survey, Journal of Field Archaeology, 44, 2, 70-83.
- Britannica, 2015. Encyclopedia Britannica, <https://www.britannica.com/topic/list-of-canals-2006147> List of canals. 13 Şubat 2021.
- Britannica, 2017. Encyclopedia Britannica, <https://www.britannica.com/search?query=strait> Straits. 15 Şubat 2021.
- Buckley, J. J., 2006. Fuzzy Probability and Statistics, Springer, 196, 7-49.
- Burns, R. B. ve Dobson, C. B., 1981. Chi-Square Experimental Psychology: Research Methods and Statistics, Springer, Dordrecht, Netherlands.

- Carlin, B. P. ve Louis, T. A., 1997. Bayes and Empirical Bayes Methods for Data Analysis, Statistics and Computing, 7, 2, 153-154.
- Celik, M. ve Cebi, S., 2009. Analytical HFACS for Investigating Human Errors in Shipping Accidents, Accident Analysis & Prevention, 41, 1, 66-75.
- Celik, M., Cebi, S., Kahraman, C. ve Er, I. D., 2009. Application of Axiomatic Design and TOPSIS Methodologies Under Fuzzy Environment for Proposing Competitive Strategies on Turkish Container Ports in Maritime Transportation Network, Expert Systems with Applications, 36, 3, 4541-4557.
- Cem Kuzu, A., Akyuz, E. ve Arslan, O., 2019. Application of Fuzzy Fault Tree Analysis (FFTA) to Maritime Industry: A Risk Analysing of Ship Mooring Operation, Ocean Engineering, 179, 128-134.
- Chang, Y.T., 2013. Environmental Efficiency of Ports: A Data Envelopment Analysis Approach, Maritime Policy & Management, 40, 5, 467-478.
- Chauvin, C., Lardjane, S., Morel, G., Clostermann, J. P. ve Langard, B., 2013. Human and Organisational Factors in Maritime Accidents: Analysis of Collisions at Sea Using The HFACS, Accident Analysis and Prevention, 59, 26-37.
- Chen, C., Reniers, G. ve Zhang, L., 2018. An Innovative Methodology for Quickly Modeling The Spatial-Temporal Evolution of Domino Accidents Triggered by Fire, Journal of Loss Prevention in The Process Industries, 54, 312-324.
- Chen, S. T. ve Chou, Y. H., 2012. Examining Human Factors for Marine Casualties using HFACS - Maritime Accidents (HFACS-MA), 2012 12th International Conference on Its Telecommunications (Itst-2012), 391-396.
- Chen, S. T., Wall, A., Davies, P., Yang, Z. L., Wang, J. ve Chou, Y. H., 2013. A Human and Organisational Factors (HOFs) Analysis Method for Marine Casualties Using HFACS-Maritime Accidents (HFACS-MA), Safety Science, 60, 105-114.
- Costa, C. A. B. E., Corte, J. M. D. ve Vansnick, J. C., 2012. MACBETH, International Journal of Information Technology & Decision Making, 11, 02, 359-387.
- Dalaklis, D., 2017. Safety and Security in Shipping Operations Shipping Operations Management, Springer, 4, 197-213.
- Dambier, M. ve Hinkelbein, J., 2006. Analysis of 2004 German General Aviation Aircraft Accidents According to the HFACS Model, Air Med Journal, 25, 6, 265-269.
- Daramola, A. Y., 2014. An Investigation of Air Accidents in Nigeria Using the Human Factors Analysis and Classification System (HFACS) Framework, Journal of Air Transport Management, 35, 39-50.

- de Maya, B. N., Babaleye, A. O. ve Kurt, R. E., 2020. Marine Accident Learning with Fuzzy Cognitive Maps (MALFCMS) and Bayesian Networks, Safety in Extreme Environments, 2,1, 69-78.
- Doran, J.ve Van Der Graaf, G., 1996. Tripod-BETA: Incident investigation and analysis. SPE Health, Safety and Environment in Oil and Gas Exploration and Production Conference, Hague, Netherlands .
- Doumbia-Henry, C., 2020. Shipping and COVID-19: Protecting Seafarers as Frontline Workers, WMU Journal of Maritime Affairs, 19, 3, 279-293.
- DTGM, 2019. Deniz Ticareti Genel Müdürlüğü https://atlantis.udhb.gov.tr/istatistik/gemi_gecis.aspx Türk Boğazları Gemi Geçiş İstatistikleri. 25 Ekim 2020.
- ECON, 2019. Bilkent University, <http://econ318-eay2.bilkent.edu.tr/kazalar> Türk Boğazlarında Yaşanan Denizcilik Kazaları. 03 Ocak 2020.
- Eleye- Datubo, A., Wall, A., Saajedi, A. ve Wang, J., 2006. Enabling A Powerful Marine and Offshore Decision- Support Solution Through Bayesian Network Technique, Risk Analysis, 26, 3, 695-721.
- Eliopoulou, E. ve Papanikolaou, A., 2007. Casualty Analysis of Large Tankers, Journal of Marine Science and Technology, 12, 4, 240-250.
- Emecen Kara, E. G., 2016. Risk Assessment in the Istanbul Strait Using Black Sea MOU Port State Control Inspections, Sustainability, 8, 4, 390.
- EMSA, 2018. Annual Overview of Marine Casualties and Incidents 2018, European Maritime Safety Agency, 1-175.
- EMSA, 2020. Annual Overview of Marine Casualties and Incidents 2020, European Maritime Safety Agency, 1-147.
- Energy, 2019. Offshore Energy, <https://www.offshore-energy.biz/report-20-rescued-from-sinking-cable-layer-after-collision-with-tanker/> Updated: 22 Rescued from Listing Cable Layer after Collision with Tanker. 20 Şubat 2021.
- Erdogan, S., 2009. Explorative Spatial Analysis af Traffic Accident Statistics and Road Mortality Among The Provinces of Turkey, Journal of Safety Research, 40, 5, 341-351.
- Erdogan, S., Yilmaz, I., Baybura, T. ve Gullu, M., 2008. Geographical Information Systems Aided Traffic Accident Analysis System Case Study: City of Afyonkarahisar, Accident Analysis & Prevention, 40, 1, 174-181.
- Erol, S., Demir, M., Çetisli, B. ve Eyüboğlu, E., 2018. Analysis of Ship Accidents in The Istanbul Strait Using Neuro-Fuzzy and Genetically Optimised Fuzzy Classifiers, The Journal of Navigation, 71, 2, 419.

- ESRI. 2017. ArcMap 10.5 Computer Software, <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/>.
- ESRI. 2019. Esri Publishing, <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=5ae9e138a17842688b0b79283a4353f6> Ocean Basemap. 05 Mayıs 2019.
- Etman, E. ve Halawa, A., 2007. Safety Culture, the Cure for Human Error: a Critique, IAMU Journal, 115-126.
- Exchange, 2021. GIS Stack Exchange, <https://gis.stackexchange.com/questions/62627/how-does-changing-the-kernel-density-search-radius-affect-the-units-expressed-in-?noredirect=1&fq=1> How does changing the kernel density search radius affect the units expressed in the map legend? 24 Şubat 2021.
- Fan, S., Blanco-Davis, E., Yang, Z., Zhang, J. ve Yan, X., 2020a. Incorporation of Human Factors Into Maritime Accident Analysis Using A Data-Driven Bayesian Network, Reliability Engineering & System Safety, 203, 1-15.
- Fan, S., Zhang, J., Blanco-Davis, E., Yang, Z. ve Yan, X., 2020b. Maritime Accident Prevention Strategy Formulation from A Human Factor Perspective Using Bayesian Networks and TOPSIS, Ocean Engineering, 210, 1-12.
- Fang, Q. G., ve Hu, S. P., 2006. Application of Formal Safety Assessment to The Risk Assessment of The Ship-Pilotage, Journal of Harbin Engineering University, 27, 3, 329-334.
- Ferjencik, M., 2011. An Integrated Approach to The Analysis of Incident Causes, Safety Science, 49, 6, 886-905.
- Gatrell, A. C., Bailey, T. C., Diggle, P. J. ve Rowlingson, B. S., 1996. Spatial Point Pattern Analysis and its Application in Geographical Epidemiology, Transactions of The Institute of British Geographers, 21, 1, 256-274.
- Gazete, 1998. Türk Boğazları Deniz Trafik Düzeni Tüzüğü, Resmi Gazete, Ankara/Türkiye, 5/38, 618, 3497, 1-38.
- Gillies, D. A., 1987. Was Bayes a Bayesian?, Historia Mathematica, 14, 4, 325-346.
- GISIS. International Maritime Organization, <https://gis.imo.org/Public/MCI/Search.aspx> Global Intergrated Shipping Information System: Marine Casualties and Incidents. 08 Ağustos 2019.
- Giziakis, K., Kanellopoulos, N. ve Gialoutsis, S., 2013. Spatial Analysis of Oil Spills From Marine Accidents in Greek Waters, SPOUDAI-Journal of Economics and Business, 63, 60-74.
- Goodchild, M. F., 2009. Geographic Information System., Encyclopedia of Database Systems. Springer, Boston, US.

- Graziano, A., Teixeira, A. ve Soares, C. G., 2016. Classification of Human Errors in Grounding and Collision Accidents Using the TRACer Taxonomy, Safety Science, 86, 245-257.
- Gudder, S., 1998. Fuzzy Probability Theory, Demonstratio Mathematica, 31, 1, 235-254.
- Gundogdu, I. B., 2010. Applying Linear Analysis Methods to GIS-Supported Procedures for Preventing Traffic Accidents: Case Study of Konya, Safety Science, 48, 6, 763-769.
- Gundogdu, I. B., 2011. A New Approach for GIS-Supported Mapping of Traffic Accidents. Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Transport, 164, 2, 87-96 .
- Güngör, M. ve Bulut, Y., 2008. On the Chi-Square Test, Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları, 7, 1, 84-89.
- Haghighattalab, S., Chen, A., Fan, Y. ve Mohammadi, R., 2019. Engineering Ethics Within Accident Analysis Models, Accident Analysis & Prevention, 129, 119-125.
- Hänninen, M. ve Kujala, P., 2014. Bayesian Network Modeling of Port State Control Inspection Findings and Ship Accident Involvement, Expert Systems with Applications, 41,4, 1632-1646.
- Heij, C., Bijwaard, G. E. ve Knapp, S., 2011. Ship Inspection Strategies: Effects On Maritime Safety and Environmental Protection, Transportation Research Part D: Transport and Environment, 16, 1, 42-48.
- Hetherington, C., Flin, R. ve Mearns, K., 2006. Safety in Shipping: The Human Element, Journal of Safety Research, 37, 4, 401-411.
- Hollnagel, E., 2002. Understanding Accidents-From Root Causes To Performance Variability. Human Factors and Power Plants, 2002. Proceedings of the 2002 IEEE 7th Conference, Scottsdale, US.
- Hollnagel, E., 2008. Risk+ Barriers= Safety?, Safety Science, 46, 2, 221-229.
- Hollnagel, E., 2016. Barriers and Accident Prevention, Routledge (Web), London, UK.
- Hollnagel, E. ve Goteman, O., 2004. The Functional Resonance Accident Model, Proceedings of Cognitive System Engineering in Process Plant, 1, 155-161.
- Hollnagel, E., Woods, D. D. ve Leveson, N., 2006. Resilience Engineering: Concepts and Precepts, Ashgate Publishing, Farnham, UK.
- Howson, C. ve Urbach, P., 2006. Scientific Reasoning: The Bayesian Approach, Open Court Publishing, Chicago, Illinois, US.
- Hsu, H. ve Chen, C., 1994. Fuzzy Hierarchical Weight Analysis Model for Multicriteria Decision Problem, Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers, 11, 3, 126-136.

- IBM, 2013. IBM Statistical Package for Social Sciences (SPSS) for Windows. New York, US: IBM Corp.
- IMO, 1999. Amendments to the Code for the Investigation of Marine Casualties and Incidents (Resolution Assembly 849(20)), United Kingdom, 21st Assembly, 1, 1-40.
- IMO, 2008. Code of the International Standards and Recommended Practices for a Safety Investigation into a Marine Casualty or Marine Incident (Casualty Investigation Code), United Kingdom, 84/3, Annex 4, 1, 1-24.
- IMO, 2011. STCW Convention and Code Including 2010 Manila Amendments, International Maritime Organization Publishing, London, UK.
- IMO, 2015. International Maritime Organization Publishing, [http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-\(SOLAS\),-1974.aspx](http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-(SOLAS),-1974.aspx) International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS). 13 Ekim 2015.
- Ingerslev, L., 2005. Considerations and Strategies Behind The Design and Construction Requirements of The Istanbul Strait Immersed Tunnel, *Tunnelling and Underground Space Technology*, 20, 6, 604-608.
- Ishizaka, A. ve Nemery, P., 2013. Multi-Criteria Decision Analysis: Methods and Software, John Wiley & Sons, Manhattan, New York, US.
- Istikbal, C., 2001. Regional Transport Demands and The Safety of Navigation in The Turkish Straits: A Balance at Risk. Proceedings of the International Symposium on the Problems of Regional Seas, Turkish Marine Research Foundation, 77-78.
- İstikbal, C., 2020. Strait of Istanbul, Major Accidents and Abolishment of Left-Hand Side Navigation, Aquatic Research, 3, 1, 40-65.
- Jepsen, J. R., Zhao, Z., Pekcan, C., Barnett, M. ve Van Leeuwen, W. M., 2017. Risk Factors for Fatigue in Shipping, The Consequences for Seafarers' Health and Options for Preventive Intervention, Maritime Psychology, Springer, 127-150.
- Johansson, B. ve Lindgren, M., 2008. A quick and dirty evaluation of resilience enhancing properties in safety critical systems. Paper presented at the Proceedings of the third symposium on resilience engineering, Juan-les-Pins, France.
- John, A., Yang, Z., Riahi, R. ve Wang, J., 2016. A Risk Assessment Approach to Improve The Resilience of A Seaport System Using Bayesian Networks, Ocean Engineering, 111, 136-147.
- KAİK, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, <https://ulasimemniyeti.uab.gov.tr/mevzuat-ulusal> Kaza Araştırma ve İnceleme Kururulu. 09 Ekim 2019.

- Kang, L., Meng, Q. ve Liu, Q., 2018. Fundamental Diagram of Ship Traffic in The Singapore Strait, Ocean Engineering, 147, 340-354.
- Kaptan, M., 2019. Teknolojinin Gemi Kazalarının Oluşumundaki Yeri ve Öneminin Analizi, Doktora, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Trabzon/Türkiye.
- Karakawa, H. (1969). World time clock system: Google Patents.
- Kavzoglu, T., Sahin, E. K. ve Colkesen, I., 2014. Landslide Susceptibility Mapping Using GIS-Based Multi-Criteria Decision Analysis, Support Vector Machines, and Logistic Regression, Landslides, 11, 3, 425-439.
- Kececi, T. ve Arslan, O., 2017. SHARE Technique: A Novel Approach to Root Cause Analysis Of Ship Accidents, Safety Science, 96, 1-21.
- Kim, J.H. ve Jang, S. N., 2018. Seafarers' Quality of Life: Organizational Culture, Self-Efficacy, and Perceived Fatigue, International Journal of Environmental Research and Public Health, 15, 10, 2150.
- Köksal, Y. ve Türedi, M. K., 2014. Tüketici Otomobil Tercihinde Etkili Olan Bilgi Ve İletişim Kanalları Üzerine Bir İnceleme, Balikesir University Journal of Social Sciences Institute, 17, 32.
- Köse, E., Başar, E., Demirci, E., Güneröğlu, A. ve Erkebay, Ş., 2003. Simulation of Marine Traffic in Istanbul Strait, Simulation Modelling Practice and Theory, 11, 7, 597-608.
- Kujala, P., Hänninen, M., Arola, T. ve Ylitalo, J., 2009. Analysis of the Marine Traffic Safety in the Gulf of Finland, Reliability Engineering & System Safety, 94, 8, 1349-1357.
- Kyburg Jr, H. E., 1987. Bayesian and Non-Bayesian Evidential Updating, Artificial Intelligence, 31, 3, 271-293.
- Lee, P. T.W. ve Yang, Z., 2018. Multi-Criteria Decision Making in Maritime Studies and Logistics, Springer, Switzerland, 1-354.
- Lefevre, X., 1994. Evaluation of French Coastal VTS Tracking Systems in the Dover Strait, Navigation Paris, 42, 328-328.
- Leidwanger, J., 2013. Modeling Distance with Time in Ancient Mediterranean Seafaring: A GIS Application for the Interpretation of Maritime Connectivity, Journal of Archaeological Science, 40, 8, 3302-3308.
- Leveson, N., 2004. A New Accident Model for Engineering Safer Systems, Safety Science, 42, 4, 237-270.
- Li, K. X., Yin, J., Bang, H. S., Yang, Z. ve Wang, J., 2014. Bayesian Network with Quantitative Input for Maritime Risk Analysis, Transportmetrica A: Transport Science, 10, 2, 89-118.

- Li, W. C. ve Harris, D., 2006. Pilot Error and its Relationship with Higher Organizational Levels: HFACS Analysis of 523 Accidents, Aviat Space Environ Med, 77, 10, 1056-1061.
- Li, Y. ve Liao, X., 2007. Decision Support for Risk Analysis on Dynamic Alliance, Decision Support Systems, 42, 4, 2043-2059.
- Liang, L. Y., Ma'soem, D. M. ve Hua, L. T., 2005. Traffic Accident Application Using Geographic Information System, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 6, 3574-3589.
- Lin, C. T. ve Wang, M. J. J., 1997. Hybrid Fault Tree Analysis Using Fuzzy Sets, Reliability Engineering & System Safety, 58, 3, 205-213.
- Liu, H. C., Liu, L. ve Lin, Q. L., 2013. Fuzzy Failure Mode And Effects Analysis Using Fuzzy Evidential Reasoning and Belief Rule-Based Methodology, IEEE Transactions on Reliability, 62, 1, 23-36.
- Liu, J., Yang, J. B., Wang, J., Sii, H. S. ve Wang, Y. M., 2004. Fuzzy Rule-Based Evidential Reasoning Approach for Safety Analysis, International Journal of General Systems, 33, 183-204.
- Liu, J., Yang, J. B., Wang, J. ve Sii, H. S., 2005. Engineering System Safety Analysis and Synthesis Using The Fuzzy Rule- Based Evidential Reasoning Approach, Quality and Reliability Engineering International, 21, 4, 387-411.
- Loughney, S., 2018. Asset Integrity Case Development For Normally Unattended Offshore Installations, Risk, Reliability and Safety: Innovating Theory and Practice, 396-403.
- Loughney, S. ve Wang, J., 2017. Bayesian Network Modelling of an Offshore Electrical Generation System for Applications Within an Asset Integrity Case for Normally Unattended Offshore Installations, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment, 232, 4, 402-420.
- Lowrance, J. D., Garvey, T. D. ve Strat, T. M., 2008. A Framework for Evidential-Reasoning Systems Classic Works of the Dempster-Shafer Theory of Belief Functions, Springer, 219, 419-434.
- Lu, C. S. ve Tsai, C. L., 2010. The Effect of Safety Climate on Seafarers' Safety Behaviors in Container Shipping, Accident Analysis & Prevention, 42,6, 1999-2006.
- Luo, M. ve Shin, S.H., 2019. Half-Century Research Developments in Maritime Accidents: Future Directions, Accident Analysis & Prevention, 123, 448-460.
- Ma, F., Chen, Y. W., Yan, X. P., Chu, X. M. ve Wang, J., 2016. A Novel Marine Radar Targets Extraction Approach Based on Sequential Images and Bayesian Network, Ocean Engineering, 120, 64-77.

- Macrae, C., 2009. Human Factors at Sea: Common Patterns of Error in Groundings and Collisions, Maritime Policy & Management, 36, 1, 21-38.
- MAIB, 2019a. Marine Accident Investigation Branch Annual Report 2018, Marine Accident Investigation Branch, 1-104.
- MAIB, 2019b. Marine Accident Investigation Branch, <https://www.gov.uk/maib-reports> Marine Accident Investigation Branch reports. 12 Mart 2020.
- Malta, T., 2019. Marine Safety Investigation Report, Transport Malta, Malta, 1-35.
- Manepalli, U. R., Bham, G. H. ve Kandada, S., 2011. Evaluation of Hotspots Identification Using Kernel Density Estimation (K) and Getis-Ord (Gi*) on I-630. Proceedings of the 3rd international conference on road safety and simulation. Transportation Research Board of the National Academies, Washington. US.
- Mareschal, B., Nemery, P. ve Ishizaka, A., 2010. Unification of Problem Formulation with PROMETHEE, The 52th Operational Research Society Conference, London, UK.
- Marine Traffic, <https://www.marinetraffic.com/tr/ais/home/centerx:29.4/centery:27.4/zoom:2> Marine Traffic: Global Ship Tracking Intelligence. 02 Şubat 2021.
- Martins, M. R. ve Maturana, M. C., 2010. Human Error Contribution in Collision and Grounding of Oil Tankers, Risk Analysis, 30, 4, 674-698.
- Marsh, 2019. Protect and Indemnity (P&I) Review 2019, Marine & Cargo Practice, Marsh JLT Specialty, London, UK.
- Matellini, D. B., Wall, A. D., Jenkinson, I. D., Wang, J. ve Pritchard, R., 2013. Modelling Dwelling Fire Development and Occupancy Escape Using Bayesian Network, Reliability Engineering & System Safety, 114, 75-91.
- MCA, 2014. Dover Strait Crossings: Channel Navigation Information Service (CNIS), Maritime and Coast Guard Agency, Guide, 1-6.
- McCarthy, M. A., 2007. Bayesian Methods For Ecology, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- McHugh, M. L., 2013. The Chi-Square Test of Independence, Biochemia Medica, 23, 2, 143-149.
- Meng, Q., Weng, J. ve Li, S., 2014. Analysis with Automatic Identification System Data of Vessel Traffic Characteristics in The Singapore Strait, Transportation Research Record, 2426, 1, 33-43.
- Miller, H. J. ve Shaw, S. L., 2001. Geographic Information Systems for Transportation: Principles and Applications, Oxford University Press, Oxford, UK.

- MPA, 2006. Safety of Navigation in the Singapore Strait, Maritime Port Authority Singapore, Guide, 1-5.
- Nair, S., Walkinshaw, N., Kelly, T. ve de la Vara, J. L., 2015. An Evidential Reasoning Approach for Assessing Confidence in Safety Evidence. Paper presented at the 2015 IEEE 26th International Symposium on Software Reliability Engineering (ISSRE), Washington, US, 1-12.
- Neill, H., 1990. The Channel Navigation Information Service for The Dover Strait, The Journal of Navigation, 43, 3, 331-342.
- Nemery, P., Ishizaka, A., Camargo, M. ve Morel, L., 2012. Enriching Descriptive Information in Ranking and Sorting Problems with Visualizations Techniques, Journal of Modelling in Management, 7, 2, 130-148.
- Norazahar, N., Khan, F., Veitch, B. ve MacKinnon, S., 2017. Prioritizing Safety Critical Human and Organizational Factors of EER Systems of Offshore Installations in A Harsh Environment, Safety Science, 95, 171-181.
- NTV. İHA - NTV Haber - DHA, <https://www.ntv.com.tr/turkiye/istanbul-bogazinda-faciadan-donuldu,XRpHGjfUIUuOTKrQpw8grw> İstanbul Boğazı'nda Faciadan Dönüldü. 03 Nisan 2021.
- Nwaoha, T., Yang, Z., Wang, J. ve Bonsall, S., 2011. A New Fuzzy Evidential Reasoning Method for Risk Analysis and Control of A Liquefied Natural Gas Carrier System, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment, 225,3, 206-225.
- Oei, P., 2001. Review of Recent Significant Technologies and Initiatives Implemented to Enhance Navigational Safety and Protect The Marine Environment in The Straits of Singapore and Malacca, The International Hydrographic Review, 2, 3, 68-77.
- Okabe, A., Satoh, T. ve Sugihara, K., 2009. A Kernel Density Estimation Method for Networks, its Computational Method And A GIS- Based Tool, International Journal of Geographical Information Science, 23, 1, 7-32.
- Olsen, N. S., 2011. Coding ATC Incident Data Using HFACS: Inter-Coder Consensus, Safety Science, 49, 10, 1365-1370.
- Olsen, N. S. ve Shorrock, S. T., 2010. Evaluation of The HFACS-ADF Safety Classification System: Inter-Coder Consensus and Intra-Coder Consistency, Accident Analysis and Prevention, 42, 2, 437-444.
- OpenCPN, 2020. OpenCPN.org, <https://opencpn.org/OpenCPN/info/chartsources.html> Find the charts you need. 05 Şubat 2020.
- Otay, N., ve Özkan, S., 2003. Stochastic Prediction of Maritime Accidents in The Strait of Istanbul. Proceedings of the 3rd International Conference on Oil Spills in the Mediterranean and Black Sea regions, İstanbul, Türkiye, 55-64.

- Özdemir, Ü. ve Güneroğlu, A., 2015. Strategic Approach Model for Investigating The Cause of Maritime Accidents, PROMET-Traffic & Transportation, 27, 2, 113-123.
- Özlem, Ş., Altan, Y. C., Otay, E. N. ve Or, İ., 2020. Grounding Probability in Narrow Waterways, The Journal of Navigation, 73, 2, 267-281.
- Papanikolaou, A., Bitha, K., Eliopoulou, E. ve Ventikos, N., 2014. Statistical Analysis of Ship Accidents that Occurred in The Period 1990–2012 and Assessment of Safety Level of Ship Types. 2nd International Conference Maritime Technology and Engineering (MARTECH) 2014, Lisbon, Portugal, 1-7.
- Perrow, C., 1999. Normal Accidents Living with High Risk Technologies, Princeton University Press, Princeton, New Jersey, US.
- Perrow, C., 2011. Normal accidents: Living with High Risk Technologies-Updated Edition, Princeton University Press, Princeton, New Jersey, US.
- Praetorius, G., Hollnagel, E. ve Dahlman, J., 2015. Modelling Vessel Traffic Service to Understand Resilience in Everyday Operations, Reliability Engineering & System Safety, 141, 10-21.
- Prasannakumar, V., Vijith, H., Charutha, R. ve Geetha, N., 2011. Spatio-Temporal Clustering of Road Accidents: GIS Based Analysis and Assessment, Procedia-Social and Behavioral Sciences, 21, 317-325.
- Pristrom, S., Yang, Z., Wang, J. ve Yan, X., 2016. A Novel Flexible Model for Piracy and Robbery Assessment of Merchant Ship Operations, Reliability Engineering & System Safety, 155, 196-211.
- Qu, X., Meng, Q. ve Li, S., 2012. Analyses and Implications of Accidents in Singapore Strait, Transportation Research Record, 2273, 1, 106-111.
- Qu, X., Meng, Q. ve Suyi, L., 2011. Ship Collision Risk Assessment For The Singapore Strait, Accident Analysis & Prevention, 43,6, 2030-2036.
- Qureshi, Z. H. 2007. A review of accident modelling approaches for complex socio-technical systems. Proceedings of the twelfth Australian workshop on Safety critical systems and software and safety-related programmable systems, 86, 1-14.
- Rashid, H. S. J., Place, C. S. ve Braithwaite, G. R., 2010. Helicopter Maintenance Error Analysis: Beyond the Third Order of the HFACS-ME, International Journal of Industrial Ergonomics, 40, 6, 636-647.
- Rasmussen, J., 1997. Risk Management in a Dynamic Society: A Modelling Problem, Safety Science, 27, 3, 183-213.
- Rathnayaka, S., Khan, F. ve Amyotte, P., 2011. SHIPP Methodology: Predictive Accident Modeling Approach. Part I: Methodology and Model Description, Process Safety and Environmental Protection, 89,3, 151-164.

- Reason, J., 1990. Human Error, Cambridge university press, United States.
- Reason, J., Hollnagel, E. ve Paries, J., 2006. Revisiting the Swiss Cheese Model of Accidents, Journal of Clinical Engineering, 27, 110-115.
- Reinach, S. ve Viale, A., 2006. Application of a Human Error Framework to Conduct Train Accident/incident Investigations, Accident Analysis & Prevention, 38, 2, 396-406.
- Ren, J., Jenkinson, I., Sii, H., Wang, J., Xu, L. ve Yang, J., 2005. An Offshore Safety Assessment Framework Using Fuzzy Reasoning and Evidential Synthesis Approaches, Journal of Marine Engineering & Technology, 4, 1, 3-16.
- Ren, J., Jenkinson, I., Wang, J., Xu, D. ve Yang, J., 2009. An Offshore Risk Analysis Method Using Fuzzy Bayesian Network, Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering, 131, 4, 1-12.
- Roberts, S. E., 2008. Fatal Work-Related Accidents in UK Merchant Shipping From 1919 to 2005, Occupational Medicine, 58, 2, 129-137.
- Rondinelli, D. ve Berry, M., 2000. Multimodal Transportation, Logistics, and The Environment: Managing Interactions in A Global Economy, European Management Journal, 18,4, 398-410.
- Rostamabadi, A., Jahangiri, M., Zarei, E., Kamalinia, M. ve Alimohammadlou, M., 2020. A Novel Fuzzy Bayesian Network Approach for Safety Analysis of Process Systems; An Application of HFACS and SHIPP Methodology, Journal of Cleaner Production, 244,1-18.
- Rothblum, A. M., 2000. Human Error and Marine Safety. Paper presented at the National Safety Council Congress and Expo, Orlando, FL, United States.
- Salmon, P. M., Cornelissen, M. ve Trotter, M. J., 2012. Systems-based Accident Analysis Methods: A Comparison of Accimap, HFACS, and STAMP, Safety Science, 50, 4, 1158-1170.
- Sandhu, H., Singh, G., Sisodia, M. ve Chauhan, R., 2016. Identification of Black Spots on Highway with Kernel Density Estimation Method, Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 44, 3, 457-464.
- Sarıalioğlu, S., Uğurlu, Ö., Aydın, M., Vardar, B. ve Wang, J., 2020. A Hybrid Model For Human-Factor Analysis of Engine-Room Fires on Ships: HFACS-PV&FFTA, Ocean Engineering, 217,1-19.
- Satorra, A. ve Bentler, P. M., 2001. A Scaled Difference Chi-Square Test Statistic for Moment Structure Analysis, Psychometrika, 66, 4, 507-514.
- Schröder-Hinrichs, J. U., Hollnagel, E. ve Baldauf, M., 2012. From Titanic to Costa Concordia—A Century of Lessons Not Learned, WMU Journal of Maritime Affairs, 11, 2, 151-167.

- Schröder-Hinrichs, J.U., Hollnagel, E., Baldauf, M., Hofmann, S. ve Kataria, A., 2013. Maritime Human Factors and IMO Policy, Maritime Policy & Management, 40,3, 243-260.
- Schröder-Hinrichs, J. U., Baldauf, M. ve Ghirxi, K. T., 2011. Accident Investigation Reporting Deficiencies Related to Organizational Factors in Machinery Space Fires and Explosions, Accident Analysis & Prevention, 43, 3, 1187-1196.
- Shappel, S. A. ve Wiegmann, D. A., 2000. The Human Factors Analysis and Classification System-HFACS, US Federal Aviation Administration, 1050-8414, 1-19.
- Sheridan, T. B., 2019. Extending Three Existing Models to Analysis of Trust in Automation: Signal Detection, Statistical Parameter Estimation, and Model-Based Control, Human Factors, 61, 7, 1162-1170.
- Sien, C. L., 1998. The importance of the Straits of Malacca and Singapore, Singapore Journal of International & Comparative Law, 2, 301-322.
- Sigua, R. ve Aguilar, G., 2003. Maritime Incident Analysis Using GIS, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 5, 778-793.
- Sirkin, M. R. (2006). The Chi-Square Test Statistics for the Social Sciences, 3rd Edition, SAGE Publications. Thousand Oaks, California, US, 397-442.
- Soner, O., Asan, U. ve Celik, M., 2015. Use of HFACS–FCM in Fire Prevention Modelling on Board Ships, Safety Science, 77, 25-41.
- Sotiralis, P., Louzis, K. ve Ventikos, N. P., 2019. The Role of Ship Inspections in Maritime Accidents: An Analysis of Risk Using The Bow-Tie Approach, Part O: Journal of Risk and Reliability, 233, 1, 58-70.
- Squire, D., 2003. The Hazards of Navigating The Dover Strait (Pas-de-Calais) Traffic Separation Scheme, Journal of Navigation, 56, 2, 195-210.
- Svedung, I. ve Rasmussen, J., 2002. Graphic Representation of Accident Scenarios: Mapping System Structure and the Causation of Accidents, Safety Science, 40, 5, 397-417.
- SWAN, Turkish State Meteorological Service, <https://www.mgm.gov.tr/deniz/swan.aspx?b=06&t=rz&s=00&g=p#sfB> Istanbul Strait Wind and Speed Direction. 10 Şubat 2020.
- Swinburne, R., 2008. Bayes's Theorem, Book Reviews, Mind Association, Oxford University Press, Oxford, UK, 591-596.
- Tehrany, M. S., Pradhan, B., Mansor, S. ve Ahmad, N., 2015. Flood Susceptibility Assessment Using GIS-Based Support Vector Machine Model With Different Kernel Types, Catena, 125, 91-101.

- Tezcan, N., 2011. Parametrik Olmayan Regresyon Analizi, Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 25, 341-352.
- Thiébaud, M. ve Sentchev, A., 2016. Tidal Stream Resource Assessment in The Dover Strait (Eastern English Channel), International Journal of Marine Energy, 16, 262-278.
- Toreyen, G., Ozdemir, I. ve Tekinalp, K., 2011. ArcGis 2010 Desktop, ESRI, Ankara.
- Trucco, P., Cagno, E., Ruggeri, F. ve Grande, O., 2008. A Bayesian Belief Network Modelling of Organisational Factors in Risk Analysis: A Case Study in Maritime Transportation, Reliability Engineering & System Safety, 93, 6, 845-856.
- Tvaryanas, A. P. ve Thompson, W. T., 2008. Recurrent Error Pathways in HFACS Data: Analysis of 95 Mishaps with Remotely Piloted Aircraft, Aviat Space Environ Med, 79, 5, 525-532.
- UAB, <https://denizcilikistatistikleri.uab.gov.tr/turk-bogazlari-gemi-gecis-istatistikleri> Türk Boğazları Gemi Geçiş İstatistikleri. 10 Mart 2021.
- Uğurlu, O., Yıldırım, U. ve Yüksekıldız, E., 2013. Marine Accident Analysis with GIS, Journal of Shipping and Ocean Engineering, 3, 21-29.
- Uğurlu, F., Yıldız, S., Boran, M., Uğurlu, Ö. ve Wang, J., 2020. Analysis Of Fishing Vessel Accidents With Bayesian Network and Chi-Square Methods, Ocean Engineering, 198, 1-13.
- Uğurlu, Ö., 2015. Application of Fuzzy Extended AHP Methodology for Selection of Ideal Ship for Oceangoing Watchkeeping Officers, International Journal of Industrial Ergonomics, 47, 132-140.
- Uğurlu, Ö., 2016. Analysis of Fire and Explosion Accidents Occurring in Tankers Transporting Hazardous Cargoes, International Journal of Industrial Ergonomics, 55, 1-20.
- Uğurlu, Ö., Erol, S. ve Başar, E., 2015a. The Analysis of Life Safety and Economic Loss in Marine Accidents Occurring in the Turkish Straits, Maritime Policy & Management, ahead-of-print, 1-15.
- Uğurlu, O., Köse, E., Yıldırım, U. ve Yüksekıldız, E., 2015b. Marine Accident Analysis for Collision and Grounding in Oil Tanker Using FTA Method, Maritime Policy & Management, 42, 2, 163-185.
- Uğurlu, Ö., Yıldırım, U. ve Başar, E., 2015c. Analysis of Grounding Accidents Caused by Human Error, Journal of Marine Science and Technology, 23, 5, 748-760.
- Uğurlu, Ö., Nişancı, R., Köse, E., Yıldırım, U. ve Yüksekıldız, E., 2015d. Investigation of Oil Tanker Accidents by Using GIS, International Journal Maritime Engineering, 157, 2, 113-124.

- Uğurlu, Ö. ve Yıldız, S., 2016. Evaluation of Passenger Vessel Accidents and Spatial Analysis, Journal of ETA Maritime Science, 4,4, 289-302.
- Uğurlu, Ö., Yıldız, S., Loughney, S. ve 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. ve Sharabidze, I., 2020. Analyzing Collision, Grounding, and Sinking Accidents Occurring in the Black Sea Utilizing HFACS and Bayesian Networks, Risk Analysis, 40-12, 2610-2638.
- UKHO, 2006. İstanbul Boğazı-BA1198. <https://www.admiralty.co.uk/>, Map, United Kingdom Hydrographic Office, London, UK.
- Ulusçu, Ö. S., Özbaş, B., Altıok, T. ve Or, İ., 2009. Risk Analysis of the Vessel Traffic in the Strait of Istanbul, Risk Analysis, 29,10, 1454-1472.
- Underwood, P. ve Waterson, P., 2013a. Accident Analysis Models and Methods: Guidance for Safety Professionals, Loughborough University, England.
- Underwood, P. Waterson, P., 2013b. Systemic accident analysis: Examining the Gap Between Research and Practice, Accident Analysis & Prevention, 55, 154-164.
- Vahidnia, M. H., Alesheikh, A. A. ve Alimohammadi, A., 2009. Hospital Site Selection Using Fuzzy AHP and its Derivatives, Journal of Environmental Management, 90, 10, 3048-3056.
- Van Westrenen, F. ve Praetorius, G., 2014. Maritime Traffic Management: a Need for Central Coordination?, Cognition, Technology & Work, 16, 1, 59-70.
- Wang, J., 2000. A Subjective Modelling Tool Applied To Formal Ship Safety Assessment, Ocean Engineering, 27, 10, 1019-1035.
- Wang, J., 2003. Technology and Safety of Marine Systems, Volume 7, 1st Edition, Elsevier Science.
- Wang, J., Yang, J. ve Sen, P., 1995. Safety Analysis and Synthesis Using Fuzzy Sets and Evidential Reasoning, Reliability Engineering & System Safety, 47, 2, 103-118.
- Wang, L., Wang, J., Shi, M., Fu, S. ve Zhu, M., 2020. Critical Risk Factors In Ship Fire Accidents, Maritime Policy & Management, 1-19.
- Wang, W. J., 1997. New Similarity Measures on Fuzzy Sets and on Elements, Fuzzy Sets and Systems, 85, 3, 305-309.
- Wang, Y. F., Xie, M., Chin, K.-S. ve Fu, X. J., 2013. Accident Analysis Model Based on Bayesian Network and Evidential Reasoning Approach, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 26, 1, 10-21.

- Weng, J., Meng, Q. ve Qu, X., 2012. Vessel Collision Frequency Estimation in The Singapore Strait, The Journal of Navigation, 65, 2, 207-221.
- Wiegmann, D. A. ve Shappell, S. A., 1997. Human Factors Analysis of Postaccident Data: Applying Theoretical Taxonomies of Human Error, The International Journal of Aviation Psychology, 7, 1, 67-81.
- Wiegmann, D. A. ve Shappell, S. A., 2001. Human Error Analysis of Commercial Aviation Accidents: Application of the Human Factors Analysis and Classification System (HFACS), Aviation Space and Environmental Medicine, 72, 11, 1006-1016.
- Wu, B., Yan, X., Wang, Y. ve Soares, C. G., 2017. An Evidential Reasoning-Based CREAM to Human Reliability Analysis in Maritime Accident Process, Risk Analysis, 37, 10, 1936-1957.
- Xie, Z. ve Yan, J., 2008. Kernel Density Estimation of Traffic Accidents in A Network Space, Computers, Environment and Urban Systems, 32, 5, 396-406.
- Xu, L. ve Yang, J. B., 2001. Introduction to Multi-Criteria Decision Making and The Evidential Reasoning Approach, Manchester School of Management Manchester, University of Manchester Institute of Science and Technology, Manchester, UK, 1-21.
- Xu, L. ve Yang, J.B., 2003. Intelligent Decision System for Multiple Criteria Assessment. Intelligent Decision Systems Ltd., Cheshire, UK.
- Yang, J.B., Dale, B. ve Siow, C., 2001. Self-Assessment of Excellence: An Application of The Evidential Reasoning Approach, International Journal of Production Research, 39, 16, 3789-3812.
- Yang, J. B. ve Xu, D. L., 2002. On The Evidential Reasoning Algorithm for Multiple Attribute Decision Analysis Under Uncertainty, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans, 32, 3, 289-304.
- Yang, Z., Bonsall, S., Wall, A., Wang, J. ve Usman, M., 2013a. A Modified CREAM to Human Reliability Quantification in Marine Engineering, Ocean Engineering, 58, 293-303.
- Yang, Z., Bonsall, S. ve Wang, J., 2008. Fuzzy Rule-Based Bayesian Reasoning Approach for Prioritization of Failures in FMEA, IEEE Transactions on Reliability, 57, 3, 517-528.
- Yang, Z., Wang, J., Bonsall, S. ve Fang, Q., 2009. Use of Fuzzy Evidential Reasoning in Maritime Security Assessment, Risk Analysis, 29, 1, 95-120.
- Yang, Z., Wang, J. ve Li, K., 2013b. Maritime Safety Analysis in Retrospect, Maritime Policy & Management, 40, 3, 261-277.

- Yazdi, M. ve Kabir, S., 2017. A Fuzzy Bayesian Network Approach for Risk Analysis in Process Industries, Process Safety and Environmental Protection, 111, 507-519.
- Yen, J., 1990. Generalizing the Dempster-Schafer Theory to Fuzzy Sets, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 20, 3, 559-570.
- Yıldırım, U., Başar, E. ve Uğurlu, Ö., 2019. Assessment of Collisions and Grounding Accidents with Human Factors Analysis and Classification System (HFACS) and Statistical Methods, Safety Science, 119, 412-425.
- Yildiz, S., Uğurlu, Ö., Wang, J. ve Loughney, S., 2021. Application of the HFACS-PV Approach for Identification of Human and Organizational Factors (HoFs) Influencing Marine Accidents, Reliability Engineering & System Safety, 208, 1-13.
- Zarei, E., Yazdi, M., Abbassi, R. ve Khan, F., 2019. A Hybrid Model for Human Factor Analysis in Process Accidents: FBN-HFACS, Journal of Loss Prevention in The Process Industries, 57, 142-155.
- Zarocostas, J., 2020. UN Leaders Call for Key Worker Recognition for Seafarers, The Lancet, 396, 1792.
- Zhan, Q., Zheng, W. ve Zhao, B., 2017. A Hybrid Human and Organizational Analysis Method for Railway Accidents Based on HFACS-Railway Accidents (HFACS-RAs), Safety Science, 91, 232-250.
- Zhang, B., Qin, Y., Huang, M., Sun, Q., Li, S., Wang, L. ve Yu, C., 2011. SD-GIS-Based Temporal-Spatial Simulation of Water Quality in Sudden Water Pollution Accidents, Computers & Geosciences, 37, 7, 874-882.
- Zhang, D., Yan, X., Zhang, J., Yang, Z. ve Wang, J., 2016. Use of Fuzzy Rule-Based Evidential Reasoning Approach in The Navigational Risk Assessment of Inland Waterway Transportation Systems, Safety Science, 82, 352-360.
- Zhang, D., Yan, X. P., Yang, Z. L., Wall, A. ve Wang, J., 2013. Incorporation of Formal Safety Assessment and Bayesian Network in Navigational Risk Estimation of The Yangtze River, Reliability Engineering & System Safety, 118, 93-105.
- Zhang, Y., Sun, X., Chen, J. ve Cheng, C., 2021. Spatial Patterns and Characteristics of Global Maritime Accidents, Reliability Engineering & System Safety, 206, 1-16.
- Zhao, R. ve Govind, R., 1991. Defuzzification of Fuzzy Intervals, Fuzzy Sets and Systems, 43, 1, 45-55.
- Zhou, Q., Wong, Y. D., Loh, H. S. ve Yuen, K. F., 2018. A Fuzzy and Bayesian Network CREAM Model for Human Reliability Analysis-The Case of Tanker Shipping, Safety Science, 105, 149-157.

ÖZGEÇMİŞ

İlköğrenimini Ankara/Çankaya Özel Yüce Okulları ilköğretim kısmında okumuş, orta öğrenimini Ankara/Çankaya Hürriyet Anadolu Lisesi'nde tamamlamıştır. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi, Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Bölümü'nde yükseköğrenimine başlamıştır. 2013 yılında lisans eğitimini dereceyle tamamlayarak aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başlamıştır. 2014 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'ne araştırma görevlisi olarak atanmıştır. 2015-2016 eğitim öğretim yılı güz döneminde Erasmus Programı kapsamında Barselona/İspanya'da bulunan, Katalonya Politeknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Mühendisliği Bölümü'nde, Doç.Dr. Francesc Xavier Martínez de Osés ve Sergio Iván Velásquez Correa danışmanlığında; "Application of the Sea Traffic Management (STM) Concept for Fishing Vessels" başlıklı yüksek lisans tezi hazırlayıp, başarıyla sunmuştur. 2016 yılında Doç.Dr. Özkan Uğurlu danışmanlığında; "Yolcu Gemisi Kazalarında İnsan Faktörü Analizi" başlıklı tez çalışmasıyla Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisansını tamamlamıştır. Günümüzde aynı anabilim dalında doktora eğitimine devam etmektedir. Yazar iyi düzeyde İngilizce bilmektedir ve Türkiye Sualtı Sporları Federasyonu'na kayıtlı üç yıldız dalıcı brövesine sahiptir.