T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
DENİZ ULAŞTIRMA İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
DENİZCİLİKTE EMNİYET, GÜVENLİK VE ÇEVRE YÖNETİMİ
PROGRAMI
DOKTORA TEZİ

DENİZ TRAFİĞİ RİSK DEĞERLENDİRMESİ İÇİN BÜYÜK VERİ ANALİZİNE DAYALI BİR MODEL ÖNERİSİ

Burak KUNDAKÇI

Danışman
Prof. Dr. Selçuk NAS

İZMİR-2023

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
DENİZ ULAŞTIRMA İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
DENİZCİLİKTE EMNİYET, GÜVENLİK VE ÇEVRE YÖNETİMİ
PROGRAMI
DOKTORA TEZİ

DENİZ TRAFİĞİ RİSK DEĞERLENDİRMESİ İÇİN BÜYÜK VERİ ANALİZİNE DAYALI BİR MODEL ÖNERİSİ

Burak KUNDAKÇI

Danışman
Prof. Dr. Selçuk NAS

İZMİR-2024

TEZ ONAY SAYFASI

YEMİN METNİ

Doktora Tezi olarak sunduğum "Deniz Trafiği Risk Değerlendirmesi İçin Büyük Veri Analizine Dayalı Bir Model Önerisi" adlı çalışmanın, tarafımdan, akademik kurallara ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

..../..../.....

Burak KUNDAKÇI

ÖZET

Doktora Tezi

Deniz Trafiği Risk Değerlendirmesi İçin Büyük Veri Analizine Dayalı Bir Model Önerisi

Burak KUNDAKÇI

Dokuz Eylül Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü
Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı Denizcilikte Emniyet, Güvenlik ve Çevre Yönetimi Programı

Deniz taşımacılığı; küresel teknolojik gelişmeler, pazar eğilimleri ve jeopolitik gelişmeler gibi birçok farklı faktörden dolayı sürekli değişen bir sektördür. Sektördeki gelişmelerle birlikte artan kapasite ve liman sayısına paralel olarak gemi sayısı da artmaktadır. Bunun sonucunda hem kıyı bölgelerinde hem de açık deniz koşullarında deniz trafiği artmaktadır. Deniz trafiğinin yoğun olduğu bölgelerde gemi çatışma riski oldukça artmakta, bu da trafiğin gözetiminin ve yönetiminin çok daha karmaşık hale gelmesine neden olmaktadır.

Gemilerin çatışma riski değerlendirilirken yalnızca iki geminin fiziksel olarak birbirine çarpması değil, aynı zamanda birbirine yakın mesafede yaklaşması da dikkate alınmaktadır. Bu mesafe/alan, birçok çalışmada Gemi Emniyet Alanı (Gemi Alanı) olarak adlandırılmaktadır. Değerleri araştırmacılara, bölgelere ve değişen parametrelere göre değişen bu alanın her durum için standart olamayacağı düşünülerek bu çalışma gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada, her bölgenin kendine has deniz trafik özelliklerine sahip olduğu dikkate alınarak, Trafik Ayrım Düzeni bulunmayan bölgede önceden toplanmış Otomatik Tanımlama Sistemi (OTS) verileri kullanılarak farklı tip ve büyüklükteki gemiler için gemi emniyet alanı (GEA) hesaplanmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında gemilerden anlık alınan OTS verileri ile GEA kullanılarak gelecekteki çatışma riskleri hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda çatışma riski yüksek olan gemiler ve bu çatışmaşların gerçekleşme ihtimalinin yüksek

olduğu bölgeler ortaya çıkartılarak bölgesel risk değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada geliştirilen modelin, farklı bölgelerde kullanılabilirliği ve bölgesel risk değerlendirmeleri için bölgeye özgü GEA ortaya çıkarabilme yeteneği dikkate alındığında literatüre katkı sağlaması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Deniz Trafiği, Gemi Emniyet Alanı, Otomatik Tanımlama Sistemi, Çatışma Riski

ABSTRACT

Doctoral Thesis

A Model Proposal for Marine Traffic Risk Assessment Based on Big Data Analysis

Burak KUNDAKÇI

Dokuz Eylül University

Graduate School of Social Sciences

Department of Marine Transportation Engineering

Maritime Safety, Security and Environmental Management Program

Maritime transportation is an ever changing industry, due to many different factors such as; global technological advancements, market trends and geopolitical developments. Alongside of the developments in the industry, the number of ships is increasing parallel to the expanding capacity and number of ports. As a result, marine traffic is increasing both in coastal areas and in open sea conditions. In areas, where the marine traffic is heavily dense, the risk of ship collisions increases considerably, causing the surveillance and the management of the traffic become much more complicated.

When assessing the collision risk of the ships, not only two ships physically colliding into each other, but also approaching at a close distance also is taken into account. This distance/area is called Ship Safety Domain (Ship Domain) in many studies on this area. This study was carried out considering that this domain, of which the values vary according to the researchers, regions and changing parameters, could not be standard for all cases.

In the study, considering that each region has its own marine traffic characteristics, ship domain was calculated for ships of different types and sizes, using previously collected Automatic Identification System (AIS) data in the region, which do not have a Traffic Separation Scheme. In the second stage of the study, future collision risks were calculated using the ship domain with live AIS data taken instantly from the ships. As a result of these calculations, a regional risk assessment was carried out, revealing the ships with high risk of

collision and the regions where the possibility of these collisions to occur was higher.

The developed model in this study is expected to contribute to the literature, considering its usability in different regions and capability to reveal the region-specific ship domain for regional risk assessments.

Keywords: Marine Traffic, Ship Safety Domain, Automatic Identification System, Collision Risk

DENİZ TRAFİĞİ RİSK DEĞERLENDİRMESİ İÇİN BÜYÜK VERİ ANALİZİNE DAYALI BİR MODEL ÖNERİSİ

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI ii

YEMİN METNİ iii

ÖZET iv

ABSTRACT vi

İÇİNDEKİLER viii

KISALTMALAR xi

TABLOLAR LİSTESİ xiii

ŞEKİLLER LİSTESİ xiv

EKLER LİSTESİ xvii

GİRİŞ 1

BİRİNCİ BÖLÜM

OTOMATİK TANIMLAMA SİSTEMİ

1.1. OTOMATİK TANIMLAMA SİSTEMİ ÇALIŞMA PRENSİBİ 3

1.1.1. Otomatik Tanımlama Sistemi Tarafından Gönderilen Veriler . 5

İKİNCİ BÖLÜM

GEMİ EMNİYET ALANI VE GEMİLERİN ÇATIŞMA RİSKLERİ

2.1. GEMİ EMNİYET ALANI (GEA) 10

2.1.1. Ampirik (Deneysel) Yöntemler 11

2.1.2. Analitik Yöntemler 16
2.1.3. Bilgi Temelli Yöntemler 21
2.1.4. Olasılıksal Yöntemler 28
2.2. ÇATIŞMA RİSKİ 30
2.2.1. Gemi Emniyet Alanı Kullanılarak Gerçekleştirilen Modeller 31

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

GEMİ EMNİYET ALANI TESPİTİ VE ÇATIŞMA RİSKLERİNİN HESAPLANMASI

3.1. ARAŞTIRMANIN AMACI 35
3.2. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ 35
3.3. ARAŞTIRMANIN KAPSAMI 36
3.4. OTOMATİK TANIMLAMA SİSTEMİ VERİLERİNİN ELDE EDİLMESİ . 36
3.4.1. Anlık Otomatik Tanımlama Sistemi Verileri 37
3.5. GEMİ EMNİYET ALANI TESPİTİ 44
3.5.1. Çalışma Sahası, Veri Temizliği 46
3.5.2. Analiz İçin Veri Enterpolasyonu 47
3.5.3. Mesafe Hesabı 49
3.5.4. Olağandışı Yakın Geçişler 50
3.6. GEMİ EMNİYET ALANI ANALİZLERİ 51
3.6.1. Çekirdek Yoğunluk Tahminlemesi 52
3.6.2. Gemi Emniyet Alanının Ortaya Çıkartılması 53
3.7. GEMİ EMNİYET ALANI ANALİZİ 59
3.8. ÇATIŞMA RİSKLERİNİN HESAPLANMASI 60
3.9. BULGULAR 69

3.9.1. Pruva Pruvaya Geçiş Durumlarında Gemi Emniyet Alanı Analizi 70

3.9.2. Çapariz Geçiş Durumlarında Gemi Emniyet Alanı Analizi ... 71

3.9.3. Çapariz Geçiş Durumlarında Gemi Emniyet Alanının İstatistiksel Analizi 74

3.9.4. Gemi Emniyet Alanlarına ve Risk Derecelerine Göre Haritalandırma .. 78

SONUÇ 81

KAYNAKÇA 85

EKLER

KISALTMALAR

AIS	Automatic Identification System
COG	Yere Göre Rota (Course Over Ground)
COLREG	Denizde Çatışmayı Önleme Tüzüğü (Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea)
CSTDMA	Carrier Sense Time Division Multiple Access
ÇYT	Çekirdek Yoğunluk Tahminlemesi (Kernel Density Estimation)
DCPA	En Yakın Geçiş Noktasındaki Mesafe (Distance at Closest Point of Approach)
DDV	Etki Alanı İhlal Derecesi (Degree of Domain Violation)
EPFS	Elektronik Pozisyon Sabitleme Sistemi (Electronic Position Fixing System)
ETA	Tahmini Varış Zamanı (Estimated Time of Arrival)
FATDMA	Fixed Access Time Division Multiple Access
GEA	Gemi Emniyet Alanı
GRT	Gros Tonaj
IMO	Uluslararası Denizcilik Örgütü (International Maritime Organization)
ITDMA	Incremental Time Division Multiple Access
LNG	Sıvılaştırılmış Doğal Gaz (Liquefied Natural Gas)
MMSI	Maritime Mobile Service Identity
NM	Deniz Mili (Nautical Mile)
NMEA	National Marine Electronics Association
OTS	Otomatik Tanımlama Sistemi
RATDMA	Random Access Time Division Multiple Access
ROT	Dönüş Oranı (Rate Of Turn)
SOG	Yere Göre Sürat (Speed Over Ground)
SOLAS	Denizde Can Emniyeti Uluslararası Sözleşmesi (International Convention for the Safety of Life at Sea)
SOTAS	Seyir Yardımcıları Otomatik Tanımlama Sistemi
SOTDMA	Self-Orginizing Time Division Multiple Access
TAD	Trafik Ayrım Düzeni

TCPA	En Yakın Geçiş Noktasına Olan Süre (Time to Closest Point of Approach)
TDMA	Time Division Multiple Access
TDV	Etki Alanı İhlale Geçen Süre (Time to Domain Violation)

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1: Gemi tarafından gönderilen OTS Verileri 5
Tablo 2: OTS aygıtı veri gönderme aralıkları 6
Tablo 3: Klas-A OTS aygıtı dinamik veri gönderme aralıkları 6
Tablo 4: Klas-A dışındaki OTS aygıtı dinamik veri gönderme aralıkları 7
Tablo 5: OTS verileri gemi tipi tanımlayıcı kodları 8
Tablo 6: OTS Yayıncı ID Bilgileri 38
Tablo 7: Standart OTS mesaj tipleri 39
Tablo 8: OTS verileri deşifre tablosu 41
Tablo 9: OTS verisi örnek deşifre tablosu 43
Tablo 10: OTS verisi ve enterpolasyon süreci 49
Tablo 11: Kargo gemileri ve tanker gemileri için yasak alan ve kaçınma alan yüzdeleri 59
Tablo 12: Dört nokta için çapariz durumlardaki yasak ve kaçınma alanı ölçüleri 75
Tablo 13: Yasak alan sınır mesafelerinin fonksiyonları 77

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Otomatik Tanımlama Sistemi ve ITDMA Protokolü 4
Şekil 2: OTS aygıtı tarafından rapor edilen gemi pozisyonu ve gemi üzerindeki referans noktası 9
Şekil 3: Fuji ve Tanaka (1971) (a), Goodwin (1975) (b) ve Coldwell (1983) (c) tarafından geliştirilen gemi emniyet alanları 12
Şekil 4: Fehmarnbelt Bölgesindeki OTS verileri kullanılarak oluşturulan GEA 13
Şekil 5: Fehmarnbelt Bölgesindeki OTS verileri kullanılarak oluşturulan GEA 14
Şekil 6: Trafik Ayrım Düzeni (a) ve bu bölgedeki OTS verileri kullanılarak oluşturulan GEA (b) 15
Şekil 7: Dörtgen GEA (a) ve kombine elips GEA (b) 16
Şekil 8: Farklı zamanlardaki Dinamik Dördey gemi emniyet alanı simülasyon sonuçları 17
Şekil 9: Çatışma önleme manevrası için gemiler arası kritik mesafe (a) kritik mesafe ve diğer GEA karşılaştırmaları (b) 18
Şekil 10: Gemilerin farklı seyir durumları 19
Şekil 11: Bloke Alan ve Aksiyon Alanı 20
Şekil 12: Uzmana gösterilen iki gemi yaklaşımı örneği 21
Şekil 13: Bulanık mantık temelli gemi emniyet alanı 22
Şekil 14: Bulanık mantık temelli dinamik gemi emniyet alanı a) Pruva-Pruva geçiş, b) Çapariz durumu 23
Şekil 15: Çapariz durumdaki iki gemi için optimal çatışmayı önleme kararı 24
Şekil 16: Çapariz durumdaki gemi emniyet alanı 25
Şekil 17: Üç aşamalı gemi emniyet alanı 26
Şekil 18: Çapariz durumdaki iki gemi için optimal çatışmayı önleme kararı 27
Şekil 19: Gemi emniyet alanları karşılaştırması 27
Şekil 20: Olasılıksal gemi emniyet alanı 28
Şekil 21: Yasak, Riskli, Emniyetli alan (a), Olasılıksal gemi emniyet alanı ve diğer çalışmalarla karşılaştırması (b) 29
Şekil 22: Farklı gemi emniyet alanı ve emniyet kriterleri 33
Şekil 23: Gemi emniyet alanı odaklı hesaplama ve DDV, TDV 34

Şekil 24: NMEA-0183 cümlesi örneği 40
Şekil 25: OTS verisi deşifre süreci 42
Şekil 26: OTS verisi deşifre ve veri tabanı süreci 44
Şekil 27: Gemi emniyet alanlarının hesaplanması sürecindeki çalışma metodolojisi45
Şekil 28: Çalışma sahası 46
Şekil 29: OTS verisi enterpolasyon yöntemi 48
Şekil 30: Mesafe hesabı 50
Şekil 31: Gemi boyuna göre gemi dağılımı 51
Şekil 32: Tam boyu 125m ile 200m arası olan kargo gemileri için çekirdek yoğunluk tahminlemesi ile gemi emniyet alanı oluşturulması 53
Şekil 33: COLREG kurallarına göre geçiş açıları 54
Şekil 34: Gemi emniyet alanı sınırları, yasak alan ve kaçınma alanı 55
Şekil 35: Tam boyu 125m ile 200m arasındaki kargo gemileri ve tanker gemileri için çapariz durumlardaki yasak alanın ÇYT kullanılarak tespiti 57
Şekil 36: Otomatik Tanımlama Sistemi kurulumu ve veri tabanı 61
Şekil 37: Otomatik Tanımlama Sistemi ve Kapsama Alanı Karşılaştırması 62
Şekil 38: Çatışma risklerinin hesaplanması sürecindeki çalışma akış diyagramı..... 63
Şekil 39: Gemi emniyet alanı ihlalleri ve risk seviyeleri..... 64
Şekil 40: Gemilerin GEA kapsamında ileriye dönük karşılaşma durumları 65
Şekil 41: Manevra sonrası gemilerin GEA kapsamında ileriye dönük karşılaşma durumları 66
Şekil 42: İki kargo gemisi çapariz durumundaki risk seviyeleri 67
Şekil 43: Risk seviyeleri renk kartelası 68
Şekil 44: Gemilerin sürat dağılımı..... 69
Şekil 45: Kargo gemileri ve tanker gemileri için pruva pruva geçiş durumlarındaki gemi emniyet alanı sınırları..... 70
Şekil 46: Kargo gemileri ve tanker gemileri için çapariz geçiş durumlarındaki gemi emniyet alanı sınırları..... 72
Şekil 47: Kargo gemileri ve tanker gemileri için çapariz geçiş durumlarındaki yasak alan ve kaçınma alan ölçüleri 73
Şekil 48: Bütün gemi tipleri için yasak alan ve pruva istikametinden geçiş mesafesi 76

Şekil 49: Bütün gemi tipleri için yasak alan sınır fonksiyonları 77
Şekil 50: Risk Derece Haritası ve Grid Çizgileri..... 78
Şekil 51: Risk Derecelerine Göre Risk Haritası ve Grid Çizgileri 79
Şekil 52: Anlık bölgesel risk değerlendirmesi..... 80

EKLER LİSTESİ

Ek 1: T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Deniz ve İçsular Düzenleme Genel Müdürlüğü Otomatik Tanımlama Verileri Kullanım İzni.....ek s.1
Ek 2: T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Denizcilik Genel Müdürlüğü Otomatik Tanımlama Sistemi Alıcı Aygıtı Kurulum İzni.....ek s.2
Ek 3: UZMAR Otomatik Tanımlama Sistemi Alıcı Aygıtı Kurulum İzni.....ek s.3
Ek 4: TUBİTAK 1002-A Hızlı Destek Modülü 122M814 Numaralı Proje Kabul Yazısı.....ek s.4

GİRİŞ

Deniz taşımacılığı küresel teknolojik gelişmeler, pazar eğlimleri gibi birçok farklı faktörlerden dolayı sürekli gelişmektedir. Bu gelişmeler ile birlikte liman kapasiteleri artmakta ve bununla birlikte gemi sayısı da artış göstermektedir. Bu durum sonucunda ise hem kıyı bölgelerinde hem de açık deniz koşullarında deniz trafiği artmaktadır. Deniz trafiğinin artması da beraberinde farklı sorunlar ortaya çıkarmaktadır. Bu sorunlar, trafiğin yoğun olduğu bölgelerde çatışma riskinin artması, trafiğin gözetiminin ve yönetiminin daha karmaşık hale gelmesi şeklindedir.

Gemilerin çatışma riskleri değerlendirilirken sadece fiziksel olarak birbirine teması değil aynı zamanda birbirleri ile yaptıkları yakın geçişler de dikkate alınmaktadır. Bu mesafe/alan ise Gemi Emniyet Alanı (GEA) şeklinde ifade edilmektedir. Araştırmacıların kullandıkları yöntemlere, çalışma yapılan bölgelere, dikkate alınan parametrelere göre birçok farklı özellikte GEA bulunmaktadır. Ancak bu alan, birçok değişkene bağlı olduğu için her koşullara uygun standart bir değer olamayacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmada, her bölgenin kendine has deniz trafik özelliklerine sahip olduğu dikkate alınarak, Trafik Ayrım Düzeni bulunmayan bölgede önceden toplanmış Otomatik Tanımlama Sistemi (OTS) verileri kullanılarak farklı tip ve büyüklükteki gemiler için gemi emniyet alanı (GEA) hesaplanmıştır. Daha sonra bu alanlar kullanılarak hem geçmiş veriler ile hem de anlık veriler ile çatışma riskleri hesaplanmıştır.

Çalışmanın birinci bölümünde Otomatik Tanımlama Sistemi çalışma prensibi, veri türleri ve bu verilerin gönderim sıklığı incelenmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde gemi emniyet alanı ve çatışma riskleri ile ilgili literatür taraması yapılmış ve farklı modeller incelenmiştir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde ise gemi emniyet alanının tespiti ve çatışma risklerinin hesaplanması gerçekleştirilmiştir. Bölgedeki deniz trafiğine ait çıktılar ve bölgesel risk değerlendirmelerine ait bulgulara bu bölümde yer verilmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

OTOMATİK TANIMLAMA SİSTEMİ

Deniz taşımacılığı birçok farklı nedenlere bağlı olarak sürekli gelişmekte ve deniz trafiği artmaktadır. Bu trafiğin takibi de seyir emniyeti açısında oldukça önemli hale gelmektedir. Deniz trafiğinin diğer gemiler ve kıyı tesisleri tarafından anlık olarak takip edilebilmesi ve seyir emniyetinin arttırılması amacıyla IMO tarafından Otomatik Tanımlama Sistemi kademeli olarak zorunlu hale getirilmiştir (IMO, 2014: 297, 298).

Otomatik Tanımlama Sistemi (OTS) SOLAS Bölüm 5 Regülasyon 19'a göre uluslararası seyir yapan 300 GRT ve üzeri bütün gemilerde, 500 GRT ve üzeri kargo gemilerinde ve boyutuna bakılmaksızın yolcu gemilerinde bulundurulması zorunlu tutulmuştur. Öncelikle 1 Temmuz 2002 sonrası inşa edilen gemilerde zorunlu tutulan bu sistem, 1 Temmuz 2008 itibariyle belirtilen boyutlardaki bütün gemilerde zorunlu hale gelmiştir (IMO, 2014: 297).

Otomatik tanımlama sistemi (IMO, 2014: 298):

- Sahil istasyonlarına, civarda bulunan diğer gemilere ve hava taşıtlarına geminin tanımlayıcı kimliği, tipi, pozisyonu, rotası, sürati ve diğer emniyetle ilgili bilgileri içeren statik ve dinamik bilgileri otomatik olarak göndermelidir.
- Benzer ekipmanlarla donatılmış diğer gemilerden bu bilgileri otomatik olarak almalıdır.
- Gemileri izlemeli ve takip etmelidir.
- Sahil istasyonları ile veri alışverişinde bulunmalıdır.

OTS aygıtları Klas-A ve Klas-B şeklinde ikiye ayrılmaktadır. Klas-A OTS aygıtları 300 GRT ve üzeri uluslararası seyir yapan gemiler ile yolcu gemilerinde kullanılırken Klas-B OTS aygıtları ise özel tekneler, balıkçı tekneleri gibi küçük gemilerde kullanılmaktadır (MMO, 2014: 5). Klas-A ve Klas-B tipi OTS aygıtlarının gönderilip alınabilen veri tipleri konusunda ve veri gönderim sıklığı konusunda birtakım farklılıkları bulunmaktadır. Örneğin, seyir ya da meteorolojik uyarı şeklindeki emniyet odaklı mesajlar Klas-A tipi OTS aygıtları tarafından hem gönderilip hem de alınabilirken Klas-B tipi OTS aygıtları tarafından sadece alınabilmektedir (ITU-R, 2014: 7).

1.1. OTOMATİK TANIMLAMA SİSTEMİ ÇALIŞMA PRENSİBİ

OTS aygıtları 161,975 MHz ile 162,025 MHz VHF kanalı üzerinden yayın yapmaktadır. Deniz trafiğinin yoğun olduğu bölgelerde aynı anda birden çok geminin yayın yapmasının önüne geçilmesi için ya da yakınlardaki gemilere öncelik verilmesi için OTS aygıtı birtakım ilkeler kullanarak yayın yapmaktadır.

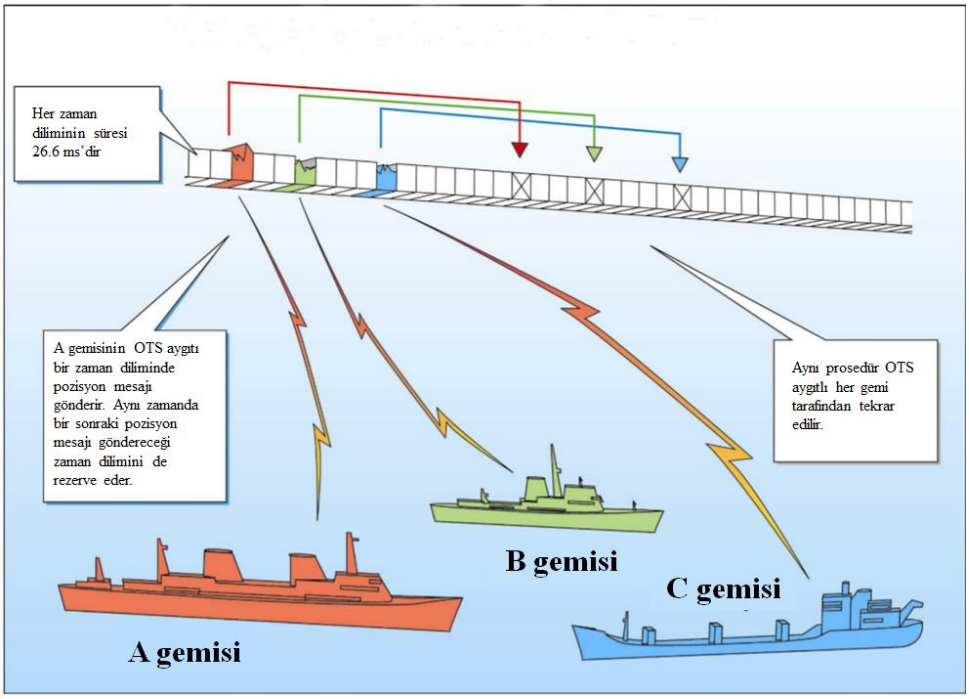
OTS aygıtları zaman bölmeli çoklu erişim (TDMA - Time Division Multiple Access) protokolüne dayanarak yayın yapmaktadır. Bu protokol ile, yayınların yapılacağı zaman aralıkları tahsis edilmekte ve sinyallerin üst üste binmesi engellenmekte, bir sonraki yayın yapma aralığı rezerve edilmekte ve bölgede çok fazla geminin olması durumunda ise yakınlardaki gemilere öncelik verilerek birbirlerine yakın gemilerin veri kaçırmaması sağlanmaktadır (IMO, 2015: 17).

Bir diğer protokol ise SOTDMA (Self-Orginizing Time Division Multiple Access) şeklindedir. SOTDMA ile OTS aygıtı mesajları belirli bir düzen halinde gönderilir. Aygıt öncelikle yayını dinler ve yayının haritasını çıkartır. Daha sonra verilerin devamlı bir şekilde gönderilmesi sağlanır. Ancak bu sistemin devamlı ve düzgün çalışabilmesi için RATDMA (Random Access), ITDMA (Incremental) ve FATDMA (Fixed Access) protokolleri de kullanılmaktadır. Bu protokollerde (IALA-AISM, 2002: 35):

- RATDMA ile rastgele bir zaman dilimi belirlenmekte,
- ITDMA ile ise bir sonraki zaman dilimi belirlenerek OTS aygıtının devamlı bir şekilde veri göndermesi sağlanmaktadır.
- FATDMA ise sahil istasyonlarının kullanılması için rezerve edilmiştir.

OTS aygıtının ve protokollerin çalışma prensibi Şekil 1'deki gibidir.

Şekil 1: Otomatik Tanımlama Sistemi ve ITDMA Protokolü



Kaynak: (IALA-AISM, 2002: 36).

Şekil 1'e göre, bir gemideki OTS aygıtı yayın yapacağı zaman dilimini belirledikten sonra bir sonraki yayın yerini rezerve etmekte ve diğer gemiler de birbirlerinin yayınlarını dinleyerek bu zaman dilimlerindeki boşlukları kullanarak hem yayın yapmakta hem de bir sonraki yayın zamanını rezerve etmektedir. Bu yayınların daha sık yapılması gerektiği durumda da protokoller rezerve sıklığını güncelleyerek daha sık aralıklarla veri transferi sağlamaktadır.

Klas-B OTS aygıtları ise CSTDMA (Carrier Sense Time Division Multiple Access) protokolüne göre yayın yapmaktadır. Bu protokole göre aygıt öncelikle yayını dinlemekte ve yayında boşluk bulması durumunda kendi gemisine ait verileri göndermektedir (ITU-R, 2014: 82). OTS aygıtlarında kullanılan bu protokoller ile, öncelikle yakınlardaki gemilerin verilerinin eksiksiz alınması sağlanmakta ve yakınlardaki büyük gemilerden fırsat olması durumunda küçük gemi verilerinin alınması sağlanmaktadır.

1.1.1. Otomatik Tanımlama Sistemi Tarafından Gönderilen Veriler

Otomatik Tanımlama Sistemi tarafından gönderilen veriler 4 ana başlıkta toplanmaktadır. Bunlar statik, dinamik, seyirle ilgili ve emniyetle ilgili bilgiler şeklindedir. OTS aygıtı tarafından gönderilen veriler Tablo 1'deki gibidir

Tablo 1: Gemi tarafından gönderilen OTS Verileri

Statik	Dinamik	Seyirle İlgili	Emniyetle İlgili
MMSI	Geminin pozisyonu	Geminin draftı	Emniyetle ilgili kısa mesajlar
Çağrı işareti ve adı	UTC olarak zaman bilgisi	Tehlikeli kargo (tipi)	
IMO numarası	Yere göre rota (COG)	Varış limanı ve tahmini varış zamanı (ETA)	
Boy ve en	Yere göre sürat (SOG)	Sefer planı (Ara noktalar)	
Gemi tipi	Pruva değeri (HDG)		
Elektronik pozisyon sabitleme sistemi (EPFS) anteninin konumu	Seyir durumu		
	Dönüş oranı (ROT)		

Kaynak: (IMO, 2015: 5, 6).

OTS aygıtının gönderdiği statik bilgiler, aygıtını kurulumu sırasında girilmekte olup değişiklik olması durumunda güncellenmektedir. Dinamik veriler ise sensörlerden elde edilen verilerle ya da OTS aygıtının kendi anteninden elde edilen veriler yardımıyla gönderilirken dinamik bilgilerden olan seyir durumu bilgisi ve seyirle ilgili diğer bilgiler ise gemi personeli tarafından güncellenmektedir. Emniyetle ilgili mesajlar ise gerektiği durumlarda bir gemiye, sahil istasyonuna ya da bütün gemilere/istasyonlara şeklinde yapılmaktadır (IMO, 2015: 6).

OTS aygıtlarından gönderilen veri sıklığı gemilerin hareketlerine göre değişiklik göstermektedir. OTS aygıtlarının sinyal gönderme aralıkları Tablo 2'deki gibidir.

Tablo 2: OTS aygıtı veri gönderme aralıkları

Statik bilgiler	6 dakikada bir ya da veri girişi yapıldığında
Dinamik bilgiler	Sürat ve rota değişimine göre değişiklik göstermektedir. Detaylar Tablo 3'teki gibidir.
Seyirle ilgili bilgiler	6 dakikada bir ya da veri girişi yapıldığında
Emniyetle ilgili bilgiler	Gerektiği zaman

Kaynak: (ITU-R, 2014: 8).

OTS aygıtı tarafından statik ya da seyirle ilgili bilgiler 6 dakikada bir ya da yeni veri girişi yapıldığında gönderilirken dinamik bilgilerde veri gönderim sıklığı 2 saniyeye kadar inmektedir. Klas-A OTS aygıtı tarafından gönderilen dinamik veri gönderme aralıkları Tablo 3'teki gibidir.

Tablo 3: Klas-A OTS aygıtı dinamik veri gönderme aralıkları

Geminin Dinamik Durumu	**Nominal Rapor Aralıkları**
Gemi demirde ya da bağlı ve sürati 3 knot'ın altındayken	3 dk.
Gemi demirde ya da bağlı ve sürati 3 knot'ın üzerindeyken	10 s.
Gemi sürati 0-14 knot arasında	10 s.
Gemi sürati 0-14 knot arasında ve rota değiştirirken	$3\frac{1}{3}$ s.
Gemi sürati 14-23 knot arasında	6 s.
Gemi sürati 14-23 knot arasında ve rota değiştirirken	2 s.
Gemi sürati 23 knot'ın üzerindeyken	2 s.
Gemi sürati 23 knot'ın üzerinde ve rota değiştirirken	2 s.

Kaynak: (ITU-R, 2014: 8).

Tablo 3'te görüldüğü üzere, gemi demirde ya da sürati 3 knot'ın altındayken veri gönderim sıklığı 3 dakikada bir olurken, gemilerin 23 knot ver üzeri seyir yapması ya da 14-23 knot arasında seyir yaparken rota değiştirmeleri durumunda bu süre 2 saniyeye kadar düşmektedir.

Klas-A dışındaki OTS aygıtlarının dinamik veri gönderme aralıkları ise Tablo 4'teki gibidir.

Tablo 4: Klas-A dışındaki OTS aygıtı dinamik veri gönderme aralıkları

Geminin Dinamik Durumu	**Nominal Rapor Aralıkları**
B Klas kendi kendini organize (SO Self orginized) ekipman bulunup 2 knot'ın altında hareket ederken	3 dk.
B Klas kendi kendini organize (SO Self orginized) ekipman bulunup 2-14 knot arasında hareket ederken	30 s.
B Klas kendi kendini organize (SO Self orginized) ekipman bulunup 14-23 knot arasında hareket ederken	15 s.
B Klas kendi kendini organize (SO Self orginized) ekipman bulunup 23 knot'ın üzerinde hareket ederken	5 s.
B Klas taşıyıcı algılamalı (CS Carrier sense) ekipman bulunup 2 knot'ın altında hareket ederken	3 dk.
B Klas taşıyıcı algılamalı (CS Carrier sense) ekipman bulunup 2 knot'ın üzerinde hareket ederken	30 s.
Arama kurtarma uçakları (Uçakta taşınan mobil ekipman)	10 s.
Seyir yardımcıları (AtoN Aids to Navigation)	3 dk.
OTS baz istasyonu	10 s.

Kaynak: (ITU-R, 2014: 9).

Tablo 4'te görüldüğü üzere, 2 knot'ın altında seyir yaparken veri gönderme aralığı 3 dakikada bir olurken gemi hızının artmasıyla birlikte bu süre 5 saniyeye kadar düşebilmektedir.

OTS aygıtı tarafından gönderilen verilerde gemi tipleri belirli kodlara göre gönderilmektedir. Bu kodlar Tablo 5'teki gibidir.

Tablo 5: OTS verileri gemi tipi tanımlayıcı kodları

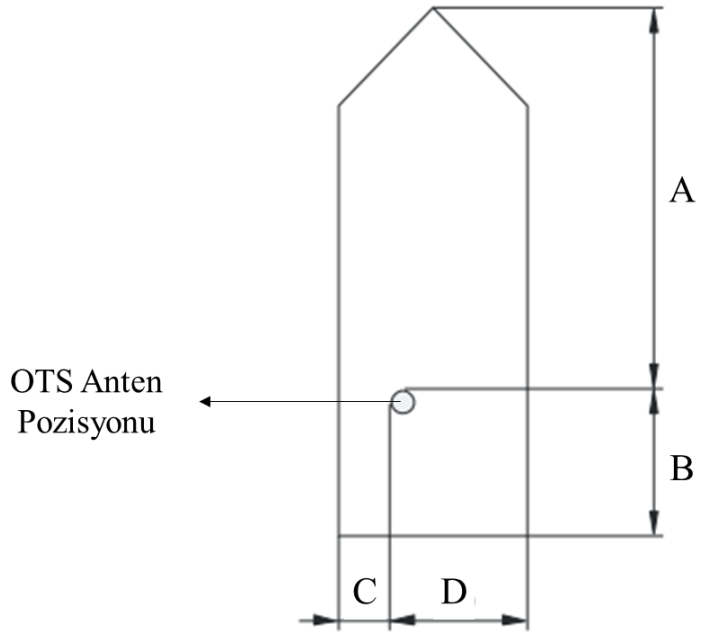
Gemi tiplerini gösteren tanımlayıcı numaralar			
Tanımlayıcı Kod	**Özel Gemiler (Special Craft)**		
50	Pilot botları		
51	Arama kurtarma gemileri		
52	Römorkörler		
53	Liman botları		
54	Kirlilik önleyici ekipman ya da olanakları bulunan gemiler		
55	Kolluk kuvvet gemileri		
56	Yedek – yerel teknelere atanmak üzere		
57	Yedek – yerel teknelere atanmak üzere		
58	Sağlıkla ilgili tekneler		
59	Silahlı kuvvetlere dahil olmayan devlete ait gemi ve uçaklar		
	Diğer Gemiler		
İlk Basamak*	**İkinci Basamak***	**İlk Basamak***	**İkinci Basamak***
1-İleride kullanılmak üzere rezerve	0-Bu tipteki bütün gemiler	-	0-Balıkçı gemileri
2-WIG	1-Tehlikeki yük taşıyan, doğaya zararlı ya da çevreyi kirleten, IMO tehlike ya da X kirletici kategorisinde yük taşıyan gemiler	-	1-Yedekleme gemileri
3-Sağdaki sütuna bakınız	2-Tehlikeki yük taşıyan, doğaya zararlı ya da çevreyi kirleten, IMO tehlike ya da Y kirletici kategorisinde yük taşıyan gemiler	3-Gemiler	2-Yedek boyu 200m'yi geçen ya da yedek eni 25m'yi geçen gemiler
4-HSC	3-Tehlikeki yük taşıyan, doğaya zararlı ya da çevreyi kirleten, IMO tehlike ya da Z kirletici kategorisinde yük taşıyan gemiler	-	3-Tarama ya da su altı faaliyetlerinde bulunan gemiler
5-Üstteki bölüme bakınız	4-Tehlikeki yük taşıyan, doğaya zararlı ya da çevreyi kirleten, IMO tehlike ya da OS kirletici kategorisinde yük taşıyan gemiler	-	4-Dalış faaliyetlerinde bulunan gemiler
	5-İleride kullanılmak üzere rezerve	-	5-Askeri operasyonlarda bulunan gemiler
6-Yolcu gemileri	6-İleride kullanılmak üzere rezerve	-	6-Yelkenliler
7-Kargo gemileri	7-İleride kullanılmak üzere rezerve	-	7-Eğlence gemileri
8-Tankerler	8-İleride kullanılmak üzere rezerve	-	8-İleride kullanılmak üzere rezerve
9-Diğer gemi tipleri	9-Ekstra bilgi bulunmamaktadır	-	8-İleride kullanılmak üzere rezerve

Kaynak: (ITU-R, 2014: 114).

Tablo 5'te görülen gemi kodları, gelen OTS verilerinin hangi tip gemiye ait olduğunun tanımlanması amacıyla kullanılmaktadır. Örneğin römorkörler 52 kodu ile belirlenirken, balıkçı gemileri 30 kodu ile tanımlanmaktadır. Kargo gemileri ve tanker gemileri ise taşıdıkları tehlikeli ya da kirletici yük kategorisine göre 70 ve 89 da dahil olmak üzere bu sayılar arasındaki kodlarla tanımlanmaktadır.

OTS aygıtı tarafından gönderilen bilgilerde DimA, DimB, DimC, DimD şeklinde 4 mesafe bulunmaktadır. Bu mesafeler Şekil 2'deki gibidir.

Şekil 2: OTS aygıtı tarafından rapor edilen gemi pozisyonu ve gemi üzerindeki referans noktası



Kaynak: (ITU-R, 2014: 115).

Şekil 2'de görülen, A ve B değerlerinin toplamı gemi boyunu, C ve D değerlerinin toplamı da gemi enini vermektedir.

İKİNCİ BÖLÜM

GEMİ EMNİYET ALANI VE GEMİLERİN ÇATIŞMA RİSKLERİ

2.1. GEMİ EMNİYET ALANI (GEA)

Gemi Emniyet Alanı (Ship Safety Domain) kavramı ilk olarak Fujii ve Tanaka (1971) tarafından seyir halindeki bir geminin etrafında bulunan ve diğer gemilerdeki çoğu denizcinin girmekten kaçınacağı bir alan şeklinde tanımlanmıştır. Yapılan ilk tanımlamada bu alan "etkili alan (effective domain)" şeklinde isimlendirilmiştir. Bu konuda Goodwin (1975) tarafından yapılan tanımlamada ise bu alan diğer tanımlarla benzer şekilde, bir denizcinin, diğer gemiler ve sabit nesnelerle ihlal edilmeyecek şekilde gemi etrafında bıraktığı etkili alan şeklinde tanımlanmıştır. Gemi Emniyet Alanı ile ilgili daha sonra da birçok yazar tarafından çalışmalar yapılmış olup benzer tanımlamalar gerçekleştirilmiştir. Ancak yapılan bu tanımlamaların genel kavramı ve ortak noktası, **gemilerin etrafında bulunan ve diğer gemi ya da sabit nesnelerin girmesine izin verilmeyen bir alan** şeklindedir.

Gemilerin etrafında bulunan bu alan, Jingsong ve diğerleri (1993) tarafından psikolojideki kişisel alan (proksemik) ile benzerliği dikkate alınarak yorumlanmıştır. İnsanların da etrafında belirli bir mesafe olması gerektiği ve bu mesafenin belirli değerlerin altına inmesi durumunda kişilerin gerekli hareketleri yaparak kendilerini güvende hissettikleri bu mesafeyi tekrar korumaya çalıştıkları belirtilmiştir. Gemilerin davranışlarının vardiyadaki zabitin davranışını yansıttığı düşünüldüğünde, gemi-kişi etkileşimi ile kişisel alan ile benzer bir alanın gemi etrafında bırakıldığı belirtilmiştir. Jingsong ve diğerleri (1993) tarafından yapılan çalışmada, gemi emniyet alanı ile ilgili ilk çalışmalardan olan Fujii ve Tanaka (1971), Goodwin (1975) ve Coldwell (1983) tarafından yapılan gemi emniyet alanı tanımı ve değerleri incelenmiş, çalışmalardaki benzerlikler ve farklılıklar değerlendirilmiştir.

Gemi Emniyet Alanı ile yapılan çalışmalarda bu alan çember şeklinde olabildiği gibi elips ya da çokgen şeklinde de olmaktadır. Bu alanların farklılığı ise yapılan çalışmanın yöntemi, çalışma yapılan bölge, kullanılan parametreler gibi birçok değişkene bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu alanlar kullanılarak yapılan

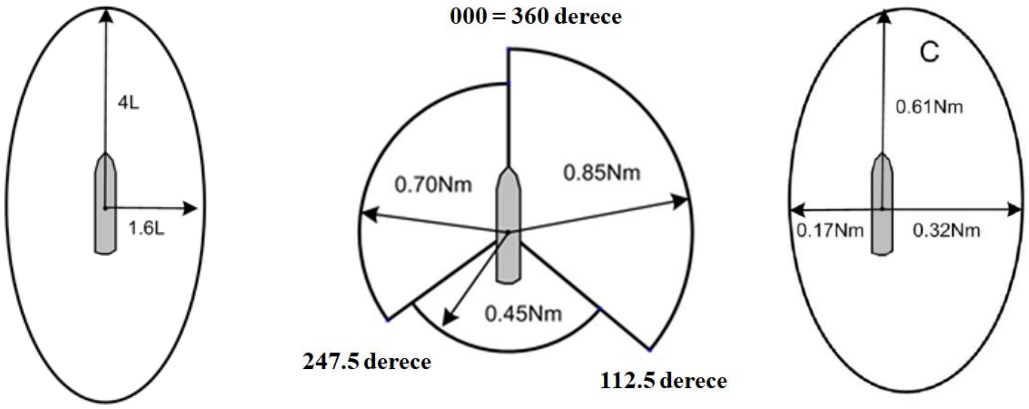
çalışmalarda gemilerin çatışma riskleri, deniz trafiği planlaması gibi farklı uygulamalar da gerçekleştirilmiştir.

Gemi Emniyet Alanlarının belirlenmesinde genel olarak teorik analizler, uzman görüşleri ya da deneysel yöntemler kullanılmıştır. Kullanılan yöntemler ve geliştirilen modellere göre yapılan çalışmalar Ampirik (İstatistiksel) Yöntemler, Analitik Yöntemler, Bilgi Temelli Yöntemler ve Olasılıksal Yöntemler şeklinde 4 ana grupta toplanmaktadır (Fiskin ve diğerleri, 2020; Szlapczynski and Szlapczynska, 2017). Yapılan çalışmalarda bu yöntemlerden biri kullanılabildiği gibi birden fazla yöntemin bir arada kullanılma durumu da söz konusu olmaktadır.

2.1.1. Ampirik (Deneysel) Yöntemler

Ampirik gemi emniyet alanı çalışmaları; radar, otomatik tanımlama sistemi verileri gibi gemilerin pozisyonlarının ve hareketlerinin izlenebildiği veriler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ampirik veriler kullanılarak yapılan ilk çalışma Fujii ve Tanaka (1971) tarafından gerçekleştirilmiştir. Radar verisi kullanılarak gerçekleştirilen bu çalışmada gemi boyu dikkate alınarak elips şeklinde bir alan ortaya çıkartılmıştır. Benzer şekilde Goodwin (1975) tarafından radar verileri kullanılarak yapılan çalışmada da gemilerin seyir işaretlerinin göründüğü açılara göre farklı mesafelerden oluşan alanlar ortaya çıkartılmıştır. Şekil 3'te, Fujii ve Tanaka (1971) tarafından geliştirilen GEA (a) elips şeklindeyken, Goodwin (1975) tarafından geliştirilen GEA (b) farklı yarıçapları bulunan alanlar şeklindedir. Daha sonraki yıllarda Coldwell (1983) tarafından geliştirilen çalışmada ise GEA (c) elips şeklinde ortaya çıkartılmıştır. Fuji ve Tanaka (1971) tarafından oluşturulan modelde GEA ölçüleri gemi boyuna göre değişiklik gösterirken Goodwin (1975) ve Coldwell (1983) tarafından yapılan çalışmada ise bu mesafeler sabit olarak ortaya konulmuştur.

Şekil 3: Fuji ve Tanaka (1971) (a), Goodwin (1975) (b) ve Coldwell (1983) (c) tarafından geliştirilen gemi emniyet alanları

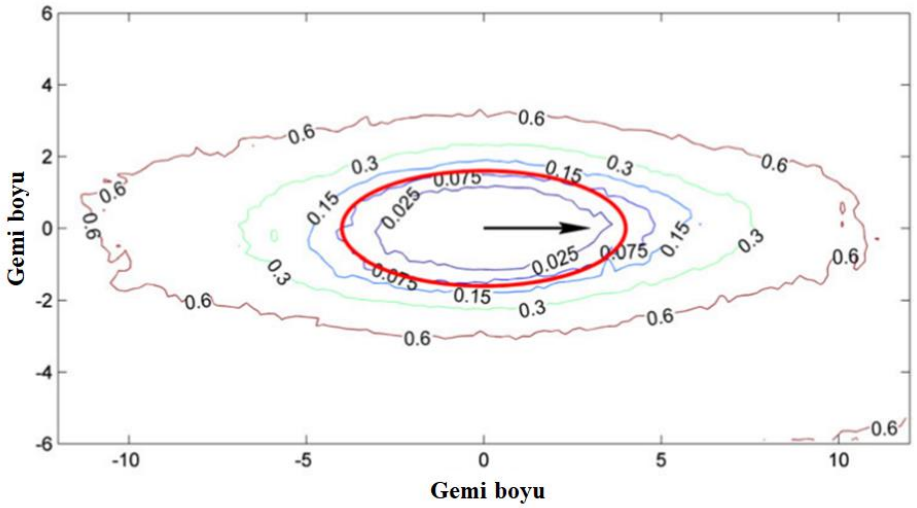


(a) (b) (c)

Gemi Emniyet Alanı ile ilgili yapılan ilk çalışmalardan sonra ampirik çalışmaların kullanılması bazı zamanlar azalsa da son yıllarda artarak farkı çalışmalar da gerçekleştirilmiştir. İlk çalışmalarda radar verileri kullanılırken bu verilerin yerini zamanla OTS verileri almıştır ve bu sayede daha kapsamlı istatistiksel yöntemlerin kullanılması mümkün hale gelmiştir (Hansen ve diğerleri, 2013).

Hansen ve diğerleri (2013) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Danimarka sularında seyir yapan gemilere ait 4 yıllık OTS verileri kullanılarak gemilerin birbirleriyle yaptıkları geçişler incelenmiş ve ampirik gemi emniyet alanı ortaya çıkartılmıştır. Fehmarnbelt Bölgesindeki OTS verileri kullanılarak oluşturulan GEA Şekil 4'teki gibidir.

Şekil 4: Fehmarnbelt Bölgesindeki OTS verileri kullanılarak oluşturulan GEA

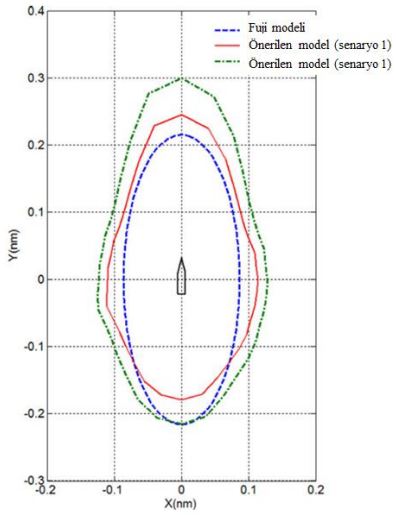


Kaynak: (Hansen ve diğerleri, 2013: 935).

Çalışmada belirli bir mesafenin altındaki geçişler dikkate alınmıştır ve bu mesafe de 3500 metre olarak belirlenmiştir. Bu mesafenin belirlenme nedeni de bölgede seyir yapan en büyük gemi boyunun yaklaşık olarak 350 metre olması ve 10 gemi boyu mesafenin hesaplamalarda kullanılmasıdır. Her gemi için mesafeler mevcut gemiye göre ayrı ayrı hesaplanmış ve daha sonra yoğunluk grafikleri ortaya çıkartılmış ve GEA ortaya çıkartılmıştır. Çalışma sonucunda elips şeklindeki GEA ölçüleri geminin pruva-pupa doğrultusunda 8 gemi boyu ve sancak-iskele doğrultusunda 3.2 gemi boyu şeklinde belirlenmiştir.

Wang ve Chin (2016) tarafından gerçekleştirilen çalışmada Singapur Boğazı ve Singapur Liman bölgesinden toplanan OTS verileri kullanılarak farklı bir GEA ortaya çıkartılmıştır. Gemi boyu 100 metre ve sürati 10 knot olan seçilen gemi, gemi boyu 100 metre ve sürati 15 knot olan seçilen gemi ve gemi boyu 100 metre ve sürati olmayan bir hedef gemi için oluşturulan farklı GEA değerleri ve bu ölçülerin Fuji ve Tanaka (1971) modeli ile karşılaştırılmış hali Şekil 5'teki gibidir.

Şekil 5: Fehmarnbelt Bölgesindeki OTS verileri kullanılarak oluşturulan GEA

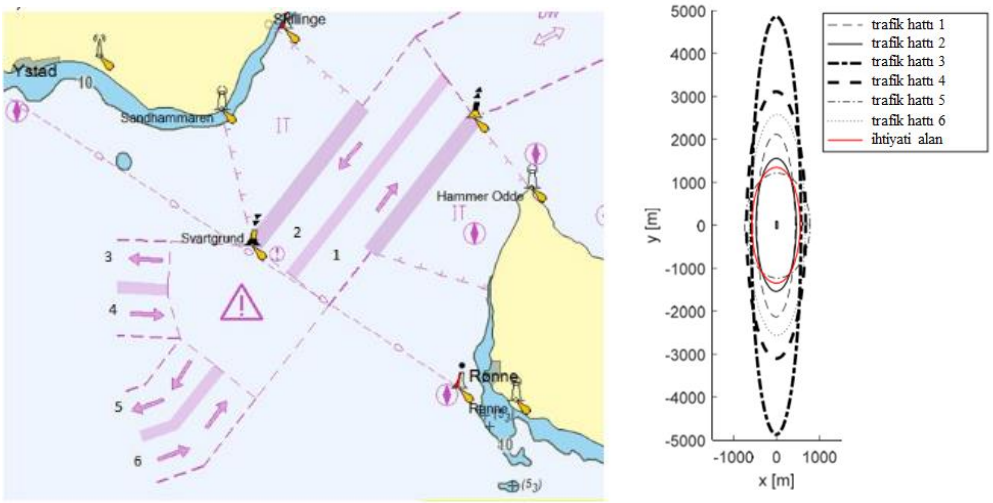


Kaynak: (Wang, Y. and Chin, 2016: 272).

Wang ve Chin (2016) tarafından gerçekleştirilen çalışmada her iki geminin de gemi emniyet alanlarının birbirine temas etmediği mesafe emniyetli mesafe olarak belirtilmiştir. Toplamda 624 gemiye ait 2.7 milyon gemi pozisyonu kullanılarak yapılan çalışmada, gemi boyları genel olarak 50m ile 200 metre arasında değişmekte ve en büyük gemi boyu 400 metre şeklindedir. 2NM mesafe altındaki geçişler analiz edilmiş ve toplamda 264.975 gemi geçiş verisi elde edilmiştir.

Pietrzykowski ve Magaj (2017) tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise Trafik Ayrım Düzenindeki OTS verileri analiz edilerek gemi emniyet alanı ortaya çıkartılmıştır. Çalışma sahası ve oluşturulan GEA Şekil 6'daki gibidir.

Şekil 6: Trafik Ayrım Düzeni (a) ve bu bölgedeki OTS verileri kullanılarak oluşturulan GEA (b)



(a) (b)

Kaynak: (Pietrzykowski ve Magaj, 2017: 94, 96).

Pietrzykowski ve Magaj (2017) tarafından gerçekleştirilen çalışmada Trafik Ayrım Düzenindeki farklı bölgelerde GEA mesafelerinde de farklılıklar meydan gelmektedir. Çalışmada TAD 2, Önlem Bölgesi (Precaution Area) ve TAD 5 hattı akış 1 şeklinde isimlendirilmiş ve TAD 6, Önlem Bölgesi ve TAD 1 bölgesi ise akış 2 şeklinde isimlendirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda akış 1'deki GEA ölçülerinin akış 2'ye göre yarı yarıya daha kısa olduğu ortaya çıkartılmıştır. Bu durumun nedeni de bölgedeki farklı yöne gerçekleşen deniz trafiğindeki kesişmeler olabileceği belirtilmiştir.

OTS verileri kullanılarak yapılan ampirik çalışmalara bakıldığında genel olarak yoğun trafik olan kıyısal bölgelerde ve trafik ayrım düzeni olan bölgelerde yapıldığı görülmektedir. Ampirik yöntemler ile geliştirilen GEA çalışmalarına bakıldığında oluşturulan modellerin genel olarak çalışma yapılan bölgeye göre farklılık gösterebileceği düşünülmektedir. Bu durumun başlıca nedeni, bazı bölgelerde trafik ayrım düzenindeki OTS verilerinin kullanılması hali hazırda düzenlenmiş trafikteki gemi emniyet alanlarını ortaya çıkartacağı için TAD olmayan bölgelerde net sonuç vermeme durumu söz konusu olmaktadır. Çalışma bölgesinden bağımsız olarak OTS verileri gibi büyük veriler kullanılarak yapılan bu çalışmalar, gemide vardiyada

bulunan kişilerin o anki hissiyatlarına göre yaptıkları manevralara göre belirlendiği için oldukça faydalı olduğu düşünülmektedir.

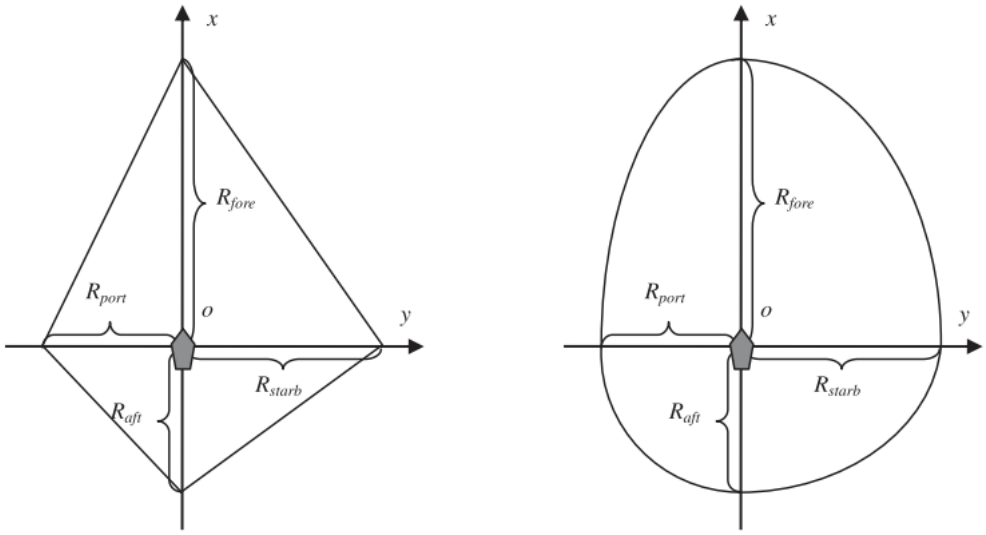
Gemi Emniyet Alanı belirlemede ampirik yöntemler gibi analitik yöntemler de kullanılmaktadır.

2.1.2. Analitik Yöntemler

Analitik yöntemlerde, gemi sürati, gemi boyu, geminin manevra karakteristiği gibi parametreler bulanık mantık gibi yöntemlerle bir araya getirilerek farklı yaklaşımlar ortaya konulmuştur.

Wang (2010) tarafından gerçekleştirilen çalışmada Dördey (Quaternion) gemi emniyet alanı ortaya çıkartılmıştır. Dörtgen GEA ve kombine elips GEA Şekil 7'deki gibidir.

Şekil 7: Dörtgen GEA (a) ve kombine elips GEA (b)



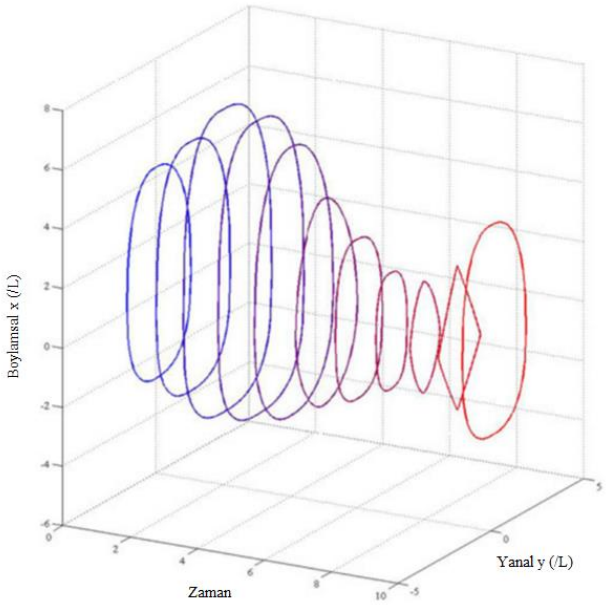
(a) (b)

Kaynak: (Wang, 2010: 736).

Wang (2010) tarafından gerçekleştirilen çalışmada gemi boyu, eni, rotası ve sürati gibi değerlerle birlikte geminin manevra karakteristiği gibi parametreler de dikkate alınarak ve bulanık mantık kullanılarak GEA belirlenmiştir.

Wang (2010) tarafından oluşturulan GEA yine aynı yazar tarafından 2013 yılında yapılan geliştirme ile Dinamik Dördey gemi emniyet alanı şeklinde ifade edilmiştir. Oluşturulan bu modelin farklı zamanlardaki değişimi Şekil 8'deki gibidir.

Şekil 8: Farklı zamanlardaki Dinamik Dördey gemi emniyet alanı simülasyon sonuçları

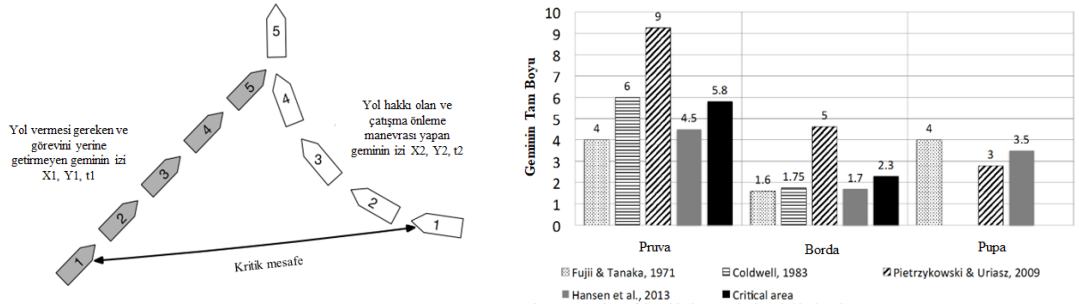


Kaynak: (Wang, 2013: 280).

Yeni modelin belirlenmesinde insan faktörü, trafik durumu gibi farklı parametreler ve geminin manevra karakteristiği ile ilgili farklı hesaplamalar da sisteme dahil edilerek gemi emniyet alanı dinamik olarak değişiklik göstermektedir.

Krata ve Montewka (2015) tarafından oluşturulan GEA ise gemiler arası kritik mesafe dikkate alınarak ortaya çıkartılmıştır. Bu mesafenin gösterimi Şekil 9'daki gibidir.

Şekil 9: Çatışma önleme manevrası için gemiler arası kritik mesafe (a) kritik mesafe ve diğer GEA karşılaştırmaları (b)



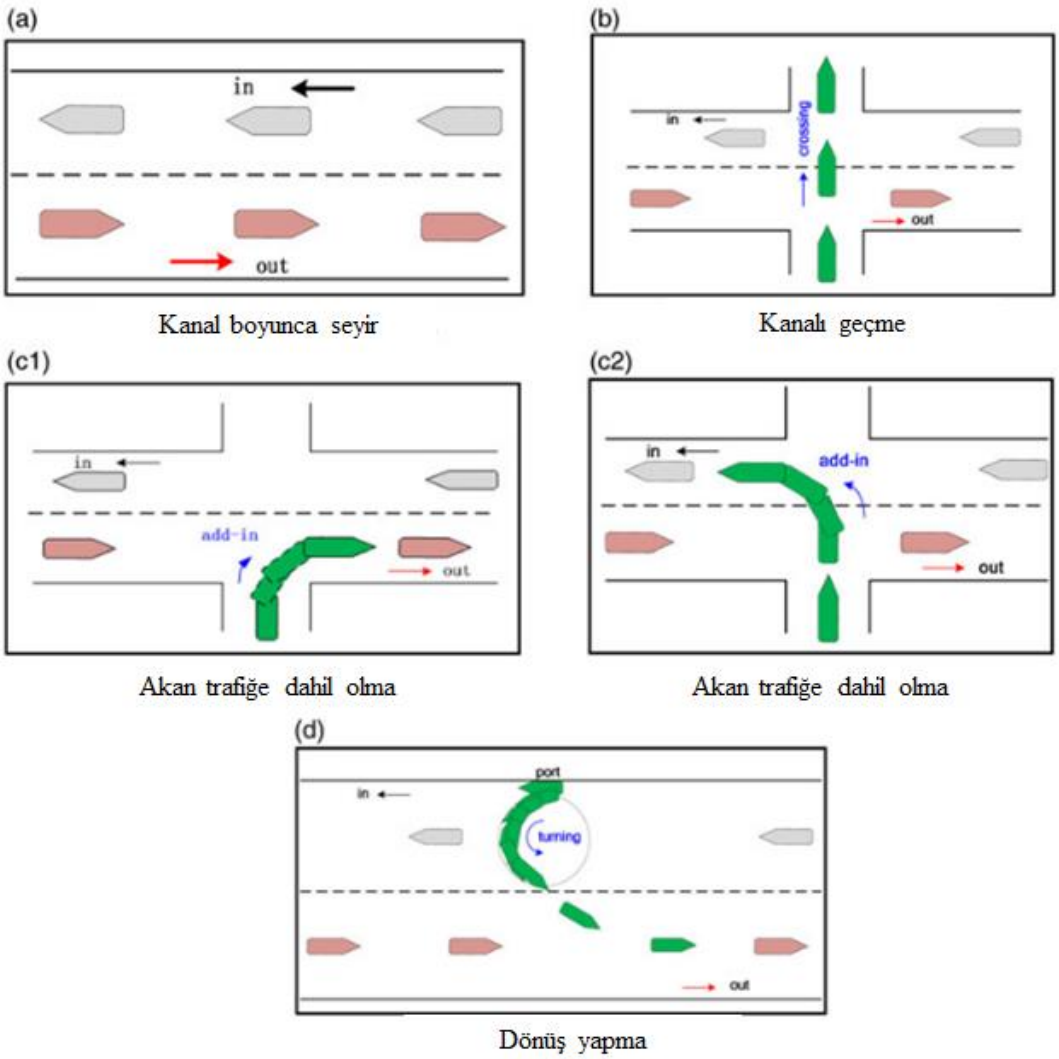
(a) (b)

Kaynak: (Krata ve Montewka, 2015: 53, 58).

Yol verme zorunluluğu olan geminin gerekli manevrayı yapmaması durumunda yol hakkı olan geminin yapacağı kaçınma manevrası için kritik mesafenin hesabı farklı gemi tipleri ve farklı süratler için yapılmış ve oluşturulan model simülasyon çalışmaları ile test edilmiştir. Çıktılar literatürdeki farklı çalışmalarla karşılaştırılmış olup mesafelerde benzerlikler ve farklılıklar bulunmaktadır.

Liu ve diğerleri (2016) tarafından gerçekleştirilen çalışmada kısıtlı su alanlarındaki kapasite analizleri için Dinamik gemi emniyet alanı ortaya çıkartılmıştır. Hesaplamada kullanılan farklı trafikte seyir ya da trafiğe katılış durumları Şekil 10'daki gibidir.

Şekil 10: Gemilerin farklı seyir durumları

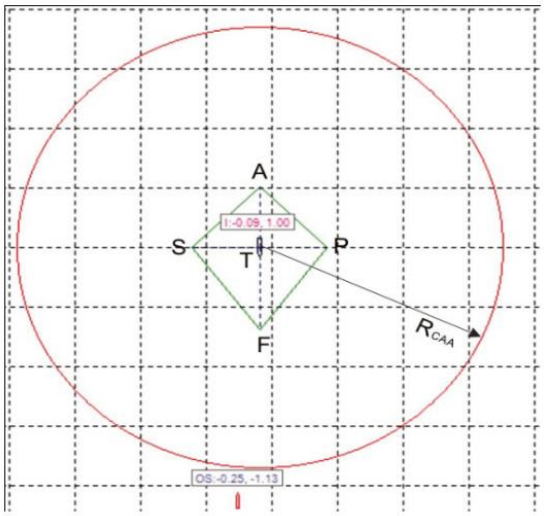


Kaynak: (Liu ve diğerleri, 2016: 485).

Bu çalışmada seyir yapılan suyolunun durumu, geminin seyir durumu (kanalda seyir, kanalı geçiş durumu, akan trafiğe dahil olma ve dönüş), gemi tipi, gemi boyu, operatör becerileri gibi parametreler dikkate alınmıştır.

Dinh ve Im (2016) tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise gemilerin etrafında Bloke Alan ve Aksiyon Alanı şeklinde 2 alan ortaya çıkartılmıştır. Bu alanların gösterimi Şekil 11'deki gibidir.

Şekil 11: Bloke Alan ve Aksiyon Alanı



Kaynak: (Dinh ve Im, 2016: 106).

Analitik ve istatistiksel yöntemler kullanılarak gerçekleştirilen bu çalışmada, Şekil 11'de görülen, merkezdeki alan Bloke Alanı ifade etmektedir. Gemilerin etrafındaki bu alanın hiçbir şekilde diğer gemiler tarafından ihlal edilmemesi gerekmektedir. Çember şeklindeki ikinci alan ise Aksiyon Alanı şeklinde ifade edilmektedir. Bu alan ise, gemilerin çatışmadan kaçınma manevrası yapmaları gereken alanı ifade etmektedir.

Analitik yöntemler ile geliştirilen GEA çalışmalarına bakıldığında gemi manevra karakteristiği, seyir durumu gibi önemli parametrelerin dikkate alınıldığı görülmektedir. Ancak bu yöntemlerin tek başına kullanılması genel geçer kullanımı olan bir model oluşmasını engelleyebilecektir. Çünkü gemilerde bulunan kişilerin o anki gemi trafiğine bakış açısı, tehlikeleri algılama ve hareket etme düşünceleri farklılık gösterebileceği düşünülmektedir.

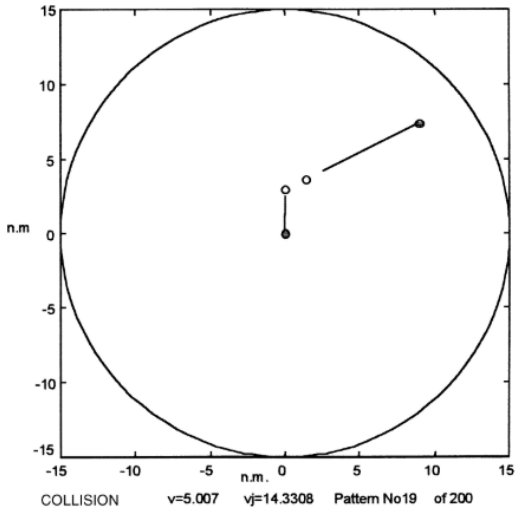
Gemi Emniyet Alanı belirlemede ampirik, analitik yöntemler gibi bilgi temelli yöntemler de kullanılmaktadır.

2.1.3. Bilgi Temelli Yöntemler

Gemi Emniyet Alanı ile ilgili yapılan Bilgi Temelli Yöntemler genel olarak uzmanlardan toplanan verilerin karar ağacı, yapay sinir ağları, bulanık mantık gibi yöntemlerle analiz edilerek, öğretilerek kullanılması ile gerçekleştirilmektedir.

Lisowski ve diğerleri (2000) tarafından gerçekleştirilen çalışmada farklı gemi karşılaşma durumları tecrübeli bir uzman tarafından değerlendirilerek sinir ağlarının öğrenme aşaması gerçekleştirilmiştir. Uzmana gösterilen örnek iki gemi karşılaşma durumu Şekil 12'deki gibidir.

Şekil 12: Uzmana gösterilen iki gemi yaklaşımı örneği



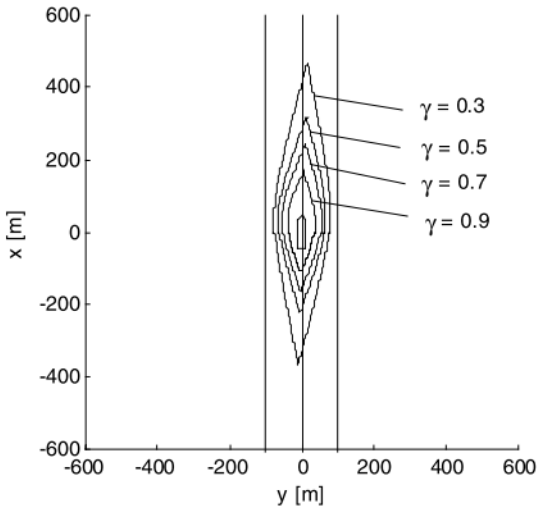
Kaynak: (Lisowski ve diğerleri, 2000: 403).

Şekil 12'de görünen iki gemi yaklaşımı, uzman tarafından olası 5 ihtimal kapsamında değerlendirilerek modelin öğrenmesi gerçekleştirilmiştir. Olası 5 ihtimal, emniyetli durum, dikkat edilmesi gereken durum, tehlike, durum kesinlikle tehlikeli ve çatışma şeklindedir. Uzmanın farklı karşılaşma durumlarına verdiği cevaplar sinir ağı tarafından öğrenilmekte ve öğrenilen bu durumlar daha sonraki simülasyon çalışmalarında test edilerek gemiler etrafındaki sekizgen gemi emniyet alanı incelenmiştir.

Zhu ve diğerleri (2001) tarafından gerçekleştirilen çalışmada da benzer şekilde sinir ağları kullanılmıştır. Yapılan çalışmada tecrübeli denizciler ile yapılan görüşmeler sonucunda gemi emniyet alanının temel olarak görüş durumu, gemilerin manevra kabiliyeti ve en yakın geçiş noktasının kerterizi olduğu ortaya çıkartılmıştır. Uzmanlardan elde edilen veriler, gerçek gemi verileri kullanılarak sinir ağları modelinin öğrenmesi sağlanmış ve farklı gemi boyları, farklı görüş mesafeleri ve farklı en yakın geçiş kerterizlerine göre gemi emniyet alanı ölçüleri ortaya çıkartılmıştır.

Uzman görüşlerine dayanılarak yapılan bir diğer çalışma da Pietrzykowski ve Zbigniew (2008) tarafından gerçekleştirilmiştir. Uzman görüşleri ile yapay sinir ağları ve bulanık mantık kullanılarak oluşturulan gemi emniyet alanı Şekil 13'teki gibidir.

Şekil 13: Bulanık mantık temelli gemi emniyet alanı

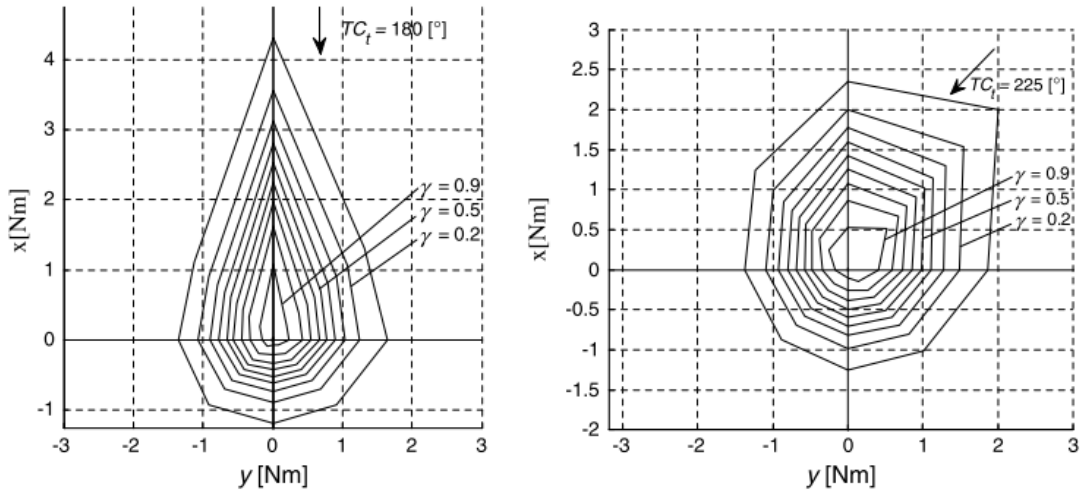


Kaynak: (Pietrzykowski ve Zbigniew, 2008: 507).

Şekil 13'te görülen, bulanık mantık temelli gemi emniyet alanında γ değerinin 1 olması durumu, çatışma tehlikesini, çok tehlikeli durumu belirtirken 0 olması ise çok emniyetli durumu belirtmektedir.

Kısıtlı su alanlarında yapılan bu çalışmadan sonra aynı yazarın da içinde bulunduğu ekip açık deniz koşulları için bir çalışma gerçekleştirmiştir. Pietrzykowski ve diğerleri (2009) tarafından gerçekleştirilen çalışma sonucunda ortaya çıkartılan bulanık mantık temelli gemi emniyet alanı Şekil 14'teki gibidir.

Şekil 14: Bulanık mantık temelli dinamik gemi emniyet alanı a) Pruva-Pruva geçiş, b) Çapariz durumu



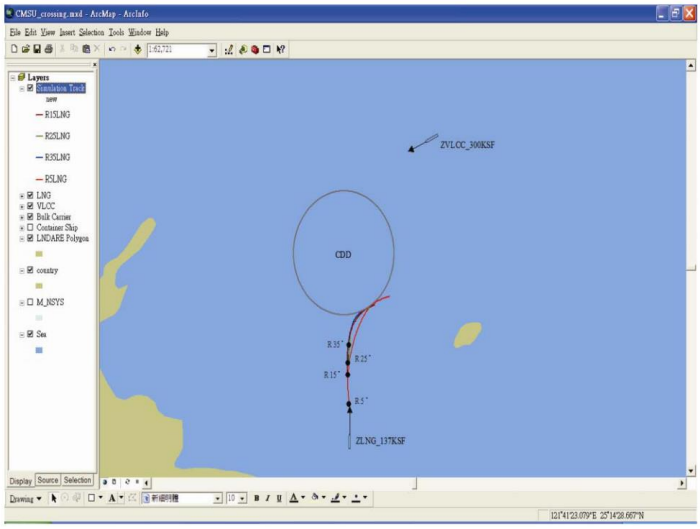
(a) (b)

Kaynak: (Pietrzykowski ve diğerleri, 2009: 101).

Farklı deniz tecrübeleri olan kaptan ve vardiya zabitlerinden elde edilen veriler ile farklı geçişlerdeki emniyetli mesafeler belirlenmiş ve daha sonra bu mesafelerin farklı seyir durumlarında ya da farklı karşılaşmalarda nasıl olacağı bulanık mantık temelli ortaya konulmuştur. Yazarlar, evrensel bir gemi emniyet alanı oluşturulup oluşturulamayacağı sorusuna ise, çalışma sonuçlarının bu durumun uygulanabilir olabileceği beklentisini arttıracağı yönünde şeklinde yanıtlamışlardır. Gemilerin tipi, boyutu, manevra karakteristikleri, süratleri, sahanın açık deniz ya da kısıtlı alan olup olmaması, görüş gibi çevresel koşullar, bilgilerin güvenilirliği gibi konuların dikkate alınarak farklı boyutlarda ve tipte gemi emniyet alanları oluşturulabileceği belirtilmiştir. Çalışmanın bir diğer çıktısı ise, farklı karşılaşma durumlarına göre gemi emniyet alanı şekillerinin değiştiğidir. Çapariz durumlarında gemilerin pruvalarındaki gemi emniyet alanı, pruva-pruvaya geçişlere göre daha geniş olduğu görülmektedir.

Su ve diğerleri (2012) tarafından gerçekleştirilen çalışmada bulanık mantık temelli optimal çatışma önleme durumları ortaya çıkartılmıştır. Yapılan çalışmanın sonuçlarından birisi Şekil 15'teki gibidir.

Şekil 15: Çapariz durumdaki iki gemi için optimal çatışmayı önleme kararı

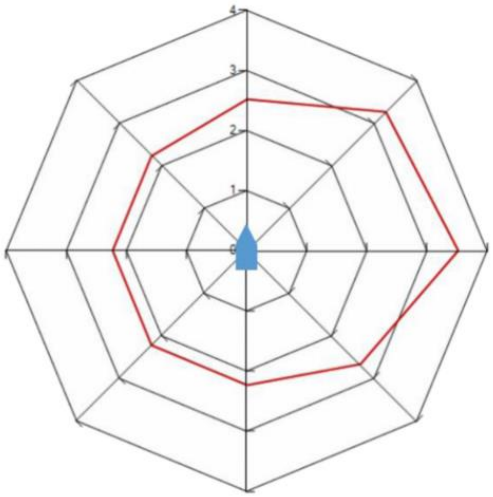


Kaynak: (Su ve diğerleri, 2012: 47).

Gemi Trafik Hizmetleri operatörlerine karar destek yardımcısı olabilecek bu sistem, ileriye dönük gemilerin karşılaşma durumlarını analiz etmekte ve bu tehlikeli karşılaşmadan her iki geminin de emniyetli bir şekilde seyrine devam edebilmeleri için yapılması gereken ideal manevra konusunda bilgi vermektedir. Yol veren gemi manevraları dümen manevrası şeklinde olmakta ve ideal dümen manevrası model tarafından ortaya konulmaktadır.

Fiskin ve diğerleri (2020) tarafından yapılan çalışmada bulanık kural tabanlı asimetrik çokgen gemi emniyet alanı oluşturulmuştur. Oluşturulan gemi emniyet alanlarından birisi Şekil 16'daki gibidir.

Şekil 16: Çapariz durumdaki gemi emniyet alanı

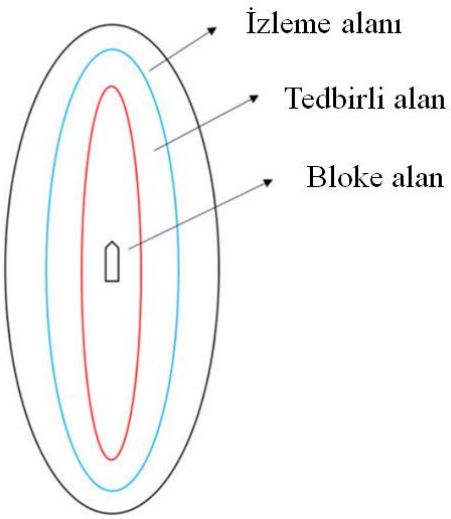


Kaynak: (Fiskin ve diğerleri, 2020: 11).

Çalışmada uzman görüşlerinden elde edilen verilerle farklı seyir parametreleri tanımlanmıştır. Bu parametreler denizcinin tecrübesi, hava durumu, gemi boyu, trafik durumu, gece/gündüz durumu, görüş durumu, manevra karakteristiği gibi parametrelerden oluşmakta ve bu parametrelere verilen sözel ifadelere ya da gerçek verilere göre gemi emniyet alanının boyutu ve şekli belirlenmektedir. Bu alanın belirlenmesi için bulanık çıkarım temelli model ortaya konulmuştur.

Lee ve diğerleri (2021) tarafından yapılan çalışmada kısıtlı su yolu için yeni bir gemi emniyet alanı oluşturulmuştur. Oluşturulan gemi emniyet alanları Şekil 17'deki gibidir.

Şekil 17: Üç aşamalı gemi emniyet alanı

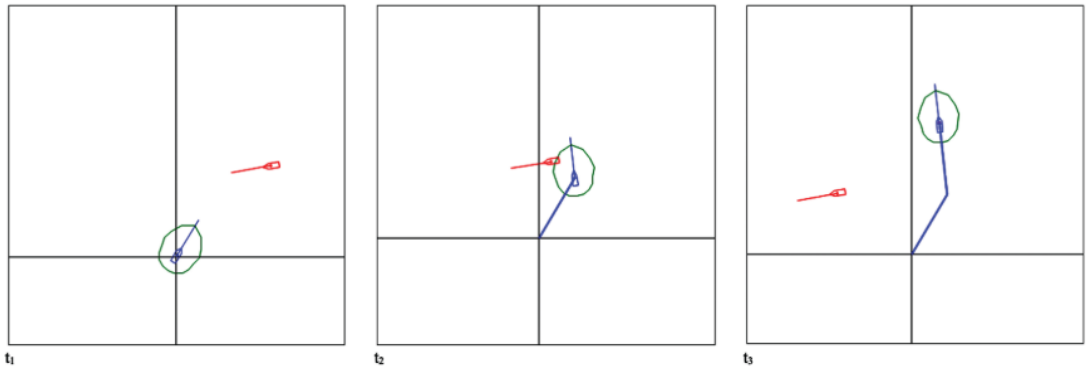


Kaynak: (Lee ve diğerleri, 2021: 15).

Lee ve diğerleri (2021) tarafından 125 denizci ile yapılan görüşmeler sonucunda, denizcilerin farkındalığı üzerine bir gemi emniyet alanı oluşturulmuştur. Bu çalışmada, denizcilerin gemi boyu ya da süratten çok geminin manevra karakteristiğinden etkilendiği ortaya çıkartılmıştır. Oluşturulan gemi emniyet alanı tek bir sınır şeklinde olmayıp, izleme (watching) alanı, tedbirli (cautious) alan ve bloke (blocking) alan şeklinde üçe ayrılmıştır.

Fışkın ve diğerleri (2023) tarafından yapılan çalışmada ise çatışma önleme manevrası için bulanık gemi emniyet alanı temelli karar destek sistemi ortaya konulmuştur. Çapariz durumdaki karşılaşma için geminin yapması gereken manevra Şekil 18'deki gibidir.

Şekil 18: Çapariz durumdaki iki gemi için optimal çatışmayı önleme kararı

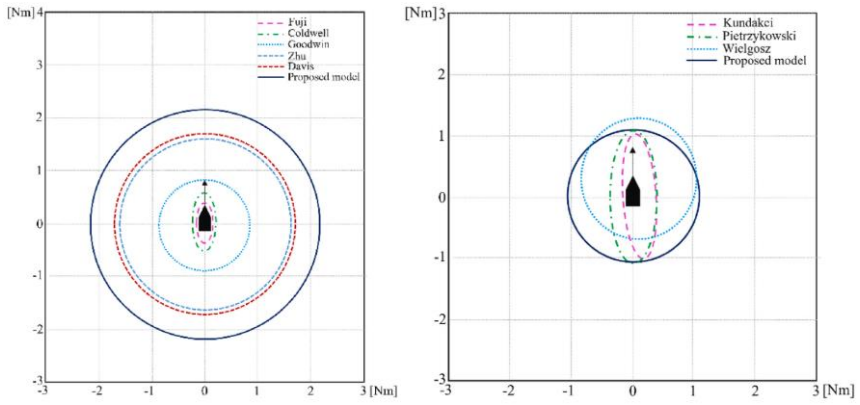


Kaynak: (Fışkın ve diğerleri, 2023: 8).

Gemi boyu, sürati, manevra kabiliyeti, trafik durumu, denizcinin tecrübesi, gece/gündüz durumu gibi parametreler dikkate alınarak literatür taramaları sonucu ve uzmanlardan alınan veriler sonucunda çokgen gemi emniyet alanı oluşturulmuş ve bu alana göre deney senaryolarında gemilerin yapması gereken ideal çatışmayı önleme manevraları ortaya çıkartılmıştır. COLREG kuralları dikkate alınarak yapılan bu manevralar sadece iki geminin karşılaşma durumunu göstermektedir. Çoklu gemi karşılaşmaları çalışma kapsamı dışında tutulmuştur.

Fiskin (2023) tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise çok kriterli karar verme ve bulanık mantık yöntemleri kullanılarak gemi emniyet alanı ölçüleri belirlenmiştir. Belirlenen alan Şekil 19'daki gibidir.

Şekil 19: Gemi emniyet alanları karşılaştırması



Kaynak: (Fiskin, 2023: 11, 12).

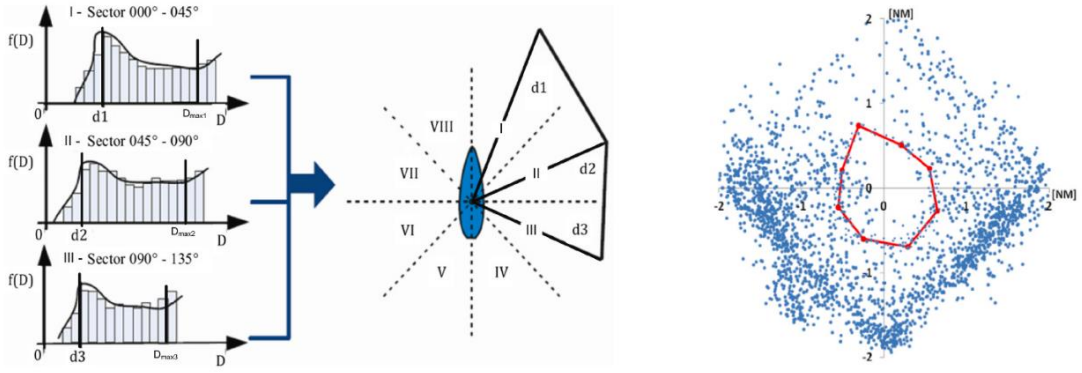
Literatür taraması ve uzman görüşlerinden elde edilen veriler sonucunda gemi emniyet alanını etkileyen faktörler ortaya çıkartılmıştır. Bulanık mantık ve çok kriterli karar verme yöntemi kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda Şekil 19'da görülen gemi emniyet alanları ortaya çıkartılmıştır. Çember şeklinde oluşturulan gemi emniyet alanı, geleneksel modellerden daha geniş bir alanı kapsadığı görülmektedir. Bu alanın pruva ve pupadan geçiş mesafeleri konusunda literatürdeki bazı çalışmalar ile benzerlikler gösterirken iskele ve sancak geçiş mesafeleri konusunda farklılıkla gösterdiği görülmektedir.

2.1.4. Olasılıksal Yöntemler

Olasılıksal yöntemler temelde ampirik yöntemlerdeki gibi OTS, radar verisi gibi veriler kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bu konuda yapılan ilk çalışmalar Gucma ve Marcjan (2012a, 2012b) tarafından gerçekleştirilmiştir.

Gucma ve Marcjan (2012a, 2012b) tarafından Baltık denizinde seyir yapan gemilerin minimum geçiş mesafeleri dikkate alınarak yapılan çalışma Şekil 20'deki gibidir.

Şekil 20: Olasılıksal gemi emniyet alanı



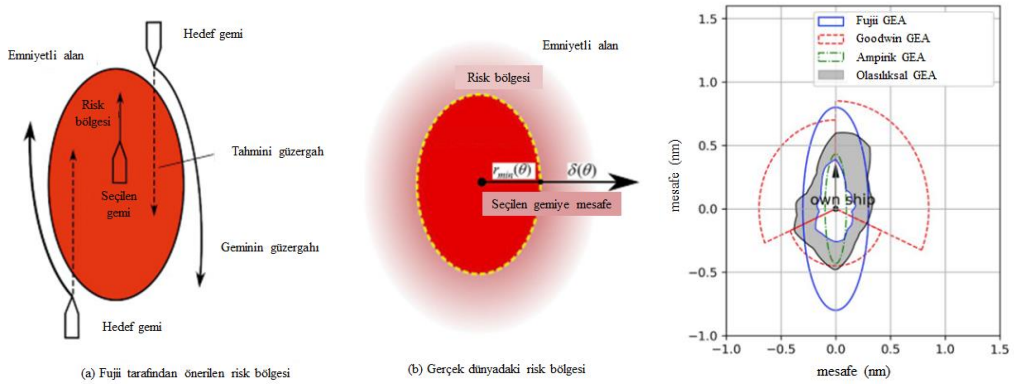
Kaynak: (Gucma ve Marcjan, 2012a: 37; Marcjan ve Gucma, 2015: 24).

Gucma ve Marcjan (2012a, 2012b) tarafından yapılan çalışmada OTS verileri kullanılarak gemilerin yapmış olduğu minimum geçişler hesaplanmıştır. Daha sonra farklı sektörlerdeki gemi dağılımları incelenerek maksimum mesafe belirlenmiş ve bu

mesafe kullanılarak olasılıksal olarak yakın geçiş mesafeleri gemi emniyet alanı olarak tanımlanmıştır.

Olasılıksal gemi emniyet alanı çalışmalarından bir diğeri ise Zhang ve Meng (2019) tarafından gerçekleştirilmiştir. Singapur boğazında yapılan bu çalışmada oluşturulan gemi emniyet alanı ve farklı çalışmalarla karşılaştırması Şekil 21'deki gibidir.

Şekil 21: Yasak, Riskli, Emniyetli alan (a), Olasılıksal gemi emniyet alanı ve diğer çalışmalarla karşılaştırması (b)



(a) (b)

Kaynak: (Zhang ve Meng, 2019: 2, 10).

Zhang ve Meng (2019) tarafından, literatürdeki diğer çalışmalardan farklı olarak, geminin etrafından hiçbir geminin girmemesi gereken alan Yasak alan, bu alanın dışı ise Riskli alan şeklinde tanımlanmıştır. Riskli alanın dışı ise Emniyetli alan şeklinde ifade edilmiştir. Singapur boğazında farklı bölgelerdeki OTS verileri ile yapılan analizler sonucunda farklı olasılıksal gemi emniyet alanları ortaya çıkartılmıştır.

Gemi emniyet alanı ile ilgili yapılan birçok çalışma bulunmakta ve bunlardan birçoğu da çatışma risklerinin hesaplanmasında da kullanılmaktadır.

2.2. ÇATIŞMA RİSKİ

Deniz trafiğinin artmasıyla birlikte su yolları üzerindeki deniz trafiği artmakta ve devamında çatışma riskleri de artmaktadır. Bu nedenle çatışma önleme sistemleri oldukça önemli hale gelmektedir. Literatürde çatışma önleme amacıyla ortaya konulmuş birçok model bulunmaktadır. Bu modellerin başında da çatışma risk değerlendirme sistemleri yer almaktadır.

Çatışma riski, birçok yazar tarafından farklı boyutları dikkate alınarak ve farklı ölçüm modelleri ortaya çıkartılarak hesaplanmaktadır. Oluşturulan modellerin de birçok avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Bu modellerde kullanılan çok sayıda parametrelerin olması, deniz trafiğinin karmaşık yapısı, belirsizlik ve veri eksikliği gibi nedenlerden dolayı çatışma riski tanımlama konusunda ortak bir zemin bulunmamaktadır. Bununla birlikte çatışma riski değerlendirme yöntemleri de her bir benzersiz duruma bağlı olarak seçilmektedir (Ozturk ve Cicek, 2019).

Deniz trafiği üzerinde yapılan çalışmalar ile bölgesel trafik kapasite hesaplamaları, su yolu tasarımları yapılabildiği gibi çatışma uyarı sistemleri kurularak seyir esnasında görev yapan vardiya zabiti ya da gemi trafik hizmetleri personeline erken uyarı vermesi de sağlanmaktadır. Çatışma uyarı sistemleri (collision alert system), vardiya zabiti ya da gemi trafik hizmetleri personelinin durumsal farkındalığını arttırarak operasyonel karar verme sürecine yardımcı olmaktadır (Goerlandt ve diğerleri, 2015).

Çatışma uyarı sistemleri konusunda en yaygın olarak kullanılan yöntem radarlarda bulunan ARPA fonksiyonudur. Bu özellik sayesinde En Yakın Geçiş Noktasındaki Mesafe (DCPA) ve En Yakın Geçiş Noktasına Olan Süre (TCPA) limitleri belirlenerek birçok hedefin takibi ve uyarı vermesi sağlanmaktadır. Ancak bu sistemin de bazı dezavantajları bulunmaktadır. Öncelikle limit değerleri için belirlenmiş standart bir değer bulunmamaktadır. Ayrıca ARPA alarmlarının rutin seyir sırasında gereksiz durumlarda da devamlı çalması nedeniyle farklı sorunlara neden olmaktadır (Goerlandt ve diğerleri, 2015).

Çatışma riski modelleri genel olarak uzmanlardan alınan veriler, simülasyon sonuçları ya da OTS verileri kullanılarak oluşturulmaktadır. Aynı zamanda matematiksel fonksiyonlar, bulanık üyelik fonksiyonları gibi farklı yöntemler de bu

modellerin geliştirilmesinde kullanılmaktadır. Bu çalışmalardaki limit değerleri konusunda bir kesinlik olmaması da çalışmalardaki en tartışmalı basamak olmasına neden olmaktadır. Bu nedenle birçok yazar gemi emniyet alanı sınırlarının belirlenmesi için matematiksel fonksiyonlar, emniyetli geçiş mesafeleri gibi farklı yöntemler kullanılmıştır (Ozturk and Cicek, 2019; Wang, 2010).

2.2.1. Gemi Emniyet Alanı Kullanılarak Gerçekleştirilen Modeller

Gemi emniyet alanı kavramı, seyir halindeki bir geminin etrafında bulunan ve diğer gemilerdeki çoğu denizcinin girmekten kaçınacağı bir alan Fuji ve Tanaka (1971) ya da bir denizcinin diğer gemilerden ve sabit nesnelerden bırakmak istediği gemi etrafındaki etkili alan Goodwin (1975) şeklinde tanımlanmasının ardından birçok yazar tarafından farklı boyutları dikkate alınarak farklı ölçülerde ortaya çıkartılmıştır. Limit değerleri konusunda netlik olmaması, yazarların bu değerleri farklı bakış açıları ile değerlendirmelerine olanak sağlamıştır.

Gemi emniyet alanı konusunda yapılan bazı çalışmalarda uzman görüşlerinden faydalanılmış (Fiskin, 2023; Fiskin ve diğerleri, 2020; Fışkın ve diğerleri, 2023; Lisowski ve diğerleri, 2000; Pietrzykowski ve Zbigniew, 2008; Zhu ve diğerleri, 2001), bazılarında analitik yöntemler kullanılmış (Dinh ve Im, 2016; Krata ve Montewka, 2015; Liu ve diğerleri, 2016; Wang, 2010, 2013), bazılarında ise ampirik ve/veya olasılıksal yöntemler kullanılmıştur (Coldwell, 1983; Fujii ve Tanaka, 1971; Goodwin, 1975; Gucma ve Marcjan, 2012a; Hansen ve diğerleri, 2013; Marcjan ve Gucma, 2015; Pietrzykowski ve Magaj, 2017; Wang ve Chin, 2016). Bu çalışmalarda kullanılan yöntemler farklı olsa da temel amaç gemilerin etrafında diğer gemiler tarafından girilmemesi gereken alanın belirlenmesidir.

Gemi Çatışma Risk Algılama Modeli (GÇRAM) olarak birçok çalışma (Ozturk ve Cicek, 2019; Szlapczynski ve Szlapczynska, 2017) bulunurken, gemi emniyet alanı modelleri ve En Yakın Geçiş Noktasındaki Mesafe (DCPA) ile En Yakın Geçiş Noktasına Olan Süre (TCPA) parametreleri en yaygın kullanılan yöntemler olmaktadır. DCPA ve TCPA kullanımında hedefler bir nokta olarak belirlenmekte ve nispi yaklaşım kerterizlerine göre DCPA değerleri bir nokta olarak ortaya çıkartılmaktadır. Bazı durumlarda gemiler DCPA mesafelerine girmemelerine rağmen tehlikeli karşılaşma durumları da ortaya çıkabilmektedir (Wang ve diğerleri, 2022).

Gemi çatışma risk algılama ile ilgili yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar genel olarak gösterge yaklaşımı, sınır yaklaşımı, hıza dayalı yaklaşım ve etki alanına dayalı yaklaşım parametreleri şeklinde gruplanmaktadır (Wang ve diğerleri, 2022).

Gösterge yaklaşımında yaygın olarak kullanılan parametreler DCPA ve TCPA değerleridir. Bu parametreler kullanılarak risk seviyeleri belirlenebildiği gibi (Zhen ve diğerleri, 2017) buna ek olarak gemiler arası mesafe, sürat, nispi kerteriz gibi parametreler de kullanılmaktadır (Bukhari ve diğerleri, 2013; Zhao ve diğerleri, 2016). Bu parametrelerin ağırlık oranlarının bulanık mantık, yapay sinir ağları gibi yöntemlerle belirlenmesiyle de kapsamlı değerlendirmeler yapılmaktadır (Wang ve diğerleri, 2022).

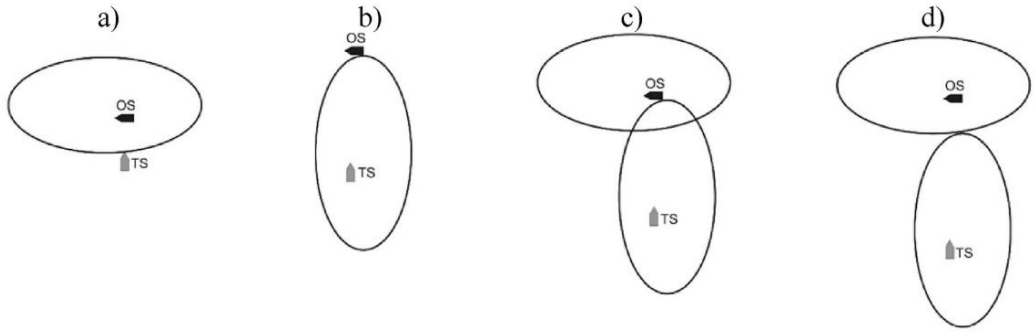
Hıza dayalı geleneksel yaklaşımlarda gemilerin hızlarının ve rotalarının sabit tutulma durumlarına göre değerlendirmeler yapılmaktadır. Bu çalışmalarda doğrusal hız engeli yöntemleri kullanılabildiği gibi doğrusal olmayan yöntemler de uygulanmaktadır (Huang ve diğerleri, 2019). Bu çalışmalarda gemilerin ileriye dönük hareketleri tahmin edilerek gerçekleştirilmektedir ancak bu durum her koşulda mümkün olmamaktadır.

Etki alanına dayalı yaklaşımlarda, DCPA ve TCPA değerleri çatışma riski hesaplamalarında ve etkili manevra planlamalarında yeterli sonuç vermediği için farklı parametreler kullanılarak hesaplamalar gerçekleştirilmektedir. Bu hesaplamalarda etki alanı ihlal derecesi (Degree of Domain Violation - DDV) ve etki alanı ihlale geçen süre (Time to Domain Violation - TDV) şeklinde isimlendirilmektedir (Szlapczynski ve Szlapczynska, 2016). Gemi emniyet alanı ile birlikte kullanılan bu parametreler, anlık çatışma riski hesaplamalarında da kullanılmaktadır (Wang ve diğerleri, 2022).

Çatışma riskinin hesaplanmasında sınıra dayalı yaklaşımlar da etkili bir yöntem olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Zhang ve Meng, 2019). En yaygın olarak kullanılan yöntem de gemi emniyet alanı kullanılarak çatışma riskinin hesaplanması şeklindedir. Gemi emniyet alanı kullanılarak yapılan çalışmalarda çatışma risk analizleri genel olarak bu alanın diğer gemiler tarafından ihlal edilmesi ya da diğer gemilere ait gemi emniyet alanları tarafından üst üste gelmesi değerlendirilerek yapılmaktadır.

Gemi emniyet alanı kriteri ile gemi karşılaşmaları üzerine gerçekleştirilen çalışmalar ise temelde 4 emniyet kriterine göre değerlendirilmektedir. Bunlar Şekil 22'deki gibidir (Szlapczynski ve Szlapczynska, 2017):

Şekil 22: Farklı gemi emniyet alanı ve emniyet kriterleri

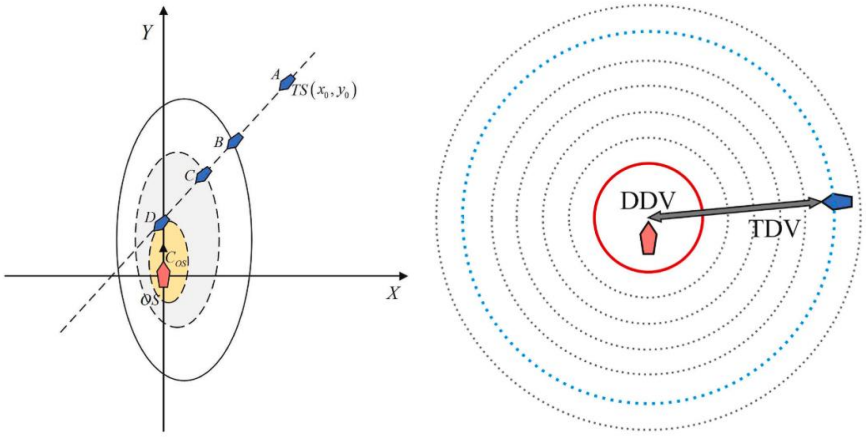


a) Seçilen geminin GEA ihlal edilmiyor, b) Hedef geminin GEA ihlal edilmiyor, c) Her iki geminin de GEA ihlal edilmiyor, d) Her iki geminin de GEA birbirini kesmiyor
Kaynak: (Szlapczynski ve Szlapczynska, 2017: 278).

Şekil 22'de belirtilen farklı emniyet kriterlerine göre, bazı çalışmalarda iki gemiden herhangi birinin GEA ihlal edilip edilmemesi değerlendirilirken bazı çalışmalarda ise bu durum her iki gemiye ait GEA'nın ihlal edilip edilmemesi şeklinde gerçekleştirilmiştir.

Wang ve diğerleri (2022) tarafından yapılan çalışmada gemi emniyet alanı ihlal durumu DDV ve TDV kapsamında değerlendirilerek çatışma risk indeksi hesaplanmaktadır. Yapılan çalışma Şekil 23'teki gibidir.

Şekil 23: Gemi emniyet alanı odaklı hesaplama ve DDV, TDV



Kaynak: (Wang ve diğerleri, 2022: 5, 9).

Çalışmada aynı zamanda ileriye dönük olarak gemi pozisyonları tahmin edilmekte ve anlık verilerle ileriye dönük olarak çatışma riski tahmin edilmektedir. Çalışmada emniyetli bölge, dikkat bölgesi, uyarı bölgesi, aksiyon bölgesi ve kritik aksiyon bölgesi şeklinde 5 risk seviyesi belirlenmektedir. Bu risk seviyelerine göre manuel olarak gemilere uygun manevra yaptırılması ya da insansız bir şekilde sistemin uygun manevrayı yapması sağlanmaktadır.

Gerçek hayatta ise bu alanlar keskin bir hatlarla net olarak çizilmemektedir. Seyir esnasında gemi emniyet alanının dış sınırı emniyetliyken bir anda iç kısmı riskli hale gelmemektedir. Bu durum Zhang ve Meng (2019) tarafından Şekil 21'deki gibi belirtilmektedir. Diğer gemilerin girmemesi gereken alan yasak alan şeklinde, bu alanın dışı ise riskli alan şeklinde belirtilmiştir. Riskli alanın dış sınırlarındaki alan ise emniyetli alan şeklinde ifade edilmektedir.

Bu çalışmada da benzer şekilde iki alan tanımlanarak bu alanların diğer gemi emniyet alanları tarafından ihlal edilip edilmemesine göre risk seviyeleri belirlenmiştir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

GEMİ EMNİYET ALANI TESPİTİ VE ÇATIŞMA RİSKLERİNİN HESAPLANMASI

3.1. ARAŞTIRMANIN AMACI

Bu çalışmanın amacı OTS verileri kullanılarak bölgesel risk değerlendirmesi yapmaktır. Bu değerlendirmenin yapılabilmesi için birkaç aşamalı analizlerin yapılması gerekmektedir. Öncelikle, gemilerin birbirleri ile yaptıkları yakın geçişler ile ilgili literatürde yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Ancak bu çalışmalarda ortaya çıkartılan sonuçlar çalışma yapılan bölgenin karakteristiğine göre oldukça farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle, çalışma yapılacak bölge için bölgeye özgü gemi emniyet alanının hesaplanması gerekmektedir. Bu hesaplanmanın yapılabilmesi için herhangi bir Trafik Ayrım Düzeni olmayan bir bölge seçilmiştir. Bu sayede, herhangi bir rotayı takip etme kuralına bağlı kalmayan gemilerin manevra karakteristiklerine göre geçişleri analiz edilecek ve diğer gemiler tarafından ihlal edilmeyen gemi emniyet alanları ortaya çıkartılacaktır.

Farklı boy ve gemi tiplerine göre gemi emniyet alanları ortaya çıkartıldıktan sonra bu alanlar kullanılarak çatışma risklerinin hesaplanması planlanmaktadır. Bu hesaplamalar hem geçmiş veriler kullanılarak geriye dönük hesaplanacak ve çalışma sahasındaki riskli bölgeler ortaya çıkartılacak, hem de anlık veriler ile hesaplanacak ve anlık risk değerlendirmesi yapılarak bir karar destek sistemi ortaya çıkartılacaktır.

3.2. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

Araştırmada, 11 aylık OTS verileri kullanılarak öncelikle yakın geçişler hesaplanmıştır. Bu hesaplamada, bölgeden geçen her bir gemi referans gemi olarak dikkate alınmış ve bu gemi bölgede seyir yaparken diğer gemiler ile yaptıkları geçişler analiz edilmiştir. Daha sonra bu veriler kullanılarak, diğer gemiler tarafından ihlal edilmeyen alan ve nadir olarak diğer gemiler tarafından ihlal edilen alanlar ortaya çıkartılmıştır.

Gemilerin boylarına ve tiplerine göre farklı gemi emniyet alanları ortaya çıkartıldıktan sonra, geçmişte hangi bölgelerde ne kadar riskli geçiş yapıldığı hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar için, gemi emniyet alanlarının ihlal durumları dikkate alınmış ve bu ihlal durumlarına göre farklı risk seviyeleri belirlenmiştir. Daha sonra, OTS alıcı aygıtı tarafından alınan anlık OTS verileri kullanılarak, anlık verilerle ileriye dönük çatışma riskleri hesaplanmıştır. Bu hesaplama sonucunda bölgesel olarak anlık risk değerlendirmesi yapılmış ve erken uyarı sistemi ortaya çıkartılmıştır.

3.3. ARAŞTIRMANIN KAPSAMI

Bu çalışma, Kuzey Ege Denizi'nde, Midilli adasının güneyi ile Karaburun yarımadasının kuzeyi arasında kalan, herhangi bir trafik ayrım düzeninin olmadığı bir alanda gerçekleştirilmiştir. Çalışmada ortaya konulan model ile, OTS verileri kullanılarak farklı bölgeler için bölgesel risk değerlendirmesi yapılabilecektir.

3.4. OTOMATİK TANIMLAMA SİSTEMİ VERİLERİNİN ELDE EDİLMESİ

Bu çalışma iki alt aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada, OTS verileri kullanılarak farklı tip ve boydaki gemiler için gemi emniyet alanı belirlenmiştir. İkinci aşamada ise anlık OTS verileri kullanılarak gemilerin çatışma riskleri hesaplanarak bölgesel risk değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın ilk aşaması olan gemi emniyet alanı belirlenmesi amacıyla T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Deniz ve İçsular Düzenleme Genel Müdürlüğü'nden Otomatik Tanımlama Verileri talep edilmiştir. Ek 1'de bulunan, T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Deniz ve İçsular Düzenleme Genel Müdürlüğü'nün 09.01.2020 tarihli izin yazısına istinaden Seyir Yardımcıları Otomatik Tanımlama Sistemi (SOTAS)'nden OTS verileri teslim alınarak analizlere başlanmıştır. Verilerin işlenme aşamaları ve yapılan analizler gemi emniyet alanı Tespiti bölümünde detaylı olarak belirtilmektedir.

Çalışmanın ikinci aşaması olan anlık OTS verileri kullanılarak gemilerin çatışma risklerinin hesaplanması için öncelikle OTS alıcı istasyonun kurulmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kapsamda OTS alıcı istasyonunun kurulması ve anlık gemi

trafiği üzerinden bölgesel risk değerlendirmesi yapılması amacıyla TUBİTAK 1002-A Hızlı Destek Modülü'ne başvurulmuştur. Ek 4'te bulunan, T.C. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Başkanlığı Araştırma Destek Programları Başkanlığı'nın 13.10.2022 tarihli yazısı ile 122M814 numaralı "Gemi Otomatik Tanımlama Sistemi Verileri ile Deniz Trafiği Risk Değerlendirmesi" başlıklı projeye başlanılmıştır. Bu kapsamda öncelikle T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Denizcilik Genel Müdürlüğü'nden Otomatik Tanımlama Sistemi Alıcı Aygıtı kurulum izni talep edilmiştir. Aynı zamanda Otomatik Tanımlama Sistemi Alıcı Aygıtının kurulumu için Aliağa Çakmaklı Koyu'nda bulunan UZMAR Kılavuzluk İstasyonu'na OTS alıcı aygıtının kurulumu için UZMAR Uzmanlar Denizcilik Tic. ve San. Ltd. Şti.'den kurulum izni talep edilmiştir. Ek 2'de bulunan, T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Denizcilik Genel Müdürlüğü'nün 31.01.2022 tarihli yazısına istinaden Otomatik Tanımlama Sistemi Alıcı Aygıtı kurulum izni idareden alınmıştır. Ek 3'te bulunan, UZMAR Uzmanlar Denizcilik Tic. ve San. Ltd. Şti.'nin 03.02.2022 tarihli yazısına istinaden, UZMAR Kılavuzluk İstasyonu'na OTS alıcı aygıtının kurulum izni UZMAR Uzmanlar Denizcilik Tic. ve San. Ltd. Şti.'den alınmıştır.

TUBİTAK 122M814 numaralı proje kapsamında, OTS alıcı aygıtı satın alınmış ve UZMAR Kılavuzluk İstasyonuna kurularak OTS verileri alınmaya başlanmıştır.

3.4.1. Anlık Otomatik Tanımlama Sistemi Verileri

OTS alıcı aygıtından verilerin alınabilmesi için National Marine Electronics Association (NMEA)-0183 protokolüne göre gerekli bağlantıların yapılması ve verilerin elde edilmesi gerekmektedir. Bu protokol, gemi ekipmanları arasında oldukça yaygın kullanılan bir protokoldür. American Standard Code for Information Interchange (ASCII) formatında gelen bu veriler deşifre edilerek kullanılmaktadır.

NMEA-0183 protokolüne göre alınan OTS mesajları "!" işareti ile başlamaktadır ve devamında yayıncının ID bilgisi ve diğer bilgiler bulunmaktadır. Bu bilgiler Tablo 6'daki gibidir.

Tablo 6: OTS Yayıncı ID Bilgileri

Yayıncı ID	Tanım
!AB	NMEA 4.0 Baz OTS İstasyonu
!AD	NMEA 4.0 Bağımlı OTS Baz İstasyonu
!AI	Mobil OTS İstasyonu
!AN	NMEA 4.0 Seyir Yardımcısı OTS İstasyonu
!AR	NMEA 4.0 OTS Alıcı İstasyonu
!AS	NMEA 4.0 Sınırlandırılmış Baz İstasyonu
!AT	NMEA 4.0 OTS Veri Gönderici İstasyonu
!AX	NMEA 4.0 Tekrarlayıcı OTS İstasyonu
!BS	Baz OTS İstasyonu (NMEA 4.0'da kullanımdan kaldırıldı)
!SA	NMEA 4.0 Fiziksel Kıyı OTS İstasyonu

Kaynak: (URL-1, 2023).

OTS bilgileri Uluslararası Telekomünikasyon Birliğinin standartlarına göre gruplandırılmıştır. Bu standartlara göre toplamda 27 mesaj tipi bulunmaktadır. Bu mesaj tipleri Tablo 7'deki gibidir.

Tablo 7: Standart OTS mesaj tipleri

Mesaj ID	Adı	Tanım
1	Pozisyon raporu	Planlanan pozisyon raporu; (Gemideki Klas-A mobil ekipman)
2	Pozisyon raporu	Atanan planlanmış pozisyon raporu; (Gemideki Klas-A mobil ekipman)
3	Pozisyon raporu	Özel durum raporu, sorgulamaya yanıt; (Gemideki Klas-A mobil ekipman)
4	Baz istasyon raporu	Pozisyon, UTC, tarih ve o anki baz istasyonun slot numarası
5	Statik ve seyirle ilgili veriler	Planlanmış statik ve seyirle ilgili veri raporu; (Gemideki Klas-A mobil ekipman)
6	İkili adresli mesaj	Adresli iletişim için ikili veriler
7	İkili onay	Alınan adresli ikili verilerin onaylanması
8	İkili yayın mesajı	Yayın iletişimi için ikili veriler
9	Standart SAR uçağı pozisyon raporu	Yalnızca SAR operasyonlarına katılan hava istasyonları için pozisyon raporu
10	UTC/tarih sorgulaması	UTC ve tarih sorgulaması
11	UTC/tarih yanıtı	Mümkünse geçerli UTC ve tarih
12	Adresli emniyetle ilgili mesaj	Adresli iletişim için emniyetle ilgili veriler
13	Emniyetle ilgili onay	Alınan adresli emniyetle ilgili mesajın onaylanması
14	Emniyetle ilgili yayın mesajı	Yayın iletişimi için emniyetle ilgili veriler
15	Sorgulama	Belirli bir mesaj türü talebi (bir veya daha fazla istasyondan birden fazla yanıt alınmasına neden olabilir)
16	Atama modu komutu	Baz istasyonu kullanılarak yetkili makam tarafından belirli bir rapor davranışının atanması
17	DGNSS ikili mesaj yayını	Bir baz istasyonu tarafından sağlanan DGNSS düzeltmeleri
18	Standart Klas-B ekipman pozisyon raporu	Mesaj 1, 2, 3 yerine gemide kullanılacak Klas-B mobil ekipman için standart konum raporu
19	Genişletilmiş Klas-B ekipman pozisyon raporu	Artık gerekli değil; gemideki Klas-B mobil ekipmanlar için genişletilmiş konum raporu; ek statik bilgiler içerir
20	Veri bağlantısı yönetimi mesajı	Baz istasyonları için zaman dilimi ayırma
21	Seyir yardımcıları raporu	Seyir yardımcıları için pozisyon ve durum raporu
22	Kanal yönetimi	Kanalların ve alıcı-verici modlarının bir Baz istasyonu tarafından yönetimi
23	Grup atama komutu	Belirli bir mobil grubuna bir baz istasyonu kullanan yetkili makam tarafından belirli bir rapor davranışının atanması
24	Statik veri raporu	MMSI Bölüm A'ya atanan ek veriler: Bölüm B: Statik Veriler
25	Tek zaman dilimi ikili mesaj	Kısa programlanmamış ikili veri iletimi (Yayın veya adresli)
26	İletişim Durumu ile çoklu zaman dilimi ikili mesajı	Planlanmış ikili veri iletimi (Yayın veya adresli)
27	Uzun menzilli uygulamalar için pozisyon raporu	Baz istasyonu kapsama alanı dışında gemideki Klas-A ve Klas-B “SO” mobil ekipman

Kaynak: (ITU-R, 2014: 105, 106).

Tablo 7’de görülen bilgilere göre aynı kaynaktan gelen birden fazla mesaj ya da farklı kaynaklardan gelen mesajlar standart mesaj tiplerine göre ayrışmaktadır. Her mesaj tipinin içeriği ve deşifre süreci de farklı olmaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında, 1, 2, 3, 5, 18, 19 ve 24 numaralı mesaj tipleri alınmaktadır. Ancak küçük gemilere ait olan Klas-B OTS verileri sadece gösterim amacıyla alınmaktadır. Çatışma risk hesaplamasında kullanılmamaktadır.

OTS aygıtından alınan örnek bir NMEA-0183 cümlesi Şekil 24’teki gibidir.

Şekil 24: NMEA-0183 cümlesi örneği

```
!AIVDM,1,1,,A,142OBoP01fQmguNFAHvVwUSd0<<P,0*3E
```

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Şekil 24’te bulunan NMEA-0183 cümlesindeki her kısım virgüllerle ayrılarak ifade edilmektedir. Bu verilerin anlamı aşağıdaki gibidir (Saputra ve diğerleri, 2018).

!AIVDM	NMEA mesaj tipi
1	Cümle sayısı (Bazı durumlarda mesajlar 1 den fazlasına ihtiyaç duymaktadır)
1	Cümle numarası (Çok cümleli bir mesaj olmadığı sürece 1’dir) Boşluk ise sıradaki mesaj kimliğidir (Çoklu cümleli mesajlarda)
A	OTS Kanalı (A ya da B)
142OB…	Deşifre edilmemiş OTS verisi
0*	Verinin sonu
3E	NMEA sağlama toplamı

NMEA cümlesi şeklindeki OTS verisindeki karakterler iki kod sistemine dönüştürülerek deşifre edilmektedir. Her karakter 6-bit haline getirildikten sonra toplamda 168 karakter Tablo 8’deki bilgilere göre deşifre edilmektedir.

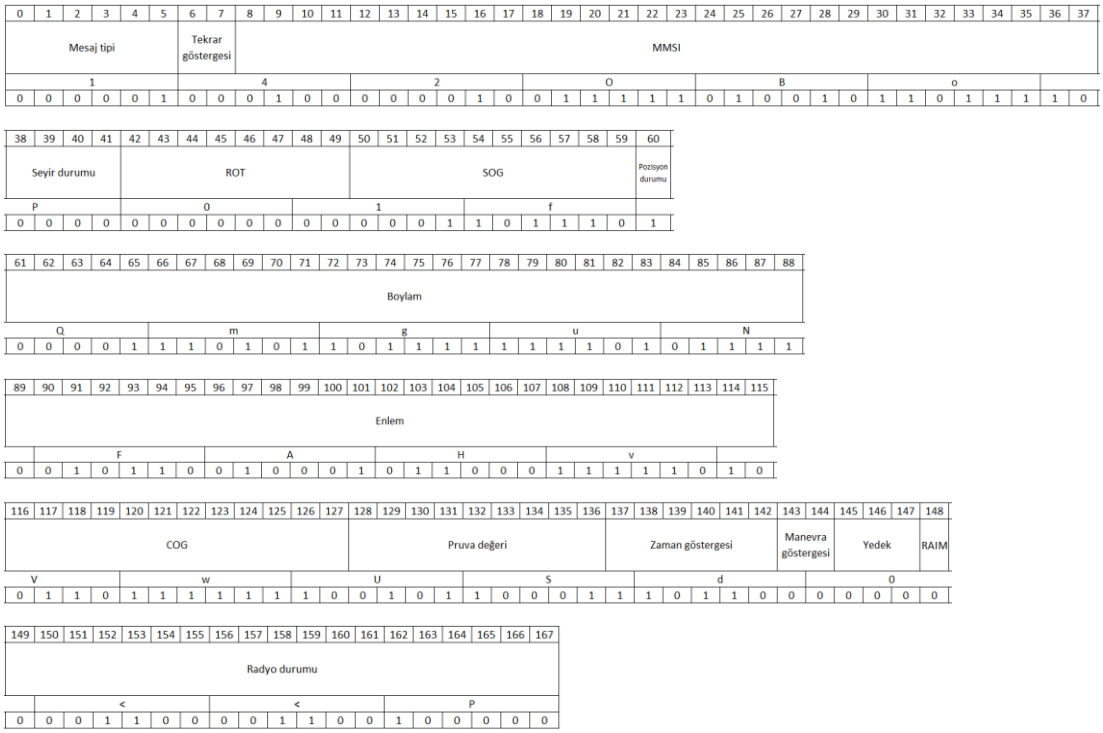
Tablo 8: OTS verileri deşifre tablosu

Veri aralığı	Uzunluk	Tanım
0-5	6	Mesaj tipi
6-7	2	Tekrar göstergesi
8-37	30	MMSI
38-41	4	Seyir durumu
42-49	8	ROT
50-59	10	SOG
60-60	1	Pozisyon doğruluğu
61-88	28	Boylam
89-115	27	Enlem
116-127	12	COG
128-136	9	Pruva değeri
137-142	6	Zaman damgası
143-144	2	Manevra göstergesi
145-147	3	Yedek
148-148	1	Alıcı Otonom Bütünlük İzleme (RAIM) Bayrağı
149-167	19	Radyo durumu

Kaynak: (Saputra ve diğerleri, 2018).

Gelen OTS verileri ASCII 6 bit versiyonuna dönüştürüldükten sonra Tablo 8'deki veri aralıkları sırasına göre sıralanmakta ve tek tek deşifre edilerek anlamlı hale getirilmektedir. Şekil 25'te, yukarıda örneği verilen "**142OBoP01fQmguNFAHvVwUSd0<<P**" OTS verisinin deşifre süreci bulunmaktadır.

Şekil 25: OTS verisi deşifre süreci



Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Şekil 24 ve Şekil 25'teki örnek OTS verisinin deşifre edilmiş hali Tablo 9'daki gibidir. OTS verilerinin anlamlı hale getirilmesi sürecinde verilere birkaç müdahale daha yapılması gerekmektedir. Örneğin SOG değeri yukarıdaki örneğe göre 110 çıkmıştır. Bu değerin 10'a bölünmesiyle gerçek SOG değeri bulunmaktadır. Aynı durum COG değeri için de geçerlidir. Boylam ve enlem değerlerinin deşifre edilmiş halleri de sırasıyla 15433647 ve 23353594 şeklindedir. Bu değerler de 600000'e bölünerek derece olarak boylam ve enlem değerleri bulunabilmektedir.

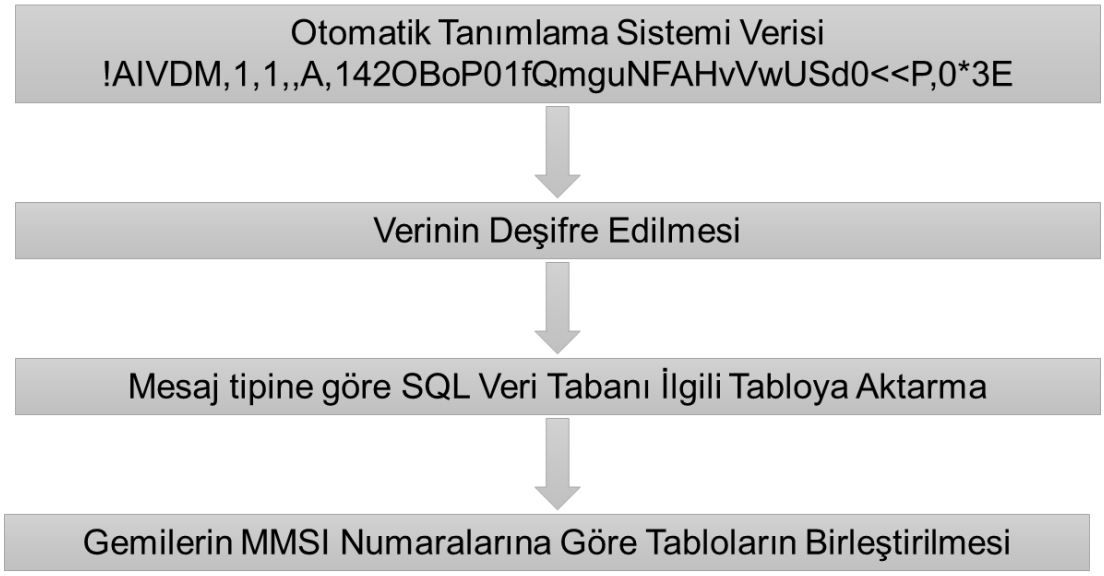
Tablo 9: OTS verisi örnek deşifre tablosu

Tanım	Değer	Son değer
Mesaj tipi	1	1
Tekrar göstergesi	0	0
MMSI	271045342	271045342
Seyir durumu	0	0
ROT	0	0
SOG	110	11
Pozisyon doğruluğu	1	1
Boylam	15433647	25,7227450
Enlem	23353594	38,9226567
COG	1790	179
Pruva değeri	177	177
Zaman damgası	54	54
Manevra göstergesi	0	0
Yedek	0	0
Alıcı Otonom Bütünlük İzleme (RAIM) Bayrağı	0	0
Radyo durumu	49952	49952

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Bu çalışmada, OTS verilerinin deşifre edilmesi için Python Pyais kütüphanesi kullanılmıştır. Bu kütüphane, mesaj tiplerini ayrı ayrı yukarıda belirtilen sürece göre deşifre etmektedir. Python kullanılarak yapılan deşifre işleminin ardından her bir veri SQL veri tabanına kaydedilmektedir. Her bir mesaj tipi ayrı tablolara kaydedilmekte ve sonrasında bir gemiye ait olan bütün veriler tek bir tabloda toplanmaktadır. Verilerin alınması, deşifre edilmesi ve kaydedilmesi süreci Şekil 26'daki gibidir.

Şekil 26: OTS verisi deşifre ve veri tabanı süreci



Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

OTS verileri hem veri tabanına kaydedilmekte hem de anlık verilerle işlem yapılabilmesi amacıyla anlık veri tabanına kaydedilmektedir. Herhangi bir gemiden gelen OTS verisi anlık veri tabanına işlenmekte ancak o gemiden yeni bir OTS verisi geldiği anda bu veri tabanındaki o gemiye ait sütun silinmekte ve yeni gelen OTS verisi yazılmaktadır. Bu sayede anlık veri taban tablosunda devamlı olarak güncel OTS verileri bulunmakta ve hesaplamalarda bu veriler kullanılmaktadır.

Gemilerden gelen OTS bilgilerine göre çatışma risklerinin hesaplanabilmesi için bölgedeki gemilerin gemi emniyet alanlarının hesaplanması gerekmektedir.

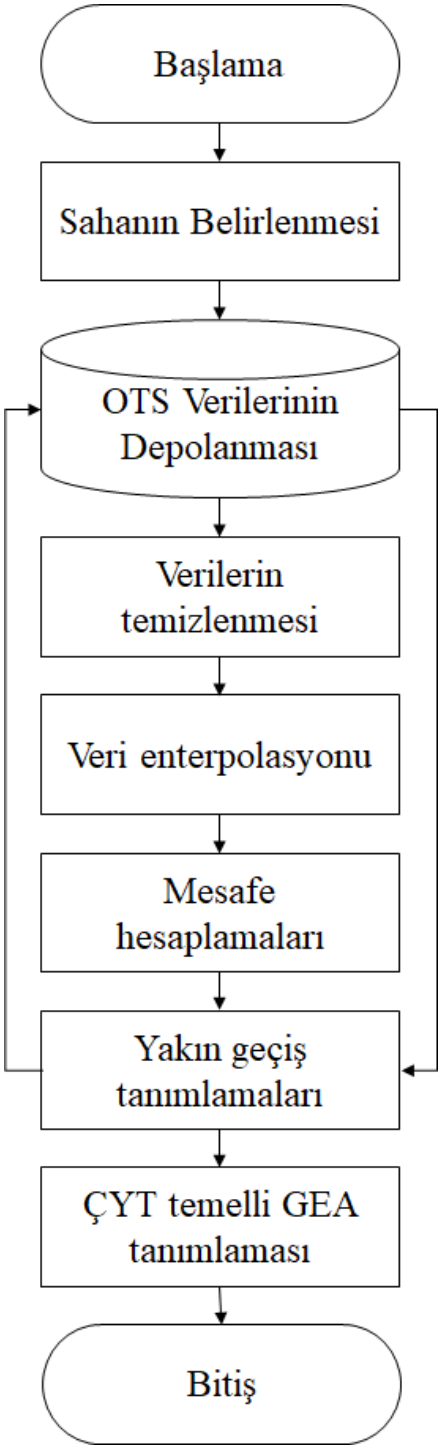
3.5. GEMİ EMNİYET ALANI TESPİTİ

Doktora tez çalışmasının ilk aşaması olan gemi emniyet alanlarının tespiti için T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Deniz ve İçsular Düzenleme Genel Müdürlüğü'nden OTS verileri talep edilmiş ve alınan izin sonrasında Seyir Yardımcıları Otomatik Tanımlama Sistemi (SOTAS)'nden OTS verileri teslim alınarak analizlere başlanmıştır.

OTS verileri analiz edilerek, gemilerin birbirleri ile yaptıkları geçişler hesaplanmış ve bu geçişlere göre gemilerin kendi etraflarında bıraktıkları gemi

emniyet alanları ortaya çıkartılmıştır. Gemi emniyet alanlarının hesaplanması sürecindeki çalışma metodolojisi Şekil 27'deki gibidir.

Şekil 27: Gemi emniyet alanlarının hesaplanması sürecindeki çalışma metodolojisi



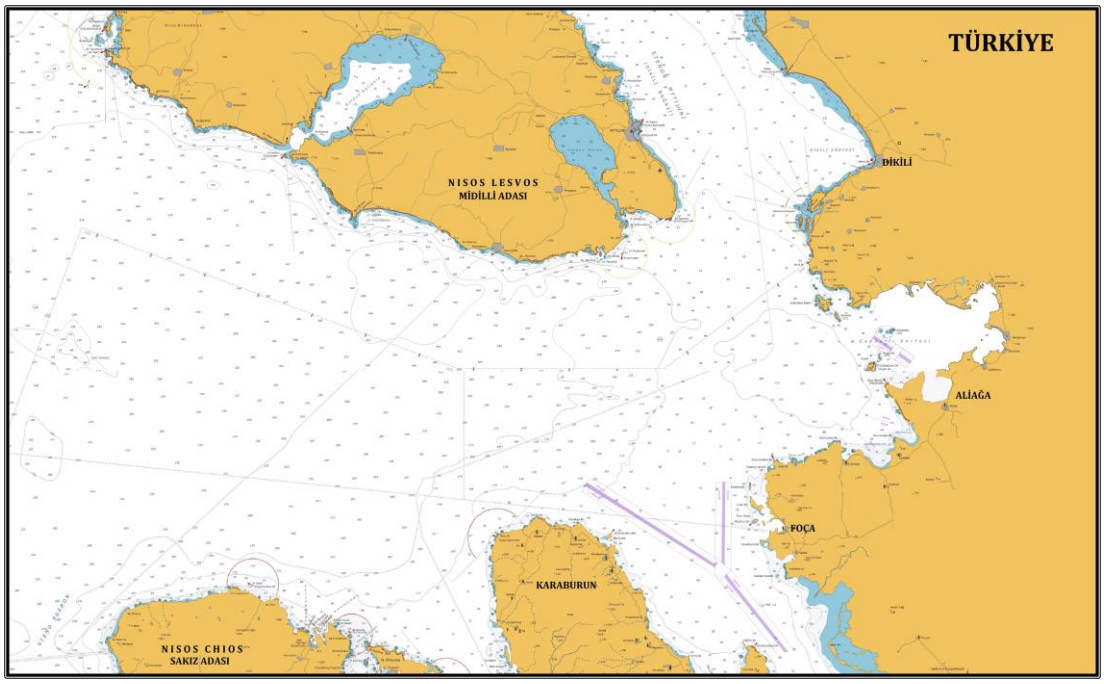
Kaynak: (Kundakçı ve diğerleri, 2023: 4).

Bu kapsamda çalışma sahası, verilerin temizlenmesi, verilerin analizi gibi bütün süreçler sırasıyla aşağıdaki gibidir.

3.5.1. Çalışma Sahası, Veri Temizliği

Çalışma yapılan saha Şekil 28'deki gibidir.

Şekil 28: Çalışma sahası



Kaynak: (Kundakçı ve diğerleri, 2023: 4).

Bu çalışma için Şekil 28'de görülen sahanın seçilme nedeni şunlardır:

- Bölgede hem açık deniz koşulları hem de kıyısal deniz koşulları bulunmaktadır.
- Bölgede herhangi bir Trafik Ayrım Düzeni bulunmadığı için gemiler düzensiz bir şekilde (açık deniz koşullarında) seyir yapmaktadır. (İzmir körfez çıkışında bulunan Trafik Ayrım Düzenindeki veriler hesaplama dışında tutulmuştur)
- Bölge, Türkiye'nin en yoğun olan su yollarından birisi olup, bölgede çok sayıda tanker, konteyner ve dökme yük terminali bulunmaktadır. Aynı

zamanda, 2 adet LNG terminali, petrol rafinerisi de bölgede hizmet vermektedir.

Yukarıda belirtilen nedenlerden dolayı çalışma sahası deniz trafiği açısından oldukça büyük öneme sahiptir. Bu bölgedeki deniz trafiği ile ilgili bilgi edinebilmek için OTS verileri üzerinden belirli işlemlerin yapılması gerekmektedir.

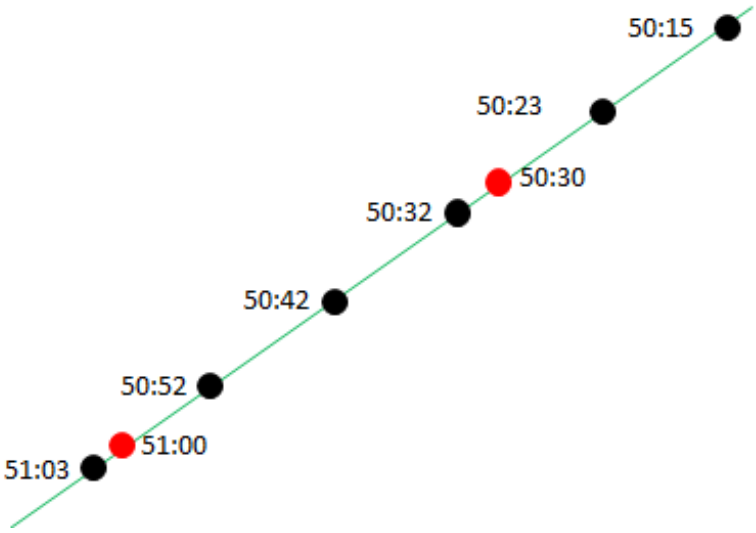
Öncelikle idareden 2016 ve 2018 yılına ait OTS verileri teslim alınmıştır. Elde edilen bu verilerin kullanılabilir olması, eksiklerin daha az olması, verilerin devamlı olması gibi nedenlerden dolayı 2016 yılına ait 11 aylık OTS verisi çalışmada kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan OTS verilerinin aylara göre dağılımı Tablo 10'daki gibidir. Toplamda 109.868.959 satır OTS verisi ile çalışmalara başlanmıştır. Bu verilerden balıkçı, özel tekne, römorkör vs. gibi küçük gemilere ait veriler temizlendikten sonra sadece çalışma kapsamında kullanılacak olan kargo, tanker ve yolcu gemilerine ait veriler kalmıştır. Bu işlem sonrasında kalan veri sayısı ise 62.082.951'dir.

3.5.2. Analiz İçin Veri Enterpolasyonu

Dinamik OTS verileri 2 saniye ile 3 dakika aralıklarla diğer gemilere gönderilmektedir (ITU-R, 2014: 8). Bu aralık, geminin süratine ya da rota değiştirip değiştirmemesine bağlı olarak değişmektedir. OTS verileri gemilerden farklı zamanlarda geldiği için öncelikle gemilerin aynı anda hangi pozisyonda olduklarının tespit edilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda gemilere ait OTS verilerinin standart bir aralığa göre sıralanması ve pozisyon, rota ve sürat bilgilerinin güncellenmesi gerekmektedir. Bu amaçla OTS verileri 30 saniye aralıklı olacak şekilde enterpolasyon yapılmıştır. Benzer çalışmalarda da bu süre 30 saniye olarak kullanılmıştır (Zhang ve diğerleri, 2014; Zhang and Meng, 2019). OTS verisi enterpolasyon süreci Şekil 29'daki gibidir.

Şekil 29: OTS verisi enterpolasyon yöntemi



Kaynak: (Kundakçı ve diğerleri, 2023: 4).

OTS verileri Şekil 29'daki gibi düzensiz aralıklarla gelmektedir. Şekildeki siyah noktalar gelen OTS verilerini temsil etmektedir. Bu verilerin standart hale getirilmesi için her dakikadaki 00. ve 30. saniyedeki veriler hesaplanmıştır. Hesaplanan OTS verileri şekildeki kırmızı noktalar ile temsil edilmektedir. Seyir halinde olan gemilerden çok sık şekilde OTS verisi geldiği için her iki veri arasında büyük rota ya da sürat değişimleri olmamaktadır. Ancak bu hesaplama yapılırken gemilerin rota ve sürat değerleri de enterpolasyon ile hesaplanarak yeni veriler oluşturulmuştur. Gemilerin OTS veri aralıkları 1 dakikadan fazla ise hatalı hesaplama yapılmaması için bu veriler hesaplama dışında tutulmuştur.

Bu işlem sürecinde sürat değeri 2 knot altında olan veriler de çalışma kapsamı dışında tutulmuştur. Gemilerin, sürüklenen ya da demirde olan gemilere normalden daha fazla yakın geçebileceği düşünülerek bu gemiler hesaplama dışında tutulmuştur. Tam boyu 50 metre altında olan küçük gemiler de çalışma kapsamı dışında tutulmuştur.

Alınan ham OTS veri sayıları, ve enterpolasyon sonrasında kalan veri sayıları Tablo 10'daki gibidir.

Tablo 10: OTS verisi ve enterpolasyon süreci

Ay	Bütün Veriler	Kargo/Tanker/Yolcu Gemisi	Enterpolasyon Sonrası Veriler
Ocak	8.523.647	4.869.028	269.748
Şubat	9.037.034	5.405.049	309.493
Mart	10.468.912	6.083.038	360.076
Nisan	9.321.009	5.566.502	427.442
Mayıs	10.073.756	5.714.459	410.830
Haziran	10.292.061	6.017.976	443.768
Temmuz	11.016.873	6.507.983	473.629
Ağustos	11.063.963	6.279.246	482.771
Eylül	11.383.995	5.930.715	450.931
Ekim	9.941.095	5.258.991	361.759
Kasım	8.746.614	4.449.964	278.041
Toplam	109.868.959	62.082.951	3.898.741

Kaynak: (Kundakçı ve diğerleri, 2023: 4).

3.5.3. Mesafe Hesabı

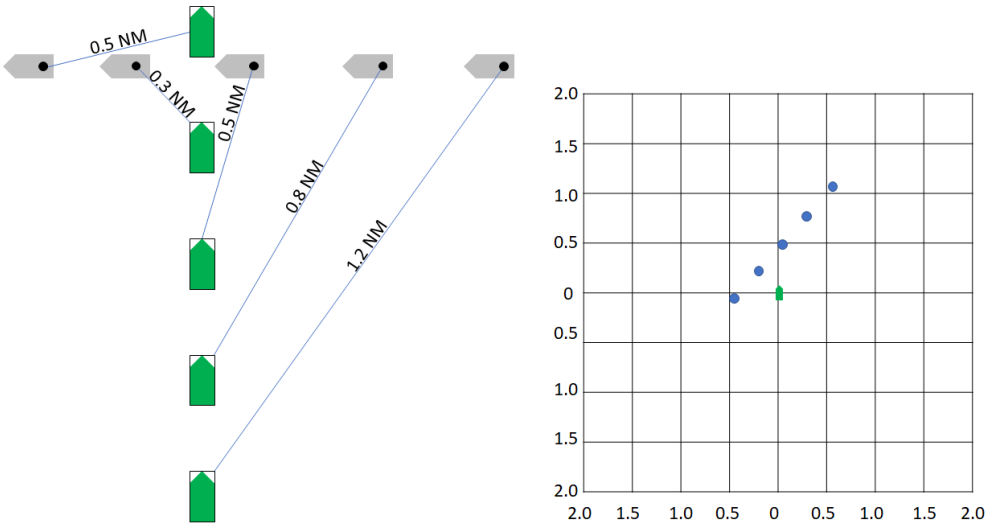
Bu aşamada, gemilerin birbirleri ile yaptıkları yakın geçişlerin hesaplanması amacıyla farklı şekillerde mesafe hesaplamaları yapılmıştır. Gerçek dünyada, gemiler arası mesafeler enlem, boylam değerlerine göre hesaplanmaktadır. Merkatör harita projeksiyonundan dolayı enlem ve boylam farklılıklarına göre, geminin bulunduğu enleme göre hesaplamalar yapılmaktadır. Ancak bu konuda yapılan çalışmalarda genellikle Öklid mesafe hesabı kullanılmıştır. Bunun nedeni de gemiler arası mesafe azaldıkça jeodezik mesafe ile Öklid mesafe farkının ihmal edilebilir boyutta olmasıdır.

Bu çalışmada da denklem 1'de görülen Öklid mesafe hesabı kullanılmıştır.

$$d(x,y) = \sqrt{\sum_{k=1}^{n} (x_k - y_k)^2} \quad (1)$$

Bu hesaplama yapılırken, her bir gemi tek tek seçilen gemi şeklinde değerlendirilmiş ve o gemi bölgede seyir yaparken etrafından geçen diğer gemiler de hedef gemi şeklinde değerlendirilerek hesaplama yapılmıştır. Bütün gemi geçişleri bu hesaplamadan yola çıkılarak Şekil 30'daki gibi tek tek hesaplanmıştır.

Şekil 30: Mesafe hesabı



Kaynak: (Kundakçı ve diğerleri, 2023: 5).

Gemilerin aynı anda hangi pozisyonda olduklarına göre Şekil 30'daki gibi mesafe hesabı yapılmıştır. Mesafe hesaplamalarında sonra bütün veriler veri tabanına kaydedilmiş ve gemilerin geçiş pozisyonları yere göre rota (COG) değerine göre hesaplanarak gemilerin asıl gemiye göre ne taraftan geçtikleri hesaplanmıştır. Bu tarz çalışmalarda diğer gemilerin gerçek konumlarının hesaplanması için pruva değerinin kullanılması gerekmektedir. Ancak pruva değeri OTS aygıtına sensörler bağlantısı ile gelmekte ve o şekilde diğer gemilere gönderilmektedir. Bu süreç sonunda gönderilen pruva değerlerinde hatalar olabilmektedir. Bu nedenle pruva değerine yakın değer olan yere göre rota değeri hesaplamada kullanılmıştır. Bu işlem sırasında aynı zamanda antenin pozisyonuna göre, geminin dikdörtgen şeklinde su hattı referans alınarak düzeltme yapılmıştır. Son durumda hesaplanan mesafeler bir geminin su hattından diğer geminin antenine olan mesafeyi göstermektedir.

3.5.4. Olağandışı Yakın Geçişler

Bütün gemi geçişleri hesaplandıktan sonra olağandışı yakın geçişler incelenmiştir. Gemilerin yapmış olduğu bu yakın geçişlerin nedeninin çoğunun hatalı gemi tipi verisinden kaynaklı olduğu görülmüştür. Yakın geçilen gemilerin MMSI ya da IMO numaralarına göre arama yapıldığında, gemilerin OTS verilerine göre kargo,

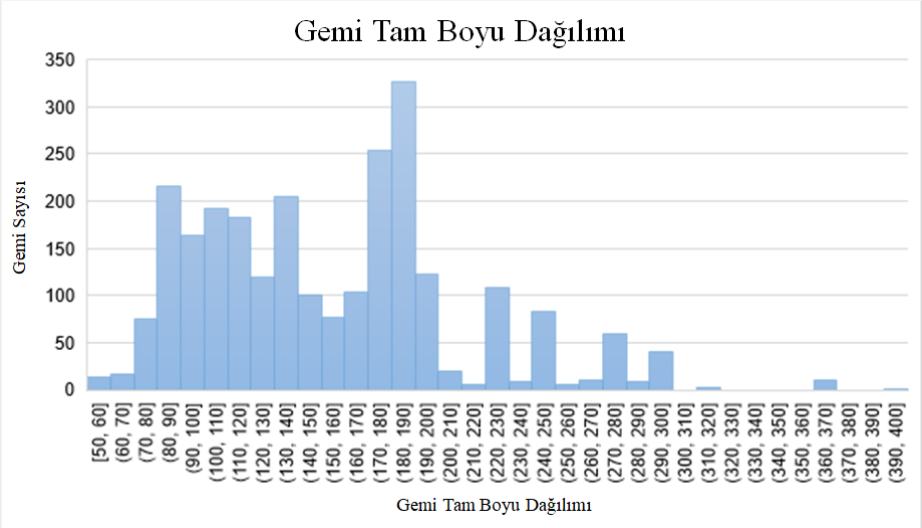
tanker ya da yolcu gemisi olarak göründüğü ancak gerçekte römorkör, yelkenli tekne, balıkçı teknesi gibi kapsam dışında olan verilerden olduğu görülmüştür. Bu gemilerin gemi tam boyu verileri de hatalıdır. Bu durumun muhtemel nedeni de OTS aygıtına hatalı bir şekilde veri işlenmesidir.

Hatalı bu veriler temizlenerek veriler analize uygun olarak son hale getirilmiştir.

3.6. GEMİ EMNİYET ALANI ANALİZLERİ

Bu aşamada, hesaplamalar sonucunda elde edilen veriler kullanılarak gemi emniyet alanları ortaya çıkartılmıştır. Kullanılan verilerdeki gemilerin boylara göre dağılımı Şekil 31'deki gibidir.

Şekil 31: Gemi boyuna göre gemi dağılımı



Kaynak: (Kundakçı ve diğerleri, 2023: 5).

Şekil 31 incelendiğinde, çalışma sahasında 400 metreye kadar geminin seyir yaptığı görülmektedir. Ancak çoğunluk gemi dağılımının 200 metreye kadar olduğu, 200 metreden sonra ise azaldığı görülmektedir. Gemi emniyet alanlarının hesaplanabilmesi için veriler dağılım grafiği haline getirilerek analizlere devam edilmektedir. Bu analizlerin yapılabilmesi için de dağılım grafiğinde yeterli sayıda veri olması gerekmektedir. Bu nedenle gemi dağılımları göz önünde bulundurularak,

gemiler 50m ile 125m ve 125m ile 200 metre arası olacak şekilde gruplandırılmıştır. 200 metre üzeri gemilerde yeterli sayıda veri olmadığı için kapsam dışında tutulmuştur.

Dağılım grafiklerinin merkezinde hiçbir geminin girmediği ya da çok az sayıda geminin girdiği bir alan bulunmaktadır. Bu alanın ortaya çıkartılabilmesi için gürültülü verilerin ve olağandışı yakın geçişlerin göz ardı edilerek temizlenmesi gerekmektedir. Bu alan temizlendikten sonra ortaya çıkan alan, hiçbir geminin girmediği ya da çok nadir girebildiği gemi emniyet alanı sınırlarını gösterecektir. Bu alanın hesaplanabilmesi için Çekirdek Yoğunluk Tahminlemesi (ÇYT) yöntemi kullanılmıştır.

3.6.1. Çekirdek Yoğunluk Tahminlemesi

Çekirdek yoğunluk tahminlemesi (ÇYT), olasılık yoğunluk fonksiyonlarının tahmin edilmesi için kullanılan parametrik olmayan bir yöntemdir. Bu yöntem ile çekirdek tahmini için, m elemanlı n boyutlu uzayda, x_1, x_2, … x_m elemanlarına göre aşağıdaki denklem kullanılarak tahmin edilir.

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{mh^n} \sum_{i=1}^{m} K\left(\frac{x - x_i}{h}\right) \tag{2}$$

Yukarıdaki denklemde, K, çekirdek olasılık yoğunluk fonksiyonudur ve h düzleme (smoothing) parametresidir (bandwidth). Verilerin (x, y) düzleminde yer aldığı 2 boyutlu durumda ise en sık kullanılan iki değişkenli tahmin işlevi aşağıdaki gibidir.

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{nh_x h_y} \sum_{i=1}^{m} K\left(\frac{x - x_i}{h_x}, \frac{y - y_i}{h_y}\right) \tag{3}$$

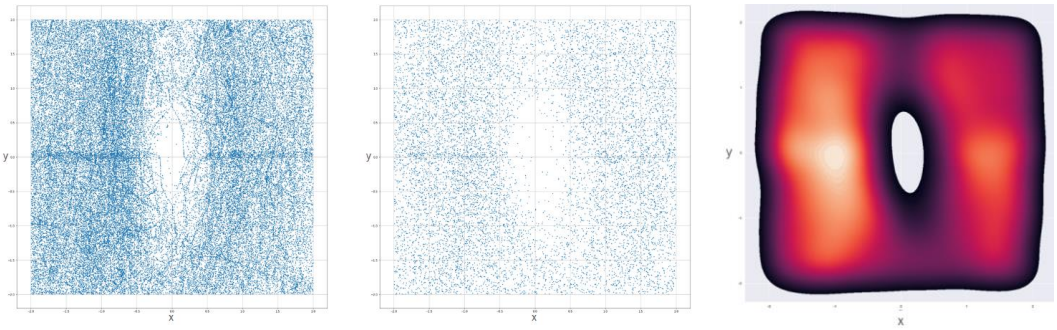
Yukarıdaki 3 numaralı denklemde, h_x ve h_y düzleme (smoothing) katsayılarıdır.

Bu çalışmada, (x, y) düzlemindeki dağılım grafiğindeki verilerin analiz edilebilmesi için iki değişkenli çekirdek yoğunluk tahminlemesi kullanılmıştır. Bu kapsamda, Python seaborn kütüphanesinin kdeplot fonksiyonu kullanılmıştır. Bu fonksiyon, dağılım grafiğindeki veriler için yoğunluk seviyelerini oluşturmak ve gemilerin etrafındaki yoğunluk seviyelerini belirlemek için kullanılmıştır.

3.6.2. Gemi Emniyet Alanının Ortaya Çıkartılması

Gemi emniyet alanının ortaya çıkartılması için yukarıda detayları belirtilen aşamalar sırasıyla gerçekleştirilerek Şekil 32'de örneği bulunan analizler gerçekleştirilmiştir.

Şekil 32: Tam boyu 125m ile 200m arası olan kargo gemileri için çekirdek yoğunluk tahminlemesi ile gemi emniyet alanı oluşturulması



a b c

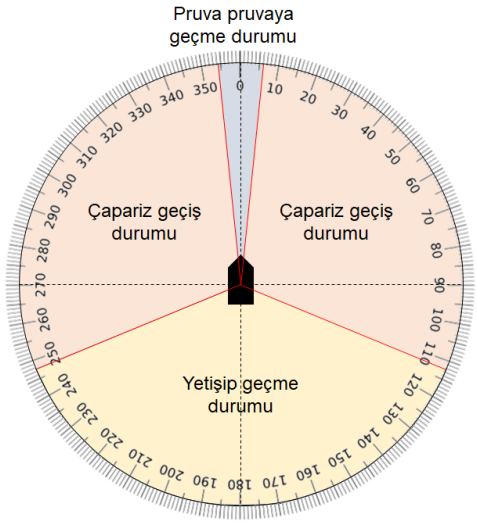
a: Bütün tip geçişler için dağılım grafiği, b: Çapariz durumlar için dağılım grafiği, c: Çapariz durumlar için çekirdek yoğunluk

Kaynak: (Kundakçı ve diğerleri, 2023: 6).

Şekil 32'de grafiklerin merkezindeki alan seçilen geminin konumunu göstermektedir. Bu grafik dağılımı, tam boyu 125m ile 200m arası olan kargo gemilerinin diğer gemiler ile yaptıkları geçişleri göstermektedir. Diğer hedef gemiler için herhangi bir tam boy kısıtlaması bulunmamaktadır. Görsel pruva yukarı moddadır ve şekillerin üst kısmı geminin pruva istikametini temsil etmektedir. Şekil 32 (a)'da, 125m ile 200m arası olan kargo gemilerin yapmış olduğu bütün tür geçişleri gösterirken (b) ise sadece çapariz durumlardaki geçişleri temsil etmektedir. Şekil 32 (b)'deki dağılım grafiği ortaya çıkartıldıktan sonra da çekirdek yoğunluk tahminleme grafiği (c) ortaya çıkartılmıştır. Bu grafikte ortada görülen boş alan, hedef gemiler tarafından ihlal edilmesine izin verilmeyen gemi emniyet alanını göstermektedir.

Çapariz durumları ve diğer geçişler COLREG kurallarında belirtilen açı değerlerine göre hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar için gemilerin rotaları arasındaki fark Şekil 33'teki durumlara göre belirlenmiştir.

Şekil 33: COLREG kurallarına göre geçiş açıları



Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Şekil 33'teki açılara göre, gemilerin rotaları arası fark ΔCOG olarak ifade edildiğinde aşağıdaki açı değerleri ortaya çıkmaktadır.

Çapariz durumlar için:

- ΔCOG>67.4 ve ΔCOG<170.1 ya da
- ΔCOG>189.9 ve ΔCOG<292.6

Pruva pruva durumlar için:

- ΔCOG>170 ve ΔCOG<190

Yetişip geçme durumları için:

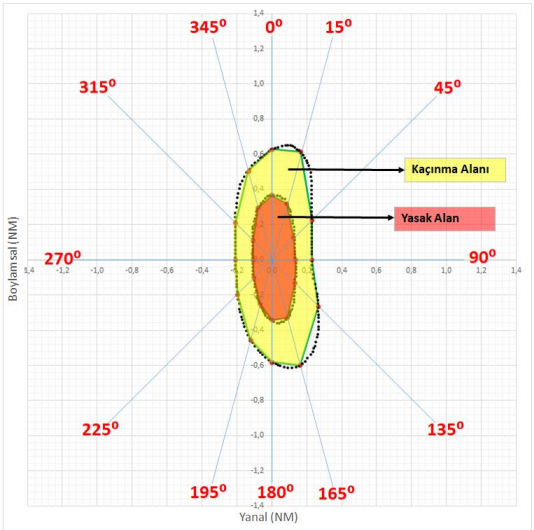
- ΔCOG<67.5 ya da ΔCOG>292.5

Gemi emniyet alanının elips şeklinde modellendiği bir çok çalışma (Coldwell, 1983; Fujii ve Tanaka, 1971; Hansen ve diğerleri, 2013; Pietrzykowski ve Magaj, 2017) bulunmaktadır. Ancak bu çalışmada, anlık OTS verileri ile hesaplama yapılacağı ve hesaplama işleminin daha basit yapılabilmesi için 12gen gemi emniyet alanı belirlenmiştir. Elips şeklindeki gemi emniyet alanı, 12 standart açıya göre

ölçülmüş ve mesafeler hesaplanarak 12gen gemi emniyet alanı ortaya çıkartılmıştır. Gemi emniyet alanı sınırları belirlenirken kullanılan açılar 0º, 15º, 45º, 90º, 135º, 165º, 180º, 195º, 225º, 270º, 315º, 345º şeklindedir. Bu açılar, hem literatürdeki benzer çalışmalarda kullanılan açılarla benzerlik göstermekte hem de elips gemi emniyet alanı sınırlarına en iyi uyacak açıları göstermektedir.

Gemi emniyet alanı tanımlamalarında temel nokta, bu alana diğer gemi ya da sabit nesnelerin girmemesi istenmesidir. Ancak gerçek hayatta, geminin etrafındaki bir sınırın içerisi tehlikeli, dışarısı emniyetli şeklinde değerlendirilmemektedir. Genellikle bu alanların dış sınırları da belirli bir mesafeye kadar riskli durumları ifade etmektedir. Zhang ve Meng (2019) tarafından yapılan çalışmada, riskli alan ve yasak alan şeklinde iki alan ifade edilmiştir. Riskli alanın dışı ise emniyetli alan şeklinde belirtilmiştir. Lee ve diğerleri (2021) tarafından yapılan çalışmada ise, izleme (watching) alanı, tedbirli (cautious) alan ve bloke (blocking) alan şeklinde üç alan belirtilmiştir. Bu çalışmada da Zhang ve Meng (2019) çalışması ile benzer şekilde, seçilen gemi seyir halindeyken, diğer gemiler tarafından ihlal edilmesine izin verilmeyen alan "yasak alan" (forbidden area), bu alanın dışındaki alan ise "kaçınma alanı" (avoidance area) şeklinde isimlendirilmiştir. Gemi emniyet alanı açıları, yasak alan ve kaçınma alan gösterimi Şekil 34'teki gibidir.

Şekil 34: Gemi emniyet alanı sınırları, yasak alan ve kaçınma alanı

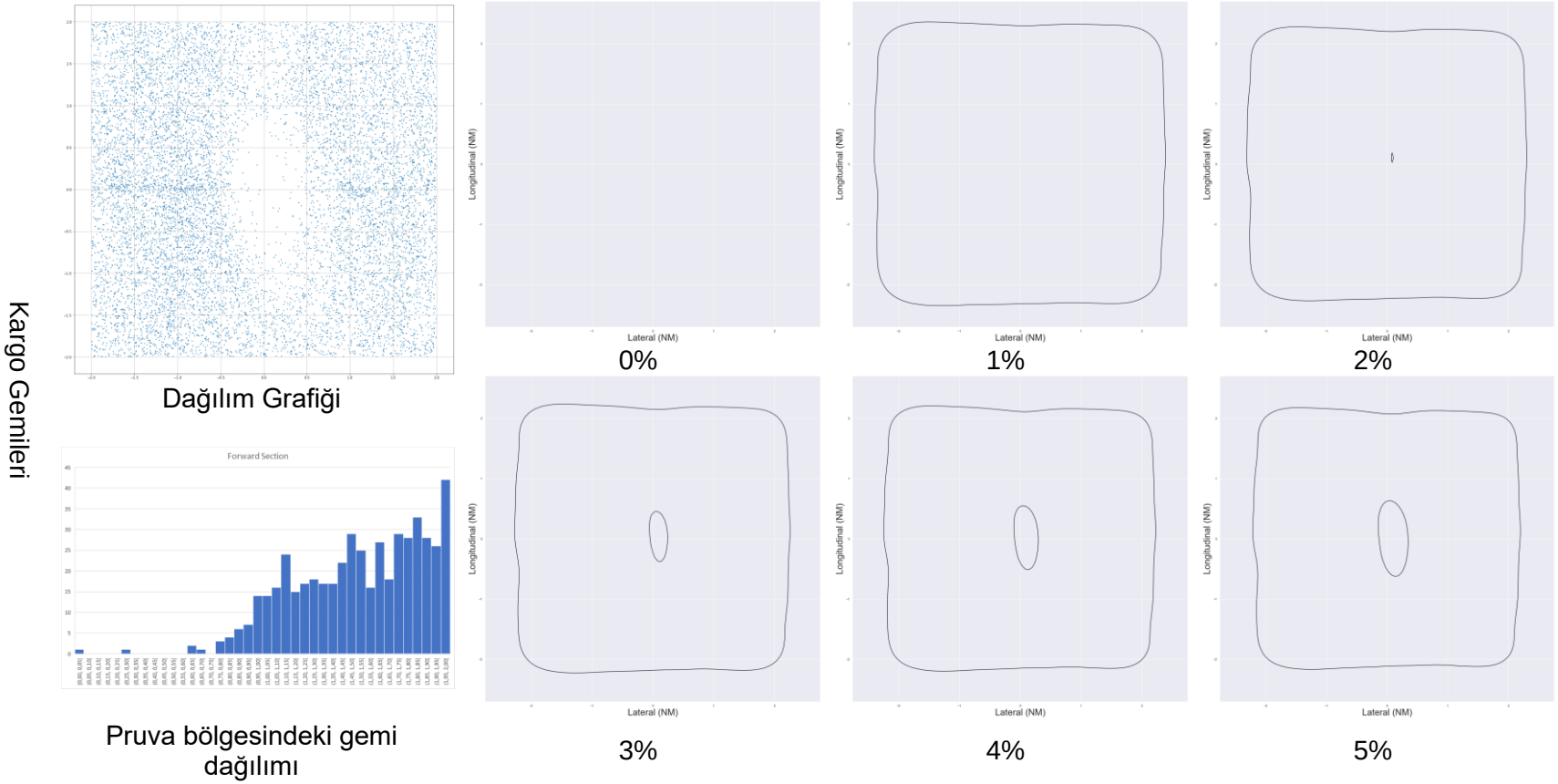


Kaynak: (Kundakçı ve diğerleri, 2023: 6).

Şekil 34'te belirtilen 2 alan, ÇYT grafiklerindeki konturlar kullanılarak farklı tipteki ve boydaki gemiler için ayrı ayrı belirlenmiştir. ÇYT grafiklerinde konturlar, yoğunluk fonksiyonunun olasılık kütlesini temsil etmektedir. Örneğin, olasılık kütlesinin %50'sini ifade eden 0.5 kontur seviyesi, verilerin yüzdesel olarak kaçının bu konturun altında kaldığını ifade etmektedir. Ancak bu durum her zaman verilerin tam %50'sinin bu alanın altında olduğunu göstermemektedir. Veri dağılımı homojen olmadığı zaman bu alanlar merkezi bölgelerde yoğunlaşmaktadır ve yaklaşık olarak yüzdesel değerleri göstermektedir (Chacón and Duong, 2018).

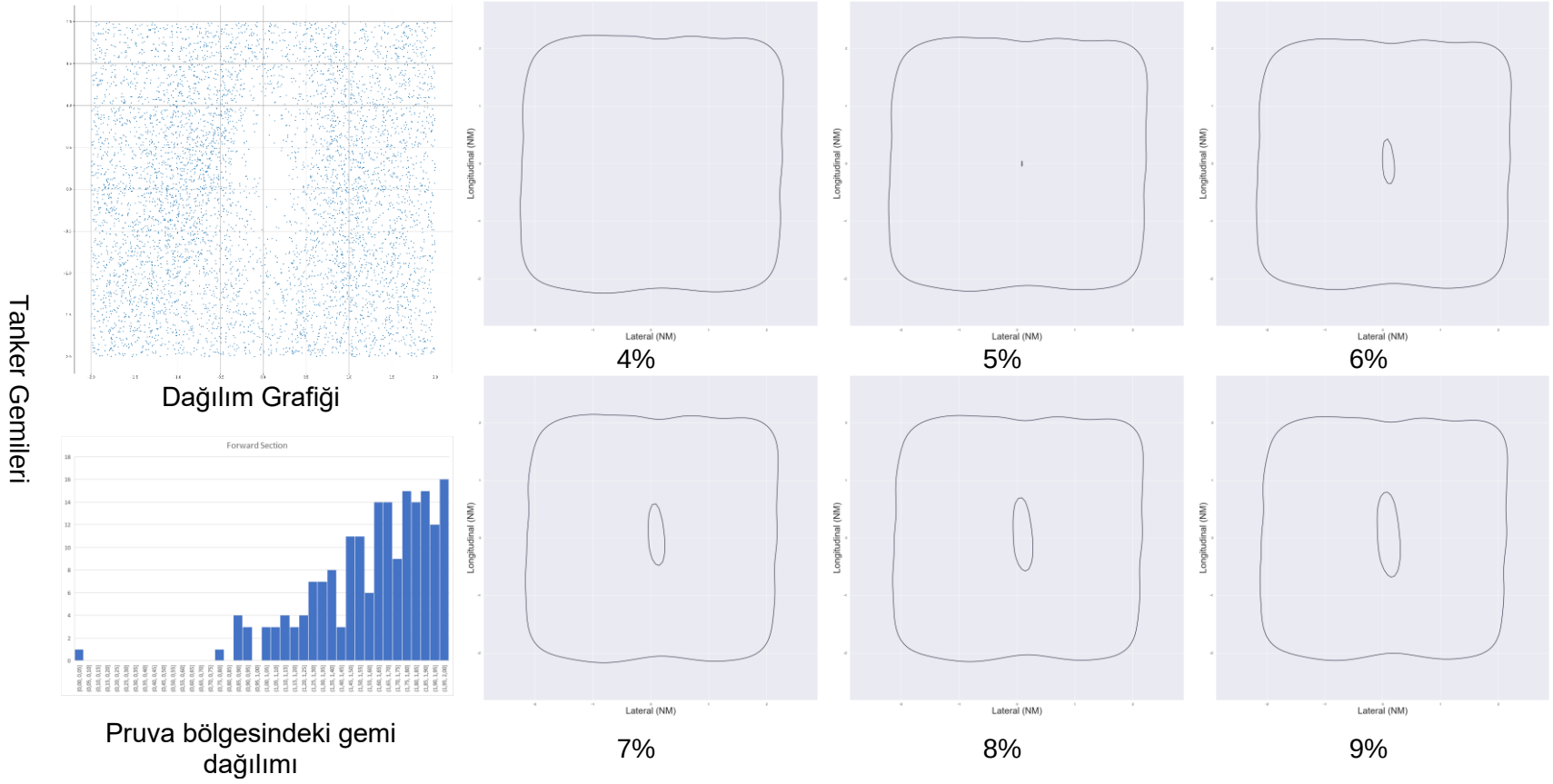
Bu çalışmada, yasak alan ve kaçınma alanı yoğunluk fonksiyonun olasılık kütleleri için %0 ve %5 değerleri kullanılması planlanmaktadır. Hiçbir geminin olmayacağı %0'lık alan yasak alanı temsil etmekte, bu değerin %5 fazlası ise kaçınma alanını temsil etmektedir. Ancak veri dağılımı homojen yapıda olmadığı için yasak ve kaçınma alanlarının doğru şekilde belirlenebilmesi için farklı yüzdesel değerler ile ÇYT grafikleri oluşturulmuştur. Aynı zamanda, gemilerin pruva, pupa, sancak ve iskele yönündeki geçiş dağılımları ortaya konulmuştur. Daha sonra da ÇYT grafikleri ile gemi dağılım grafikleri analiz edilerek yasak alan için en uygun yüzdesel değer belirlenmiştir. Bu işlemler Şekil 35'teki gibidir.

Şekil 35: Tam boyu 125m ile 200m arasındaki kargo gemileri ve tanker gemileri için çapariz durumlardaki yasak alanın ÇYT kullanılarak tespiti



Kaynak: (Kundakçı ve diğerleri, 2023: 7).

Şekil 35: Tam boyu 125m ile 200m arasındaki kargo gemileri ve tanker gemileri için çapariz durumlardaki yasak alanın ÇYT kullanılarak tespiti (Devamı)



Kaynak: (Kundakçı ve diğerleri, 2023: 7).

İlk aşamada %0 kontur seviyeleri yasak alan şeklinde belirlenmesi planlanmıştır ancak yapılan analizlerde farklılıklar meydana gelmiştir. %0 kontur seviyesi, gemi dağılımı homojen olmadığı için gerçek değerden çok daha küçük bir alanı temsil ettiği için bu değerin hesaplanmasında ek analizler yapılmıştır. Yasak alan tespit edilirken, Şekil 35'teki gibi, pruva, pupa, sancak ve iskele doğrultusundaki gemi dağılımları ile ÇYT grafikleri karşılaştırılarak ÇYT konturları için yüzdesel değerler belirlenmiştir. Bu belirlemelerde, sancak ve iskele doğrultusundaki gemi yoğunluğu çok fazla olması nedeniyle daha çok pruva ve pupa istikametindeki gemi dağılımları dikkate alınmıştır. Örneğin, Şekil 35'te, kargo gemilerinin yasak alanına, gemi dağılımına göre %5'lik kontur seviyesinde ulaşılırken tanker gemilerinde bu alana %9'luk kontur seviyesinde ulaşılmıştır. Dağılım grafiğindeki farklılıklardan dolayı bu durum meydana gelmektedir. Gerçek gemi dağılımlarına en yakın ÇYT grafikleri belirlendikten sonra %5 fazlası ortaya çıkartılarak bu alan da kaçınma alanı şeklinde belirlenmiştir. Kargo ve tanker gemileri için boylara göre yasak alan ve kaçınma alanları Tablo 11'deki gibidir.

Tablo 11: Kargo gemileri ve tanker gemileri için yasak alan ve kaçınma alan yüzdeleri

Gemi Tam Boyu (m)	Gemi Tipi	Yasak Alan Yüzdesi	Kaçınma Alan Yüzdesi
50 m - 125 m	Kargo gemisi	5%	10%
125 m - 200 m	Kargo gemisi	5%	10%
50 m - 125 m	Tanker gemisi	9%	14%
125 m - 200 m	Tanker gemisi	9%	14%

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

3.7. GEMİ EMNİYET ALANI ANALİZİ

Gemi emniyet alanlarının şekli ve boyutu belirlenirken, çatışma durumları, gemi tipleri ve gemi boyları dikkate alınmıştır. Çatışma durumları için iki karşılaşma şekli analiz edilmiştir. Bunlar pruva pruvaya geçme durumları ve çapariz geçme durumlarıdır. Çalışmada yetişip geçme durumları da ortaya çıkartılmış ancak veri azlığı nedeniyle ÇYT analizleri yapılamamıştır. Gemiler ise gemi tipine ve gemi boyuna göre sınıflandırılmıştır. Gemi tipi olarak kargo ve tanker gemileri, gemi tam

boyu olarak da 50m-125m ile 125m-200m arası dikkate alınmıştır. Yolcu gemileri ve tam boyu 200m'den fazla olan gemiler ortaya çıkartılmış ancak veri azlığı nedeniyle ÇYT analizleri yapılamamıştır. Yapılan analizlerde gemi tipi ve boyu sınıflandırmaları sadece seçilen gemi için yapılmış olup, seyir halinde o gemilerin etrafından geçen gemiler için herhangi bir gemi tipi ve gemi boyu sınıflandırması yapılmamıştır.

Yapılan analizlerde x ve y koordinatlarının ölçüleri 2NM ile sınırlandırılmıştır. Gemi emniyet alanı uzunluğu genellikle 6L ile 8L (Coldwell, 1983; Fujii ve Tanaka, 1971; Hansen ve diğerleri, 2013; Lee ve diğerleri, 2021) arasındadır ancak literatürdeki gemi emniyet alanı tespitlerinde farklılıklar da bulunmaktadır. En büyük gemi emniyet alanı uzunluklarından birisi olarak 19.8L (Pietrzykowski ve Magaj, 2017) tespit edilmiştir ve bu mesafe, gemi boyunun 200m olarak hesaplandığı çalışma bölgemizde 2.1NM'e denk gelmektedir. Bu veriler dikkate alındığında, toplamda pruva, pupa, sancak ve iskele doğrultusunda 4NM mesafeye denk gelen bu alanın gemi emniyet alanı tespiti için yeterli olacağı kanaati oluşmuştur.

3.8. ÇATIŞMA RİSKLERİNİN HESAPLANMASI

Çatışma risklerinin anlık olarak hesaplanabilmesi için öncelikle anlık OTS verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kapsamda, öncelikle Aliağa Çakmaklı Koyu bölgesinde bulunan UZMAR Kılavuzluk İstasyonuna OTS alıcı anteni ve bilgisayar konularak anlık OTS verileri alınmaya başlanmıştır. OTS anteni ve bilgisayar ile ilgili görseller Şekil 36'daki gibidir.

Şekil 36: Otomatik Tanımlama Sistemi kurulumu ve veri tabanı

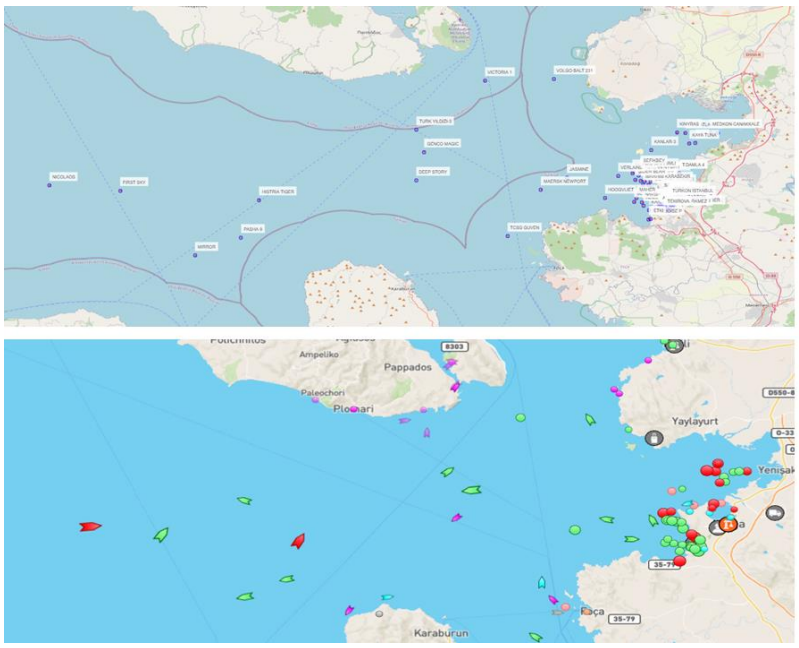


Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

OTS alıcı aygıtının aldığı veriler hem anlık veri tablosunda tutulmakta hem de bütün verilerin bulunduğu veri tablosunda tutulmaktadır. Anlık olarak risk hesaplamaları yapılabilmesi için, yeni veri geldikçe anlık veri tablosu güncellenmekte, belirli bir süre içerisinde veri gelmemesi durumunda ise tablodaki veriler silinmektedir.

OTS verileri, VHF menzilinde çalışmakta ve bu mesafe hava durumu gibi farklı parametrelere göre değişiklik gösterebilmektedir. Sistem kurulduktan sonra alınan veriler marinetraffic.com verileri ile karşılaştırıldığında Şekil 37'deki durum ortaya çıkmaktadır.

Şekil 37: Otomatik Tanımlama Sistemi ve Kapsama Alanı Karşılaştırması



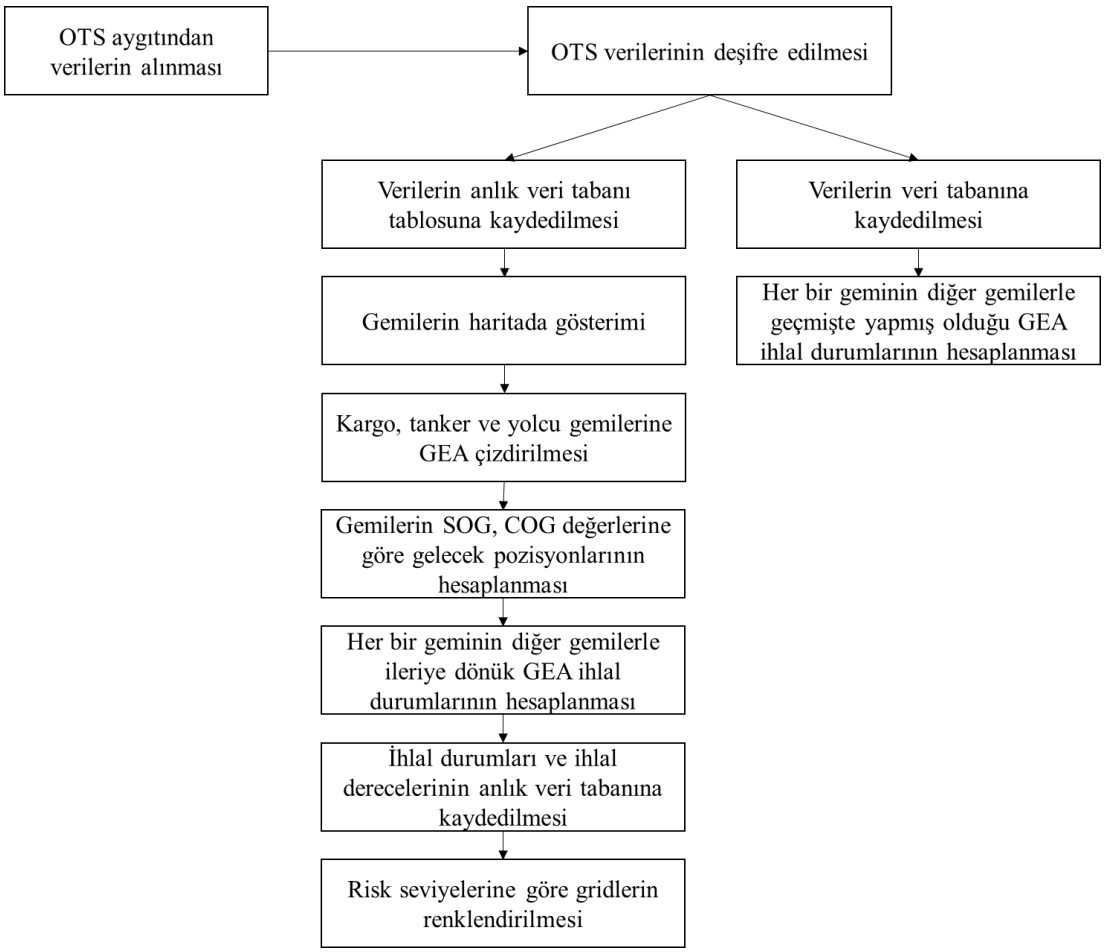
Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Şekil 37 incelendiğinde, sistemin çalışma yapılan bölgedeki gemi verilerini sorunsuz aldığı görülmektedir. Arada anlık veri olarak kaybolmalar görülse dahi bu gemi verilerinin de bir sonraki mesajlarda alınarak haritada aktif hale geldiği görülmektedir.

OTS sistemi kurulduktan ve gemi emniyet alanları yasak alan ve kaçınma alanları için ayrı ayrı hesaplandıktan sonra bu alanlar kullanılarak çatışma riskleri hesaplanmaktadır.

Anlık olarak çatışma risklerinin hesaplanması sürecindeki çalışma akış diyagramı Şekil 38'deki gibidir.

Şekil 38: Çatışma risklerinin hesaplanması sürecindeki çalışma akış diyagramı



Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Şekil 38'deki akış diyagramında süreç, gelen anlık OTS verilerine göre sürekli olacak şekilde gerçekleştirilmektedir. Veri tabanına bir gemiden veri geldiğinde, anlık veri tabanına kaydedilmekte ve gemi bilgilerine göre ileriye dönük pozisyonları hesaplanmaktadır. Bu pozisyonlardaki GEA ihlal durumları hesaplanmakta ve bu ihlal durumları anlık veri tabanına kaydedilmektedir. Gemilerden yeni veri geldikçe, anlık veri tabanındaki bilgiler güncellenmekte ve bu hesaplama yeni verilerle tekrar yapılmaktadır. Bu süreç aralıksız bir şekilde gerçekleşmekte ve çatışma riskleri de devamlı güncellenmektedir.

Çatışma riskleri ile ilgili çalışmalarda genel olarak gemi emniyet alanının ihlal edilip edilmeme durumu ya da ihlal edilme derecesi dikkate alınmaktadır.

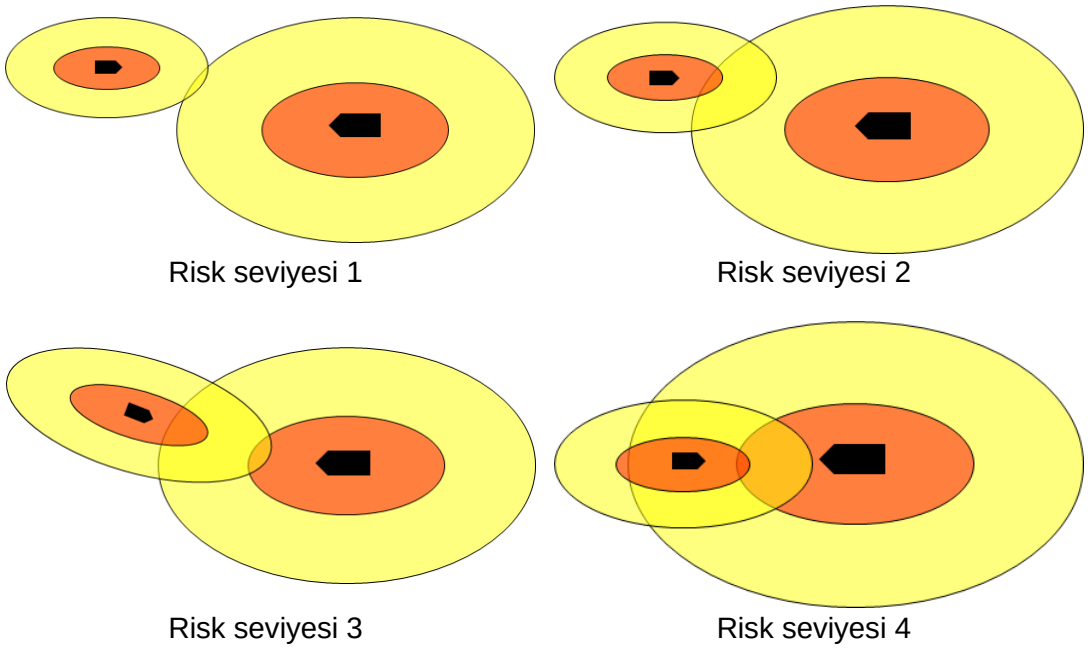
GEA ihlali çalışmalarında emniyet kriteri olarak Şekil 22'deki 4 durum dikkate alınmaktadır. Bu durumlar (Szlapczynski ve Szlapczynska, 2017):

- Seçilen geminin GEA ihlal edilmiyor,
- Hedef geminin GEA ihlal edilmiyor,
- Her iki geminin de GEA ihlal edilmiyor,
- Her iki geminin de GEA birbirini kesmiyor şeklindedir.

Bu çalışmada anlık OTS verileri kullanılarak gerçek zamanlı risk değerlendirmesi yapılmaktadır. Bu değerlendirme, gemilerin ileriye dönük karşılaşmaları hesaplanarak yapıldığı için sistem aynı zamanda erken uyarı sistemi haline gelmektedir.

Çalışmada literatürdeki çalışmalardan farklı olarak 2 farklı gemi emniyet alanı kullanılmaktadır. Emniyet kriteri olarak da her iki geminin de gemi emniyet alanlarının birbirini ihlal etmemesi dikkate alınmaktadır. Çalışmada oluşturulan 4 farklı risk seviyesi Şekil 39'daki gibidir.

Şekil 39: Gemi emniyet alanı ihlalleri ve risk seviyeleri



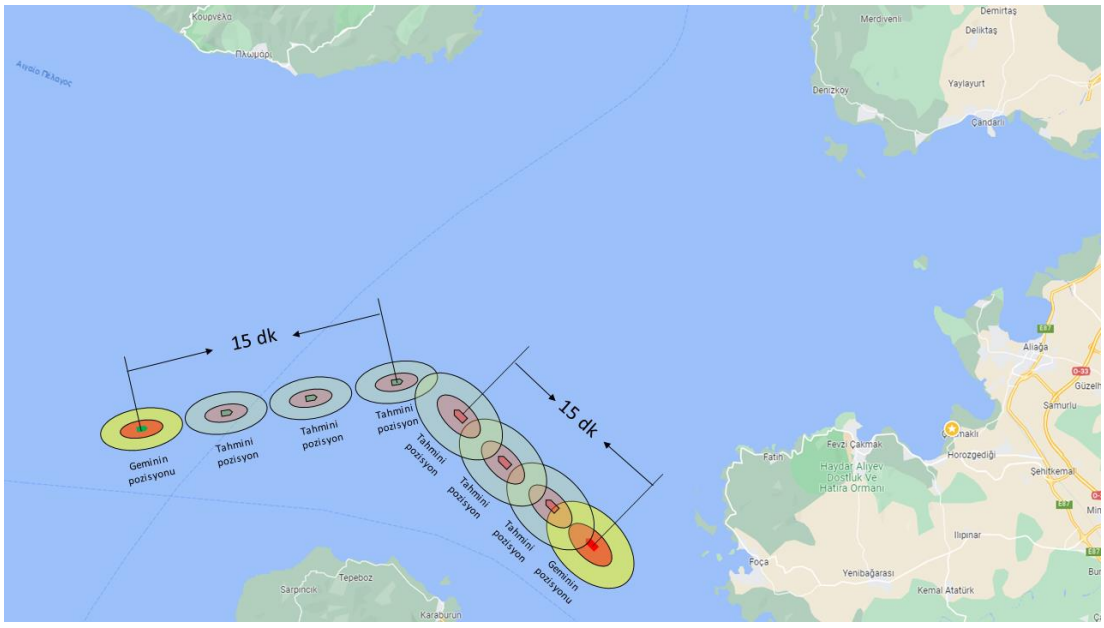
Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Şekil 39’da görülen risk seviyelerinde, bir geminin kaçınma alan sınırı diğer geminin kaçınma alanı sınırına temas etmesi durumu risk seviyesi 1 olarak belirlenmiştir. Herhangi bir geminin kaçınma alan sınırı diğer geminin yasak alan sınırına temas etmesi durumu risk seviyesi 2 olarak belirlenmiştir. Her iki geminin kaçınma alan sınırının diğer geminin yasak alan sınırına temas etmesi durumu risk seviyesi 3 olarak belirlenirken, her iki geminin yasak alan sınırının diğer geminin yasak alan sınırına temas etmesi durumu ise risk seviyesi 4 olarak belirlenmiştir.

Şekil 39’da görülen seviyeler, kargo gemilerinin karşılaşma durumlarını göstermektedir. Her iki gemiden birinin tanker olması durumunda risk seviyesi 1 artmakta, her iki geminin de tanker olması durumunda ise risk seviyesi 2 artarak değerlendirme yapılmaktadır.

Bu hesaplamaların yapılabilmesi için öncelikle gemilere 12gen yasak ve kaçınma gemi emniyet alanı sınırları atanmıştır. Daha sonra 15 dakika ileriye dönük olarak devamlı gemilerin birbirleri ile karşılaşma durumları hesaplanmaktadır. Bu hesaplamalar sonucunda gemilerin karşılaşma durumları ve karşılaşma şekillerine göre risk seviyeleri atanmakta ve pozisyon kaydedilmektedir. Gemilerin ileriye dönük karşılaşma durumları örnek Şekil 40’daki gibi meydana gelmektedir.

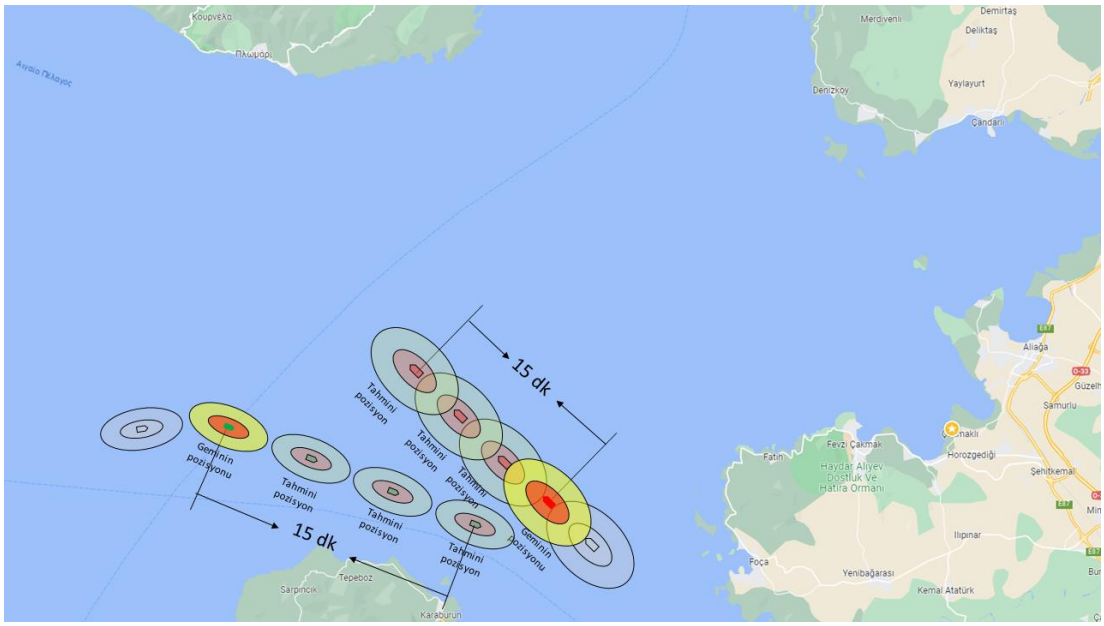
Şekil 40: Gemilerin GEA kapsamında ileriye dönük karşılaşma durumları



Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Sistem, anlık veriler ile bu hesaplamaları ileriye dönük devamlı gerçekleştirmektedir. Gemilerin manevrası sonucu ihlal durumu söz konusu olmadığı zaman çatışma riski de ortadan kalkacaktır. Bu durum Şekil 41'deki gibi meydana gelmektedir.

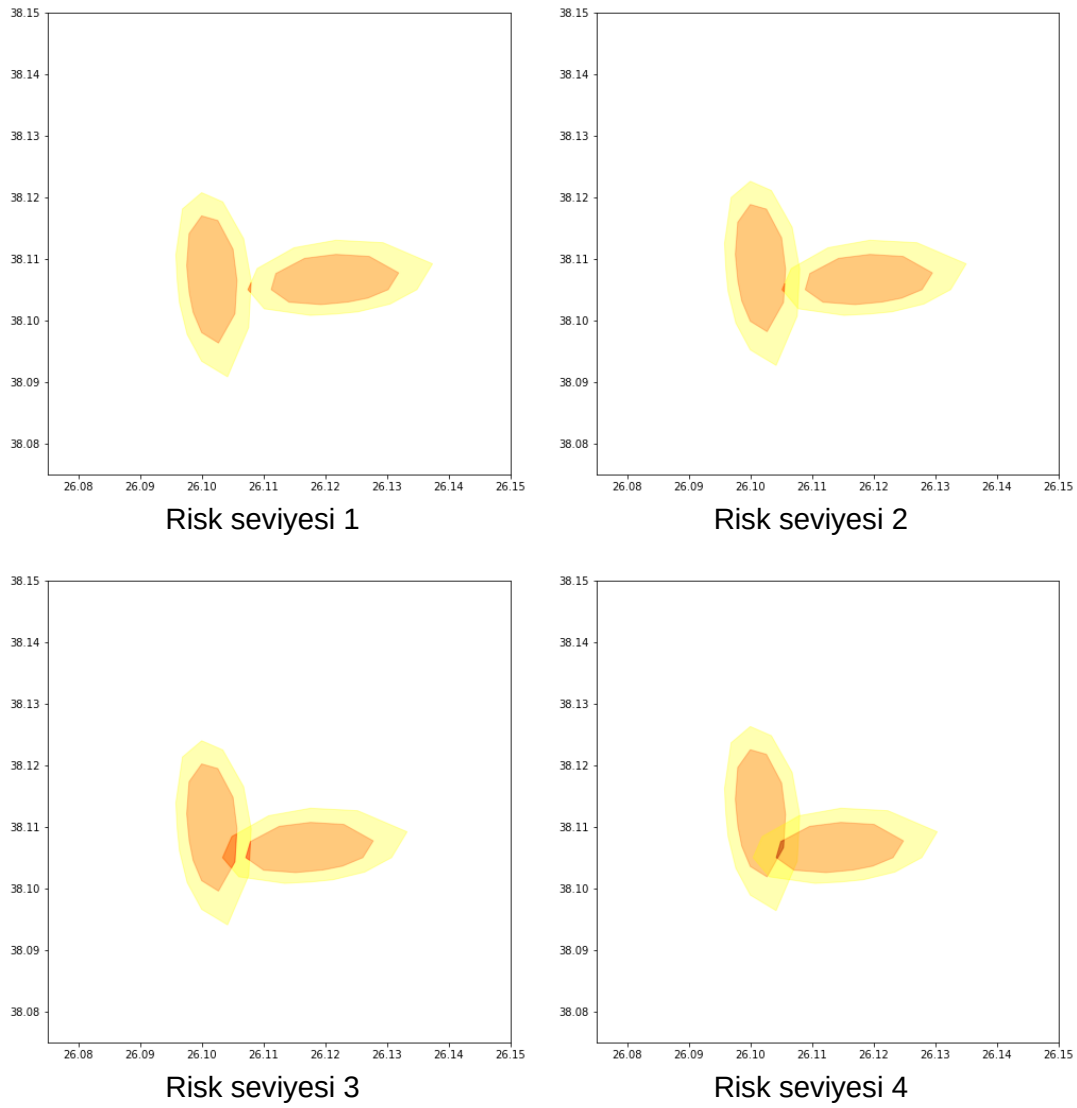
Şekil 41: Manevra sonrası gemilerin GEA kapsamında ileriye dönük karşılaşma durumları



Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Gemilerin birbirleri ile ileriye dönük karşılaşmaları hesaplanırken ilk karşılaştıkları nokta değil, en yüksek risk seviyesinin meydana geldiği nokta belirlenene kadar hesaplama yapılmaya devam edilmektedir. Örnek olarak boyu 125m ile 200m arasındaki iki kargo gemisinin karşılaşma durumları ve risk seviyeleri Şekil 42'deki gibidir.

Şekil 42: İki kargo gemisi çapariz durumundaki risk seviyeleri

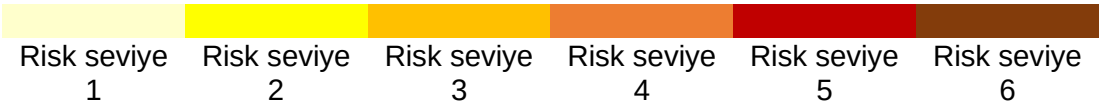


Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Şekil 42'de iki geminin kaçınma alanlarını ilk temas pozisyonu risk seviyesi 1 olarak görülmekte ancak bu iki gemi mevcut rota ve hızları ile seyre devam ederse risk seviyesi 4 olacak şekilde karşılaşma durumu söz konusu olmaktadır. Sistem, iki geminin karşılaşma durumlarını bütün ihtimallere göre hesaplamakta ve en yüksek risk seviyesini veri tabanına kaydetmektedir.

Daha sonra, veri tabanındaki gemilerin karşılaşma pozisyonları ve risk seviyelerine göre toplamda 6 risk seviyesi olacak şekilde haritada anlık olarak renk değişimi olmaktadır. Farklı seviyeler için renk kartelası Şekil 43'teki gibidir.

Şekil 43: Risk seviyeleri renk kartelası

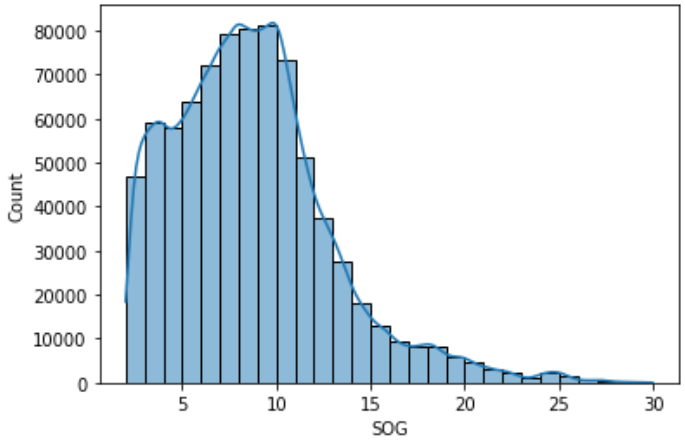


Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Risk değerlendirme hesaplamaları yapılırken hesaplamaların doğru yapılabilmesi ve anlık veri üzerinde yapılacak hesaplamaların optimum seviyede yapılabilmesi için birtakım parametreler ve kısıtlar dikkate alınmaktır. Bunlar:

- Öncelikle çatışma hesaplamaları sadece kargo, tanker ve yolcu gemileri için yapılacaktır. Diğer tür gemiler hesaplama dışında tutulacaktır. Bu nedenle OTS verilerinde gemi tipi kodu 60 ile 90 arasında olan gemiler için hesaplama yapılacaktır.
- Gemi tipi kodu 60 ile 79 arasındaki gemiler için kargo gemilerine ait gemi emniyet alanları kullanılacak, 80-89 arasındaki gemiler için de tanker gemilerine ait gemi emniyet alanları kullanılacaktır.
- Gemilerin ileriye dönük 15 dakikalık durumları hesaplanacaktır. Denizde Çatışmayı Önleme Tüzüğü kurallarına göre, gemilerin silyon fenerleri 6 NM, borda fenerleri ise 3 NM mesafeden görünür olmalıdır. Gemilerin çatışma önleme manevra yapma durumları için de 3 NM mesafe dikkate alınmıştır. Çalışma yapılan sahadaki geçmiş OTS verilerinde gemilerin ortalama hızlarının 10,6 knot olduğu görülmektedir. Şekil 44'te, gemilerin sürat dağılımı bulunmaktadır. İki geminin birbirlerine ortalama hızda pruva pruva yaklaşma durumlarında gemiler 5,3 NM yol alacaktır. Daha hızlı gemilerde ise bu mesafe daha da artacaktır. Bu nedenle 15 dakikalık ileriye dönük hesaplama erken uyarı sistemi için yeterli olduğu düşünülmektedir.

Şekil 44: Gemilerin sürat dağılımı



Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

- Her iki geminin de sürati 2 knot ve üzerindeyse hesaplama yapılacak, herhangi bir geminin süratinin 2 knot'ın altında olması durumunda hesaplama yapılmayacaktır.
- Çatışma risk hesaplaması anlık OTS verileri ile yapılacağı için gemilerin rota, sürat değişimi durumları sonucu risk seviyesi ortadan kalktığında hesaplamalar da otomatik olarak güncellenecek ve haritadaki risk seviyeleri ortadan kalkacaktır.
- Çatışma hesaplamalarında gemilerin yere göre rota (COG) değerleri kullanılacak ve herhangi bir geminin COG değeri 511 ya da 360 dereceden fazla ise bu gemi hesaplama dışında tutulacaktır.
- Gemilerden OTS verileri geldikçe anlık OTS veri tabanı güncellenmektedir. Herhangi bir gemiden 1 dakika içerisinde veri gelmemesi durumunda o gemi bilgileri anlık veri tabanından silinecektir.

Yukarıda belirtilen kriterler ve kısıtlar dikkate alınarak anlık OTS verileri ile hesaplama yapılmakta ve anlık olarak bölgesel risk değerlendirmesi yapılmaktadır.

3.9. BULGULAR

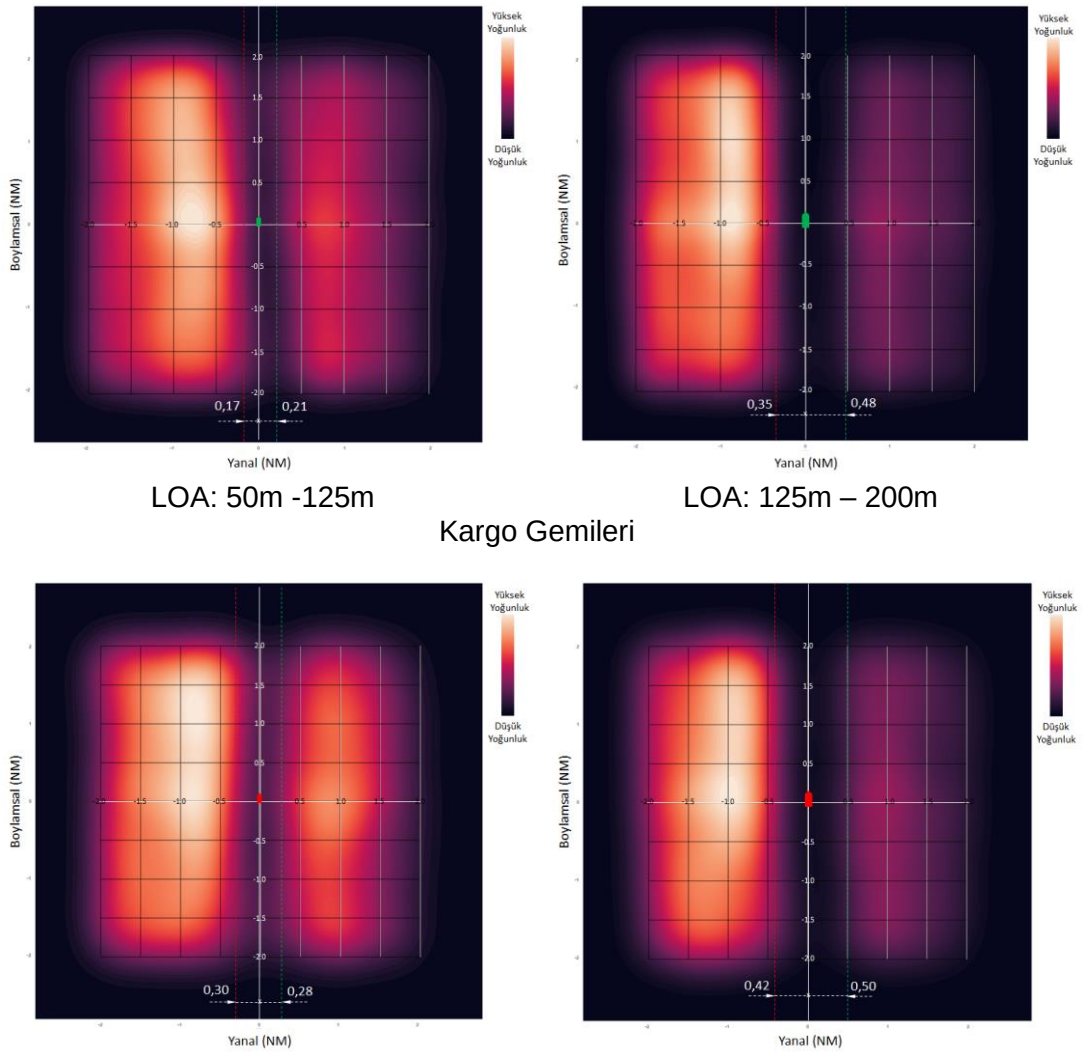
Bu çalışmada, öncelikle herhangi bir trafik ayrım düzeni olmayan kıyısal bir seyir bölgesi için gemi emniyet alanları oluşturulmuştur. Bu alanlar yasak alan ve

kaçınma alanı şeklindedir. Daha sonra anlık OTS verileri ile risk değerlendirmeleri yapılmıştır.

3.9.1. Pruva Pruvaya Geçiş Durumlarında Gemi Emniyet Alanı Analizi

Pruva pruvaya geçiş durumlarında gemiler, diğer gemileri iskele ya da sancak taraflarında bırakarak geçiş yapmaktadır. Bu çalışmada, gemilerin pruva pruvaya geçiş durumları Şekil 45'teki gibi ortaya çıkmaktadır.

Şekil 45: Kargo gemileri ve tanker gemileri için pruva pruva geçiş durumlarındaki gemi emniyet alanı sınırları



LOA: 50m -125m LOA: 125m – 200m

Kargo Gemileri

LOA: 50m – 125m LOA: 125m – 200m

Tanker Gemileri

Kaynak: (Kundakçı ve diğerleri, 2023: 8).

Pruva pruvaya geçiş durumlarında, 50m ile 125m arasındaki kargo gemileri iskele taraflarında 0.17NM mesafe bırakırken sancak taraflarında 0.21NM mesafe bırakmaktadır. Gemi boyu 125m ile 200m arasına geldiğinde ise bu mesafeler iskele tarafta 0.35NM, sancak tarafta ise 0.48NM olmaktadır.

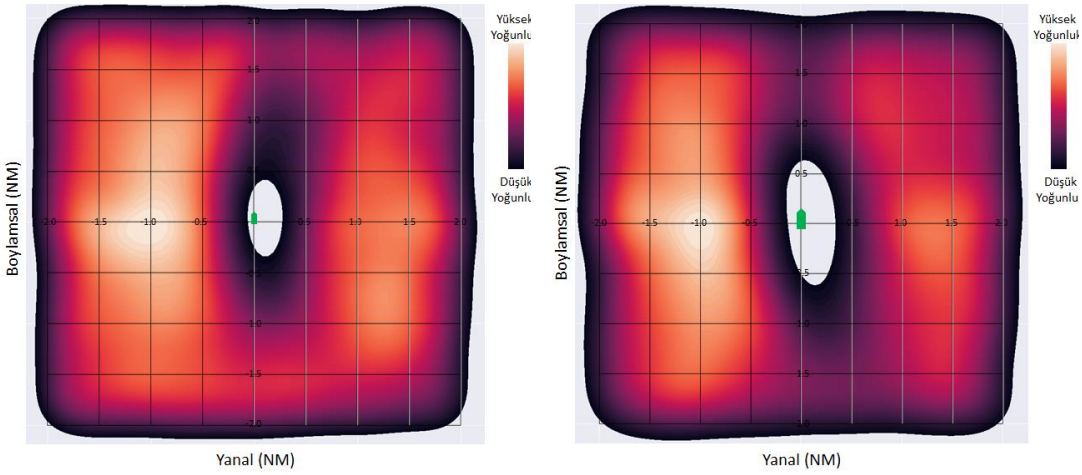
Tanker gemilerinde de benzer durum meydana gelmektedir. 50m ile 125m arasındaki tanker gemileri iskele taraflarında 0.3NM mesafe bırakırken sancak taraflarında 0.28NM mesafe bırakmaktadır. Gemi boyu 125m ile 200m arasına geldiğinde ise bu mesafeler iskele tarafta 0.42NM, sancak tarafta ise 0.50NM olmaktadır. Şekil 45'teki gemi yoğunluklarına bakıldığında, gemilerin çoğunlukla iskele iskeleye geçiş yaptıkları görülmektedir.

3.9.2. Çapariz Geçiş Durumlarında Gemi Emniyet Alanı Analizi

Gemi geçiş mesafe ve tipleri karşılaşma durumlarına göre farklılık göstermektedir. Pruva pruva geçişlerde gemiler sancak ve iskele taraflarından geçiş yaparken çapariz durumlarda geminin her tarafından geçiş yapabilmektedir.

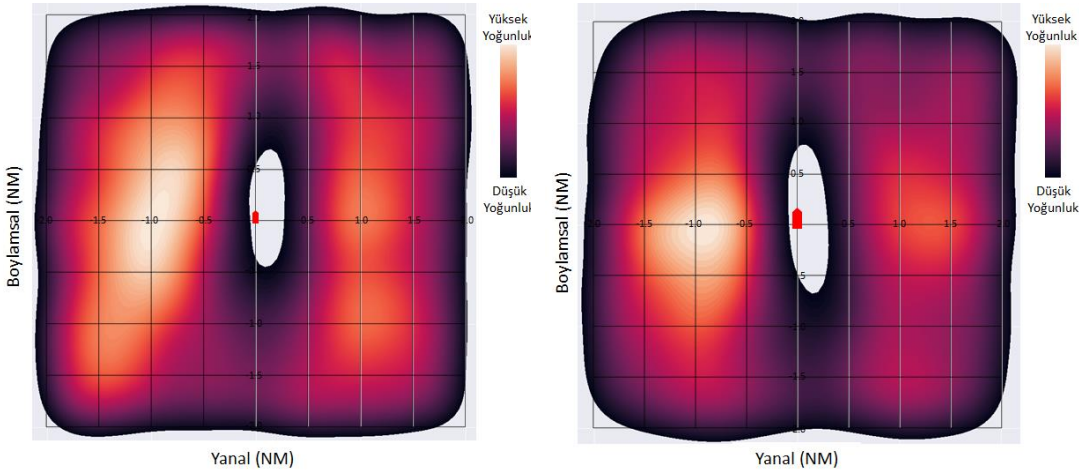
Gemilerin çapariz durumları için yapmış oldukları geçişler Şekil 46'daki gibidir.

Şekil 46: Kargo gemileri ve tanker gemileri için çapariz geçiş durumlarındaki gemi emniyet alanı sınırları



LOA: 50m – 125m LOA: 125m – 200m

Kargo Gemileri



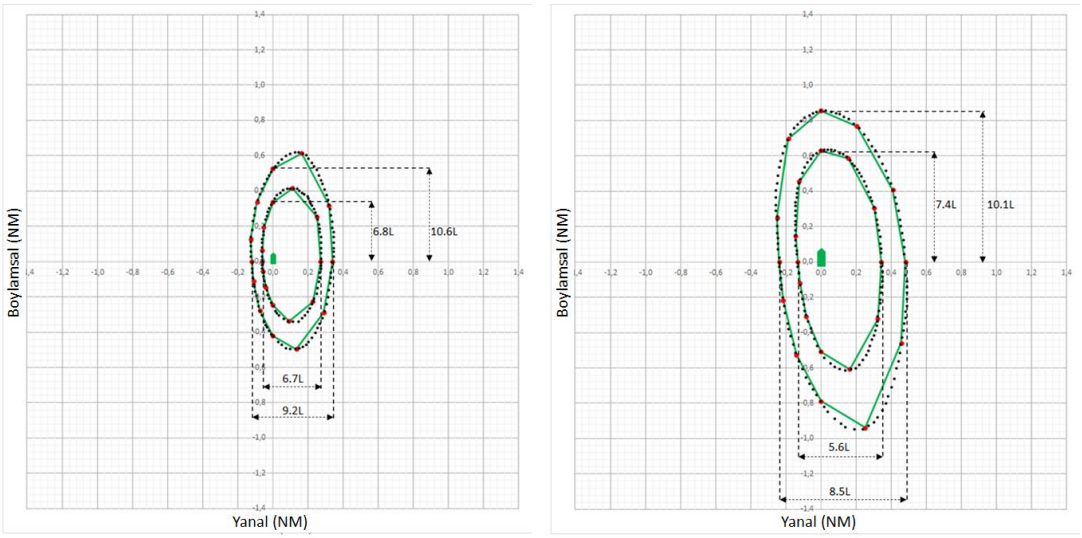
LOA: 50m – 125m LOA: 125m – 200m

Tanker Gemileri

Kaynak: (Kundakçı ve diğerleri, 2023: 9).

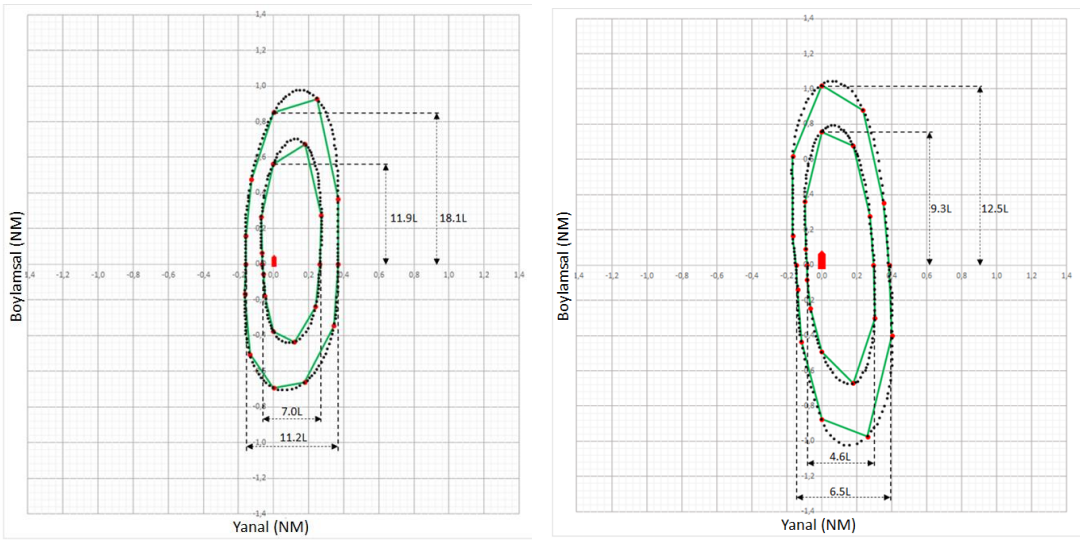
Şekil 46 incelendiğinde, gemiler çapariz durumlarında geçiş yaparken, sancak taraflarında daha fazla mesafe bıraktıkları görülmektedir. Bu alanların daha iyi tespit edilebilmesi için 0º, 15º, 45º, 90º, 135º, 165º, 180º, 195º, 225º, 270º, 315º, 345º açılarına göre yasak alan ve kaçınma alanlarının tespiti gerçekleştirilmiştir. Çapariz durumlardaki gemi geçişleri sonucu ortaya çıkan yasak alan ve kaçınma alanları Şekil 47'deki gibidir.

Şekil 47: Kargo gemileri ve tanker gemileri için çapariz geçiş durumlarındaki yasak alan ve kaçınma alan ölçüleri



LOA: 50m – 125m LOA: 125m – 200m

Kargo Gemileri



LOA: 50m – 125m LOA: 125m – 200m

Tanker Gemileri

Kaynak: (Kundakçı ve diğerleri, 2023: 10).

Şekil 47 incelendiğinde, çapariz durumlarında gemilerin pruva ve sancak doğrultusunda daha fazla mesafe bıraktığı görülmektedir. Bu mesafeler gemi boyuna göre belirlenirken, gemi tam boylarının ağırlıklı ortalamaları dikkate alınmıştır. Örneğin, 50m ile 125m arası kargo gemilerinin ağırlıklı ortalamaları 91.6m iken 125m ile 200m arası kargo gemilerinin ağırlıklı ortalamaları 157.6m şeklindedir. Gemi

boylarına göre durumda ise, 50m ile 125m arası kargo gemilerinin yasak alan sınırı pruva istikametinde 6.8L iken, kaçınma alan sınırı 10.6L olarak hesaplanmaktadır. Gemi boyu 125m ile 200m arasına geldiğinde ise, yasak alan sınırı 7.4L, kaçınma alan sınırı ise 10.1L olarak hesaplanmaktadır. Tanker gemilerinde ise, 50m ile 125m arası gemilerde yasak alan sınırı pruva istikametinde 11.9 iken, kaçınma alan sınırı 18.1L olarak hesaplanmaktadır. Gemi boyu 125m ile 200m arasına geldiğinde ise, yasak alan sınırı 9.3L olmakta, kaçınma alan sınırı ise 12.5L olmaktadır.

3.9.3. Çapariz Geçiş Durumlarında Gemi Emniyet Alanının İstatistiksel Analizi

Gemi emniyet alanı sınırları 12 nokta olarak önceki bölümde hesaplanmıştır. Bu sınırların mesafe fonksiyonlarının ortaya çıkartılabilmesi için gemilerin etrafındaki 4 yön dikkate alınarak istatistiksel analizler gerçekleştirilmiştir. Bu 4 nokta pruva, pupa, sancak ve iskele şeklindedir.

Öncelikle, gemi emniyet alanı sınırları hem yasak hem de kaçınma alanı için Tablo 12'deki gibi hesaplanmıştır.

Tablo 12: Dört nokta için çapariz durumlardaki yasak ve kaçınma alanı ölçüleri

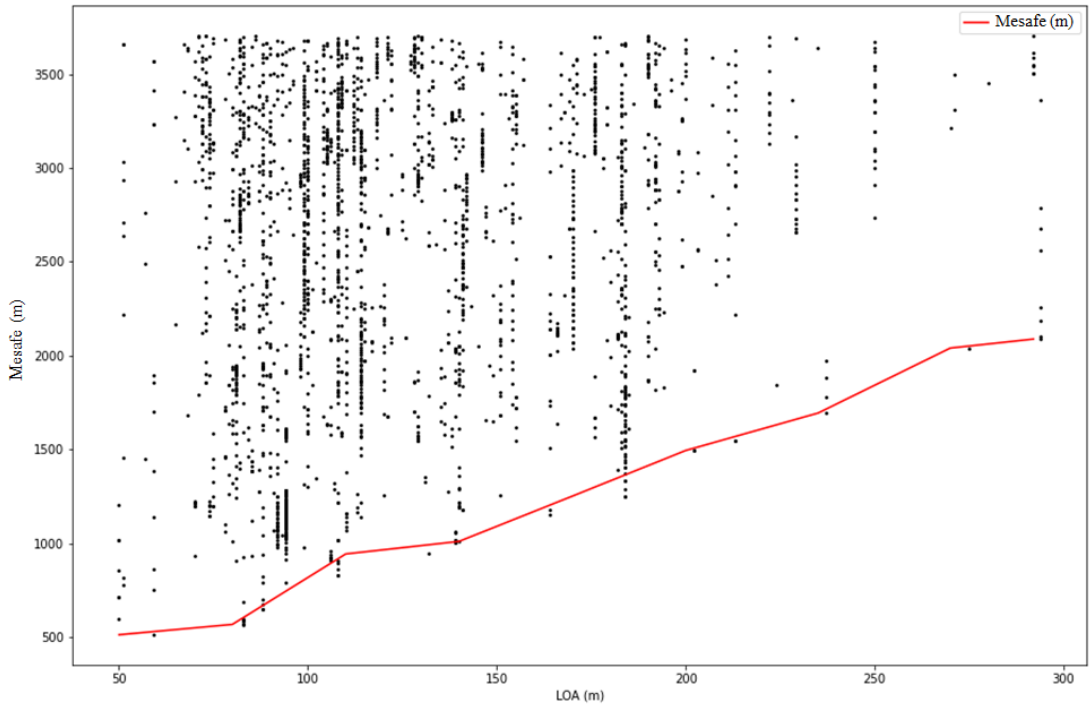
				Mesafe (metre)				**Ağırlıklı Gemi Tam Boyu Ortalamalarına Göre Mesafe (L)**			
Gemi Tipi	**GEA Tipi**	**Minimum Gemi Tam Boyu (m)**	**Maksimum Gemi Tam Boyu (m)**	**mesafe$_{pruva}$**	**mesafe$_{pupa}$**	**mesafe$_{iskele}$**	**mesafe$_{sancak}$**	**mesafe$_{pruva}$**	**mesafe$_{pupa}$**	**mesafe$_{iskele}$**	**mesafe$_{sancak}$**
Kargo	Yasak	50	125	622.8	460.6	113.3	507.1	6.8	5.0	1.2	5.5
Kargo	Kaçınma	50	125	974.7	778.7	222.4	628	10.6	8.5	2.4	6.8
Kargo	Yasak	125	200	1166.4	940.5	245.2	635.8	7.4	6.0	1.6	4.0
Kargo	Kaçınma	125	200	1585.3	1458	440.2	892	10.1	9.3	2.8	5.7
Tanker	Yasak	50	125	1040.4	700.6	118.3	491.9	11.9	8.0	1.4	5.6
Tanker	Kaçınma	50	125	1578.1	1285.9	292.6	678.7	18.1	14.7	3.4	7.8
Tanker	Yasak	125	200	1402.1	913.3	153.3	549.3	9.3	6.1	1.0	3.6
Tanker	Kaçınma	125	200	1890.9	1620.8	272.7	711.2	12.5	10.7	1.8	4.7

Kaynak: (Kundakçı ve diğerleri, 2023: 11).

Tablo 12'deki değerler hesaplanırken, 4NM'lik alanda gemilerin pruva, pupa, sancak ve iskele doğrultusundan geçen toplamda 45078 gemi geçişleri kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Toplam veri sayıları, 50m-125m ve 125m-200m kargo gemileri ve 50m-125m ve 125m-200m tanker gemileri için sırasıyla 19987, 13145, 7174 ve 4772 şeklindedir.

Bu veriler kullanılarak gemi boyuna göre mesafe fonksiyonunun ortaya çıkartılabilmesi için gemi boyu 30m'lik gruplara bölünerek Şekil 48 ortaya çıkartılmıştır.

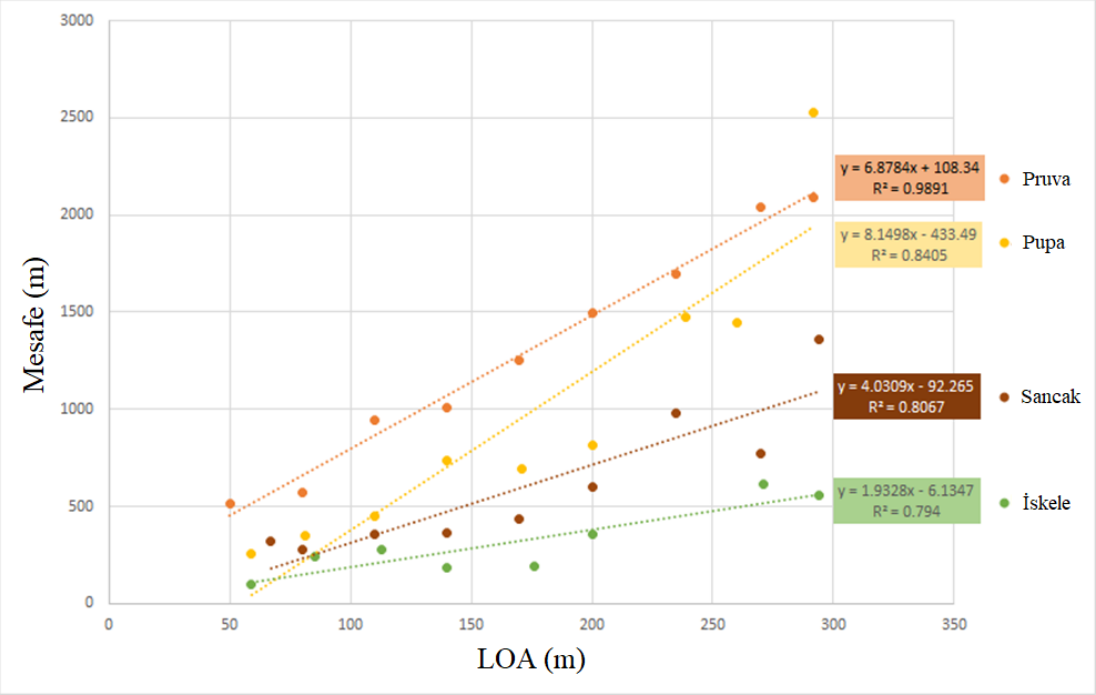
Şekil 48: Bütün gemi tipleri için yasak alan ve pruva istikametinden geçiş mesafesi



Kaynak: (Kundakçı ve diğerleri, 2023: 11).

Şekil 48'de bütün gemi tipleri için pruvadan en yakın geçiş mesafeleri gösterilmektedir. Bu grafiğe göre, gemi boyu büyüdükçe pruva istikametinde yasak alan sınırının da büyüdüğü görülmektedir. Bu grafik 4 nokta için ayrı ayrı hesaplanarak Şekil 49'daki gibi yasak alan sınır fonksiyonları ortaya çıkartılmıştır.

Şekil 49: Bütün gemi tipleri için yasak alan sınır fonksiyonları



Kaynak: (Kundakçı ve diğerleri, 2023: 11).

Yasak alan sınır fonksiyonunu oluşturmak için doğrusal ve doğrusal olmayan polinom regresyon fonksiyonları kullanılmıştır. Yapılan işlemler sonucunda oluşturulan fonksiyonlar Tablo 13'teki gibidir.

Tablo 13: Yasak alan sınır mesafelerinin fonksiyonları

mesafe$_{pruva}$	y = 6.8784x + 108.34	R^2=0.9891
mesafe$_{pupa}$	y = 8.1498x – 433.49	R^2=0.8405
mesafe$_{pupa}$	y = 1.9328x - 6.1347	R^2=0.794
mesafe$_{sancak}$	y = 4.0309x – 92.265	R^2=0.8067

Kaynak: (Kundakçı ve diğerleri, 2023: 12).

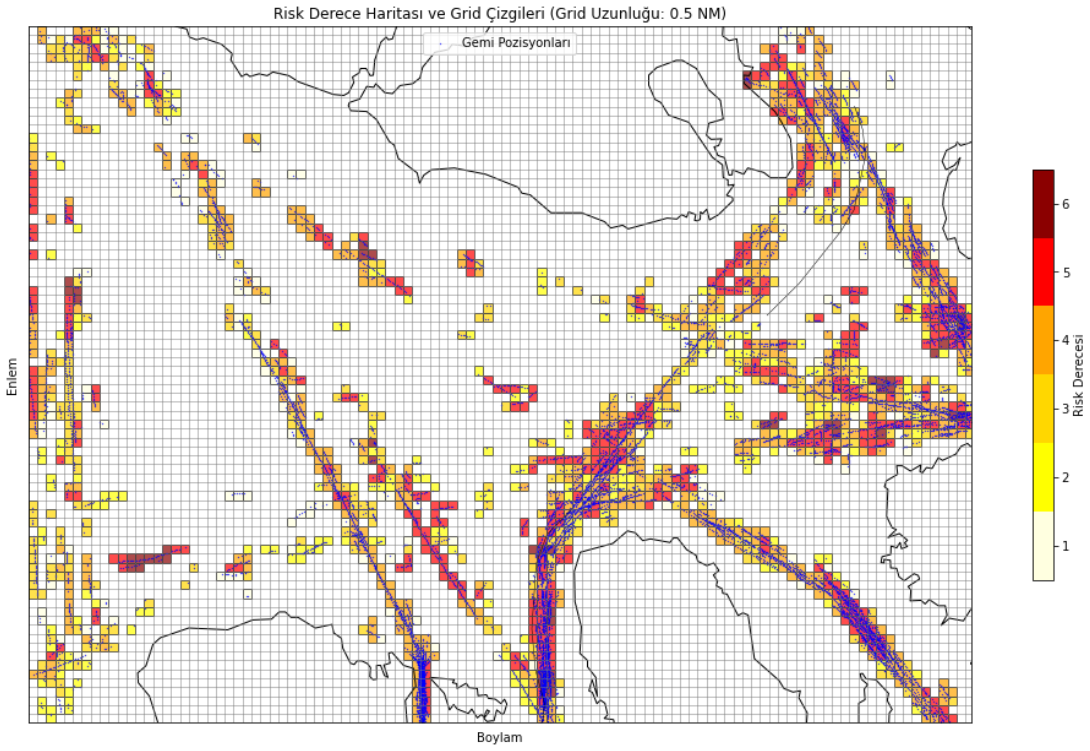
Tablo 13'teki x değeri gemi boyunu, y değeri ise gemi emniyet alanı sınırını metre cinsinden göstermektedir.

3.9.4. Gemi Emniyet Alanlarına ve Risk Derecelerine Göre Haritalandırma

Çalışmada, anlık veriler ile çatışma riskleri hesaplanırken aynı zamanda geçmiş veriler kullanılarak da bölgedeki çatışma riskleri hesaplanmıştır. Bu analizler için aynı gemi emniyet alanı ölçüleri dikkate alınmış ve yakın geçiş pozisyonları ve risk değerleri ortaya çıkartılmıştır.

Gemilerin yakın geçişleri ve ihlal durumları hesaplamaları sonucunda Şekil 50'deki durum ortaya çıkmaktadır.

Şekil 50: Risk Derece Haritası ve Grid Çizgileri

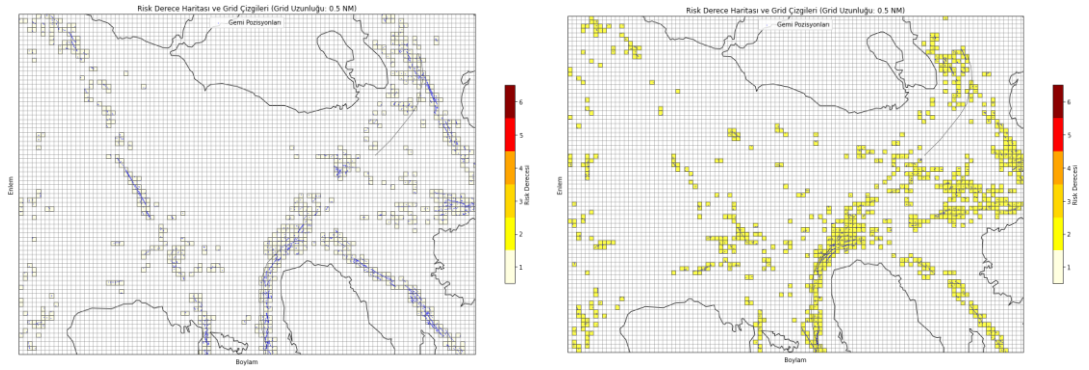


Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Şekil 50 incelendiğinde, gemilerin belirli noktalarda hiç karşılaşmadıkları ancak belirli bölgelerde çok fazla yakın geçiş yaptığı görülmektedir. Bu geçişlerin risk derecesinin de 6'ya kadar çıktığı görülmektedir.

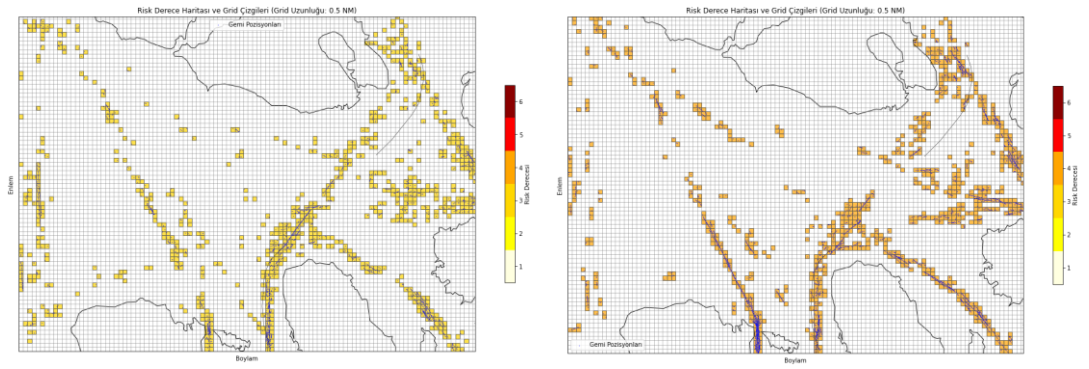
Risk derecelerine göre ayrı ayrı ortaya çıkartılan harita ise Şekil 51'deki gibidir.

Şekil 51: Risk Derecelerine Göre Risk Haritası ve Grid Çizgileri



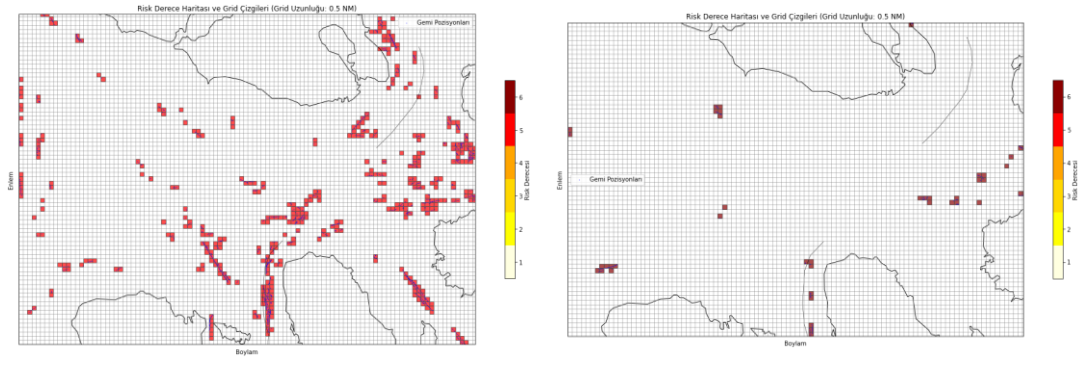
Risk Seviyesi: 1

Risk Seviyesi: 2



Risk Seviyesi: 3

Risk Seviyesi: 4



Risk Seviyesi: 5

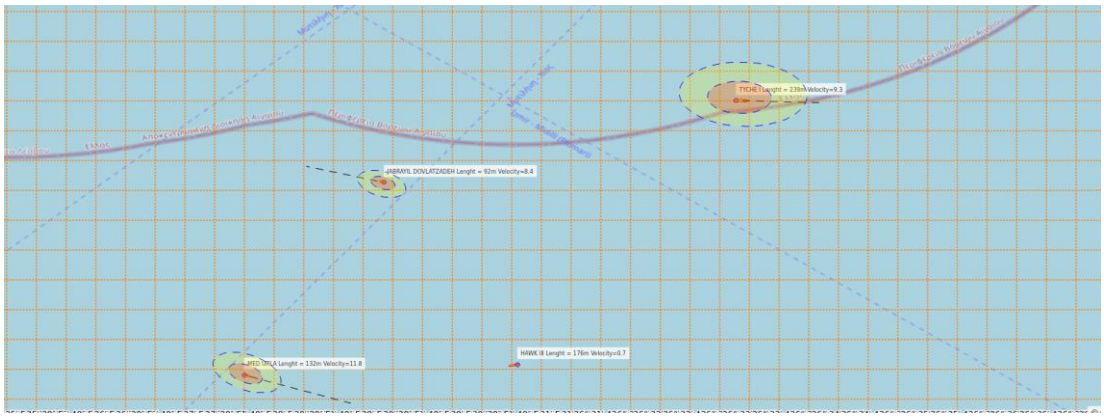
Risk Seviyesi: 6

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Şekil 51 incelendiğinde, her iki geminin de birbirinin iç gemi emniyet alanı sınırını ihlal etme durumu olan risk seviyesi 4 ve üzeri durumlara bakıldığında, özellikle Karaburun yarımadasının kuzeyinde ve Aliağa bölgesine doğru seyir yapan gemilerde riskli geçişlerin oldukça fazla olduğu görülmektedir.

Geçmiş veriler ile bölgenin deniz trafiği değerlendirilirken anlık veriler ile de deniz trafiğinin devamlı takibi ve anlık bölgesel risk değerlendirmesi yapılabilmektedir. Anlık veriler ile yapılan trafik takibi ve risk değerlendirmesi Şekil 52'deki gibidir.

Şekil 52: Anlık bölgesel risk değerlendirmesi



Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Şekil 52'de, gemi boylarına göre atanmış GEA değerleri, gemilerin gittiği rotaya ve sürata göre değişen vektörleri ve haritadaki grid çizgileri görünmektedir. Gemilerin on anki rota ve süratlerine göre ileriye dönük çatışma riskleri hesaplandıktan sonra olası riskli durumlar haritada görünmektedir. Gemilerden yeni veriler geldikçe hesaplamalar tekrarlanmakta ve harita devamlı güncellenmektedir. Bu sistem sayesinde de gemilerin yoğun olduğu bölgede trafik takibi yapılırken hangi bölgelerde çatışma riskinin fazla olduğu, dikkat edilmesi gereken bölgeler gridler sayesinde ortaya çıkartılmıştır.

SONUÇ

Gemi emniyet alanı ile ilgili çalışmalarda, çalışma bölgesi ya da kullanılan yöntemlere göre birçok farklı şekillerde ve ölçülerde gemi emniyet alanları ortaya konulmaktadır. Her bölge kendine has seyir karakteristiğine sahiptir ve bu durum gemi emniyet alanını doğrudan etkilemektedir. Örneğin kanal ya da boğazlarda yapılan çalışmalarda, gemiler sadece sancak ve iskele tarafından geçiş yapacakları için gemi emniyet alanları sınırları bu şekilde ortaya çıkacaktır. Ancak seyir yapılan bölge kıyısal bölge ise çok farklı şekillerde karşılaşmalar meydana geleceği için gemi emniyet alanları farklılık gösterecektir. Bu çalışmanın yapıldığı bölge de LNG, LPG, petrol, kimyasal, konteyner ve kargo terminallerinin olduğu oldukça yoğun bir su yoludur.

Yapılan çalışmalarda gemi emniyet alanının gemi tipi ve gemi boyuna göre değişiklik gösterdiği belirtilmektedir. Yapılan bazı çalışmalarda (Gucma and Marcjan, 2012b) gemi tipinden dolayı gemi emniyet alanının değişmediği belirtilmiştir ya da gemi boyunun gemi emniyet alanını etkilemediği (Hörteborn ve diğerleri, 2019) belirtilmiştir. Ancak bu çalışma sonuçlarına göre, boyu 50m ile 125m arası kargo gemilerinin yasak alanı 6.8L iken boyu 125m ile 200m arası kargo gemilerinin yasak alanı 7.4L'dir. Tanker gemilerinde ise durum daha farklı bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Boyu 50m ile 125m arası tanker gemilerinin yasak alanı 11.9L iken boyu 125m ile 200m arası tanker gemilerinin yasak alanı 9.3L'dir. Bu mesafeler literatürdeki çalışmalarda da farklı şekilde değerlendirilmiştir. Örneğin bu mesafelerin 6L (Fujii and Tanaka, 1971), 8L (Hansen ve diğerleri, 2013), 19.8L (Pietrzykowski, Z and Magaj, 2017) olduğu çalışmalar da bulunmaktadır. Bu mesafelerin farklı olması, gemi tipine ve boyuna göre farklılıkların olduğunu ve bu mesafelerin kesin bir değer olarak kullanılamayacağını göstermektedir. Farklı bölgelerde yapılan çalışmalarda büyük farklılıklar bulunmaktadır.

Gemi tipinden bağımsız bir şekilde bütün gemi verileri incelendiğinde, gemi boyu ile gemi emniyet alanı mesafeleri arasında doğrudan bir ilişki olduğu görülmektedir. Bunun için oluşturulan fonksiyonlar Tablo 13'teki gibidir. Gemi tiplerine göre ayrı değerlendirmeler yapıldığında ise gemi boyuna göre gemi emniyet alanı ölçülerinde değişiklikler meydana geldiği görülmektedir.

Pruva pruvaya geçiş ve yetişip geçme durumlarında sancak sektörün iskele sektöre göre daha geniş olması gerekmektedir (Szlapczynski and Szlapczynska, 2017). Goodwin (1975) modelinde de sancak sektör daha geniştir. Bu çalışmada ortaya konulan sonuçlar da literatürdeki çalışmaları destekler niteliktedir. Gemilerin sancak tarafta, iskele tarafa göre daha çok alan bıraktıkları görülmektedir. Aynı zamanda gemilerin geçiş yoğunluğuna bakıldığında çoğunlukla iskele iskeleye geçiş yaptıkları görülmektedir. Bu durum Hörteborn ve diğerleri (2019) tarafından da benzer şekilde belirtilmiştir.

Hörteborn ve diğerleri (2019) tarafından yapılan çalışma daha çok yoğun ve kısıtlı su yollarında yapıldığı ve gemi emniyet alanı ölçülerinin gemi boyundan etkilenmediği görülmektedir. Hörteborn ve diğerleri (2019) tarafından gemi boyunun gemi emniyet alanı ölçüsünü etkilemediği belirtilmiştir ancak Şekil 47'ya göre, gemi boyunun gemi emniyet alanına doğrudan etkisi olduğu görülmektedir. Hörteborn ve diğerleri (2019) tarafından farklı su yollarının coğrafi karakteristiklerinin gemi emniyet alanı şekli ve ölçüsünü etkileyebileceği belirtilmiştir. Bu durum nedeniyle yapılan çalışmalarda benzerlikler ve farklılıklar bulunmaktadır.

Gemi emniyet alanının tüm dünyada genel geçer bir şekilde tek bir değer olarak kullanılamayacağı da görülmektedir. Farklı çalışma alanlarında farklı karşılaşma durumları söz konusu olmakta ve farklı ölçülerde gemi emniyet alanları ortaya çıkmaktadır. Benzerlikler olmakla birlikte her su yolunun kendine özgü deniz trafik karakteristiği olmakta ve bu durum dikkate alınarak su yolları için ayrı ayrı değerlendirmelerin yapılması gerekmektedir.

Çatışma uyarı sistemlerinin vardiya zabiti ya da gemi trafik hizmetleri personelinin durumsal farkındalığını arttırdığı ve bu sayede operasyonel karar verme sürecine yardımcı olduğu belirtilmektedir (Goerlandt ve diğerleri, 2015). Bu çalışmada oluşturulan bölgesel risk değerlendirme modeli de gemi trafik hizmetleri operatörleri için karar destek sistemi olarak kullanılabilecek bir model olduğu düşünülmektedir.

Gemi emniyet alanı modelleri ve En Yakın Geçiş Noktasındaki Mesafe (DCPA) ile En Yakın Geçiş Noktasına Olan Süre (TCPA) parametreleri yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. DCPA ve TCPA değerleri için limit değerler belirlenmekte ve nispi yaklaşım kerterizlerine göre değerlendirme yapılmaktadır. Bazı durumlarda gemiler DCPA mesafelerine girmemelerine rağmen tehlikeli karşılaşma durumları

meydana gelmektedir (Wang ve diğerleri, 2022). Bu çalışmada oluşturulan 2 aşamalı gemi emniyet alanı ile, doğrudan çatışma tehlikesi olmasa dahi riskli olabilecek durumlar da hesaplanmaktadır. 6 farklı risk seviyesi belirlenerek tek boyutlu bir risk değerlendirmesi yerine kademeli risk değerlendirmesi yapılmaktadır.

Wang ve diğerleri (2022) tarafından yapılan çalışmada gemi emniyet alanı ihlal durumu etki alanı ihlal derecesi (DDV) ve etki alanı ihlale geçen süre (TDV) parametreleri dikkate alınarak ileriye dönük çatışma risk indeksi hesaplanmaktadır. Bu değerlendirme sonucunda emniyetli bölge, dikkat bölgesi, uyarı bölgesi, aksiyon bölgesi ve kritik aksiyon bölgesi şeklinde 5 risk seviyesi belirlenmektedir. Bu çalışmada da benzer şekilde risk seviyeleri belirlenerek erken uyarı sistemi ortaya çıkartılmıştır.

Gemi emniyet alanı ve çatışma riski ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Ancak yapılan analizler göstermektedir ki bu çalışmaların her alanda aynı sonuçları vermesi ve her alanda doğrudan kullanılabilmesi mümkün değildir. Çalışma yapılan bölgenin karakteristiği gemi emniyet alanlarını doğrudan etkileyebilmekte ve bu durumda risk seviyelerinin hesaplanmasını doğrudan etkilemektedir.

Bu çalışma iki aşamadan oluşmaktadır. Öncelikle geçmiş OTS verileri kullanılarak farklı tip ve boydaki gemiler için GEA oluşturulmuş, daha sonra bu GEA ölçüleri kullanılarak çatışma riskleri hesaplanmıştır. Çatışma riskinin hesaplanması da iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Öncelikle geçmiş veriler kullanılarak, bölgede seyir yapan gemilerin yapmış oldukları ihlalli geçişler ortaya çıkartılmıştır. Geçmiş veriler ile yapılan hesaplamalar ile bölgesel değerlendirmenin yapılabileceği düşünülmektedir. Bölgedeki deniz trafiğinde hangi bölgelerde ihlalli geçişlerin fazla olduğu ve bu ihlalli geçişlerin yaşanmaması için alınabilecek önlemler için kaynak olabileceği düşünülmektedir. Çatışma riskinin hesaplanmasının ikinci aşamasında ise bu risk anlık veriler ile hesaplanmıştır. Anlık OTS verileri kullanılarak ileriye dönük yapılan hesaplamalar ile çatışma riskinin yüksek olduğu gemiler ve bölgeler ortaya ortaya çıkartılmıştır. Bölgede aynı anda birçok gemi seyir yapmakta ve bu gemilerin birbirleri ile yakın geçiş yapma durumları söz konusu olmaktadır. Anlık OTS verileri ile yapılan hesaplamalar, bölgede çatışma riskinin yüksek olduğu bölgeleri ve gemileri göstereceği için karar destek sistemi olarak kullanılabileceği de düşünülmektedir.

Çalışmada ortaya konulan model kullanılarak, farklı bölgelerdeki OTS verileri analiz edilerek o alanlara özgü gemi emniyet alanlarının ortaya çıkartılması ve bölgesel risk değerlendirmelerinin yapılabilmesi mümkün olabileceği düşünülmektedir.

Çalışmada birtakım kısıtlar da bulunmaktadır. Bunlardan birisi, çapariz durumlardaki gemi dağılımının homojen olmamasından dolayı iskele ve sancak doğrultudaki gemi emniyet alanı ölçüleri gerçek değere göre daha dar olmaktadır. Bu durum, iskele ve sancak doğrultudaki gemi yoğunluğunun fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Bir diğer kısıt ise 200m üzeri gemilerde meydana gelmektedir. Bölgede seyir yapan 200m ve üzeri gemilerin az olması nedeniyle bu gemiler için gemi emniyet alanları hesaplanamamıştır. Bu gemiler için 125m ile 200m arası gemilerin gemi emniyet alanları kullanılmıştır. Benzer şekilde yolcu gemilerine ait verilerin de az olması nedeniyle yolcu gemilerine ait gemi emniyet alanları da hesaplanamamıştır. Son olarak OTS verilerinin kalitesi de çalışmayı etkilemektedir. Eksik ya da hatalı OTS verileri çalışmada kullanılamamıştır.

KAYNAKÇA

Bukhari, A. C., Tusseyeva, I. ve Kim, Y. (2013). Expert Systems with Applications An intelligent real-time multi-vessel collision risk assessment system from VTS view point based on fuzzy inference system. *Expert Systems With Applications*. 40(4): 1220–1230.

Chacón, J. E. ve Duong, T. (2018). *Multivariate Kernel Smoothing and Its Applications*. *Journal of the American Statistical Association* (1st Editio., Vol. 115). CRC Press Taylor & Francis Group.

Coldwell, T. G. (1983). Marine Traffic Behaviour in Restricted Waters. *Journal of Navigation*. 36(3): 430–444.

Dinh, G. H. ve Im, N. (2016). The combination of analytical and statistical method to define polygonal ship domain and reflect human experiences in estimating dangerous area. *International Journal of e-Navigation and Maritime Economy*. 4: 97–108.

Fiskin, R. (2023). An advanced decision-making model for determining ship domain size with a combination of MCDM and fuzzy logic. *Ocean Engineering*. 283(June): 114976.

Fiskin, R., Nasiboglu, E. ve Yardimci, M. O. (2020). A knowledge-based framework for two-dimensional (2D) asymmetrical polygonal ship domain. *Ocean Engineering*. 202(February): 107187.

Fışkın, R., Nasibov, E. ve Yardımcı, M. O. (2023). Polygonal Type Fuzzy Ship Domain-Based Decision Support System for Collision Avoidance Route Planning. *Journal of Eta Maritime Science*. 11(1): 2–13.

Fujii, Y. ve Tanaka, K. (1971). Traffic Capacity. *Journal of Navigation*. 24(4): 543–552.

Goerlandt, F., Montewka, J., Kuzmin, V. ve Kujala, P. (2015). A risk-informed ship collision alert system: Framework and application. *Safety Science.* 77: 182–204.

Goodwin, E. M. (1975) A Statistical Study of Ship Domains. *Journal of Navigation.* 28(3): 328–344.

Gucma, L. ve Marcjan, K. (2012a). Examination of ships passing distances distribution in the coastal waters in order to build a ship probabilistic domain. *Zeszyty Naukowe / Akademia Morska w Szczecinie.* 32(104): 34–40.

Gucma, L. ve Marcjan, K. (2012b). Probabilistic model of minimal passing distances of vessels navigating in Polish coastal waters. *11th International Probabilistic Safety Assessment and Management Conference and the Annual European Safety and Reliability Conference 2012, PSAM11 ESREL 2012* 7(August 2015): 5536–5543.

Hansen, M. G., Jensen, T. K., Lehn-Schioler, T., Melchild, K., Rasmussen, F. M. ve Ennemark, F. (2013). Empirical ship domain based on AIS data. *Journal of Navigation.* 66(6): 931–940.

Hörteborn, A., Ringsberg, J. W., Svanberg, M. ve Holm, H. (2019). A Revisit of the Definition of the Ship Domain based on AIS Analysis. *Journal of Navigation.* 72(3): 777–794.

Huang, Y., Chen, L. ve van Gelder, P. H. A. J. M. (2019). Generalized velocity obstacle algorithm for preventing ship collisions at sea. *Ocean Engineering*. 173(November 2018): 142–156.

IALA-AISM (2002). *IALA Guidelines on the Universal Automatic Identification System (AIS)*. 1(December): 1–85.

IMO (2014). *International Convention for the Safety of Life at Sea*. Consolidated Edition 2014. United Kingdom: Polestar Wheatons

IMO (2015). *Revised Guidelines for the Onboard Operational Use of Shipborne Automatic Identification Systems (AIS)*. (Resolution A.1106(29) Adopted on 2 December 2015 (Agenda item 10))

ITU-R (2014). *Technical characteristics for an automatic identification system using time division multiple access in the VHF maritime mobile frequency band*. Geneva: Electronic Publication.

Jingsong, Z., Zhaolin, W. ve Fengchen, W. (1993). Comments on Ship Domains. *Journal of Navigation.* 46(3): 422–436.

Krata, P. ve Montewka, J. (2015). Assessment of a critical area for a give-way ship in a collision encounter. *Archives of Transport.* 34(2): 51–60.

Kundakçı, B., Nas, S. ve Gucma, L. (2023). Prediction of ship domain on coastal waters by using AIS data. *Ocean Engineering.* 273(October 2022): 113921.

Lee, H. J., Furukawa, Y. ve Park, D. J. (2021). Seafarers' awareness-based domain modelling in restricted areas. *Journal of Navigation.* 74(5): 1172–1188.

Lisowski, J., Rak, A. ve Czechowicz, W. (2000). Neural network classifier for ship domain assessment. *Mathematics and Computers in Simulation.* 51(3–4): 399–406.

Liu, J., Zhou, F., Li, Z., Wang, M. ve Liu, R. W. (2016). Dynamic ship domain models for capacity analysis of restricted water channels. *Journal of Navigation.* 69(3): 481–503.

Marcjan, K. ve Gucma, L. (2015). A Concept of a Ship Domain for the use of Navigational Safety Assessment. *Journal of Konbin.* 33(1): 19–28.

MMO (2014). *Mapping UK Shipping Density and Routes Technical Annex*. A report produced for the Marine Management Organisation, pp 52. MMO Project No: 1066. ISBN: 978-1-909452-26-8

Ozturk, U. ve Cicek, K. (2019). Individual collision risk assessment in ship navigation: A systematic literature review. *Ocean Engineering.* 180(March): 130–143.

Pietrzykowski, Z ve Magaj, J. (2017). Ship Domain as a Safety Criterion in a Precautionary Area of Traffic Separation Scheme. 11(1): 93–98.

Pietrzykowski, Zbigniew (2008). Ship's fuzzy domain - A criterion for navigational safety in narrow fairways. *Journal of Navigation.* 61(3): 499–514.

Pietrzykowski, Zbigniew ve Uriasz, J. (2009). The ship domain - A criterion of navigational safety assessment in an open sea area. *Journal of Navigation.* 62(1): 93–108.

Saputra, H., Wiratno, S. S., Fathonah, M. M., Istardi, D., Budi, A. K., Mufida, M. K. ve Koto, J. (2018). Development of Automatic Identification System (AIS) for Vessels Traffic Monitoring in the Strait of Singapore and Batam Waterways. *Journal of Ocean, Mechanical and Aerospace-Science and Engineering.* 51(51): 7–13.

Su, C. M., Chang, K. Y. ve Cheng, C. Y. (2012). Fuzzy decision on optimal collision avoidance measures for ships in vessel traffic service. *Journal of Marine Science and Technology.* 20(1): 38–48.

Szlapczynski, R. ve Szlapczynska, J. (2016). An analysis of domain-based ship collision risk parameters. *Ocean Engineering.* 126: 47–56.

Szlapczynski, R. ve Szlapczynska, J. (2017). Review of ship safety domains: Models and applications. *Ocean Engineering.* 145(January): 277–289.

URL-1 - e-Navigation Netherlands. https://www.e-navigation.nl/content/ais-talker-ids, (10.03.2023)

Wang, N. (2010). An intelligent spatial collision risk based on the quaternion ship domain. *Journal of Navigation.* 63(4): 733–749.

Wang, N. (2013). A novel analytical framework for dynamic quaternion ship domains. *Journal of Navigation.* 66(2): 265–281.

Wang, S., Zhang, Y., Huo, R. ve Mao, W. (2022). A real-time ship collision risk perception model derived from domain-based approach parameters. *Ocean Engineering.* 265(July): 112554.

Wang, Y. ve Chin, H. C. (2016). An Empirically-Calibrated Ship Domain as a Safety Criterion for Navigation in Confined Waters. *Journal of Navigation.* 69(2): 257–276.

Zhang, L. ve Meng, Q. (2019). Probabilistic ship domain with applications to ship collision risk assessment. *Ocean Engineering.* 186(January): 106130.

Zhang, L., Wang, H. ve Meng, Q. (2014). Big data-based estimation for ship safety distance distribution in port waters. *Transportation Research Record.* 2479: 16–24.

Zhao, Y., Li, W. ve Shi, P. (2016). A real-time collision avoidance learning system for Unmanned Surface Vessels. *Neurocomputing.* 182: 255–266.

Zhen, R., Riveiro, M. ve Jin, Y. (2017). A novel analytic framework of real-time multi-vessel collision risk assessment for maritime traffic surveillance. *Ocean Engineering.* 145(July): 492–501.

Zhu, X., Xu, H. ve Lin, J. (2001). Domain and its model based on neural networks. *Journal of Navigation.* 54(1): 97–103.

EKLER

Ek 1: T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Deniz ve İçsular Düzenleme Genel Müdürlüğü Otomatik Tanımlama Verileri Kullanım İzni

KEP 10.01.2020

SDP : 948.02.01 - 01 - VERİ TOPLAMA
Evrak No : 23708841-948.02.01-4484
Evrak Tarihi : 10-01-2020

T.C.
ULAŞTIRMA VE ALTYAPI BAKANLIĞI
Deniz ve İçsular Düzenleme Genel Müdürlüğü

Sayı :19463099-130.04.01-E.2028 09.01.2020
Konu :OTS Verisi

DAĞITIM YERLERİNE

İlgi : Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi'nin 25.12.2019 tarihli ve 1589 sayılı yazısı.

İlgi yazıda, Öğretim üyelerinden Prof.Dr. Selçuk NAS'ın danışmanlığında, Arş.Gör. Burak KUNDAKÇI'nın doktora tez çalışmasında kullanılmak üzere ekli yazı kapsamında koordinatları verilen deniz alanlarına (Ege Denizi) ilişkin iki yıllık Otomatik Tanımlama Sistemi (OTS) verilerine ihtiyaç duyulduğu belirtilmektedir.

Konuyla ilgili olarak, Genel Müdürlüğünüzce kurulumu yapılan Seyir Yardımcıları İzleme Sistemi (SOTAS)'nden bahse konu deniz alanlarındaki gemilere ilişkin elde edilen OTS verilerinin, 3'üncü şahıslara paylaşılmaması veya yayımlanmaması kaydıyla Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dekanlığına verilmesi tarafımızca uygun değerlendirilmekte olup, bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.

Ahmet Selçuk SERT
Bakan a.
Genel Müdür V.

Ek : İlgi yazı örneği (2 sayfa)

Dağıtım:
Gereği:
Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğüne

Bilgi:
Dokuz Eylül Üniversitesi Rektörlüğüne
(Denizcilik Fakültesi Dekanlığı)

Not: 5070 sayılı Elektronik İmza Kanunu gereği bu belge elektronik imza ile imzalanmıştır.

Hakkı Turayliç Caddesi No:5 06338 Emek / Çankaya / ANKARA

Bilgi için:Uğur MALLI
Mühendis
Telefon No:(312) 203 10 00-3425

Bağlı / İlgili / İlişkili Kurum ve Kuruluşlar

Ek 2: T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Denizcilik Genel Müdürlüğü Otomatik Tanımlama Sistemi Alıcı Aygıtı Kurulum İzni

T.C.
ULAŞTIRMA VE ALTYAPI BAKANLIĞI
Denizcilik Genel Müdürlüğü

Sayı : E-19463099-130.04.01-129769
Konu : Otomatik Tanımlama Sistemi

DAĞITIM YERLERİNE

İlgi : a) 27.01.2022 tarihli ve E-38434667-604.99-186861 sayılı yazınız.
b) 20.01.2022 tarihli ve E-19463099-130.04.01-103624 sayılı yazımız.
c) 14.01.2022 tarihli ve E-38434667-604.99-178603 sayılı yazınız.

İlgi (a) yazıda, Üniversiteniz Denizcilik Fakültesi öğretim üyesi Prof.Dr. Selçuk NAS'ın danışmanlığında, Araştırma Görevlisi Burak KUNDAKÇI tarafından yürütülen doktora çalışması kapsamında ilgi (c) yazı ile Nemrut Bölgesinde bir kıyı tesisine kurulması düşünülen Otomatik Tanımlama Sistemi (OTS) alıcı istasyonunun; UZMAR Klavuzluk İstasyonu yerleşkesinde planlandığı, elde edilecek verilerin Denizcilik Fakültesinde bulunan bir sunucuya aktarılacağı ve bu veriler kullanılarak bölgesel deniz trafik emniyeti için risk değerlendirilmesi yapılmasına yönelik bir model oluşturulacağından bahisle, bahse konu istasyonun kurulabilmesi için 08.02.2007 tarih ve 26438 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren "Gemi Trafik Hizmetleri Sistemlerinin Kurulmasına ve İşletilmesine İlişkin Yönetmelik" uyarınca izin talep edilmektedir.

Bahse konu talep, yazımız ekinde yer alan Taahhütname kapsamındaki hususlar dahilinde ve konu istasyonunun proje süresi sonrasında kaldırılması kaydıyla uygun değerlendirilmiştir.

Bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.

Ünal BAYLAN
Bakan a.
Genel Müdür

Ek: Taahhütname

Dağıtım:

Gereği:
Dokuz Eylül Üniversitesi Rektörlüğüne

Bilgi:
Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğüne
Aliağa Liman Başkanlığına

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Doğrulama Kodu: 594B8640-F01E-4BA7-8E7F-9B3D25ED1229 Doğrulama Adresi: https://www.turkiye.gov.tr/uab-ebys
Hakkı Turayliç Caddesi No:5 06338 Emek / Çankaya / ANKARA
KEP Adresi : uab@hs01.kep.tr
Bilgi için:Uğur MALLI
Mühendis
Telefon No:(312) 203 10 00-3425

Ek 3: UZMAR Otomatik Tanımlama Sistemi Alıcı Aygıtı Kurulum İzni

UZMAR

Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dekanlığına

Tarih: 03.02.2022
Sayı: IZM.2022-022

Konu: Otomatik Tanımlama Sistemi Kurulması Konusunda İzin.

İlgi: **a)** 02.02.2022 tarihli ve E-44641774-915.03.03-190386 sayılı yazınız.
b) Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'nın 20.01.2022 tarihli ve E-19463099-130.04.01-103624 sayılı yazısı.

Fakülteniz öğretim üyelerinden Prof. Dr. Selçuk NAS'ın danışmanlığında, Araştırma Görevlisi Burak KUNDAKÇI tarafından yürütülmekte olan doktora çalışması kapsamında UZMAR Aliağa Kılavuzluk İstasyonumuzda Otomatik Tanımlama Sistemi (OTS) kurulması için ilgi (a) yazınız ile talepte bulunulmuştur. Bahse konu OTS'nin kurulmasının Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından uygun bulunduğu ve konu ile ilgili Aliağa Liman Başkanlığının da bilgilendirdiği ilgi (b) yazısı ile anlaşılmaktadır.

Fakülteniz ile ilgili yıllardan beri tesis etmiş olduğumuz iş birlikleri ve iyi ilişkiler kapsamında yapılacak olan bilimsel araştırmalarınıza destek olmaya devam edeceğimizi bildirir, bahse konu OTS aygıtının UZMAR Aliağa Kılavuzluk İstasyonumuzda kurulması konusunda Bakanlığımızın ilgi (b) yazısı şartları ve kullanım taahhütnamesi kapsamında izin verdiğimizi bildirir çalışmalarınızda başarılar dileriz.

Saygılarımızla

UZMAR
Uzmanlar Denizcilik Tic. ve San. LTD. ŞTİ.
Akdeniz Mah. Cumhuriyet Bulvarı No:87/71
Konak 35210 İzmir, Türkiye
Konak V.D. 9010021702

UZMAR UZMANLAR DENİZCİLİK TİC. VE SAN. LTD. ŞTİ.
Akdeniz Mah. Cumhuriyet Bul. Erden İş Hanı No:87 K:7 Pasaport - Konak 35210 İzmir - TÜRKİYE
T. +90 (232) 445 76 00 **F.** +90 (232) 445 79 00
izmir@uzmar.net - www.uzmar.com.tr
Ticaret Sicil No: 63816 - Mersis No:0901002170200001

Ek 4: TUBİTAK 1002-A Hızlı Destek Modülü 122M814 Numaralı Proje Kabul Yazısı

T.C.
TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNOLOJİK ARAŞTIRMA KURUMU BAŞKANLIĞI
Araştırma Destek Programları Başkanlığı

TÜBİTAK

Sayı : B.14.2.TBT.0.06.03.04-161-311763 13/10/2022
Konu : 122M814 Numaralı Proje Karar Yazısı

Sayın Prof. Dr. Selçuk NAS

"1002-A Hızlı Destek Modülü" kapsamında Kurumumuza sunulan 122M814 numaralı ve "Gemi Otomatik Tanimlama Sistemi Verileri İle Deniz Trafiği Risk Değerlendirmesi" başlıklı projenize ilişkin bilimsel değerlendirme süreci tamamlanmıştır.

Konunun uzmanı danışmanlar tarafından yapılan değerlendirmeler sonucunda proje önerinize destek verilmesine karar verildiğini bildirmekten memnuniyet duyarım (*).

Desteklenmesine karar verilen proje önerinizin ilgili mevzuat çerçevesinde, mali ve benzeri konularda değerlendirme çalışmalarına başlanmıştır. Süreç tamamlandığında projelere ait sözleşme ve diğer belgeler imzalanmak üzere tarafınıza gönderilecektir.

Başarınızı tebrik eder, saygılar sunarım.

Dr. Fatih ŞAHİN
Mühendislik Araştırma Destek
Grup Koordinatörü

PUAN SEVİYESİ: B					
A: Çok İyi	B: İyi	C: Orta	D: İyi Değil	E: Yetersiz	F: Özgün Değeri Yetersiz
Panel puanı A ve B seviyesinde olan projeler desteklenmiştir.					

* Bir kişi kariyer hayatı boyunca 1002-A Hızlı Destek Modülü ve 1002-B Acil Destek Modülü kapsamında toplamda en fazla beş kez proje yürütücüsü olarak görev alabilir.

TÜBİTAK Araştırma Destek Programları Başkanlığı (ARDEB)
İşçi Blokları Mahallesi, Muhsin Yazıcıoğlu Caddesi, No 51/C, 06530 Çankaya/ANKARA
Telefon No: (0312) 468 53 00 Faks No: (0312) 427 74 89
e-posta iletisim@tubitak.gov.tr İnternet Adresi: www.tubitak.gov.tr